

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

CAROLINA VIEIRA DE CASTRO

FERMENTAÇÃO CONTROLADA DE CAFÉ PARA PEQUENOS PRODUTORES

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2022

CAROLINA VIEIRA DE CASTRO

FERMENTAÇÃO CONTROLADA DE CAFÉ PARA PEQUENOS PRODUTORES

Relatório final, apresentado a Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências para a obtenção da graduação em Agronegócio.

Orientador: Carlos Antônio Moreira Leite

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2022

**Ficha catalográfica elaborada pela Seção de Catalogação e Classificação da Biblioteca Central
da Universidade Federal de Viçosa.**

--

CAROLINA VIEIRA DE CASTRO

FERMENTAÇÃO CONTROLADA DE CAFÉ PARA PEQUENOS PRODUTORES

Relatório final, apresentado a Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências para a obtenção da graduação em
Agronegócio.

APROVADA:

Dr.....
(UFV)

Dr.
(UFV)

Dr. Carlos Antônio Moreira Leite
(Orientador)
(UFV)

RESUMO

A melhoria da qualidade do café tem sido objeto de pesquisas ao longo de muitos anos. Os cafés especiais além de possuírem grãos livres de defeitos (pedras, paus, grãos ardidos e grãos pretos), também apresentam uniformidade no tamanho dos grãos e, busca uma bebida com atributos sensoriais únicos e distintos. Nessa busca surge a aplicação de novos processos como as fermentações, que tem o objetivo de contribuir para a melhoria da qualidade sensorial do café arábica acrescentando notas sensoriais que agradarão o consumidor. A fermentação usando culturas iniciadoras aplicadas à produção de cafés especiais têm sido vista como uma tecnologia alternativa. Esse tipo de tecnologia promove vários benefícios, como aumento da qualidade sensorial, controle sobre o processo de fermentação, previsibilidade do produto final e agregação de valor. No entanto, na cafeicultura há muitos produtores pouco tecnificados, realizando esse processamento sem um acompanhamento técnico, na tentativa do acerto e erro, inserindo ou não culturas iniciadoras e dessa forma, não conseguindo um controle da fermentação e repetibilidade para os anos seguintes. Assim, surge a necessidade de informações, tecnologias viáveis para esse processamento e os custos para uma produção economicamente viável. Analisando essa realidade, esse estudo tem o objetivo de realizar um referencial teórico sobre fermentação de café e apresentar uma possibilidade de procedimento de fermentação controlada para pequenos cafeicultores realizado pela empresa Syngenta/Nucoffee.

Palavras-chave: Cafés especiais, fermentação controlada, qualidade sensorial.

ABSTRACT

Improving the quality of coffee has been the subject of research for many years. Specialty coffees, in addition to having grains free of defects (stones, sticks, burnt grains and black grains), also present uniformity in the size of the grains and seek a drink with unique and distinct sensory attributes. In this search arises the application of new processes such as fermentation, which aims to contribute to the improvement of the sensory quality of Arabica coffee by adding sensory notes that will please the consumer. Fermentation using starter cultures applied to the production of specialty coffees has been seen as an alternative technology. This type of technology promotes several benefits, such as increased sensory quality, control over the fermentation process, predictability of the final product and added value. However, in coffee farming there are many producers with little technology, carrying out this processing without a technical follow-up, in an attempt to hit and miss, inserting or not starter cultures and thus, not achieving fermentation control and repeatability for the following years. Thus, there is a need for information, viable technologies for this processing and the costs for an economically viable production. Analyzing this reality, this study aims to carry out a theoretical reference on coffee fermentation and present a possibility of a controlled fermentation procedure for small coffee growers carried out by the company Syngenta/Nucoffee.

Keywords: Specialty coffee, control fermentation, sensory quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fluxograma de processamento do café	15
Figura 2	Fluxograma das diferentes formas de fermentação do café	17
Figura 3	Alguns metabólitos formados após a fermentação controlada que impactam o perfil sensorial e qualidade final da bebida do café	24
Figura 4	Materiais utilizados na fermentação controlada pelo Projeto Artisans - Nucoffee/Syngenta	29
Figura 5	Esquema de procedimento de fermentação controlada realizado pelo Projeto Artisans – Nucoffee/Syngenta	31
Figura 6	Quantidade de sacas produzidas de acordo com a pontuação da bebida do café após a fermentação controlada, segundo o Projeto Artisan - Nucoffee/Syngenta	32
Figura 7	Características do painel sensorial da bebida do café após a fermentação controlada, segundo o Projeto Artisan - Nucoffee/Syngenta	33
Figura 8	Evolução do perfil sensorial da bebida do café após a fermentação controlada, segundo o Projeto Artisan - Nucoffee/Syngenta	35

LISTA DE TABELA

Tabela 1	Precificação de cafés especiais do Projeto Artisans, Nucoffe/Syngenta.	26
----------	--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OBJETIVOS	9
2.1	Objetivo Geral	9
2.2	Objetivos Específicos	9
3	REFERENCIAL TEÓRICO	9
3.1	Cafés Especiais	10
3.2	Processamento do café	12
3.3	Fermentação controlada de café	16
3.4	Microrganismos utilizados na fermentação de café	19
3.5	Painel sensorial dos cafés fermentados	21
3.6	Análise econômica dos cafés especiais	24
4	METODOLOGIA	28
4.1	Colheita, Inoculação, Secagem e Resultado Desejado	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6	CONCLUSÃO	36
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1 INTRODUÇÃO

O café é uma bebida apreciada em todo o mundo e sua grande aceitação deve-se, principalmente, ao seu intenso aroma e sabor único e peculiar, produzidos em microclimas variados. Existem inúmeras espécies de café do gênero *Coffea* (família Rubiaceae), entretanto, apenas *Coffea arabica* e *Coffea canephora* são distribuídas para comercialização (LEMOS et al., 2020). É uma das principais culturas de rendimento cultivadas em mais de 50 países, incluindo Brasil, Vietnã, Indonésia, Colômbia e México (International Coffee Organization, 2018) e, consumido pelo menos nos últimos dez séculos (ELHALIS et al., 2020a; EVANGELISTA et al., 2014a).

Os cafés especiais são definidos pela alta qualidade de seus grãos verdes livre de defeitos, grãos torrados uniformes e da bebida com notas sensoriais únicas (BRESSANI et al., 2021). Para se alcançar essa qualidade, variações na produção e principalmente na pós-colheita do café, no comércio, no consumo, e preparação dos cafés são inevitáveis e imprescindíveis para atender a demanda dos consumidores cada vez mais exigentes. Na etapa de pós-colheita, desde então tem crescido o interesse e o aprimoramento da técnica de fermentação controlada durante o processamento por via seca ou via úmida dos grãos. A fermentação ocorre espontaneamente no café cereja, durante esse processo ocorre a degradação da mucilagem aderido ao pergaminho através de enzimas produzidas pelos microrganismos introduzidos alterando as características do café, podendo interferir nas características sensoriais agradáveis bem como nos compostos químicos e voláteis do café (RODRIGUES et al., 2020).

A ação da população microbiana em alimentos e seus processos, dentre eles a fermentação, têm sido objeto de pesquisas para diversos produtos, incluindo café. Nos frutos de café há uma grande diversidade microbiana e para se selecionar microrganismos específicos, presentes naturalmente na matéria-prima é necessário conhecer a biodiversidade presente nos frutos do café antes e durante o processamento que sob condições ideais para o seu crescimento, podem atuar na melhoria da qualidade sensorial da bebida (PEREIRA et al., 2014; ELHALIS et al., 2020; EVANGELISTA et al., 2015; SILVA et al., 2000). Dessa forma, a tecnologia de

fermentação, ao inocular uma população isolada de microrganismos da mesma espécie ou de uma mistura, diretamente na matéria-prima, tem a ação de dominar a microbiota natural causando mudanças desejáveis.

Entretanto, embora o progresso recente na definição da diversidade e papel das espécies microbianas associadas à fermentação do café, ainda há questionamentos e falta de evidências conclusivas que identifiquem o real papel dos grupos microbianos, seu crescimento e atividades que ainda é limitado e mal compreendido, que apoia a contribuição desses microrganismos na degradação da mucilagem e seus impactos na qualidade do produto final da bebida do café (ELHALIS et al., 2020; PEREIRA et al., 2017). O que se compreende com exatidão é que os frutos do café deve ser processado o mais rápido possível após a colheita, caso contrário a fermentação natural não controlada pode ter resultados negativos com impactos direto no sabor e aroma do café (PEREIRA et al., 2017; BORÉM, 2008), pois atualmente, o processo de fermentação do café ainda é realizado em todo o mundo em processos descontrolados e espontâneos que produzem grãos de café com qualidade inconsistente e imprevisível. (ELHALIS et al., 2020).

Essa realidade de fermentação natural não controlada já foi muito observado entre pequenos produtores que colhiam seu café durante o dia, armazenando em sacos plásticos e, ao fim da tarde levam para a estrutura de pós-colheita. Quando esse café entra na estrutura de pós-colheita, ele já aqueceu e sofreu uma fermentação não controlada, podendo causar prejuízos na qualidade final da bebida. Outra realidade é que com o aumento de interesse na fermentação, observa-se pequenos agricultores pouco tecnicados e sem auxílio à consultorias, realizando a fermentação na tentativa e erro, obtendo ao fim produtos que com sorte obtiveram qualidade, no entanto, na safra seguinte não conseguem reproduzir o mesmo procedimento com êxito.

Diante do exposto, o objetivo desse estudo é apresentar um referencial teórico sobre fermentação controlada e uma metodologia de fermentação controlada implantada pela Nucoffee/Syngenta para auxiliar pequenos produtores.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Apresentar um referencial teórico sobre cafés especiais produzidos por uma fermentação controlada de café e uma metodologia de fermentação controlada utilizando microrganismos iniciadores, implantada pela Nucoffee/Syngenta para auxiliar pequenos produtores.

2.2 Objetivos Específicos

- Demonstrar e apresentar uma metodologia já implantada de fermentação controlada de café utilizando microrganismos iniciadores disponibilizados pela empresa Nucoffee/Syngenta para pequenos produtores.
- Demonstrar através deste trabalho que essa metodologia apresentada além de aprimorar a qualidade final da bebida do café apreciada pelos consumidores também gera retorno financeiro ao pequeno cafeicultor.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Cafés Especiais

A comercialização internacional de café em grãos verde é considerada volátil, pois está associado ao aumento ou diminuição nas quantidades de grãos disponíveis (CHRISTO et al., 2021). Até meados da década de 1990, o Brasil era marcado por uma produção de cafés do tipo commodity, regulamentada por mecanismos de preços condicionados por oferta e demanda do produto sem se importar com a qualidade dos lotes (VOTTA et al., 2006). No entanto, iniciou-se nessa mesma década, aumentos significativos no cultivo e no consumo de café pelo mundo, com estimativas de crescimento da produção na ordem de 2% ao ano e possibilidade de alcançar a produção mundial de 208 milhões de sacas beneficiadas até 2030; no entanto, em 2019 a oferta de café ultrapassou o consumo mundial pelo segundo ano consecutivo, e a abundância do produto pressiona a abaixar os preços, prejudicando a rentabilidade do mercado e dos produtores (FIA, 2019). Os períodos de baixas rentabilidades devido à queda nos preços, aliada ao alto custo de produção, acarretam vulnerabilidade financeira aos produtores, que se agrava frente às mudanças climáticas, com aumento da ocorrência de condições climáticas adversas (NÓIA JÚNIOR et al., 2021).

O café é uma das bebidas mais consumidas em todo o mundo e tem grande relevância socioeconômica na agricultura brasileira, sendo cultivado principalmente pela agricultura familiar (BATISTA et al., 2010; APARECIDO et al., 2015; ZELBER-SAGI et al., 2015 e APARECIDO et al., 2016). Nesse sentido, como alternativa para amenizar as incertezas do mercado, tem-se buscado o aumento da produção de cafés especiais, a fim de atender a uma crescente demanda por esses produtos (CHRISTO et al., 2021). Pois, o mundo passou a priorizar não apenas quantidade como também qualidade dos alimentos gerando novas condutas mundiais relacionadas à alimentação e, atingindo o cenário agrícola brasileiro que sofreu modificações e acompanhou essa tendência da qualidade (BSCA, 2022).

Cafés especiais são definidos como grãos livres de defeitos por fatores físicos (pedras, paus, grãos ardidos e grãos pretos), com uniformidade no tamanho dos grãos e na secagem e, bebida com atributos sensoriais únicos e distintos (POLTRONIERI e ROSSI, 2016; CHENG et al., 2016), influenciada por fatores químicos, como os ácidos orgânicos, açúcares e compostos

aromáticos (CHENG et al., 2016) que se modificam a partir da aplicação de novos processos, surgiu a necessidade por informações e tecnologias que contribuam para a melhoria da qualidade sensorial do café arábica.

A Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) divulgou em dezembro de 2020 dados referentes à safra 2019/2020, em que a cafeicultura atingiu novamente marcas históricas de recorde em produção (63.077,9 mil sacas beneficiadas, sendo 48.767,1 mil sacas beneficiadas de café arábica) e produtividade total (33,48 sacas/ha, dessa média, 32,18 sacas/ha para café arábica), em uma área total de produção de 1.884.315,4 ha. Anteriormente, esse recorde havia ocorrido em 2018 com produção total de 61.657,5 mil sacas beneficiadas (produtividade de 33,07 sacas/ha). Dentro do país, o maior estado produtor é Minas Gerais (produção total de 34.647,1 mil sacas beneficiadas e 34.337,3 mil sacas de café arábica beneficiados) e a região Sul e Centro-Oeste o maior produtor do estado correspondendo à 19.152,2 mil sacas beneficiadas de produção de café arábica.

Segundo a International Coffee Organization (ICO, 2020), o consumo mundial de café aumentou 1,8% em 2019/2020 quando comparado ao ano agrícola 2016/2017, no entanto, os países exportadores, dentre eles o Brasil (maior exportador mundial), aumentaram suas vendas em apenas 1,1% em 2019/2020 em comparação à 2016/2017 e os países importadores aumentaram seu consumo total em 2,1% nos mesmos anos estudados, isso demonstra que o consumo foi maior que as vendas, podendo faltar esse produto no mercado. Além disso, observa-se um aumento na demanda por grãos de cafés especiais, que de acordo com a Brazil Specialty Coffee Association (BSCA, 2022), essa demanda cresce em torno de 15% ao ano, contra o crescimento do café commodity em torno de 2%. Acompanhando essa demanda, o Conselho dos Exportadores de Café do Brasil – CECAFE (2020) exportou 112.575 sacas beneficiadas de café cru arábica de bebida especial (bebida mole, bebida fina e considerado especial), dentro disso, 102.432 sacas beneficiadas de café arábica considerado especial ou gourmet, de janeiro a novembro de 2020, em um total 39,7 milhões de sacas de 60 Kg exportados.

A BSCA (2022) define cafés especiais como grãos isentos de impurezas e defeitos com atributos sensoriais diferenciados (bebida limpa e doce, corpo e acidez equilibrados, qualificam sua bebida acima dos 80 pontos na análise sensorial), além disso, essa modalidade de café deve ter rastreabilidade certificada e respeitar critérios de sustentabilidade ambiental, econômica e social em todas as etapas de produção. Os cafés especiais representam cerca de 12% do mercado internacional da bebida. O valor de venda para alguns cafés diferenciados pode variar entre 30% e 40% a mais em relação ao café commodity, podendo ultrapassar o valor de 100% (BSCA, 2022).

De acordo com Molin et al. (2010), ao se tratar de cafés especiais, o preço do café é baseado em parâmetros e seu valor sofre variações significativas conforme aumento de qualidade, que é definida por regras para análise e avaliação dos grãos de café, que são com base na contagem de defeitos de grãos, uniformidade de grãos, impurezas e análise sensorial (BRASIL, 2003).

Devido a necessidade de qualidade e melhorias quantitativas na produção de café, novos métodos para aumentar a eficiência deste sistema de produção devem ser elaborados e novas técnicas de gestão devem ser utilizadas (LIMA et al., 2013). Procurando a valorização desse produto há a fermentação controlada de cafés, uma estratégia para agregar valor e acessar novos mercados, tornando possível um acréscimo no faturamento e melhor qualidade de vida do produtor rural (PEREIRA et al., 2016).

3.2 Processamento do café

Por ser uma das safras mais importantes para a economia brasileira, um amplo conhecimento de todas as etapas de manejo da cultura do café é de extrema importância para o sucesso de sua produção (FERRAZ et al., 2012).

Os frutos de café se encontram em diferentes estágios de maturação na época da colheita, frutos verdes, verde cana, cereja e frutos secos/passas devido a maturação desuniforme

relacionada às diferentes floradas que acontecem de acordo com as condições climáticas do local (SIMMER, 2022). A partir da fase "verde cana" que caracteriza o início da maturação, os frutos começam a mudar de cor (verde para amarelo ou vermelho), evoluindo até o estágio "cereja", possibilitando diferenciar a cultivar de fruto amarelo ou vermelho, e em seguida os frutos começam a secar até atingir o estágio "seco" (PEZZOPANE et al., 2003). Os frutos são constituídos por pericarpo que é dividido em: exocarpo (casca vermelha ou amarela no estágio de maturação de fruto cereja), mesocarpo (amarelo-branco contendo polpa e mucilagem) e endocarpo (pergaminho rígido de coloração amarelo liso que delimita a semente). No interior há o tegumento conhecido como película prateada e envolve o endosperma, sendo este a semente do café (BORÉM, 2008; PEREIRA et al., 2017).

A colheita é uma etapa extremamente importante para a conservação das características dos frutos do café. Quando realizada antecipadamente, a quantidade de frutos verdes será acentuada, comprometendo a qualidade da bebida com adstringência e ausência de doçura. A grande incidência de grãos verdes, ardidos e pretos na classificação de cafés, são considerados os piores defeitos resultando em tipos de cafés de menor qualidade. Os grãos ardidos e pretos são decorrentes de uma colheita realizada tardiamente, sendo assim um aspecto negativo no produto final, além de ficarem mais sujeitos à ação de microrganismos responsáveis por fermentações indesejadas, com produção de álcoois e ácidos que podem interferir negativamente na qualidade da bebida. Desse modo, recomenda-se a realização da colheita com maior porcentagem de café cereja possível (BORÉM, 2008; FERRÃO et al., 2018).

Após a colheita dos frutos de café, são adotadas várias fases essenciais até o grão atingir o teor de água de 11-12% e se tornar uma bebida de excelência. Os frutos de café após serem colhidos e levados à unidade de processamento são recebidos em uma moega que tem o objetivo de facilitar o fluxo de produto, passam pelo abanador constituído por ventilador (para retirada de impurezas leves provenientes da lavoura como folhas, poeira e galhos) e bica de jogo que retira produtos com dimensões diferentes dos grãos (grandes torrões, galhos, pedras). Em seguida, os frutos de café vão para o lavador que realiza a separação por densidade através da utilização de

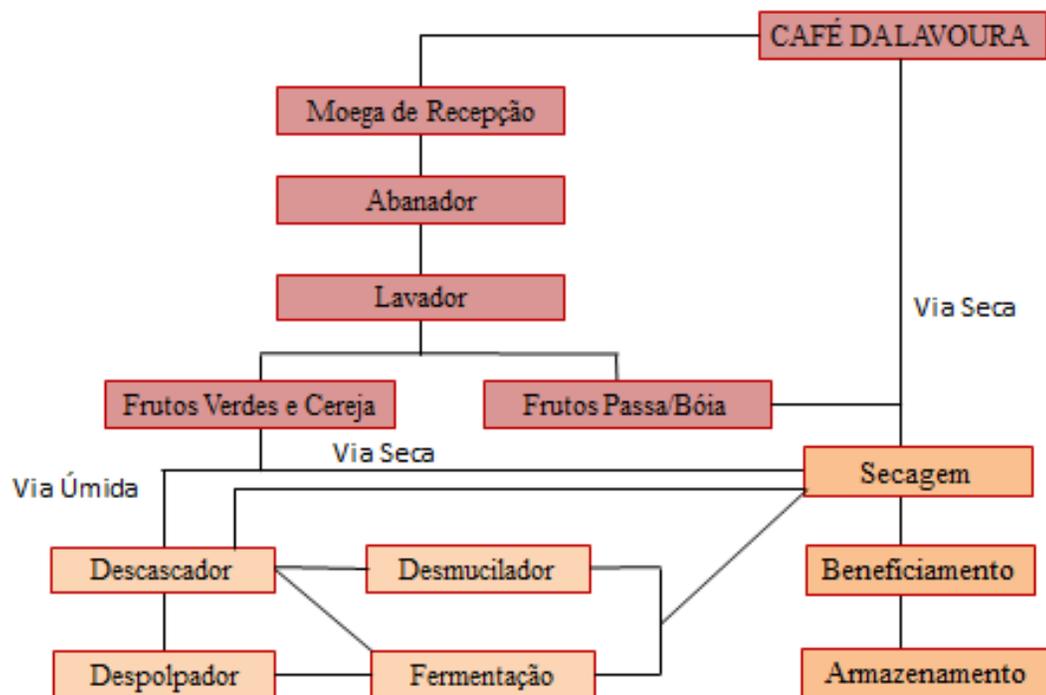
água. Frutos verdes e maduros (mais densos que a água) afundam, saindo em uma bica do equipamento diferente dos frutos secos, passa e mal granados, que são menos densos que a água, flutuando e separados como o lote boia, seguindo para a secagem (via seca ou natural) (BORÉM, 2008).

Após a lavagem e separação, os frutos densos podem ser submetidos à 2 diferentes métodos de processamento: o via seca ou natural e o via úmida. No processamento via seca, os frutos após serem colhidos e lavados, seguem para a fermentação ou são secos na sua forma integral (com todas estruturas anatômicas) espalhados em terreiros ou em secadores até atingir o teor de água de 11%. Segundo Silva et al., (2000) o café natural possui maior quantidade de substratos, e por consequência grande diversidade de microrganismos e quando aplicada a técnica de fermentação, o café é fermentado com a própria casca, antes de ir para a secagem. Outro método é o processamento via úmida, composto por 3 formas distintas (BORÉM, 2008):

- a. Cereja descascado - CD que através de um descascador possibilita a separação dos frutos cerejas e frutos verdes, pois este equipamento realiza a remoção mecânica da casca e parte mucilagem dos frutos maduros e a separação dos frutos verdes que saem do equipamento de forma íntegra. Para garantir a eficiência, se faz necessária a utilização de água e, após esse processo é direcionado à fermentação ou direto à secagem;
- b. Café desmucilado, que após sair do descascador segue para o desmucilador e há a remoção da mucilagem de forma mecânica, em seguida os grãos podem ser fermentados ou seguirem para a secagem e;
- c. Café despulpado que após sair do descascador há a remoção da mucilagem através da fermentação e em seguida é seco.

Após a secagem o café especial necessita de descanso por 30 dias para seguir seu processamento de beneficiamento e armazenamento, conforme figura 1.

Figura 1 – Fluxograma de processamento do café.



Fonte: A autora.

Após descanso, os cafés são beneficiados, que corresponde a um conjunto de operações de recebimento, limpeza, descascamento e seleção por diferença de peso que transformam o "café em coco" ou "em pergaminho" já seco, em "café em grão". Essa etapa pode ser realizada na própria propriedade e agregar valor ao seu produto além do estoque de resíduos sólidos (palha ou pergaminho) utilizados na fôrnalha dos secadores ou compostagem retornando à lavoura (BORÉM, 2008). Depois de beneficiado, o café atinge a etapa final de seu processamento, o armazenamento, que consiste em acondicionar o café em sacos de juta, sacaria hermética, big bag e silos, localizados em ambientes com temperaturas e umidades relativas controladas durante todo o tempo de armazenamento com o objetivo de manter a qualidade do produto até sua comercialização, evitando alteração do sabor, cor e aroma do produto por diversos fatores como o

de ataque de fungos e insetos, temperatura, umidade relativa do ambiente, concentração de CO₂ / O₂, luz, qualidade inicial dos produtos armazenados, teor de água, estado de maturidade, tipo de armazenamento e outros fatores determinam o potencial de manter a qualidade do produto durante o armazenamento, além do próprio metabolismo dos grãos secos (BORÉM, 2008; CORADI et al., 2008).

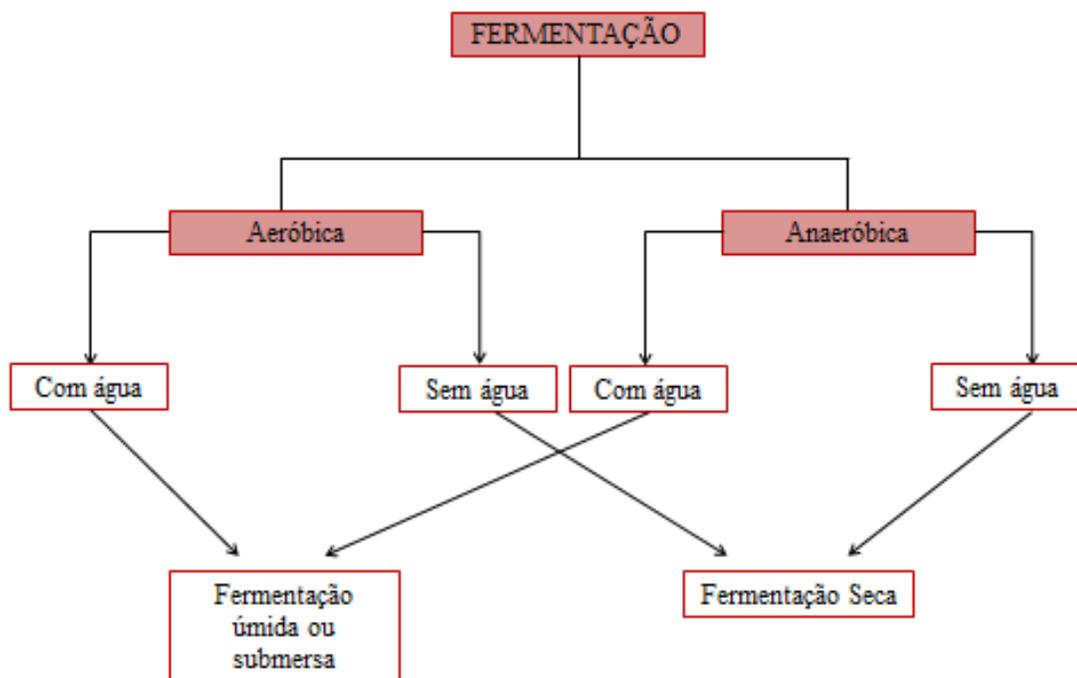
3.3 Fermentação controlada de café

A ação da população microbiana em alimentos e seus processos, dentre eles a fermentação, têm sido objeto de pesquisas para diversos produtos, incluindo café (CHALFOUN e FERNANDES, 2013; PEREIRA et al., 2017). Segundo Schwan et al. (2014), a fermentação do café consiste na degradação natural da polpa e da mucilagem do fruto realizada por microrganismos resultando ácidos, ésteres e outros metabólitos que podem interferir no sabor e aroma da bebida final. No café, a fermentação pode ocorrer naturalmente no fruto do café desde a sua maturação, ainda na planta, até a etapa de secagem, a depender das condições ambientais; de forma indesejada, sem que haja controle e repetibilidade, podendo resultar em defeitos sensoriais (bebidas riadas/rio), além da insegurança alimentar desse produto final (CHALFOUN e FERNANDES, 2013; PEREIRA et al., 2017). A fermentação controlada consiste na introdução de microrganismos conhecidos e fermentação por tempo controlado dependente do estágio de amadurecimento, concentração de íons, variedade do café, temperatura, valor de pH, tipos de microrganismos e aeração. A temperatura e o pH, quando alterados, influenciam diretamente a taxa de fermentação (RODRIGUES et al., 2020), resultando na combinação de reações biológicas e químicas que degradam as moléculas complexas da polpa e da mucilagem ao redor das sementes através de enzimas extracelulares e ácidos orgânicos produzidos pela ação de iniciadores microbianos, resultando em um amplo conjunto de metabólitos, como ácidos orgânicos, álcoois superiores e ésteres, que mais tarde irá adicionar complexidade e profundidade ao café, resultando em bebidas com características sensoriais distintas e agradáveis (SILVA et al.,

2008; MUSSATTO et al., 2011; EVANGELISTA et al., 2014a; EVANGELISTA et al., 2014b; NIGAM e SINGH, 2014; PEREIRA et al., 2014; BRESSANI et al., 2018; PANJI et al., 2018; HAILE e KANG, 2019).

Observa-se diferentes formas de processo de fermentação, a fermentação aeróbica (com presença de O_2) e a fermentação anaeróbica (ausência de O_2), ambas com ou sem adição de água (Figura 2) e, com ou sem inoculação de microrganismos. Em ambos os processos, tem-se o objetivo de degradar a polpa e a mucilagem do grão, sem ocorrência de fermentações indesejáveis (CHALFOUN e FERNANDES, 2013; FILETE et al., 2020).

Figura 2 – Fluxograma das diferentes formas de fermentação do café.



Fonte: A autora.

A fermentação seca pode ser realizada em tanques, bombonas ou sacos plásticos, na ausência de água, abertos ou fechados, assim, utilizam ou não O_2 . Entretanto, em recipiente fechado é mais fácil controlar o processo de anaerobiose. É de extrema importância que seja feito o monitoramento do tempo, pH e da temperatura neste processo, a fim de obter um maior controle dos metabólitos produzidos pelos microrganismos, para que atinjam as características desejadas e resultados mais homogêneos (RODRIGUES et al., 2020; PIMENTEL, 2020; MUINHOS, 2019). A fermentação úmida também pode ser realizada em tanques, sacos plásticos ou bombonas, em ambiente fechado (anaeróbico) ou aberto (aeróbico) com a presença de água. Em ambiente anaeróbico é necessário a utilização de válvulas de liberação de CO_2 (airlock) durante o processo de fermentação, para o alívio da pressão dentro dos recipientes (CHALFOUN; FERNADES, 2013).

Há diferentes resultados na fermentação diante dos diferentes métodos de processamento. Mota (2020) concluiu que a fermentação controlada com levedura apresentou um melhor desempenho quando aplicada no processamento cereja descascado, influenciando principalmente em características ligadas ao corpo, acidez, doçura e finalização da bebida, o mesmo encontrado por Evangelista et al. (2014) que concluíram que os cafés processados via úmida (cereja descascado) e inoculados com *Sacharomyces Cerivisae* obtiveram melhor desempenho em relação ao controle (sem inoculação). Entretanto, Zhang e colaboradores (2019) observaram que a duração da fermentação tem maior impacto nas características sensoriais da bebida do café que o tipo de processamento, quando comparando cafés despulpados e desmucilados.

Portanto, durante a fermentação, são criadas interações microbianas complexas que devem ser profundamente compreendidos, principalmente devido ao impacto que têm sobre a composição dos grãos de café e os atributos sensoriais da bebida (DE BRUYN et al., 2016; HAILE E KANG, 2019; PEREIRA et al., 2016a), assim, o entendimento da dinâmica microbiana durante a fermentação do fruto do café pode favorecer uma fermentação mais rápida e uma melhor qualidade do produto final. As fermentações controladas aplicadas à produção de cafés especiais têm demonstrado promover vários benefícios. As principais vantagens são a melhoria

da qualidade sensorial, controle do processo fermentativo, previsibilidade do produto final e agregação de valor ao produto final, para que ele possa representar uma tecnologia alternativa e economicamente viável (EVANGELISTA et al., 2014b).

3.4 Microrganismos utilizados na fermentação de café

Os frutos de café apresentam naturalmente uma alta diversidade de microrganismos durante todo o seu processamento presente em variados estudos em diferentes países (Brasil, México, Colômbia, Tanzânia, Índia, Etiópia, Havaí, Taiwan e Tailândia) no último século (FRANK, LUM, CRUZ, 1965; AGATE e BHAT, 1966; PEE e CASTELEIN 1971; SILVA et al., 2000; AVALLONE et al., 2001; MASOUD et al., 2004; VILELA et al., 2010; EVANGELISTA et al., 2015; PEREIRA et al., 2017), devido à variedade e composição da fruta, específico para cada região geográfica influenciado por temperatura, oxigênio e altitude, além do método de processamento (SILVA et al., 2000; VILELA et al., 2010; JUNQUEIRA et al., 2019; MARTINS et al., 2020), indicando a viabilidade de seu uso como culturas iniciadoras na fermentação de cafés para a produção de cafés especiais (SILVA et al., 2013; EVAGELISTA et al., 2014a; EVAGELISTA et al., 2014b; RIBEIRO et al., 2017; BRESSANI et al., 2018). Essas culturas iniciadoras são usadas para a melhoria da qualidade dos alimentos fermentados, com melhor controle da fermentação e conseqüentemente maior qualidade do produto final (EVANGELISTA et al., 2014a).

Já foram identificadas como iniciadores microbianos naturais do café bactérias, leveduras e fungos filamentosos (ocasionalmente registrados) (AVALLONE et al., 2001; PEREIRA et al., 2015; PEREIRA et al., 2016). Dentre as bactérias específicas à região geográfica predominantes no Brasil são *Aeromonas*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Pseudomonas*, *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Acinetobacter*, *Weissella* e *Leuconostoc* (SILVA et al., 2000; SILVA et al., 2008; VILELA et al., 2010; EVANGELISTA et al., 2015). Outro microrganismo utilizado são as bactérias do ácido

lático selecionadas (LAB – *Lactobacillus plantarum*), que inoculadas no café, possibilitou a produção de uma bebida com distinto aumento sensorial (PEREIRA et al., 2016).

As leveduras também desempenham um papel essencial no processo de fermentação (ELHALIS et al., 2020a) e variam de acordo com variedades de café, regiões de produção, métodos de processamento e espécies microbianas (DE BRUYN et al., 2017; EVANGELISTA et al., 2014a, EVANGELISTA et al., 2014b; HAILE e KANG, 2019). O Brasil possui uma ampla gama de leveduras presentes na fermentação do café, sendo as espécies predominantes *Debaryomyce shansanii*, *Pichia ofunaensis*, *Pichia fermentans*, *Pichia anomala*, *Candida Arxula*, *Candida railenensis*, *C. quercitrusa*, *C. glabrata*, *Torulaspota delbrueckii*, *Rhodotorula*, *Saccharomyces bayanusmucilaginous*, *Hanseniaspora uvarium*, *Kloeckera* sp., *Meyerozyma caribbica*, *Wickerhamomyces ciferriv* e *W. anomalus*. (SILVA et al., 2000; SILVA et al., 2008; VILELA et al., 2010; PEREIRA et al., 2014; EVANGELISTA et al., 2015).

Vários autores observaram sucesso ao utilizar as leveduras em diferentes combinações entre elas, diversas variedades de café (Acaíá, Catuaí vermelho, Catuaí amarelo, Bourbon amarelo, Catucaí amarelo, Canário amarelo e Mundo Novo) e nos variados métodos de processamento (BRESSANI et al., 2021a; BRESSANI et al., 2021b; BRESSANI et al., 2020; BRESSANI et al., 2018; MOTA et al., 2020 ; PEREIRA et al., 2015, 2014; ELHALIS et al., 2020a; EVANGELISTA et al., 2014a, EVANGELISTA et al., 2014b; LEE et al., 2017; MARTINEZ et al., 2017), melhor qualidade sensorial com sabores característicos de caramelo e frutado (EVANGELISTA et al., 2014a, EVANGELISTA et al., 2014b; RIBEIRO et al., 2017; BRESSANI et al., 2018).

Os microrganismos também podem ser inoculados sequencialmente como observados na fabricação de diversos produtos fermentados, como vinho, sidra e bebidas fermentadas lácteas e não lácteas (HERRERO et al., 1999; LU; PUTRA; LIU, 2018). O sistema de fermentação sequencial permite condições mais favoráveis para cada microrganismo, como a inoculação sequencial entre bactérias e leveduras. O primeiro microrganismo, normalmente bactérias, tem

seu desenvolvimento e atividade metabólica afetada, mas criam um ambiente favorável para a inoculação e o desenvolvimento da segunda cultura (leveduras), devido a valores mais baixo de atividade de água e pH (CIANI et al., 2014).

3.5 Painel sensorial dos cafés fermentados

Entre os produtores de cafés especiais existe a procura por diferentes protocolos de fermentação induzida. Ao contrário da fermentação natural, o processo tem repetibilidade e o alvo é a obtenção de cafés com perfis sensoriais diferenciados, observados nas análises sensoriais (ALVEZ et.al.; 2020).

Entende-se que a qualidade sensorial da bebida está diretamente ligada ao estágio de maturação do fruto (FAGAN et al., 2011; PENA, 2017), por isso inicialmente para uma boa qualidade final da bebida é necessário o uso de café no ponto de maturação cereja. Para um produto final de boa qualidade, é necessário ter bom corpo, acidez, suavidade, cor e aspecto homogêneos além do menor número possível de defeitos, sendo avaliados os atributos acidez, doçura, amargor e aroma (SUNARHARUM et al., 2014). O grão verde possui diversos ácidos em sua composição com diferentes intensidades que resultam em características sensoriais distintas: o ácido cítrico proporciona sabor limão, o ácido láctico um sabor amanteigado e o ácido málico um sabor de maçã. A ordem crescente de intensidade desses ácidos é primeiramente o tartárico, seguido pelo cítrico, málico, láctico e ácido acético (CARDOSO et al., 2021).

A acidez está correlacionada à alguns ácidos orgânicos (MARTINS et al., 2019), produzidos durante a fermentação, sendo eles, os ácidos acéticos, ácidos lácticos, os ácidos butíricos e ácidos propiônicos. A alta concentração de ácido butírico, acético e propiônico, formados ao final das fermentações são indesejáveis por indicar fermentação excessiva, o que leva à redução da qualidade da bebida por possuírem sabor e aroma desagradáveis ao café (PEREIRA et al. 2017; BRESSANI et al., 2021b; CARDOSO et al., 2021). O ácido láctico é um

importante composto orgânico na fermentação do café acidificando a polpa e não interferindo na qualidade do produto final.

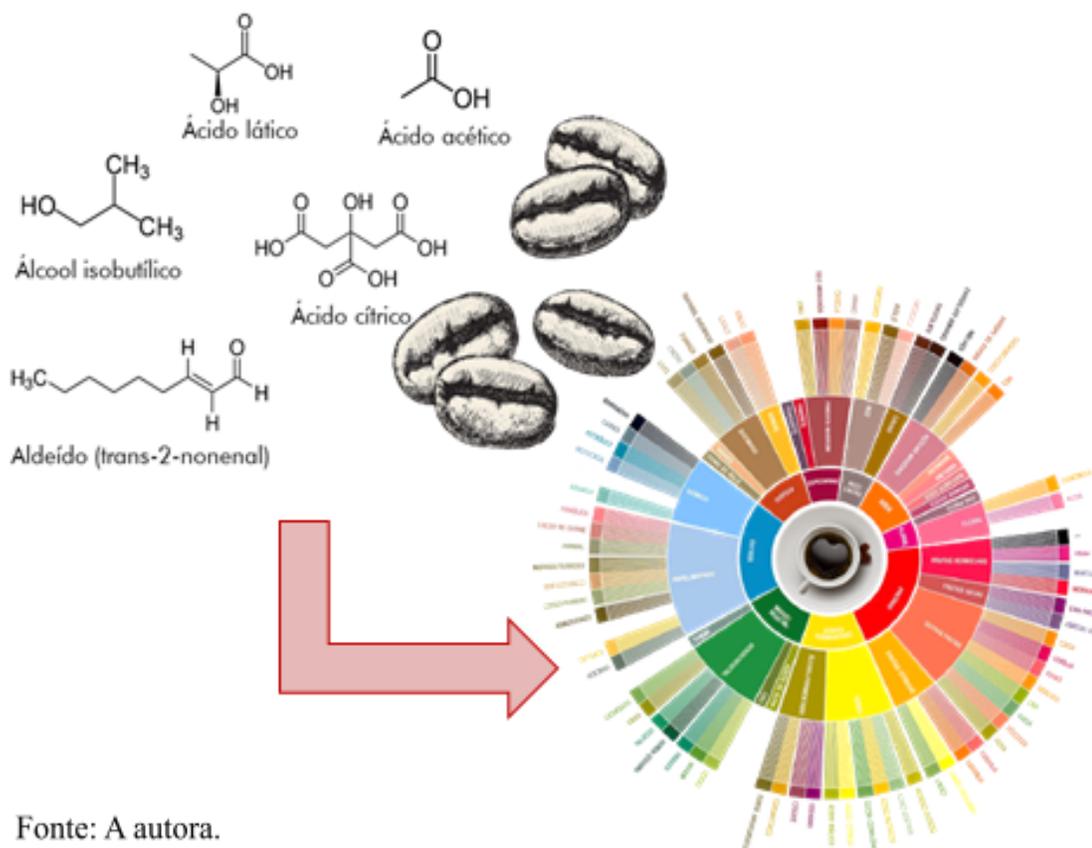
Entretanto, altas concentrações de ácido interferem significativamente na percepção de outros sabores comuns, em especial os doces. O aroma é correlacionado com açúcares redutores degradados pelas proteínas do café, que também atuam como doadores de amônia ou sulfato de hidrogênio, após a deterioração de resíduos aminoácidos e ácidos clorogênicos, gerados pela hidrólise de macromoléculas metabolizadas por microrganismo (LEE et al., 2015), essenciais para produzir compostos voláteis que podem interferir no aroma final do café (DO LIVRAMENTO et al. 2017). Além disso, a acidez e o sabor afetam diretamente a qualidade sensorial da bebida e foram correlacionados com o processo de fermentação controlada (PEÑUELA-MARTÍNEZ et al., 2018).

Os grãos de café e sua bebida possuem mais de 1000 compostos químicos, voláteis e não voláteis, que influenciam significativamente no sabor característico da bebida de café. A presença e a concentração desses compostos são influenciadas por diferentes fatores, incluindo genótipo do cafeeiro, localização geográfica, clima, processamento pós-colheita e processo de torrefação (LEE et al., 2015; MARTINS et al., 2020; SUNARHARUM et al., 2014)

O uso de culturas iniciadoras (leveduras e bactérias lácticas) na fermentação do café possibilita a obtenção de cafés com perfil sensorial diferenciado, grande impacto na composição volátil do café (PEREIRA et al., 2019; CARVALHO NETO et al., 2017; EVANGELISTA et al., 2014a,b; PEREIRA et al. , 2016; SILVA et al., 2013). Segundo Martins et al. (2019), a utilização de diferentes culturas iniciadoras (*Saccharomyces cerevisiae* CCMA 0200 ou *Torulaspora delbrueckii* CCMA 0684) no mesmo processo de fermentação resulta em um perfil sensorial totalmente diferente. A fermentação da variedade Catuaí apresentou sabores e aromas de caramelo, frutas amarelas, açúcar mascavo, herbáceo e floral, já a variedade Mundo Novo se caracterizou pelos sabores e aromas de caramelo, açúcar mascavo, herbáceo e mel.

Diversos estudos usando diferentes cepas de *S. Cerivisae* mostraram um bom desempenho da levedura para uso no processo fermentativo e melhoria da qualidade sensorial, adicionando características como caramelo, frutado, fermentado e amanteigado ao aroma e sabor do café (EVANGELISTA et al., 2014a; PEREIRA et al., 2014). Os métodos de fermentação, com diferentes microrganismos, promovem inúmeras interações bioquímicas, resultando em uma mudança no perfil sensorial e físico químico do café. Sendo, as principais classes químicas dos compostos gerados no café durante e após a fermentação com leveduras são: ácidos (cítricos, málico, succínico, clorogênico e quínico), compostos voláteis (álcoois, aldeídos e ésteres), furanos, furanonas, piranos e pironas, cetonas, lactonas; fenóis, pirazinas; piridinas, pirroles e tiofeno (EVANGELISTA et al., 2014a). Esses compostos orgânicos também contribuem para a pontuação relacionada à qualidade sensorial da bebida como resultado positivo e desejado das fermentações induzidas ou naturais, é notório, o aumento na nota global dos cafés, atingindo notas que os classificam como especiais (MARTINS et al., 2019; MARTINEZ et al., 2017).

Figura 3 – Alguns metabólitos formados após a fermentação controlada que impactam o perfil sensorial e qualidade final da bebida do café.



3.6 Análise econômica dos cafés especiais

O consumo de café aumenta constantemente a uma taxa média anual de 3,50% (Organização Internacional do Café - ICO, 2019), seguindo essa tendência, o mercado de cafés especiais está crescendo rapidamente em muitos países, sendo os Estados Unidos o mercado de cafés especiais mais desenvolvido, seguido pela Europa e Ásia (SCAA, 2016). Esse crescimento ocorre devido às mudanças no gosto do consumidor e preferência por grãos de café produzidos manualmente com foco na qualidade, que moldaram o mercado de café e aumentaram o nicho de

café especial ao longo dos anos (HAILE e KANG, 2019; VAN DER MERWE e MAREE, 2016). Nos Estados Unidos, o café especial aumentou sua participação de mercado de 1% para 25% nos últimos 20 anos, e a porcentagem de adultos que bebem café especial diariamente aumentou de 9% em 1999 para 34% em 2014 (SCAA, 2016). Assim, os produtores de café devem adotar um manejo pós-colheita adequado para atingir as especificações desejadas e atender ao padrão de qualidade exigido pelo atual mercado internacional (MAGALHÃES JUNIOR et al, 2021).

O café verde vendido como commodity segue os requisitos da Classificação Nacional Brasileira (COB), em que os defeitos são contabilizados tipificando o café, verifica-se o percentual de peneira e o tipo de bebida (Rio, riado, duro, apenas mole, mole e estritamente mole), que é precificado de acordo com a Bolsa de Nova Iorque. Os cafés especiais são isentos desses defeitos, os padrões de qualidade e controle de qualidade são aspectos chave do desenvolvimento do mercado de cafés especiais. Assim, empresas de cafés especiais geralmente se distinguem das principais empresas de café por causa de seus rígidos requisitos de qualidade. O controle de qualidade desde os grãos verdes até o método de torrefação ajuda a trazer os melhores sabores e aromas do café, que são os principais componentes sensoriais apreciados pelos consumidores. A qualidade do café pode ser avaliada por meio de três atributos: atributos materiais, simbólicos e de atendimento presencial (DAVIRON e PONTE, 2005). Atributos materiais resultam de processos físicos, químicos ou biológicos que criam características específicas que podem ser medidas usando os sentidos humanos (por exemplo, paladar, olfato, visão, audição ou tato). Os atributos simbólicos são baseados em reputações, marcas registradas, origens geográficas e práticas de sustentabilidade, enquanto os atributos de atendimento presencial são semelhantes ao atendimento ao cliente, resultado da interação humana entre produtores/varejistas e consumidores e envolvem um trabalho efetivo e afetivo do produtor/varejista para entregar um produto de boa qualidade e conquistar a confiança dos consumidores; em troca, os consumidores estão dispostos a pagar preços diferenciados (DAVIRON e PONTE, 2005). A bebida dos cafés especiais é pontuada e deve ser acima de 80 pontos, também são cotados através da Bolsa de Nova Iorque com acréscimo de ágio, sendo que quanto maior a qualidade, maior será o ágio, ou em leilões promovidos por concursos de qualidade de café como o Cup of Excellence.

Para os cafés especiais fermentados através do Projeto Artisans, esse ágio atribuído ao café especial é dado como um diferencial, sendo que de 80 a 82 pontos esse diferencial é zero, a partir de 83

pontos inicia-se um diferencial numérico (Tabela 1) dado em 6 cents/libra-peso. Para transformar em dólar esse diferencial, é necessário um cálculo do valor do diferencial multiplicado por 1,3228, resultando no valor em dólar por saca de café.

Tabela 1 – Precificação de cafés especiais do Projeto Artisans, Nucoffe/Syngenta.

Range SCA	Diferencial
NY Peneira 16/UP	
80 – 81,75	0
82 – 82,75	0
83 – 83,75	10
84 – 84,75	20
85 – 85,75	40
86 – 86,75	70
87 – 87,75	95
88 – 88,75	135
89 – 89,75	180
90 – 100	210

Para exemplificar o cálculo, levando em consideração um café com 82 pontos, a Bolsa de Nova Iorque no dia 22 de novembro de 2022 a cotação apresentava o valor do café de R\$1000,00. Levando em consideração que através do Projeto Artisans, os cafés fermentados elevam a pontuação em média de 4 pontos, assim, esse mesmo café seria pontuado como 86 pontos devido sua complexidade de aroma e sabor, além de direcionar o café para nichos específicos que apreciam a complexidade do café podendo ter um ágio ainda maior que, seu valor cotado da Bolsa NY, que tem um acréscimo de diferencial de 70 em 6 cents/libra-peso, que em dólar significa 70 multiplicado pela constante 1,3228, que é igual a US\$92,596/saca de café

(cotação do dólar de R\$5,288). Assim, esse café de 86 pontos seria cotado em R\$1490,00. Observa-se um superávit de R\$490,00 pela qualidade desse café.

Segundo trabalho realizado por Magalhães Jr. et al. (2021), o valor do café verde commodity variou entre US\$ 2,11 e 2,87/kg, ou seja, o preço médio foi de US\$ 2,50/kg, em 2018. No entanto, as bebidas de café produzidas por culturas iniciadoras rendem bebidas de café mais aromatizadas atingindo valores de mercado mais elevados (COSTA, 2020; DONNET et al., 2008), porém, essas culturas representa 88% dos custos de processamento na fermentação anaeróbica com inoculação (MAGALHÃES JUNIOR et al, 2021). Segundo o mesmo autor, cafés fermentados anaerobicamente em biorreatores com inoculação obtiveram valores de US\$ 20,00/kg, enquanto que cafés com fermentação espontânea e aeróbica obtiveram valores de US\$ 2,50/kg. Os cafés commodities produzidos na mesma propriedade obtiveram valores de US\$ 1,88/kg (café passa) e US\$ 2,00/kg (café imaturo - verde). Essa diferença no preço se deve à qualidade atingida pelos cafés fermentados, corroborando com o diferencial em qualidade atribuído aos cafés do Projeto Artisans.

Magalhães Jr. et al. (2021) concluíram que um lote de café em grão beneficiado com pontuação entre 85,5 e 91,0 de acordo com as avaliações da SCA, pode ser vendido entre US\$ 15,50 e 40,92/kg, respectivamente — mais de seis e dezesseis vezes o preço estimado para o café commodity. Assim, o maior valor que os cafés especiais podem atingir (US\$ 20/kg), quando comparados ao preço do café commodity em grão (US\$ 2,5/kg), devido ao controle do processo, dominância de culturas iniciadoras e melhoria da qualidade final do café. Além disso, os custos de produção dos grãos de café verde seco são semelhantes para ambos os métodos, resultando em maiores lucros, sendo favorável a modernização do processamento de café e investimento em fermentação para agregar valor na cadeia de cafés especiais.

4 METODOLOGIA

O café possui grande relevância socioeconômica na agricultura nacional, sendo produzido principalmente pela agricultura familiar, assim, existe uma demanda muito grande por protocolos de fermentação controlada, que ao contrário da fermentação natural, o processo de fermentação induzida tem repetibilidade e o objetivo é a obtenção de cafés com perfis sensoriais diferenciados, observados nas análises sensoriais (ALVEZ et.al.; 2020). Um protocolo que já é implementado com sucesso entre pequenos cafeicultores é a fermentação controlada segundo o Projeto Artisans desenvolvido pela empresa Nucoffee/Syngenta, que é utilizado apenas frutos maduros (café cereja), leveduras selecionadas e disponibilizadas pela empresa, água durante a fermentação, no entanto, com economia de água, equipamentos simples e de fácil manuseio. Nesse projeto é recomendado uma fermentação seca (ausência de água) através da anaerobiose (ausência de O_2), induzida pela atividade microbiana (SIAF).

Os materiais utilizados na fermentação controlada (Figura 4) são listados abaixo:

- Medidor de Grau Brix;
- Termômetro;
- Leveduras selecionadas disponibilizadas pela Nucoffee/Syngenta;
- Bomba de 100L + Airlock;
- Pulverizador 10L;
- Medidor de Umidade.

Figura 4 – Materiais utilizados na fermentação controlada pelo Projeto Artisans.



Fonte: Nucoffee/Syngenta.

4.1 Colheita, Inoculação, Secagem e Resultado Desejado

A colheita é seletiva levando em consideração a sanidade da lavoura, maturação uniforme dos frutos no estágio de maturação cereja e Brix em torno de 25, higiene do processamento, separação dos frutos sem o uso de água, acondicionamento em vasilhames limpos e isentos de odores.

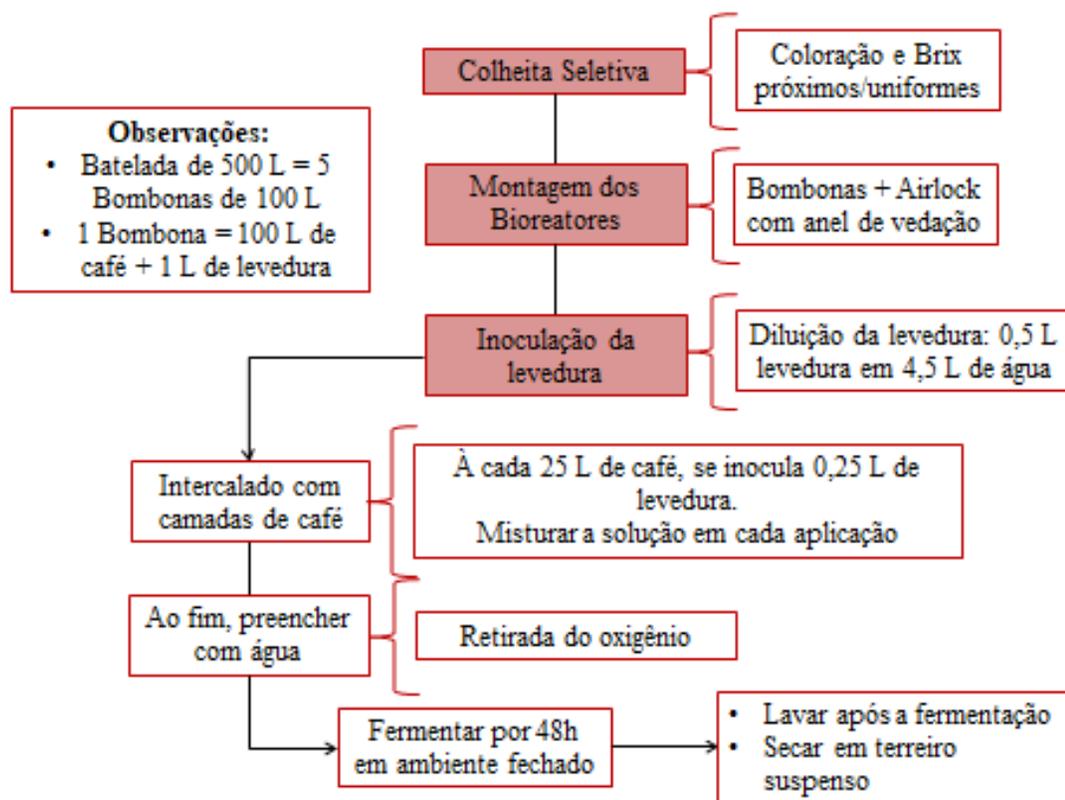
A fermentação é anaeróbia, com inoculação de leveduras e ocorrem nas bombas de 100L, com airlock acoplado na tampa da bombona que é responsável pela liberação do CO₂ produzido no processo de fermentação. A inoculação é realizada em camadas, ou seja, em cada camada de 25 L de café é pulverizado 25% da solução de levedura (25 ml) e posteriormente é colocado outra camada de café, adição de mais outra camada de inoculante, assim até completar a totalidade da bomba. Sendo que a solução de levedura é realizada na diluição 1,0L da levedura para 10L de água e, em cada bombona de 100L de café se inocula apenas 1 L da solução de levedura.

Durante o processo ocorrem alguns eventos como produção de gás carbônico e variação da temperatura pela ação dos microrganismos, decréscimo do brix e alteração no valor do pH.

Ao final do processo quando realizado corretamente, temos a estabilização da temperatura, oxidação dos frutos, perda da mucilagem e a liberação de aromas, então os frutos fermentados são lavados e seguem para a secagem que é realizada em terreiros suspensos (até atingir 11%, 12% de umidade) para que não haja contato com contaminantes oriundos dos terreiros convencionais (concreto, terra ou lama asfáltica).

O projeto também disponibiliza um aplicativo criado pela Nucoffee/Syngenta para realizar a rastreabilidade de todo o processo de fermentação. Através do monitoramento das bateladas, se insere as informações no aplicativo como variedade do café, grau Brix inicial, temperatura de entrada do café, latitude e longitude e qual o processamento do café (se é lavado e se é natural ou descascado) e isso auxilia nas tomadas de decisões, sendo possível saber quanto de café está sendo fermentado e em que fase esse café se encontra de acordo com as leituras realizadas da temperatura durante os dias, até o final de 48h de fermentação.

Figura 5 – Esquema de procedimento de fermentação controlada realizado pelo Projeto Artisans – Nucoffee/Syngenta.



Fonte: A autora.

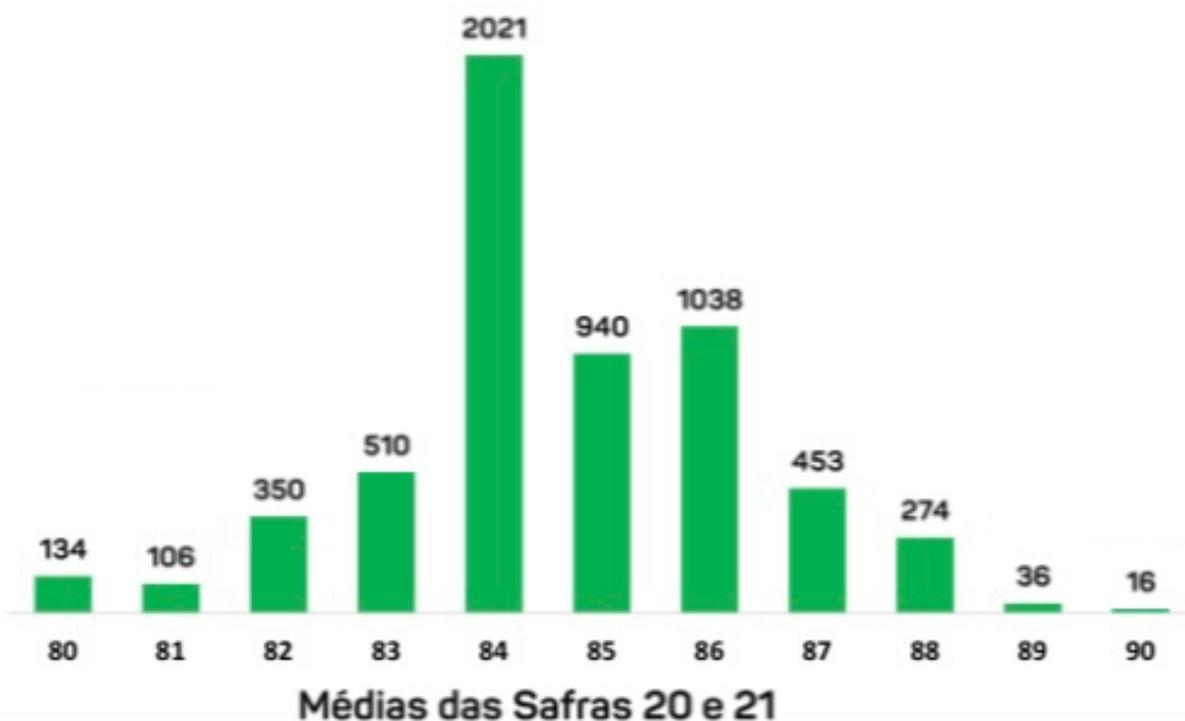
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto Nucoffee Artisans é o maior ensaio em rede envolvendo fermentação de café, realizado nas safras 2019/2020 e 2020/2021 em todas as origens produtoras de café arábica no Brasil (Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná e São Paulo), totalizando 517 fazendas produtoras participantes. Assim, foram distribuídas 9800 doses de leveduras selecionadas e

produção de 870 microlotes (total de 5878 sacas) com amostras e laudo de qualidade da bebida como especial.

Em relação ao perfil sensorial, do total de 5878 sacas produzidas nas duas safras, cerca de 2021 sacas atingiu 84 pontos (aproximadamente 34%) e 4778 sacas atingiram 84 pontos ou mais através do protocolo de análise de qualidade da SCA que corresponde à 81% da produção total (figura 6).

Figura 6 – Quantidade de sacas produzidas de acordo com a pontuação da bebida do café após a fermentação controlada, segundo o Projeto Artisan - Nucoffe/Syngenta.

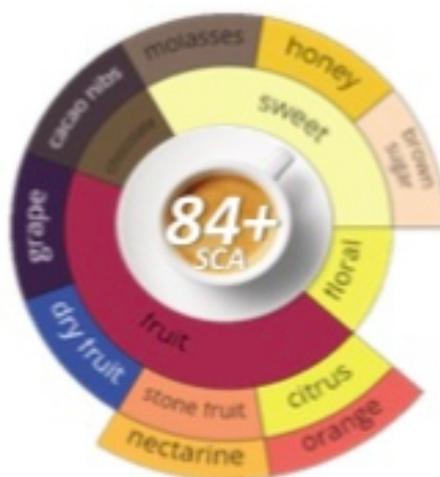


Fonte: Nucoffe/Syngenta.

O painel sensorial com suas características sensoriais identificadas no aroma e sabor durante a degustação dos cafés (figura 7) foram:

- Frutado: Uva, Frutas secas, Frutas com caroço (nectarina) e frutas cítricas (laranja);
- Chocolate: Nibs de cacau (chocolate em sua forma mais pura e menos processada, semelhante ao chocolate amargo);
- Adocicado: Melaço, Mel e o Próprio Açúcar
- Floral

Figura 7 – Características do painel sensorial da bebida do café após a fermentação controlada, segundo o Projeto Artisan - Nucoffee/Syngenta.



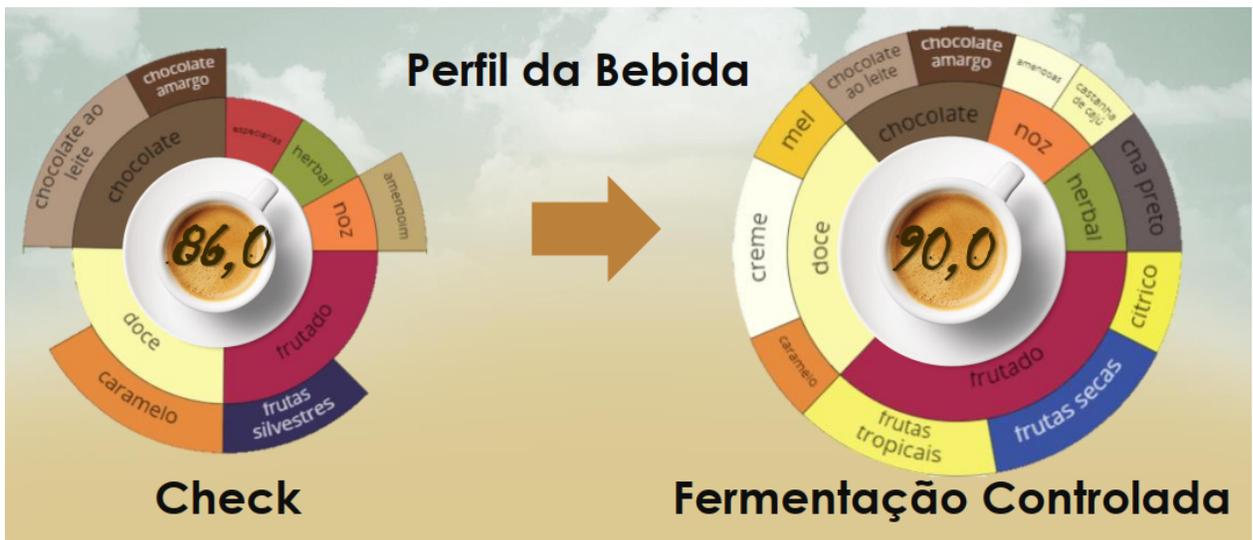
Fonte: Nucoffee/Syngenta.

A fermentação controlada possibilita atingir as características desejadas em um café como bebida diferenciada, qualidade padronizada, sabores e aromas particularizados com notas florais, frutadas, nozes entre outras várias experiências possibilitadas pela memória gustativa. Esse potencial de qualidade pode ser alcançado pelos cafés fermentados no Projeto Artisans realizado pela Nucoffee/Syngenta. Como pode ser observado na figura 6, em que há uma evolução do perfil sensorial da bebida.

Estudos realizados por Bressani et al. (2020) e Bressani et al. (2021a), comprovaram que variedades de café e métodos de processamento do café interferem de forma diversa no comportamento de diferentes espécies de leveduras utilizadas como culturas iniciadoras, que produziram de forma variadas compostos e características sensoriais da bebida, como frutas cítricas, açúcar caramelizado (café natural) e notas lácteas (café descascado) em Bourbon Amarelo e, açúcar caramelizado (café natural) e frutas vermelhas (café descascado) em Canário Amarelo, quando comparado ao controle sem fermentação (BRESSANI et al., 2020). Em outro estudo, a variedade de café Mundo Novo teve um perfil sensorial diferenciado e superior ao controle (sem fermentação), em que um tipo de levedura obteve maior equilíbrio entre as concentrações de ácidos orgânicos e os melhores escores para os cafés naturais e descascados (BRESSANI et al., 2021). Portanto, a alta diversidade microbiana utilizada como culturas iniciadoras durante o processo de fermentação garante uma alta qualidade da bebida do café e auxiliam na tomada de decisões dos cafeicultores que levam à otimização de seus processos (CRUZ-O'BYRNE et al., 2021).

Diante da variedade de espécies de leveduras disponíveis como culturas iniciadoras, o Projeto Artisans da Nucoffee/Syngenta vem a contribuir na tomada de decisão dos produtores por fornecer as leveduras utilizadas na fermentação, sendo essas leveduras já selecionadas, apresentando o melhor potencial para a fermentação, além de disponibilizar um aplicativo para o monitoramento da fermentação e equipe técnica especializada para auxiliar nas tomadas de decisões.

Figura 8 – Evolução do perfil sensorial da bebida do café após a fermentação controlada, segundo o Projeto Artisan - Nucoffee/Syngenta.



Fonte: Nucoffee/Syngenta.

Os cafés fermentados surgem como uma possibilidade de inserção do cafeicultor no mercado de cafés especiais, trazendo maior rentabilidade ao produtor. Trabalhos recentes demonstraram melhoria na qualidade e produção de cafés especiais por meio do controle da fermentação, usando culturas iniciadoras e biorreatores (EVANGELISTA et al., 2014a,b; LEE et al., 2016, 2017; PEREIRA et al., 2016). Entre esses estudos, Carvalho Neto et al. (2018, 2020) mostraram que o uso de biorreator e de culturas iniciadoras aumentam significativamente a qualidade do café até 91,5 pontos na escala SCAA, gerando grãos especiais de até US\$ 49,75 por libra de café (DONNET et al., 2007, 2008). Oliveira et al. (2005) concluíram que a rentabilidade obtida em sistemas de produção de cafés especiais é bastante elevada e, recomendam explorar novos mercados externos para os cafés especiais. Além disso, Saes (2006) afirma que esses produtos diferenciados e de alto valor agregado compõem nichos alternativos, frente às

commodities, com isso, esses nichos conseguem inserir pequenos produtores, que não possuem grandes quantidades para competir em larga escala.

6 CONCLUSÃO

A obtenção de cafés especiais através de fermentações controladas, com a introdução de microrganismos é dependente de diversos fatores que interferem diretamente na qualidade das bebidas, como o estágio de maturação dos frutos, variedade do café, processamento por via seca ou via úmida, e linhagem de microrganismo, que influencia diretamente a produção dos metabólitos e o perfil sensorial da bebida final.

Diante disso, o Projeto Artisans da Nucoffee/Syngenta demonstrou ser eficiente no aprimoramento da bebida do café atingindo pontuações elevadas durante a degustação e acréscimo médio de 4 pontos, em que a inoculação da levedura resulta em diferentes descritores e atributos sensoriais desejáveis na bebida, além de trazer maior rentabilidade ao produtor, por possibilitar esse cafeicultor a agregar valor ao seu produto. Devido aos resultados promissores, a fermentação com levedura deve ser incluída no processamento pós-colheita de cafés, no entanto é preciso a utilização de leveduras selecionadas e de qualidade.

Assim, o projeto vem a contribuir na tomada de decisão dos produtores por fornecer leveduras selecionadas, disponibilizar um aplicativo para o monitoramento da fermentação e equipe técnica especializada para auxiliar nas tomadas de decisões, com uma metodologia eficiente, sendo possível obter cafés especiais, com características sensoriais diferenciadas e com segurança alimentar, além de beneficiar pequenos produtores ao inserir esses produtores em um nicho de mercado diferenciado e rentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVEZ, E. A. et al. Efeito da fermentação na qualidade da bebida de robustas amazônicas. Embrapa Rondônia-Artigo em periódico indexado, v. 6, n. 3, p.159-170, 2020.

APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; LAMPARELLI, R. A. C.; SOUZA, P. S.; SANTOS, E. R. Agrometeorological models for forecasting coffee yield. *Agronomy Journal*, Madison, v. 109, p.249-258, 2016. DOI:<http://dx.doi.org/10.2134/agronj2016.03.0166>

APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; SOUZA, P. S. Sensitivity of newly transplanted coffee plants to climatic conditions at altitudes of Minas Gerais, Brazil. *Australian Journal of Crop Science*, v. 9, n. 2, p. 160-167, 2015.

BATISTA, L. A.; GUIMARÃES, R. J.; PEREIRA, F. J.; CARVALHO, G. R.; CASTRO, E. M. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 3, p. 475-481, 2010.

AGATE, A. D.; BHAT, J. V. Role of pectinolytic yeasts in the degradation of mucilage layer of Coffearobustacheries. *Applied and Environmental Microbiology*, New York, v. 14, n.2, p. 256-260, 1966.

AVALLONE, S. et al. Microbiological and biochemical study of coffee fermentation. *Strain*, London, v. 42, n. 4, p. 252-256, Apr. 2001.

BORÉM, F. M. Pós-colheita do café. Lavras, MG. Ed. UFLA, 2008.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 8, de 11 de junho de 2003. Aprova o regulamento técnico da identidade e de qualidade para a classificação de café beneficiado grão cru. Brasília, DF. 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 30 jun. 2022.

BRESSANI, A. P. P.; MARTINEZ, S. J.; BATISTA, N. N.; SIMÃO, J. B. P.; DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F. Co-inoculation of yeasts starters: A strategy to improve quality of low altitude Arabica coffee. *Food Chemistry*, v. 361, 130133, 2021b. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130133>.

BRESSANI, A. P. P.; MARTINEZ, S. J.; SARMENTO, A. B. I.; BORÉM, F. M.; SCHWAN, R. F. Influence of yeast inoculation on the quality of fermented coffee (*Coffea arabica* var. Mundo Novo) processed by natural and pulped natural processes. *International Journal of Food Microbiology*, v. 343, 109107, 2021a. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109107>.

BRESSANI, A. P. P.; MARTINEZ, S. J.; SARMENTO, A. B. I.; BORÉM, F. M.; SCHWAN, R. F. Organic acids produced during fermentation and sensory perception in specialty coffee using yeast starter culture. *Food Research International*, v. 128, 108773, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108773>.

BRESSANI, A. P. P. et al. Characteristics of fermented coffee inoculated with yeast starter cultures using different inoculation methods. *LWT – Food Science and Technology*, London, v. 92, p. 212-219, 2018.

BSCA - BRAZIL SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION. O que são cafés especiais. Disponível em: <http://bsca.com.br/cafes-especiais.php>>. Acesso em: 30 jun. 2022.

CARDOSO, W. S., et al., Aspectos Bioquímicos de Fermentação do Café. Livro: Determinantes da Qualidade na Produção de Café, editora Springer, p. 149-208, 2021.

CIANI, M. et al. Sequential fermentation using non-Saccharomyces yeasts for the reduction of alcohol content in wine. *BIO Web of Conferences*, v. 3, 02015, 2014.

CECAFE – CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL. Relatório Mensal de exportações – Novembro de 2020. Disponível em: <
<https://www.cecafe.com.br/publicacoes/relatorio-de-exportacoes/> >. Acesso em: 30 jun. 2022.

CHALFOUN, S. M.; FERNANDES, A. P. Efeitos da fermentação na qualidade da bebida do café. *Visão Agrícola, USP*, p. 105-108, 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. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.003>.

CHRISTO, B. F.; DIAS JUNIOR, C. M.; SILVA, T. B. S.; COLODETTI, T. V. Cafés especiais como oportunidade de competitividade para pequenos e médios produtores brasileiros. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.7, n.8, p. 83617-83633, 2021. DOI:10.34117/bjdv7n8-529

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de café. v. 6– Safra 2020, n. 4- Quarto levantamento, Brasília, p. 1-45, dezembro 2020.

CORADI, P. C.; BORÉM, F. M.; OLIVEIRA, J. A. Qualidade do café natural e despulpado após diferentes tipos de secagem e armazenamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 2, p. 181-188, 2008.

COSTA, B.R. Brazilian specialty coffee scenario. In: Almeida, L.F., Spers, E.E. (Eds.), *Coffee Consumption and Industry Strategies in Brazil: a Volume in the Consumer Science and Strategic Marketing Series*. Woodhead Publishing, Kidlington, pp. 51–64, 2020. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814721-4.00003-2>

CRUZ-O'BYRNE, R.; PIRANEQUE-GAMBASICA, N.; AGUIRRE-FORERO, S. Microbial diversity associated with spontaneous coffee bean fermentation process and specialty coffee production in northern Colombia. *International Journal of Food Microbiology*, v. 354, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109282>

DAVIRON, B.; PONTE, S. *The Coffee Paradox: Global Markets, Commodity Trade, and the Elusive Promise of Development*. New York: Zed Books, 2005.

DE BRUYN, F.; ZHANG, S. J.; POTHAKOS, V.; TORRES, J.; LAMBOT, C.; MORONI, A. V.; CALLANAN, M.; SYBESMA, W.; WECKX, S.; DE VUYSTA, L. Exploring the impacts of postharvest processing on the microbiota and metabolite profiles during green coffee bean production. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 83, p. 1–16, 2017. <https://doi.org/10.1128/AEM.02398-16>

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. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 83, n. 1, 2016. <https://doi.org/10.1128/AEM.02398-16>.

DO LIVRAMENTO, K. G. et al. Proteomic analysis of coffee grains exposed to different drying process. *Food chemistry*, v. 221, p. 1874-1882, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.069>.

DONNET, M.L., WEATHERSPOON, D.D., HOEHN, J.P. Price determinants in top-quality e-auctioned specialty coffees. *Agric. Econ.* 38, 267–276, 2008. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1574-0862.2008.00298.x>.

ELHALIS, H., COX, J., ZHAO, J. Ecological diversity, evolution and metabolism of microbial communities in the wet fermentation of Australian coffee beans. *International Journal of Food Microbiology*, v. 321, 108544, 2020a. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108544>.

EVANGELISTA, S. R. et al. Improvement of coffee beverage quality by using selected yeasts strains during the fermentation in dry process. *Food Research International*, Barking, v. 61, p. 183-195, 2014b.

EVANGELISTA, S. R. et al. Inoculation of starter cultures in a semi-dry coffee (*Coffea arabica*) fermentation process. *Food Microbiology*, London, v. 44, p. 87-95, 2014a.

EVANGELISTA, S. R. et al. Microbiological diversity associated with the spontaneous wet method of coffee fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, Amsterdam, v. 210, p. 102-112, 2015.

FAGAN, E. B. et al. Efeito do tempo de formação do grão de café (*coffea sp*) na qualidade da bebida. *Bioscience Journal*. Uberlândia, p. 729-738. out. 2011.

FERRÃO, R. G., et al. Porcentagem de café cereja, verde, seco e chocho no cafeeiro arábica conduzido com a poda programada de ciclo. In: Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras. 2018.

FERRAZ, G. A. S.; SILVA, F. M.; COSTA, P. A. N.; SILVA, A. C.; CARVALHO, F. M. Precision agriculture to study soil chemical properties and the yield of a coffee field. *Coffee Science*, v.7, p.59-67, 2012.

FILETE, C. A. et al. Fermentação anaeróbica no café arábica e seu impacto no perfil sensorial. *Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco*, v. 6, n. 3, p. 112-123, 2020. <https://doi.org/10.36524/ric.v6i3.859>.

FRANK, H. A.; LUM, N. A.; CRUZ, A. S. D. Bacteria responsible for mucilage-layer decomposition in kona coffee cherries. *Applied and Environmental Microbiology*, New York, v. 13, n. 2, p. 201-207, 1965.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE ADMINISTRAÇÃO. Mercado Mundial do Café: Consumo, Produção e Preço. 2019. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/mercadomundial-do-cafe/>. Acesso em: 27 jul. 2022.

HAILE, M.; KANG, W. H. The role of microbes in coffee fermentation and their impact on coffee quality. *Journal of Food Quality*, p. 1–6, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/4836709> Article ID 4836709.

HERRERO, M. et al. Simultaneous and sequential fermentations with yeast and lactic acid bacteria in apple juice. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, Houndmills, v. 22, n. 1, p. 48–51, 1999.

ICO – INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION, 2019. Historical Data on the Global Coffee Trade. Disponível em: http://www.ico.org/new_historical.asp?section=Statistics. Acesso em: 22 nov. 2022.

ICO – INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. Estatísticas do Comércio: Consumo. Novembro de 2020. Disponível em: http://www.ico.org/pt/trade_statistics.asp. Acesso em: 30 jun. 2022.

JUNQUEIRA, A. C. DE O.; PEREIRA, G. V. DE M.; MEDINA, J. D. C.; ALVEAR, M. C. R., ROSERO, R., DE CARVALHO NETO, D. P., ENRÍQUEZ, H. G., SOCCOL, C. R. First description of bacterial and fungal communities in Colombian coffee beans fermentation

analysed using Illumina-based amplicon sequencing. *Sci. Rep.* v. 9, 8794, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45002-8>.

LEE, L. W.; TAY, G. Y.; CHEONG, M. W.; CURRAN, P.; YU, B.; LIU, S. Q. Modulation of the volatile and non-volatile profiles of coffee fermented with *Yarrowia lipolytica*: I. Green coffee. *LWT - Food Sci. Technol.*, v. 77, p. 225–232, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.047>

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. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.124>.

LEMOS, Mayara Fumiere, et al. Chemical and sensory profile of new genotypes of Brazilian *Coffea canephora*. *Food chemistry*, v. 310, p. 125850, 2020.

LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; SILVA, J. M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado em plantio direto. *Revista Ciência Agronômica*, v.44, p.16-23, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000100003>

LU, Y.; PUTRA, S. D.; LIU, SHAO-QUAN. A novel non-dairy beverage from durian pulp fermented with selected probiotics and yeast. *International Journal of Food Microbiology*, v. 265, p. 1-8, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.10.030>.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. I.; CARVALHO NETO, D. P.; PEREIRA, G. V. M.; VALE, A. S.; MEDINA, J. D. C.; CARVALHO, J. C.; SOCCOL, C. R. A critical techno-economic analysis of coffee processing utilizing a modern fermentation system: Implications for specialty coffee production. *Food and Bioproducts Processing*, v. 125, p. 14 – 21, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.10.010>

MASOUD, W. et al. Yeast involved in fermentation of Coffea arabica in East Africa determined by genotyping and by direct denaturing gradient gel electrophoresis. *Yeast*, Chichester, v. 21, n. 7, p. 549-556, May 2004.

MARTINS, P. M. M.; BATISTA, N. N.; MIGUEL, M. G. da C. P.; SIMAO, J. B. P.; SOARES, J. R.; SCHWAN, R. F. Coffee growing altitude influences the microbiota, chemical compounds and the quality of fermented coffees. *Food Research International*, v. 129, 108872, 2020 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108872>.

MARTINS, P. M. M.; RIBEIRO, L. S.; MIGUEL, M. G.D. C. P.; EVANGELISTA, S. R.; SCHWAN, R. F. Production of coffee (*Coffea arabica*) inoculated with yeasts: Impact on quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 99, n. 13, p. 5638–5645, 2019. <https://doi.org/10.1002/jsfa.v99.1310.1002/jsfa.9820>.

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. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.096>.

MOLIN, J. P.; MOTOMIYA, A. V. A.; FRASSON, F. R.; FAULIN, G. D. C.; TOSTA, W. Test procedure for variable rate fertilizer on coffee. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 32, p. 569-575, 2010. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v32i4.5282>

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, 109482, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109482>

MUINHOS, R. et al. Fermentação de café. 2019. Disponível em: < <http://buenavistacafe.com.br/blog/2019/06/08/fermentacao-de-cafe/> >. Acesso em: 30 jul. 2022

MUSSATTO, S. I.; MACHADO, E. M. S.; MARTINS, S.; TEIXEIRA, J. A. Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food Bioprocess Technol.*, v. 4, p. 661–672, 2011.

NIGAM, P.S., SINGH, A. Cocoa and coffee fermentations. In: Batt, C.A., Tortorello, M.L. (Eds.), *Encyclopedia of Food Microbiology*, 2nd edition. Academic Press, London, p. 485–492, 2014. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00074-4>.

NÓIA JUNIOR, Rogério de Souza et al. Clima extremo: Influência do clima em café. *Cultivar Grandes Culturas*, v. 21, p. 10-13, 2021.

OLIVEIRA, M. D. M. et al. Análise de Custos, Rentabilidade e de Investimentos na Produção de Café Cereja Descascado: Estudo de Caso. In: *Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural*. 2005.

PANJI, T.; PRIYONO, S.; ZAINUDDIN. “CIRAGI” – The microbial fermentation starter for developing excellent coffee flavor. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 183, p. 1–5, 2018. <https://doi.org/10.1088/175-1315/183/1/012015>.

PEE, W. van; CASTELEIN, J. M. The yeasts flora of fermenting robusta coffee. *East African Agricultural and Forestry Journal, Nairobi*, v. 26, n.3, p. 308-310, 1971.

PENA, Karen Cristina Silva. Avaliação da maturação e qualidade de bebida do cafeeiro com e sem o uso de etefom. 2017. 25 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Tecnologia em Cafeicultura, Centro Universitário do Cerrado Patrocínio, Patrocínio, 2017.

PEÑUELA-MARTÍNEZ, A. E.; ZAPATA-ZAPATA, A. D.; DURANGO-RESTREPO, D. L. Performance of different fermentation methods and the effect on coffee quality (*Coffea arabica* L.). *Coffee Science*, v. 13, p. 465–476, 2018. doi:10.25186/cs.v13i4.1486.

PEREIRA, G. V. de M.; 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, n. 13, p.2775-2788, 2017. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1067759>

PEREIRA, G. V. de M., CARVALHO NETO, D. P. de, MEDEIROS, A. B. P., SOCCOL, V. T., NETO, E., WOICIECHOWSKI, A. L., SOCCOL, C. R. Potential of lactic acid bacteria to improve the fermentation and quality of coffee during on-farm processing. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 51, p. 1689-1695, 2016.

PEREIRA, G. V. M.; SOCCOL, V. T.; SOCCOL, C. R. Current state of research on cocoa and coffee fermentations. *Current Opinion in Food Science*, v. 7, p. 50–57, 2016a. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.11.001>.

PEREIRA, G. V. DE M.; 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.06.027>

PEREIRA, G. V. DE M., SOCCOL, V. T., PANDEY, A., MEDEIROS, A. B. P., ANDRADE LARA, J. M. R., GOLLO, A. L., & SOCCOL, C. H. 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. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.07.008>.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. *Bragantia*, v. 62, n. 3, p. 499-505, 2003.

PIMENTEL, C. V. Grãos de café submetidos a diferentes tempos de fermentação a seco e sob água. 2020. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrônômica, Centro Universitário Sul de Minas Unis Mg, Varginha- Mg, 2020.

POLTRONIERI, P., ROSSI, F. Challenges in specialty coffee processing and quality assurance. *Challenges*, v. 7, n. 2, 19 p., 2016. <http://dx.doi.org/10.3390/challe7020019>.

RIBEIRO, L. S. et al. Behavior of yeast inoculated during semi-dry coffee fermentation and the effect on chemical and sensorial properties of the final beverage. *Food Research International*, Barking, v. 92, p. 26–32, 2017.

RODRIGUES, G. Z.; DA CUNHA, L. T.; ALMEIDA, G. R. R. Desenvolvimento e validação da fermentação controlada de frutos do café no pós-colheita em diferentes tempos. *Revista Agro veterinária do Sul de Minas*, v. 2, n. 1, p. 45-52, 2020.

SAES, A. M. Do vinho ao café: aspectos sobre a política de diferenciação. *Informações Econômicas*, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 7-19, 2006.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA (SCAA), 2016. “ Specialty Coffee Facts and Figures in the USA.” Internet site: <http://www.scaa.org>.

SCHWAN, R. F.; PEREIRA, G. V. M.; FLEET, G. H. Microbial activities during cocoa fermentation. In: SCHWAN, R. F.; FLEET, G. H. (Ed.). *Cocoa and coffee fermentations*, New York: CRC Press, 2014. p. 130–184.

SILVA, C. F. et al. Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, Oxford, v. 29, n.2, p. 235-47, 2013.

SILVA, C. F. et al. Microbial diversity during maturation and natural processing of coffee cherries of Coffeearabica in Brazil. *International Journal of Food Microbiology*, Amsterdam, v. 60, p. 251-260, 2000.

SILVA, C. F. et al. Succession of bacterial and fungal communities during natural coffee (Coffeearabica) fermentation. *Food Microbiology*, London, v. 25, n. 8, p. 951-957, Dec. 2008.

SIMMER, M. M. B. Ciclo de maturação do coffee arabica: composição microbiana, química e sensorial. TCC (Graduação) Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Venda Nova do Imigrante, Ciência e Tecnologia de Alimentos, 66 p., 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, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.030>.

VAN DER MERWE, K., MAREE, T., 2016. The behavioural intentions of specialty coffee consumers in South Africa. *Int. J. Consum. Stud.* 40, 501–508, <http://dx.doi.org/10.1111/ijcs.12275>.

VILELA, D. M. et al. Molecular ecology and polyphasic characterization of the microbiota associated with semi-dry processed coffee (Coffeearabica L.). *Food Microbiology*, London, v.27, n. 8, p. 128-135, 2010.

VOTTA, T. B; VIAN, C. E; PITELLI, M. M. A desregulamentação no mercado de café torrado e moído e a emergência de campos organizacionais: uma análise prospectiva e uma agenda de pesquisa. In: 44th Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), Fortaleza, Ceará, Brasil: Universidade Federal do Ceará, 2006. DOI: 10.22004/ag.econ.149211

ZHANG, S. J.; DE BRUYN, F.; POTHAKOS, V.; CONTRERAS, G. F.; CAI, Z.; MOCCAND, C.; WECKX, S.; DE VUYST, L. Influence of various processing parameters on the microbial community dynamics, metabolomic profiles, and cup quality during wet coffee processing. *Frontiers in Microbiology*, v. 10, 2019. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02621>.

ZELBER-SAGI, S.; SALOMONE, F.; WEBB, M.; LOTAN, R.; YESHUA, H.; HALPERN, Z.; SHIBOLET, O. Coffee consumption and nonalcoholic fatty liver onset: a prospective study in the general population. *Translational Research*, v. 165, p. 428-436, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.trsl.2014.10.008>.

