



MARILI GALVINO SANTOS

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE FRUTOS DE CAFÉ
ARÁBICA EM ESTÁDIOS INICIAIS DE DESENVOLVIMENTO**

LAVRAS –MG

2023

MARILI GALVINO SANTOS

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE FRUTOS DE CAFÉ ARÁBICA EM
ESTÁDIOS INICIAIS DE DESENVOLVIMENTO**

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

Profa. Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves

Orientadora

Me. Gabriela Ester Ferraz

Coorientadora

LAVRAS – MG

2023

MARILI GALVINO SANTOS

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE FRUTOS DE CAFÉ ARÁBICA EM
ESTÁDIOS INICIAIS DE DESENVOLVIMENTO**

**CHEMICAL CHARACTERIZATION OF ARABIC COFFEE FRUITS IN EARLY
STAGES OF DEVELOPMENT**

Monografia apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do curso
de Ciências Biológicas, para a
obtenção do título de Bacharel

APROVADA em 12 de dezembro de 2023

Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves

Dra. Lucimara Cruz de Souza

Me. Gabriela Ester Ferraz

Me. Luis Carlos da Silva Soares

Profa. Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves

Orientadora

Me. Gabriela Ester Ferraz

Coorientadora

LAVRAS – MG

2023

À minha avó Dona Maria do Rosário Ferreira por sempre acreditar em mim, no meu futuro e nos meus sonhos e que partiu enquanto ainda ensaiava meus primeiros passos no mundo da ciência.

Onde quer que esteja, homenageio-a com esta monografia na certeza de que ela zela por mim.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que me apoiaram e me incentivaram nesta jornada. Aos meus familiares e amigos, que estiveram ao meu lado. Agradeço imensamente minha orientadora Profa. Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves por todos esses anos de incentivo e pela atenção irretocável, que me despertara o interesse em continuar trilhando a vida acadêmica. Agradeço ainda por toda delicadeza, paciência e dedicação ao longo da coorientação desempenhada pela Me. Gabriela Ester Ferraz e a todo auxílio prestado pelo Me. Luis Carlos da Silva Soares.

A verdadeira felicidade só é colhida quando semeada ao lado daqueles que nos querem bem.

A todos, minha eterna gratidão!

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	3
3.	METODOLOGIA	7
3.1	Material Vegetal	7
3.2	Análises bioquímicas	7
3.3	Análises estatísticas.....	9
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	10
5.	CONCLUSÕES	18
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19

RESUMO

A importância da cafeicultura atinge vários aspectos, especialmente o econômico, causando grande impacto nos países que tem essa cultura como *commodity*. O Brasil se destaca como o maior produtor e exportador de cafés do mundo, com destaque para a região do Sul de Minas Gerais como a maior produtora de café arábica, seguida pelo Espírito Santo, com maior enfoque em café conilon. As recentes tendências deste setor geram novos desafios, como por exemplo, atender ao mercado consumidor que cresce a cada ano e se mostra mais exigente quanto à qualidade da bebida. Diante do grande interesse na obtenção de cafés de alta qualidade, torna-se fundamental compreender os fatores que influenciam o produto final, sendo eles fatores genéticos e/ou ambientais. Nesse sentido, o presente estudo buscou caracterizar quimicamente frutos de café arábica ao longo de três estádios iniciais de desenvolvimento. Para tanto, foram coletadas amostras de frutos de *Coffea arabica* que tiveram os tecidos separados em duas partes: a parte interna (persperma aos 30 e 60 dias após o florescimento –DAF – e perisperma mais endosperma aos 90 DAF) e externa (pericarpo aos 30, 60 e 90 DAF), com os quais realizou-se as análises dos compostos químicos: açúcares redutores, açúcares solúveis totais, sacarose, amido, proteínas e pigmentos. Os dados foram submetidos a análises de variância e para a comparar as médias utilizou-se o teste Tukey. O comportamento das cultivares com relação aos teores dos componentes quantificados não apresentou diferença significativa muito pronunciada. Entretanto, compostos químicos como proteína e açúcares redutores no pericarpo, e açúcares solúveis totais no perisperma variam entre as cultivares, bem como, as cultivares variam em resposta à interação com o tempo de coleta. Com relação aos estádios de coleta, o comportamento dos componentes químicos foi compatível com os processos de organogênese dos estádios iniciais de desenvolvimento do fruto do cafeeiro.

Palavras-chave: *Coffea arabica*. Caracterização genotípica. Análises Bioquímicas. Melhoramento Genético.

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura está em constante evolução, tornando-se crucial que as pesquisas acompanhem as transformações na economia cafeeira global. Destaca-se a ascensão do segmento de consumidores exigentes por cafés de alta qualidade, conectando-os com as demandas atuais do mercado e antecipando-se às tendências futuras para se adaptar ao perfil desses consumidores. Vale ressaltar que o segmento de cafés especiais no Brasil tem crescido muito nos últimos anos (BRASIL, 2023). Neste segmento, o foco recai sobre grãos com características superiores, capazes de produzir uma bebida de melhor qualidade e alcançar uma classificação acima de 80 pontos, segundo a metodologia mais amplamente adotada, a SCA (*Specialty Coffee Association*).

A determinação da qualidade sensorial do café é bastante complexa, pois sofre influência desde a escolha da espécie (cultivar) para o plantio até o preparo da bebida. Isso ocorre porque envolve a constituição genética da cultivar em estudo (SCHOLZ et al., 2011), fatores climáticos como a temperatura (BERTRAND et al., 2012), localização geográfica, manejo em campo, espaçamento, ciclo de produção (bienalidade), ocorrência de patógenos e fornecimento de nutrientes que podem afetar o sucesso dos processos fisiológicos da planta, determinando a formação de compostos, tais como, proteínas, óleos e açúcares em diferentes combinações e níveis (MALTA;CHAGAS, 2009).

Vale ressaltar que a ampla diversidade de sabores está vinculada à composição química presente no grão de café cru. Assim, esses compostos precisam estar bem equilibrados nos grãos para se obter café com distintos aromas, o que se reflete em uma melhor qualidade de bebida (GIOMO; BORÉM, 2011), possibilitando, assim, maior valor agregado ao produto. A qualidade sensorial está diretamente correlacionada à qualidade do grão, e a diversidade de sabores é determinada pela composição química presente no grão cru (BORÉM, 2008). Portanto, os componentes químicos apresentam uma correlação direta com a qualidade sensorial.

A deposição dos componentes ocorre durante todo o processo de formação do fruto, desde a formação do perisperma, originado do nucelo do óvulo até a determinação do endosperma. No perisperma, ocorre a biossíntese de vários compostos bioquímicos

importantes, os quais são transferidos, transformados e posteriormente armazenados no endosperma maduro. Também no perisperma, há uma expressão elevada de genes que contribuem para a síntese de metabólitos relacionados ao sabor (CASTRO E MARRACINI, 2006; SALMONA et al., 2008; IVAMOTO et al., 2017).

Quanto ao tecido do endosperma, sabe-se que as proteínas, polissacarídeos e óleos específicos envolvidos na qualidade da bebida foram encontrados na fase que ocorre a sua expansão (CHENG, FURTADO e HENRY, 2018). Além disso, o armazenamento de compostos químicos relevantes para qualidade de bebida ocorre devido à eficiente reprogramação da maquinaria de transcrição entre as divisões celulares nas fases de desenvolvimento do fruto (SALMONA et al., 2008). Segundo Geromel et al. (2006) os tecidos vasculares do xilema e floema entram em contato com o perisperma e o endosperma, devido a uma continuidade simplástica, levando a supor a existência de uma conexão entre o pericarpo e o perisperma por meio do pedúnculo. Na caracterização morfoanatômica do café arábica, observaram-se correlações positivas entre a qualidade de bebida, a área do pecíolo correspondente ao floema e a maior massa foliar por área (MOLINA et al., 2021). Assim, esta conexão entre os tecidos do fruto pode gerar uma maior translocação de fotoassimilados como a sacarose, impactando significativamente a qualidade sensorial do café.

Diante o exposto, as características bioquímicas dos frutos de café, bem como suas variações entre as cultivares e seus tecidos, constituem um conteúdo de grande relevância nas pesquisas desta área, dada a relação entre a composição química dos frutos e qualidade de bebida (ABRAHÃO, 2007). Deste modo, o presente estudo teve como objetivo caracterizar quimicamente os teores de açúcares redutores, açúcares solúveis totais, sacarose, amido, pigmentos totais e proteínas de frutos de cultivares de *Coffea arabica* em estágios iniciais de desenvolvimento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O cafeeiro é uma planta perene da classe das dicotiledôneas, subtribo *Caffeinae*, tribo *Coffeae*, família *Rubiaceae* e gênero *Coffea*. Vale salientar que aproximadamente 130 espécies de *Coffea* já foram descritas (DAVIS e RAKOTONASOLO, 2021) das quais apenas 25 são de importância econômica, grande maioria, nativas da África tropical e de algumas ilhas do Oceano Índico (particularmente de Madagascar) (CROSS, *et al.*, 1998).

Dentre as espécies de café, *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre e Froehner são as únicas que têm seus produtos comercializados internacionalmente, comumente designados por “café arábica” e “café robusta” ou “café conilon”. Algumas espécies consideradas selvagens, como *C. congensis*, *C. sessiflora*, *C. stenophylla*, *C. kapakata*, *C. eugenoides*, *C. liberica*, *C. dewerrei*, *C. racemosa*, apesar de não serem cultivadas economicamente, possuem ampla variabilidade genética para resistência à pragas, doenças, nematoides e seca. Além disso, possuem outras características de interesse agrônomo, como ciclo e porte adequados e bons teores de cafeína e sólidos solúveis. Por este motivo são bastante utilizadas em cruzamentos interespecíficos em programas de melhoramento (SAKIYAMA *et al.*, 2005).

A relevância do café é ampla e abrange várias áreas, entre as quais se destaca a área econômica. Os grãos comercializados compõem a principal *commodity* agrícola mundial, conferindo ao Brasil o título de maior produtor e exportador, responsável por cerca de 30% a 40% da produção de café do planeta (FERREIRA; CAVATON, 2023).

Sem dúvidas, o melhoramento do cafeeiro desempenhou um papel crucial na obtenção de novas cultivares mais adaptadas a ambientes diversos, com altos rendimentos de grãos, maior resistência a pragas e doenças, além de promover uma maturação mais uniforme das plantas. Contudo, novos desafios surgem diante de um mercado consumidor cada vez mais exigente quanto à qualidade da bebida.

A qualidade sensorial da bebida do café advém da diversidade de sabores e aromas apresentados pelo café após o processo de torra. Ambas estão diretamente correlacionadas com a boa qualidade do grão. Já se sabe que a diversidade de sabores é determinada pela composição química presente no grão de café cru (BORÉM, 2008) e que quanto mais raros e

diversificados forem os aromas, melhor será a qualidade sensorial (GIOMO; BORÉM, 2011). Dessa forma, os componentes químicos apresentam uma correlação direta com a qualidade sensorial.

Vale ressaltar que o pericarpo é a camada externa do grão de café. Ele consiste na casca que envolve o grão após o processo de secagem, sendo rico em compostos fenólicos, como ácidos clorogênicos, conhecidos por suas propriedades antioxidantes, que contribuem para o sabor e o aroma do café. Já o perisperma é a parte interna do grão de café, composto principalmente por amido, proteínas e lipídios (GEROMEL *et al.*, 2006). Durante o processo de torrefação do café, o endosperma sofre transformações químicas significativas, levando à formação de compostos responsáveis pelo sabor e pelo aroma característicos do café, como os ácidos graxos voláteis, os açúcares caramelizados e outros compostos que contribuem para a complexidade de sabores do café. A qualidade e as características sensoriais do cafeeiro são influenciadas pela interação entre esses componentes (PAIVA, 2010). A torrefação adequada, por exemplo, pode influenciar a formação de compostos de sabor desejáveis no endosperma, enquanto o pericarpo pode fornecer nuances de sabor por meio dos compostos fenólicos que contém (XAVIER, 2017). Essas partes do grão de café são cruciais para o sabor, aroma e qualidade geral da bebida que é apreciada por muitos ao redor do mundo.

A deposição destes componentes ocorre durante todo o processo de formação do fruto. Desde a formação do perisperma, originado do nucelo do óvulo até a determinação do endosperma. De acordo com Castro e Marracini (2006) e Salmona et al. (2007), no perisperma ocorre a biossíntese de vários compostos bioquímicos importantes que são transferidos, transformados e armazenados posteriormente no endosperma maduro. Corroboram também os estudos de Ivamoto et al. (2017) que verificaram que no perisperma há uma alta expressão de genes que contribuem para a síntese de metabólitos relacionados ao sabor.

Quanto ao tecido do endosperma, Cheng, Furtado e Henry (2018) relatam que proteínas, polissacarídeos e óleos específicos envolvidos na qualidade da bebida foram encontrados na fase que ocorre a expansão do endosperma. Pois, o armazenamento de compostos químicos relevantes para qualidade de bebida ocorre devido à eficiente reprogramação da maquinaria de transcrição entre as divisões celulares nas fases de

desenvolvimento do fruto (SALMONA et al. 2007).

O suprimento de açúcares para formação dos frutos do cafeeiro reflete no melhor desempenho de atividades fisiológicas importantes na determinação da qualidade do fruto. Os tecidos que formam os frutos nas diversas fases de seu desenvolvimento são caracterizados como importantes transportadores e armazenadores destes componentes. No estágio verde a degradação da sacarose leva principalmente à biossíntese de componentes do fruto (CHENG et al., 2020). Pois, nessa fase o exocarpo é um tecido fotossintético ativo e seus fotoassimilados podem ser transferidos para o endosperma por meio do perisperma, o qual irá se degradar no decorrer do desenvolvimento do fruto resultando em uma fina camada conhecida como película prateada (CASTRO E MARRACINI, 2006).

Compostos presentes no fruto e que são considerados precursores de sabor estão envolvidos também em outras atividades metabólicas durante todo o desenvolvimento da planta e do fruto como é o caso do cafestol. Conteúdo significativo desse importante componente de sabor do café (KITZBERGER et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2021; SANTANA et al, 2018) foi verificado em flores e botões florais, sendo importante no estágio reprodutivo para atratividade dos polinizadores (IVAMOTO *et al.*, 2017). Portanto, conhecer as relações presença/transferência e regulação gênica destes componentes trazem uma melhor compreensão da arquitetura genética de uma característica de interesse.

Fatores e condições que ofertem abundância de recursos necessários à planta durante um período mais longínquo de maturação refletem positivamente na qualidade organoléptica dos frutos; e plantas com menor quantidade de frutos apresentam melhor qualidade (BOTE; VOS, 2017). Menor quantidade de frutos pode ser feita pelo desbaste ou é consequência de efeitos fisiológicos, comuns em ambientes de sombra ou em altitudes elevadas devido às suas temperaturas amenas. Esses ambientes proporcionam um desenvolvimento de entrenós mais longos nas plantas, menos nós frutificando e uma menor indução floral, consequentemente menos frutos (VAAST *et al.*, 2005). Assim, há uma maior proporção de folha-fruto garantindo um maior suprimento de carboidratos (BERTRAND *et al.*, 2006; VAAST *et al.*, 2005).

Outro fator que reflete na maturação e, consequentemente, nas propriedades químicas do fruto está relacionado à temperatura noturna, a qual leva a um maior período de maturação

do fruto. Craparo et al. (2020) verificaram uma maturação mais lenta em determinadas áreas com temperatura noturna mais elevada. Já Jung et al. (2016) hipotetizaram que ocorre um crescimento mais prolongado e uma maior longevidade na maturação dos frutos de café devido à temperatura durante a noite.

O comportamento divergente de cultivares de arábica com relação a sua composição química (KITZBERGER *et al.*, 2013, MALTA e CHAGAS, 2009) permite a discriminação dentre elas (MALTA et al., 2020; BORÉM et al., 2016) e compreende também o acúmulo de sacarose nos frutos (PEZZOPANE et al., 2012).

No contexto dos programas de melhoramento, a caracterização fenotípica de genótipos desperta grande interesse devido à sua capacidade de identificar genótipos superiores e divergentes, aptos para aprimoramento (RODRIGUES, et al., 2008). Seu uso adequado possibilita a seleção de caracteres de interesse, ampliando a precisão na seleção de parentais. Deste modo, garante-se uma melhor compreensão da variabilidade genética existente para a característica em análise, conferindo, assim, maiores ganhos para o programa de melhoramento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material vegetal

Para o presente trabalho foram utilizadas as cultivares MGS Paraíso 2, MGS Catiguá 3, e Guesha. Amostras de frutos dessas cultivares foram coletadas a cada 30 dias, sendo a primeira aos 30 dias após o florescimento (DAF), a segunda aos 60 DAF e a terceira aos 90 DAF. O intervalo de coleta foi determinado para representar os estádios iniciais de desenvolvimento do fruto do café. Após cada coleta, os tecidos foram imediatamente congelados em nitrogênio líquido e armazenados a -80°C .

Posteriormente, os tecidos internos - perisperma aos 30 e 60 DAF e aos 90 DAF perisperma e endosperma - e externos - pericarpo aos 30, 60 e 90 DAF - do fruto foram separados para as extrações bioquímicas. Os compostos quantificados foram: sacarose (μmol de glicose g^{-1} de matéria fresca), açúcares solúveis totais (μmol de glicose g^{-1} de matéria fresca) e açúcares redutores (μmol de glicose g^{-1} de matéria fresca), teores de amido (μmol de glicose g^{-1} de matéria fresca), proteínas (mg proteína g^{-1} de matéria fresca) e pigmentos totais (razão entre teores de clorofila a mais b sobre o teor de carotenoides, sendo portanto adimensional).

3.2 Análises bioquímicas

As amostras congeladas dos diferentes tecidos de frutos (parte interna e externa) de *C. arabica* foram maceradas separadamente em cadinho com o auxílio de pistilo, utilizando nitrogênio líquido até a obtenção de um pó fino. As extrações foram feitas de acordo com o protocolo descrito por López e Hidalgo *et al.* (2021), com algumas adaptações. Foi adicionado ao material vegetal 350 μl de etanol 100%, logo depois as amostras foram *vortexadas* e colocadas em banho-maria por 20 minutos na temperatura entre $70-75^{\circ}\text{C}$. Posteriormente, os materiais foram centrifugados por 5 minutos a 4°C na velocidade de 14.000 RPM. O sobrenadante foi transferido para novos tubos *Eppendorf*. Este procedimento foi repetido outras duas vezes, utilizando as concentrações de 80% e 50% de etanol, respectivamente. Ao final, se obteve o volume de 1.050 μl de extrato que foi utilizado para

as quantificações de pigmentos, açúcares redutores e açúcares solúveis totais. O *pellet* resultante foi destinado às extrações de proteínas e amido.

Para a extração de sacarose, seguiu-se o protocolo de Van Handel (1968), com as seguintes adequações: foram utilizados 50 µl do extrato etanólico adicionados a 50 µl de hidróxido de potássio. Em seguida, o conteúdo foi homogeneizado por inversão e transferido ao termociclador (MultigeneGradient – Labnet) por 15 minutos à 40° C. Após isso, o extrato foi armazenado à -20° C até a quantificação.

Nas extrações de proteínas totais, foram adicionados 400 µl de hidróxido de sódio (0,1M), ao *pellet*, que foram *vortexados*, e em seguida, levados ao banho-maria por 1 hora na temperatura entre 75- 80°C. Após este período, as amostras foram resfriadas por 5 minutos em temperatura ambiente. Foram retirados 50 µl para quantificação de proteínas e armazenados à - 20° C até a quantificação, enquanto o restante da solução seguiu para extração de amido que usou um protocolo adaptado com base nos estudos de Hendricks *et al.*, 2003 e Zanandrea *et al.*, 2010. Assim, foram adicionados aos tubos 70 µl de ácido acético (1M) e levados ao vórtex por 30 segundos, na sequência, foram adicionados 100 µl de amiloglicosidase, misturando-se delicadamente. Em seguida, os tubos foram levados ao banho-maria a 40° C por 2 horas. Após, o extrato foi armazenado à -20° C até a quantificação.

Já as análises de pigmentos totais foram conduzidas adicionando nas microplacas de leitura em espectrofotometria alíquotas de 50 µl em duplicata do extrato etanólico e 120 µl de etanol 100%, resultando em 170 µl em cada poço da placa. As leituras foram realizadas em 663 nm, 646 nm e 470 nm de absorbância.

Todas as quantificações de sacarose, açúcares solúveis totais, amido e proteínas foram realizadas pelo método de Antrona (YEMM; WILLIS, 1954), enquanto que a quantificação de açúcares redutores foi feita pelo método DNS (ácido dinitrosalicílico) (MILLER, 1959). Para a quantificação de proteínas totais utilizou-se o protocolo de Bradford (1976). Os cálculos para obtenção dos valores totais de pigmentos foram feitos de acordo com Lichtenthaler e Wellburn (1983).

3.3 Análises estatísticas

Para cada variável em estudo foi conduzida uma análise de fatorial duplo (variáveis e dias de coletas) com um nível de significância de 5% com o auxílio do pacote do R ExpDes.pt (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2013). Quando detectada interação entre os fatores, empregou-se o teste de Tukey para a comparação das médias diárias (30, 60, 90) dentro de cada cultivar. Adicionalmente, esse teste foi aplicado para avaliar o desempenho entre as cultivares em um mesmo período de coleta (30, 60, 90 DAF). Em situações em que se observou significância para as cultivares ou para os dias de coleta, o mesmo teste foi realizado, com o propósito de efetuar comparações globais das médias entre as cultivares e os dias de coleta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a variável pigmento as fontes de variação cultivares, coletas e interação cultivares x coletas não apresentaram diferenças significativas para nenhum dos tecidos avaliados (Tabela 1). Deste modo, para essa variável não foi realizada a comparação entre médias ao longo das coletas. A fonte de variação cultivares foi significativa apenas para as variáveis proteína e açúcares redutores (AR) para o tecido pericarpo (Pc) e açúcares solúveis totais (AST) no perisperma (Pp) (Tabela 1 e Figura 1), assim pode-se dizer que para essas variáveis existe variabilidade. Para coleta, apenas a variável pigmento não foi significativa, como já comentado (Tabela 1 e Figura 2). As interações cultivares x coletas foram significativas para as variáveis proteína e AR no pericarpo e para sacarose no perisperma (Tabela 1 e Figura 3). Esse resultado sugere as cultivares não se comportam da mesma maneira em cada coleta, ou seja, podem ser influenciadas pelo momento da coleta.

Tabela1. Média geral e valores de $P(\text{Pr}>\text{Fc})$ do teste F (ANOVA) para amido (μmol de glicose g^{-1} de matéria fresca), açúcares redutores (AR - μmol de glicose g^{-1} de matéria fresca), açúcares solúveis totais (AST - μmol de glicose g^{-1} de matéria fresca), pigmentos totais, proteínas (mg proteína g^{-1} de matéria fresca) e sacarose (SAR - μmol de glicose g^{-1} de matéria fresca) nos tecidos do pericarpo e perisperma.

Pericarpo						
	Amido	AR	AST	Pigmentos	Proteínas	SAR
Cultivar (C)	0,8869 ^{NS}	0,0487 *	0,0532 ^{NS}	0,0615 ^{NS}	0,0011 *	0,7565 ^{NS}
Coleta (Co)	0,0000 *	0,0000 *	0,0000 *	0,0658 ^{NS}	0,0000 *	0,0094 *
C x Co	0,1804 ^{NS}	0,0015 *	0,0750 ^{NS}	0,7231 ^{NS}	0,0007 *	0,2473 ^{NS}
Média	57,45	503,20	837,73	4,65	10368,26	4,01
Perisperma						
Cultivar (C)	0,1401 ^{NS}	0,1259 ^{NS}	0,0032 *	0,5016 ^{NS}	0,6403 ^{NS}	0,2585 ^{NS}
Coleta (Co)	0,0000*	0,0000 *	0,0000 *	0,5239 ^{NS}	0,0000 *	0,0020 *
C x Co	0,0539 ^{NS}	0,6629 ^{NS}	0,0670 ^{NS}	0,7808 ^{NS}	0,5373 ^{NS}	0,0082 *
Média	78,65	241,79	702,79	6,98	10053,62	5,27

* significativas ao nível de 5% pelo teste F; ^{NS} não significativas.

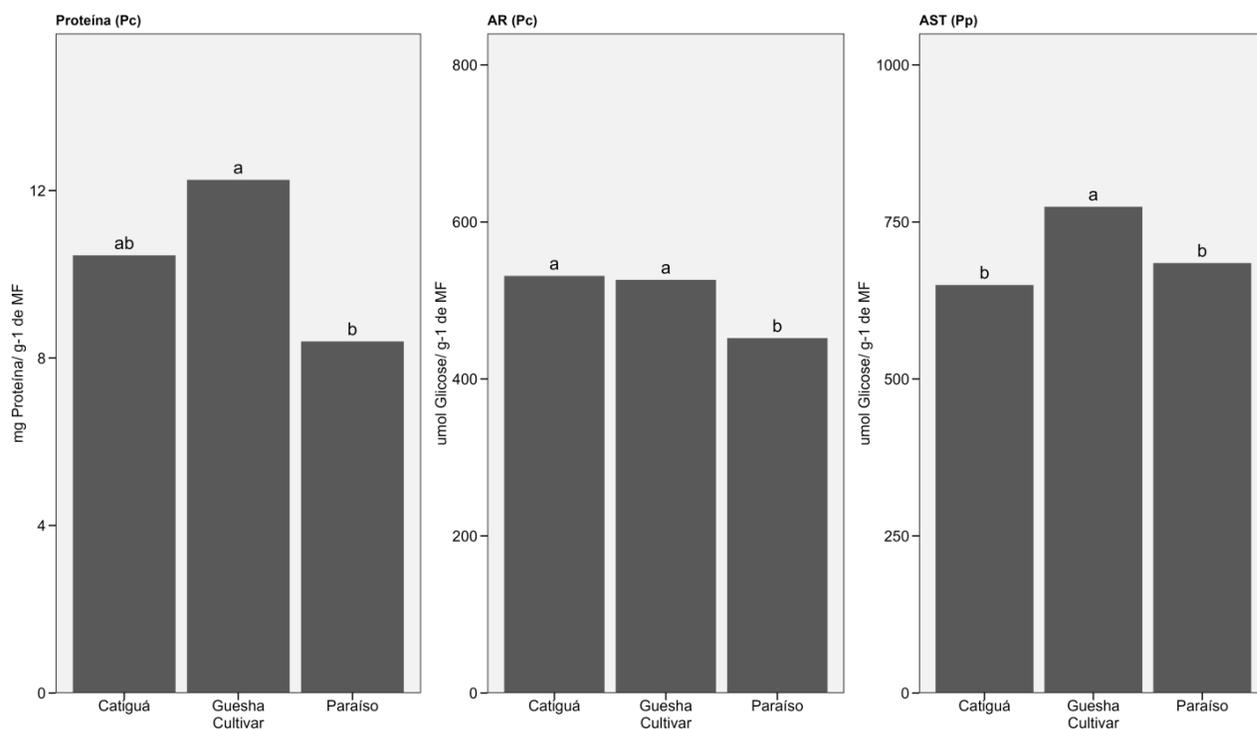


Figura 1: Comparação entre os efeitos de cada cultivar (MGS Catiguá 3, Guesha e MGS Paraíso 2) para as variáveis proteína (mg proteína g^{-1} de matéria fresca), açúcares redutores (AR - μmol de glicose g^{-1} de matéria fresca) no pericarpo (Pc) e açúcares solúveis totais (AST - μmol de glicose g^{-1} de matéria fresca) no perisperma (Pp). As letras minúsculas apresentam a comparação entre cultivares pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Fonte: Do autor (2023).

Observa-se que a cultivar MGS Catiguá 3 apresentou uma redução no teor de proteína da coleta 30 para 60 DAF, no caso do pericarpo (Tabela 2). Essa tendência também é seguida pela cultivar Guesha (Tabela 2). No caso da MGS Paraíso 2 o teor de proteína apresenta uma redução maior a partir de 90 DAF (Tabela 2). Vale ressaltar que normalmente os grãos de café arábica têm um teor de proteína mais alto quando comparadas as demais espécies do gênero *Coffea* (PEREIRA *et al.*, 2000).

Tabela 2. Média das variáveis amido (μmol de glicose g^{-1} de matéria fresca), pigmentos totais, proteína (mg proteína g^{-1} de matéria fresca), açúcares solúveis totais (AST - μmol de glicose g^{-1} de matéria fresca), açúcares redutores (AR - μmol de glicose g^{-1} de matéria fresca) e sacarose (SAR - μmol de glicose g^{-1} de matéria fresca) para pericarpo e perisperma aos 30, 60 e 90 dias após florescimento (DAF) para as cultivares MGS Catiguá 3, Guesha e MGS Paraíso 2.

Cultivar	DAF	Amido	Pigmento	Proteína	AST	AR	SAR
Pericarpo							
MGS Catiguá 3	30	98,67	4,13	16275,23	1108,04	783,73	7,39
	60	33,11	4,76	8602,53	687,74	431,42	4,31
	90	43,48	5,61	6479,53	684,56	378,70	0,09
Guesha	30	80,78	3,77	20644,77	973,88	576,68	3,19
	60	45,48	4,38	9129,21	938,91	620,67	5,96
	90	42,15	4,26	6993,21	841,62	381,49	2,53
MGS Paraíso 2	30	93,53	4,67	10358,15	1029,20	676,54	7,86
	60	39,58	4,87	10267,11	695,37	388,83	4,27
	90	40,25	5,36	4564,61	580,28	290,71	2,48
Perisperma							
MGS Catiguá 3	30	182,59	5,72	17244,07	586,64	250,91	3,10
	60	45,39	8,40	8049,83	519,24	158,03	5,40
	90	20,74	10,75	3829,85	842,89	264,53	3,45
Guesha	30	114,85	5,60	17374,12	656,59	259,99	2,74
	60	55,00	5,03	7263,06	556,12	225,07	2,58
	90	23,69	7,71	5221,34	1109,95	293,16	14,84
MGS Paraíso 2	30	188,49	7,10	17377,37	611,44	255,80	4,83
	60	51,48	6,27	9828,21	522,42	182,82	2,54
	90	25,60	6,28	4294,76	919,83	285,82	8,47

Como se sabe, os açúcares redutores incluem glicose e frutose. Foram observados padrões em comum para todas as cultivares no pericarpo. O teor de açúcares redutores reduziu, isso era esperado, uma vez que nos estádios iniciais de desenvolvimento do fruto do café, ocorre elevada taxa de divisão celular e de respiração celular, impossibilitando o acúmulo de compostos como de açúcares redutores (LAVIOLA *et al.*, 2007). Observa-se ainda que as cultivares Guesha e MGS Catiguá 3 não diferiram quando a quantidade de AR (Figura 1 e Tabela 2).

Quando se fala em sabor, os açúcares solúveis desempenham um papel importante na doçura detectada na bebida de café. Este componente químico também possui um papel fundamental para o desenvolvimento dos frutos do cafeeiro, sendo seus teores proporcionais

ao acúmulo de carboidratos que são fundamentais para o crescimento e desenvolvimento de tecidos vegetais, ainda destaca-se a relação entre açúcares solúveis e tolerância à estresses bem como a indução da expressão de genes relacionados a defesa e a repressão da fotossíntese (BATISTA, 2015) Verifica-se que a quantidade de AST no pericarpo dos grãos da cultivar Guesha teve pequena redução com a época de coleta dos grãos, já as cultivares MGS Catiguá 3 e MGS Paraíso 2 apresentaram uma redução maior de 30 para 60 DAF (Tabela 2).

Como já comentado, para os teores de proteína, todas as médias das coletas foram estatisticamente diferentes, sendo os maiores valores relativos aos 30 DAF em todos os tecidos (Tabela 1). A média das cultivares aos 30 DAF foi maior para os teores de amido, as médias aos 60 e 90 DAF foram iguais (Tabela 2 e Figura 2) em ambos os tecidos.

Para a variável sacarose a coleta 30 e 60 DAF não diferiram estatisticamente (Figura 2) e aos 90 DAF a SAR foi de pequena magnitude para o pericarpo, já para o perisperma a SAR aos 30 e 60 DAF foram iguais e o maior valor é relativo aos 90 DAF. No perisperma, o teor médio de sacarose foi maior aos 90 DAF, exceto para a MGS Catiguá 3 com maior média aos 60 DAF, e aos 30 e 60 DAF não diferiram.

Para os níveis de açúcares solúveis totais (AST) no pericarpo aos 60 e 90 DAF não diferiram estatisticamente, entretanto a coleta aos 30 DAF apresentou a menor média. Para o perisperma todas as coletas diferiram entre si e o maior valor foi para os 90 DAF.

Para a variável açúcares redutores (AR) detectou-se que todas as médias diferiram entre si, sendo que aos 30 DAF foi detectado a maior média, exceto para a cultivar Guesha, cuja maior média foi aos 60 DAF (Figura 2 e Tabela 1). Para o perisperma, os níveis de AR foram iguais para as coletas 30 e 90 DAF (Figura 2).

Quanto a variável açúcares redutores nos tecidos de pericarpo, os valores podem ser comparados tanto entre cultivares quanto para coletas. Na comparação entre cultivares aos 30 DAF a cultivar MGS Catiguá 3 teve maior média e foi igual a MGS Paraíso 2, a cultivar MGS Catiguá 3 também apresentou média igual em relação a Guesha (Figura 3). Em 60 DAF, Guesha e MGS Catiguá 3 apresentaram médias estatisticamente iguais e maiores, já a Guesha diferiu entre as médias e apresentou menor valor. Para a última coleta avaliada (90 DAF), todas as cultivares apresentaram médias iguais. Já na comparação das coletas dentro

de uma mesma cultivar, para a MGS Paraíso 2 a coleta aos 30 DAF apresentou a maior média que foi estatisticamente igual aos 60 DAF, em relação a MGS Catiguá 3 a média aos 30 DAF foi a de maior valor e a única com diferença entre os tratamentos, por fim quanto a Guesha, as médias aos 60 e 90 DAF foram estatisticamente iguais entre si e demonstraram possuir os maiores níveis para a variável (Figura 3).

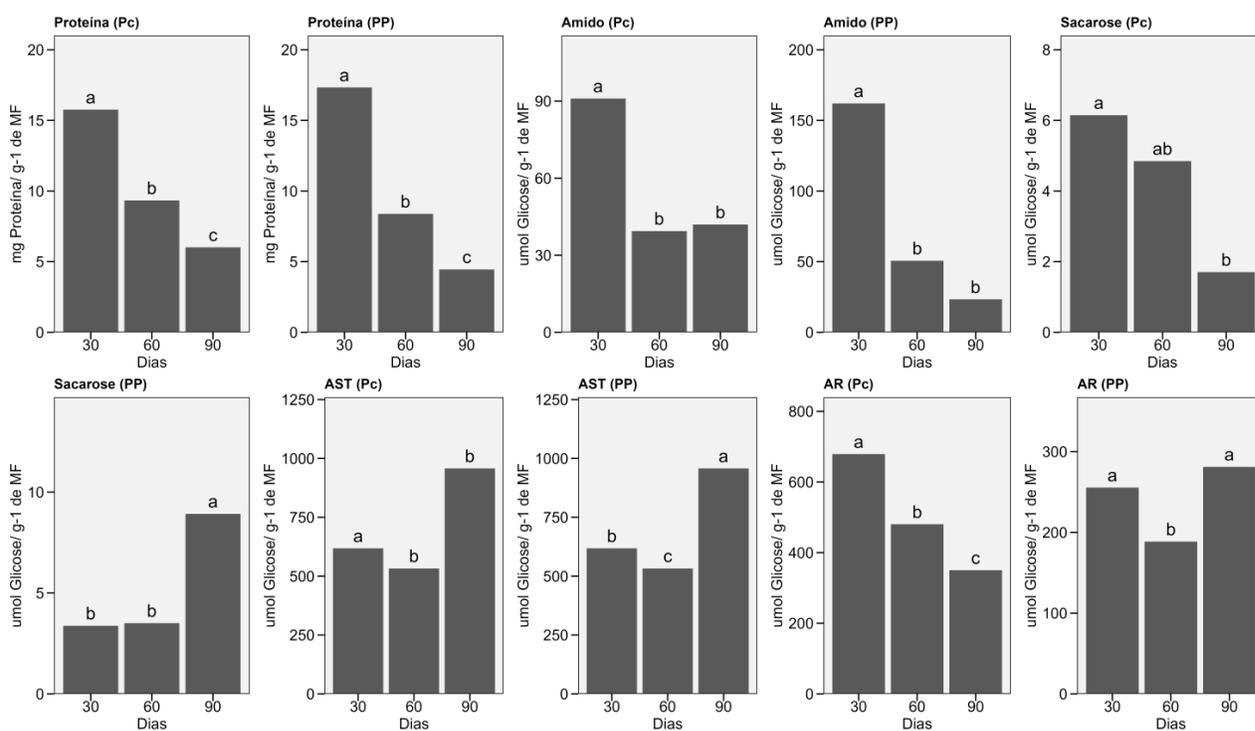


Figura 2: Comparação entre os efeitos das médias de cada coleta (30, 60 e 90 dias após o florescimento - DAF) para as variáveis proteína (mg proteína g^{-1} de matéria fresca) e amido (μmol de glicose g^{-1} de matéria fresca), sacarose (SAR - μmol de glicose g^{-1} de matéria fresca), açúcares solúveis totais (AST - μmol de glicose g^{-1} de matéria fresca) e açúcares redutores (AR - μmol de glicose g^{-1} de matéria fresca) para os tecidos pericarpo (Pc) e perisperma (Pp). As letras minúsculas apresentam a comparação entre cultivares pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Fonte: Do autor (2023).

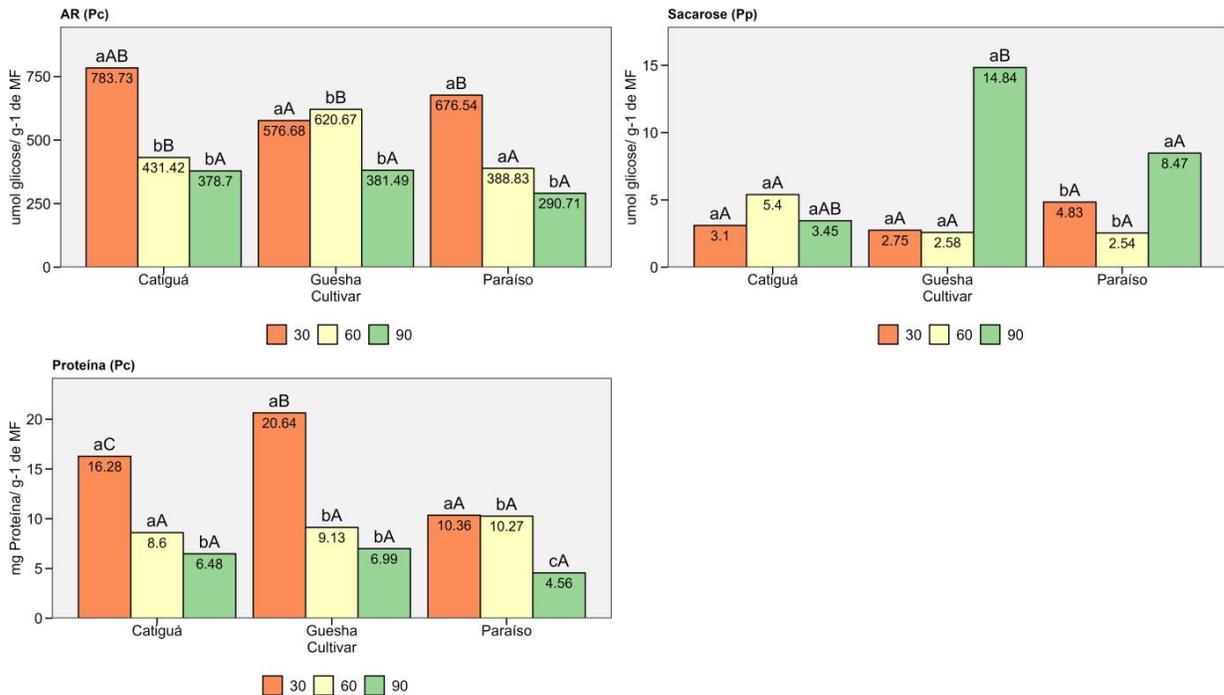


Figura 3: Comparação dos efeitos de interação cultivares x coletas para as variáveis açúcares redutores (AR - μmol de glicose g^{-1} de matéria fresca) e proteína (mg proteína g^{-1} de matéria fresca) no pericarpo e sacarose (SAR - μmol de glicose g^{-1} de matéria fresca) no perisperma para as cultivares MGS Paraíso 2, MGS Catiguá 3 e Guesha As letras maiúsculas apresentam a comparação entre cultivares no mesmo tempo (DAF) e as letras minúsculas apresentam a comparação das coletas dentro de uma mesma cultivar pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Fonte: Do autor (2023).

Em relação aos teores de sacarose nos tecidos de perisperma, as mesmas comparações foram estabelecidas. Na análise comparativa entre as cultivares aos 30 DAF e 60 DAF todas apresentaram médias iguais, aos 90 DAF, a MGS Paraíso 2 possui médias iguais a MGS Catiguá 3 e a Guesha possui média igual a MGS Catiguá 3. Na comparação entre coletas dentro de uma única cultivar pode-se verificar que para a MGS Paraíso 2 as coletas aos 30 e 60 DAF foram estatisticamente iguais e a coleta aos 90 DAF apresentou o maior valor médio, para a MGS Catiguá 3, não ocorreu diferença significativa entre as coletas. Para a cultivar Guesha, também ocorreu situação parecida, uma vez que não houveram diferenças significativas entre as coletas.

Foram também realizadas as comparações para os teores de proteína no pericarpo. Na comparação entre cultivares aos 30 DAF, todos os valores das médias diferiram entre si, sendo a Guesha a de maior valor, aos 60 DAF não houve diferença estatística entre os

valores das médias; e para a coleta aos 90 DAF, não se detectou diferença estatística entre os valores relativos a cada cultivar. Quanto a comparação de cada coleta dentro de uma mesma cultivar, para o tratamento MGS Paraíso 2, todos os valores diferiram entre si, dentro do tratamento MGS Catiguá 3, a coleta de 30 e 60 DAF apresentaram maior média e diferiram entre as demais coletas, por fim para o tratamento Guesha, a média da coleta aos 30 DAF foi a única a diferir entre as demais e foi a detentora dos maiores teores de proteína.

Os resultados obtidos para as coletas analisadas apontam a ocorrência de diferenciação celular (CASTRO E MARRACINI, 2006), evento que integra o processo de organogênese, típico dos estágios iniciais de desenvolvimento e maturação de frutos. Tal processo é responsável pela formação de novos tecidos, que por sua vez darão origem a novas estruturas, como é o caso do aparecimento do endosperma aos 60 DAF, fazendo com que o perisperma assuma a forma de um tecido fino, conhecido como membrana prateada (CASTRO E MARRACINI, 2006).

Portanto, os eventos aqui apresentados são compatíveis com uma transição da fase de pré-armazenamento para a fase de maturação (armazenamento), ocasião em que ocorre o alongamento e a diferenciação celular. Nestes estágios iniciais do fruto são observadas mudanças nítidas no perfil dos carboidratos (GEROMEL *et al.*, 2006), em que comumente há o gasto de reservas dos tecidos vegetais (principalmente proteínas e polissacarídeos complexos) (CASTRO *et al.*, 2001).

Isso pode ser observado nas cultivares pela queda nos níveis de proteínas e amido tanto no perisperma quanto no pericarpo ao longo dos dias após o florescimento, pela queda dos teores de sacarose e açúcares redutores no pericarpo nos estágios de desenvolvimento, bem como pela manutenção das taxas pigmentos, que indica a atividade fotossintética dos frutos como forma de atender à demanda energética dos tecidos em crescimento e desenvolvimento (GEROMEL *et al.*, 2006). Nesse sentido, o aumento dos níveis de sacarose e açúcares solúveis totais no perisperma podem ser entendidos como um indicativo do evento inicial de maturação do fruto em sua parte interna, que deve se iniciar nos próximos estágios de desenvolvimento com a armazenagem de açúcares, visto que durante o amadurecimento dos frutos, o teor de açúcares e sólidos solúveis deve aumentar em todos os tecidos do fruto (PÉREZ *et al.*, 2023).

Desta forma, a elaboração de um perfil de variáveis para cada cultivar ao longo dos estádios de desenvolvimento facilita a compreensão do desenvolvimento dos diferentes genótipos, fornecendo uma visão mais clara acerca da variabilidade existente para os fenótipos em análise, conferindo, assim, maior praticidade para os programas de melhoramento.

Portanto, deve-se ressaltar a necessidade da realização de novas pesquisas relacionadas ao tema, em razão da continuidade dos processos de desenvolvimento e maturação de frutos de caféarábica. Neste caso, as novas análises devem se voltar para os estádios subsequentes de maturação. Uma vez que seria interessante verificar se em estádios mais avançados ocorre um maior armazenamento dos componentes precursores de sabor e também se os compostos relacionados ao metabolismo se mantêm com o desenvolvimento do grão.

5. CONCLUSÕES

Os compostos químicos proteína e açúcares redutores no pericarpo, e açúcares solúveis totais no perisperma variam entre as cultivares.

As cultivares variam em resposta à interação com o tempo de coleta.

Com relação aos estádios de coleta, o comportamento dos componentes químicos foi compatível com os processos de organogênese que ocorrem nos estádios iniciais de desenvolvimento do fruto do cafeeiro

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, S. A. **QUALIDADE DA BEBIDA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO CAFÉ IN VIVO E IN VITRO**. 2007. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Nutrição, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

BATISTA, Eunice Reis. **Respostas fisiológicas e metabólicas de duas cultivares de Coffea arabica L. submetidas a atmosferas enriquecidas em CO₂ em Câmaras de Topo Aberto e sistema FACE**. 2015. 144 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biologia, Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2015.

BERTRAND, B. *et al.* Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica hybrids involving Sudanese-Ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. **Tree Physiology**, v. 26, n. 9, p. 1239-1248, 1 set. 2006.

BERTRAND, B. *et al.* Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in green Arabica coffee bean as well as coffee beverage quality. **Food Chemistry**, v. 135, n. 4, p.2575-2583, 2012.

BORÉM, F. M. **Pós-colheita do Café**. 1º ed. Lavras: UFLA, 2008. 631 p.

BORÉM, F. M. *et al.* The relationship between organic acids, sucrose and the quality of specialty coffees. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, n. 8, p. 709-717, 2016.

BOTE, Adugna Debela; VOS, Jan. Tree management and environmental conditions affect coffee (*Coffea arabica* L.) bean quality. **Njas: Wageningen Journal of Life Sciences**, [S.L.], v. 83, n. 1, p. 39-46, 1 dez. 2017. Informa UK Limited.

BRADFORD, Marion M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein-dye binding. **Analytical biochemistry**, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.

BRASIL. Brasil é o maior produtor mundial e o segundo maior consumidor de café. 2023. Elaborada por: Ministério da Agricultura e Pecuária. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/brasil-e-o-maior-produtor-mundial-e-o-segundo-maior-consumidor-de-cafe>. Acesso em: 15 nov. 2023.

CASTRO, R. D. de; MARRACCINI, P. Cytology, biochemistry and molecular changes during coffee fruit development. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 175-199, mar. 2006.

CASTRO, R. D. *et al.* A Semente de Café: desenvolvimento e perspectivas genômicas. In: II SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Araxá. **Anais [...]**. Araxá: Consórcio Pesquisa Café, 2001. p. 1-8.

CHENG, B.; FURTADO, A.; HENRY, R. J. The coffee bean transcriptome explains the accumulation of the major bean components through ripening. **Scientific Reports**, [S.L.], v. 8, n.1, p. 1-11, 30 jul. 2018.

CHENG, B. *et al.* Slower development of lower canopy beans produces better coffee. **Journal Of Experimental Botany**, [S.L.], v. 71, n. 14, p. 4201-4214, 24 mar. 2020.

CRAPARO, A. C. W. *et al.* Warm nights drive *Coffea arabica* ripening in Tanzania. **International Journal Of Biometeorology**, [S.L.], v. 65, n. 2, p. 181- 192, 14 set. 2020.

CROSS, J. *et al.* Phylogenetic Analysis of Chloroplast DNA Variation in *Coffea*. **Molecular Phylogenetics And Evolution**, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 109-117, fev. 1998.

DAVIS, A. P.; RAKOTONASOLO, Franck. Six new species of coffee (*Coffea*) from northern Madagascar. **Kew Bulletin**, v. 76, n. 3, p. 497-511, 2021.

FERREIRA, E. B., CAVALCANTI, P. P., NOGUEIRA, D. A. ExpDes.pt: Experimental Designspacake (Portuguese). R package version 1.1.2. 2013.

FERREIRA, Lucas Tadeu; CAVATON, Thiago. **Safra dos Cafés do Brasil corresponderá a 32% da produção mundial**. 2023. Elaborada por: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/81017373/safra-dos-cafes-do-brasil-correspondera-a-32-da-producao-mundial>. Acesso em: 12 dez. 2023.

GEROMEL, C. *et al.* Biochemical and genomic analysis of sucrose metabolism during coffee(*Coffea arabica*) fruit development. **Journal Of Experimental Botany**, [S.L.], v. 57, n. 12, p. 3243-3258, 7 ago. 2006. Oxford University Press (OUP).

GEROMEL, C. **METABOLISMO DA SACAROSE EM FRUTOS DE CAFÉ**. 2006. 115 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biologia, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

GIOMO, G. S.; BORÉM, F. M. Cafés especiais no Brasil: opção pela qualidade. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 7-16, 2011.

HENDRIKS, Janneke HM *et al.* ADP-glucose pyrophosphorylase is activated by posttranslational redox-modification in response to light and to sugars in leaves of *Arabidopsis* and other plant species. **Plant Physiology**, v. 133, n. 2, p. 838-849, 2003.

IVAMOTO, S. T. *et al.* Transcriptome Analysis of Leaves, Flowers and Fruits Perisperm of *Coffea arabica* L. Reveals the Differential Expression of Genes Involved in Raffinose Biosynthesis. **Plos One**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 1-1, 9 jan. 2017.

JUNG, J.-H *et al.* Phytochromes function as thermosensors in *Arabidopsis*. **Science**, [S.L.], v.354, n. 6314, p. 886-889, 18 nov. 2016.

KITZBERGER, C. S. G. *et al.* Composição química de cafés arábica de cultivares tradicionais e modernas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.L.], v. 48, n. 11, p.1498-1506, nov. 2013.

LAVIOLA, Bruno Galvêas *et al.* Alocação de fotoassimilados em folhas e frutos de cafeeiro cultivado em duas altitudes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1- 10, nov. 2007.

LICHTENTHALER, H. K.; WELLBURN, A. R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. **Biochem Soc Trans**, v. 11, n. 5, p. 591–592. 1983.

LÓPEZ-HIDALGO, Cristina *et al.* The rainbow protocol: a sequential method for quantifying pigments, sugars, free amino acids, phenolics, flavonoids and mda from a small amount of sample. **Plant, Cell & Environment**, [S.L.], v. 44, n. 6, p. 1977- 1986, 22 fev. 2021.

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. R. Avaliação de compostos não-voláteis em diferentes cultivares de cafeeiro produzidas na região Sul de Minas Gerais. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.31, n. 1, 2009.

MALTA, M. R. et al. Discrimination of genotypes coffee by chemical composition of the beans: Potential markers in natural coffees. *Food Research International*, v. 134, p. 109219, 2020.

MILLER, G. L. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. **Analytical Chemistry**, [S.L.], v. 31, n. 3, p. 426-428, 1 mar. 1959.

MOLINA, J. P. P. *et al.* Treasured exceptions: Association of morphoanatomical leaf traits with cup quality of *Coffea arabica* L. cv. “Catuaí”. **Food Research International**, v. 141, p. 110118, 2021.

OLIVEIRA, F. F. *et al.* *Coffea arabica* L. genes from isoprenoid metabolic pathways are more expressed in full sun cultivation systems than in agroforestry systems. **Plant Gene**, [S.L.], v. 26, p. 100287-100288, jun. 2021. Elsevier BV.

PAIVA, Elisângela Ferreira Furtado. **Avaliação Sensorial de Cafés Especiais**: um enfoque multivariado. 2010. 100 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

PEREIRA, Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga *et al.* AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE CAFÉS ARÁBICA E CONILON, PRODUZIDOS EM RONDÔNIA – RO E SUBMETIDOS A DIFERENTES TIPOS DE PRÉ-PROCESSAMENTO. In: I SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, [S.L]. **Anais [...]**. Brasília: Embrapa Café, 2000. p. 1-4.

PÉREZ, V. O. *et al.* Chemical Composition and Sensory Quality of Coffee Fruits at Different Stages of Maturity. **Agronomy**, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 341-341, 25 jan. 2023. d

PEZZOPANE, J. E. M., *et al.* Agrometeorologia: Aplicações para o Espírito Santo. CAUFES. 174p. 2012.

RODRIGUES, M. B. *et al.* CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE 25 CULTIVARES DE TOMATEIRO TIPO CEREJA: caracteres da planta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n.2, p. 4461-4467, jul. 2008.

SAKIYAMA, N. S.; PEREIRA, A. A.; MOURA, W. M., ZAMBOLIM, L. Melhoramento do café arábica. **In**: Borém, A. (ed.). Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. p. 203-223, 2005.

SALMONA, J. *et al.* Deciphering transcriptional networks that govern *Coffea arabica* seed development using combined cDNA array and real-time RT-PCR approaches. **Plant Molecular Biology**, [S.L.], v. 66, n. 1-2, p. 105-124, 15 nov. 2007.

SALMONA, J. *et al.* Deciphering transcriptional networks that govern *Coffea arabica* seed development using combined cDNA array and real-time RT-PCR approaches. **Plant Molecular Biology**, v. 66, n. 1-2, p. 105-124, 2008.

SANTANA, G. C. et al. Genome-wide association study reveals candidate genes influencing lipids and diterpenes contents in *Coffea arabica* L. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 1-12, 2018.

SCHOLZ, M. B. S. et al. Características físico-químicas de grãos verdes e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) do IAPAR. *Coffee Science*, v.6, n. 3, p. 245-255, 2011.

VAAST, P. *et al.* Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, [S.L.], v. 86, n. 2, p. 197-204, 10 out. 2005.

VAN HANDEL, E. Direct microdetermination of sucrose. *Analytical biochemistry*, v. 22, n. 2, p. 280-283, 1968.

XAVIER, Mirieli Bernardes. **COMPOSTOS BIOATIVOS, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E ANTIPROLIFERATIVA DE DUAS CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBICA (*Coffea arabica* L.** 2017. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Biológicas, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, [S.L.], v. 57, n. 3, p. 508-514, 1 jul. 1954.

ZANANDREA, Ilisandra et al. Tolerance of *Sesbania virgata* plants to flooding. **Australian Journal of Botany**, v. 57, n. 8, p. 661-669, 2010.