



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**Características químicas e sensoriais de genótipos de *Coffea arabica* sob
níveis e duração do estresse hídrico no Cerrado**

Nathalia Henriques da Silva

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

**BRASÍLIA/DF
JUNHO/2022**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**Características químicas e sensoriais de genótipos de *Coffea arabica* sob
níveis e duração do estresse hídrico no Cerrado**

Nathalia Henriques da Silva

Orientadora Prof.: Maria Lucrecia Gerosa Ramos
Co-Orientadora: Sônia Maria Costa Celestino

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF
JUNHO/2022



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**Características químicas e sensoriais de genótipos de *Coffea arabica* sob
níveis e duração do estresse hídrico no Cerrado**

Nathalia Henriques da Silva

**Dissertação de Mestrado submetido ao Programa de Pós-graduação em Agronomia,
como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre em Agronomia.**

Aprovada por:

Prof. Maria Lucrécia Gerosa Ramos / D.Sc. – (orientadora) / Universidade de Brasília

Prof. Marcelo Fagioli, / Dr. (examinador interno) / Universidade de Brasília

Walter Quadros Ribeiro Júnior / Dr. – (examinador externo) / Embrapa Cerrados

BRASÍLIA/DF, 30 de JUNHO de 2022.

FICHA CATALOGRÁFICA

Henriques da Silva, Nathalia
HS586C Características químicas e sensoriais de genótipos de *Coffea arabica* sob níveis e duração do estresse hídrico no Cerrado / Nathalia Henriques da Silva; orientadora Maria Lucrecia Gerosa Ramos ; co-orientadora Sônia Maria Costa Celestino. -- Brasília, 2022. 78 p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2022.

1. déficit hídrico. 2. qualidade química de café. 3. análise sensorial. 4. manejo de irrigação. 5. iapar 59. I. Gerosa Ramos , Maria Lucrecia , orient. II. Costa Celestino, Sônia Maria , co-orient. III. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Silva, N.H. Características químicas e sensoriais de genótipos de *Coffea arabica* sob níveis e duração do estresse hídrico no Cerrado. 2022, 78f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2022.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Nathalia Henriques da Silva

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Características químicas e sensoriais de genótipos de *Coffea arabica* sob níveis e duração do estresse hídrico no Cerrado.

GRAU: Mestre ANO: 2022

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

Nathalia Henriques da Silva
E-mail: nathaliahenrique@gmail.com

*Dedico esse trabalho a todos que me incentivam e me apoiam em especial a minha madrinha
(in memoriam) Marluce Gomes que nunca deixou de acreditar em mim com todo seu apoio,
amor e carinho.*

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora prof^a Dra Maria Lucrecia Gerosa Ramos pela credibilidade, orientação, disposição e compreensão.

À minha co-orientadora Dra. Sonia Maria Costa Celestino, pelas valiosas sugestões, pela confiança, orientação, apoio na realização das análises químicas e em análises de campo e todo incentivo.

Ao Dr. Walter Quadros Ribeiro Júnior pela ajuda, suporte e ensinamentos ao longo desses anos e por disponibilizar o campo experimental para a realização deste trabalho.

Ao meu grande amigo Lemerson Brasileiro por todo apoio, pelas sugestões, amizade, companhia e pela sua prestativa atenção na execução das análises estatísticas, análises de campo e laboratoriais e edição deste trabalho.

À Patricia Carvalho pela parceria, sugestões e pronta ajuda em análises de campo e na edição deste trabalho.

A todos os meus amigos que torceram e contribuíram para que eu concluísse esse mestrado em especial à Stefany Braz e Daniel Méndez.

A todos os meus familiares pela inestimável compreensão e apoio que sempre me concederam.

Aos bolsistas da Embrapa unidade CPAC, pela ajuda na execução das análises feitas em campo e processos de pós-colheita.

A todos os funcionários da Embrapa CPAC que de alguma forma colaboraram com a realização dessa pesquisa.

A todos que contribuíram de alguma forma para a concretização deste trabalho.

A capes pela concessão da bolsa de estudos.

A todos o meu muito obrigada!

Sumário

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo geral	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 Botânica, origem e distribuição.....	12
3.2 Importância economica do café.....	13
3.3 Cultivo do café no Cerrado.....	15
3.4 Necessidade hídrica da cultura	15
3.5 Genótipos.....	17
3.6 Atributos químicos de grãos de café.....	19
4. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 Caracterização da área experimental.....	24
4.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	26
4.3 Condução do experimento	27
4.4 Análise das variáveis na pós-colheita.....	29
4.5 Determinações do teor de água e massa seca	29
4.6 Extrações de ácidos cafeoilquínicos (5-CQA), cafeína (CAF), trigonelina (TRIG) e ácido cítrico (AC)	30
4.7 Determinações de ácidos cafeoilquínicos (5-CQA), cafeína (CAF) e trigonelina (TRIG).....	30
4.8 Determinação de ácido cítrico (AC).....	31
4.9 Extração e determinação de sacarose (SAC)	31
4.10 Determinações de sólidos solúveis totais (SS)	32
4.11 Análises sensoriais	33
4.12 Produtividade.....	34
4.13 Análises estatísticas	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 Análises químicas e produtividade.....	35
5.2 Caracterizações químicas.....	42
5.3 Análises sensorial dos cafés.....	49
5.4 Comparações das características químicas e sensoriais.....	54

6. CONCLUSÕES.....	57
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
8. ANEXOS	68

RESUMO

O interesse da população por cafés que apresentam boa qualidade de bebida cresce em conjunto com a necessidade de tecnologias associadas com genótipos eficientes quanto ao uso de água, devido às características do cultivo no Cerrado. Diante disso, esta pesquisa tem como objetivo avaliar o efeito da imposição de intensidade e duração de estresse hídrico na composição química dos grãos de café de diferentes genótipos localizados no Cerrado do Centro-Oeste brasileiro e comparar com a percepção da qualidade do grão através de análise sensorial especializada. O experimento foi conduzido no período das safras de 2019/2020 e 2020/2021, em uma área experimental da Embrapa Cerrados – Planaltina-DF. O experimento é composto por cinco genótipos de *Coffea arabica* e sete regimes hídricos. Os genótipos utilizados foram: IAPAR 59, Tópazio linhagem MG-1190, E 237, IPR 98 e Catuaí linhagem IAC-99. Os regimes hídricos são constituídos por dois níveis de reposição hídrica 100% e 50% da evapotranspiração da cultura, aplicados durante todo o ano (IP 100% e IP 50%), e em dois períodos de déficit hídrico (DH1 e DH2) ambos com reposição hídricas de 100% e 50%, além do sequeiro. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições e cada tratamento hídrico constituiu um experimento. Os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F e a comparação das médias feita pelo teste de Tukey. Os valores de cafeína e sacarose foram semelhantes nos dois anos de experimento. Em DH2 50% a cultivar IAPAR 59 destacou-se das demais ao apresentar maior média no teor de cafeína em 2021. Os maiores valores de sacarose foram observados nos regimes de maior restrição hídrica, DH1 50% e DH2 50% em 2020 e em sequeiro em 2021. Quanto às avaliações de ácido cítrico a cultivar IAPAR 59 se destacou no ano de 2020, no qual apresentou as maiores médias de ácido cítrico nos experimentos com 100% de reposição da evapotranspiração e o Topázio linhagem MG-1190 se destacou com o regime DH2 50% com valores mais baixos nos dois anos. Os genótipos de café, em condições de estresse hídrico, apresentam respostas variáveis quanto às suas características químicas. Cafeeiros em condições de estresse hídrico apresentam melhora na qualidade química dos grãos crus. Não houve correlação entre os atributos sensoriais e a caracterização química dos grãos crus.

Palavras-chave: déficit hídrico, qualidade química de café, análise sensorial, manejo de irrigação, iapar 59.

ABSTRACT

The interest of the population for coffees that have good quality of drink grows together with the need for technologies associated with efficient genotypes regarding the use of water, due to the characteristics of cultivation in the Cerrado. Therefore, this research aims to evaluate the effect of the imposition of intensity and duration of water stress on the chemical composition of coffee beans of different genotypes located in the Cerrado of the Brazilian Midwest and compare with the perception of the quality of the bean through analysis specialized sensory. The experiment was conducted during the 2019/2020 and 2020/2021 harvests, in an experimental area of Embrapa Cerrados - Planaltina-DF. The experiment consists of five *Coffea arabica* genotypes and seven water regimes. The genotypes used were: IAPAR 59, Tópazio lineage MG-1190, E 237, IPR 98 and Catuaí lineage IAC-99. The water regimes consist of two levels of water replacement 100% and 50% of crop evapotranspiration, applied throughout the year (IP 100% and IP 50%), and in two periods of water deficit (DH1 and DH2) both with 100% and 50% water replacement, in addition to rainfed. The experimental design used was in randomized blocks, with four replications and each water treatment constituted an experiment. Data were submitted to analysis of variance at 5% probability using the F test and the means were compared using Tukey's test. Caffeine and sucrose values were similar in the two years of experiment. In DH2 50%, the cultivar IAPAR 59 stood out from the others by presenting the highest average caffeine content in 2021. The highest sucrose values were observed in the regimes of greater water restriction, DH1 50% and DH2 50% in 2020 and in rainfed conditions. in 2021. As for citric acid evaluations, the cultivar IAPAR 59 stood out in 2020, in which it presented the highest averages of citric acid in the experiments with 100% evapotranspiration replacement and the Topázio strain MG-1190 stood out with the regimen DH2 50% with lower values in both years. The coffee genotypes, under water stress conditions, present variable responses regarding their chemical characteristics. Coffee plants under water stress conditions improve the chemical quality of raw beans. There was no correlation between sensory attributes and chemical characterization of raw grains.

Key word: water deficit, coffee chemical quality, sensory analysis, irrigation management, iapar 59.

1. INTRODUÇÃO

O café é um dos produtos agrícolas mais importantes do mercado internacional. É cultivado em diferentes latitudes ao redor do mundo, mas sua distribuição depende de muitos fatores climáticos como localização, tipos de solo, precipitação e práticas de manejo (WINTGENS, 2009). Tais características vêm contribuindo para uma expressiva expansão do cultivo no Cerrado nas últimas décadas.

A importância econômica do café no Brasil é relevante, uma vez que o país é o maior produtor e exportador mundial da cultura contribuindo com 33,6% no atual ciclo de produção, segundo os dados do USDA (CONAB, 2022). Além disso, é um importante setor de desenvolvimento sócio-econômico, pois a demanda de mão de obra na cadeia produtiva do café é alta, colaborando com a geração de empregos contribuindo para economia do país (FASSIO & SILVA, 2015).

Com isso, houve um aumento no consumo de café acompanhado por uma maior exigência dos consumidores por uma bebida de qualidade mais refinada, o que leva as indústrias a colocar no mercado cafés com qualidade superior, e ao mesmo tempo, resulta na adequação dos produtores a esse novo padrão de exigência. Visando esse novo mercado, os produtores têm buscado utilizar tecnologias de produção diferenciadas em suas lavouras, o que tem influenciado significativamente a qualidade dos grãos e o crescimento na receita desses produtores.

Em várias regiões do país a irrigação vem sendo recomendada, devido principalmente aos períodos de seca mais frequentes, influenciando a produtividade e as condições de maturação do grão. No Cerrado o uso da irrigação pelos produtores constitui como ferramenta fundamental para um bom desenvolvimento do café nesta região, uma vez que não se recomenda plantar em sequeiro neste bioma, devido ao longo período sem precipitações.

Fatores como o genótipo e condições edafoclimáticas são de suma importância para a qualidade do café, estudos como os de Marsal et al. (2012), Kang et al. (2000), Patanè et al. (2011) e Santesteban et al. (2011), têm mostrado que a irrigação com déficit moderado pode economizar muita água de irrigação, manter o rendimento das culturas e preservar a qualidade dos grãos. Em comparação com a irrigação total, a irrigação com déficit moderado (80% da quantidade total de irrigação) diminui o rendimento do café arábica em apenas 6,4%, enquanto aumenta os teores de proteína, gordura bruta, ácidos cafeoilquínicos no grão seco e melhora a qualidade da xícara do grão de café e a eficiência no uso da água (LIU et al., 2014; TESFAYE et al., 2013.).

Estudos mostram que a técnica de estresse hídrico controlada em cafeeiros irrigados no período de floração uniformiza a floração e gera maior produção de café em cereja, e com isso gera um aumento potencial para a produção de cafés especiais, que possuem um melhor preço no mercado (GUERRA et al., 2005; SILVA et al., 2009).

A avaliação da qualidade do café se dá de três maneiras principais: caracterizações física, química e sensorial (CHENG et al., 2016; PIMENTA et al., 2018).

A composição química dos grãos de café está diretamente relacionada com a qualidade sensorial da bebida (PIMENTA et al., 2018). Os atributos sensoriais amargor, adstringência, aromas doces, acidez cítrica e corpo são valorizados e se relacionam com as características químicas teores de cafeína, ácidos cafeoilquínicos, teor de sacarose e trigonelina, teor de ácido cítrico e teor de sólidos solúveis totais, respectivamente (KITZBERGER et al., 2013; BHUMIRATANA et al., 2011; SCHOLZ et al., 2015). A quantificação destes compostos em café cru permite avaliar o potencial do cafeeiro para a produção de grãos com um perfil sensorial de melhor qualidade.

A análise sensorial é amplamente utilizada para a caracterização e avaliação da qualidade da bebida de café, uma vez que fornece suporte técnico para pesquisa, indústria, marketing e controle de qualidade (DUTCOSKY, 2013).

Diante de todo o cenário de longo período sem precipitações, mudanças climáticas e da importância econômica do café é evidente a necessidade de pesquisar o efeito do déficit hídrico na qualidade dos grãos de genótipos de café para identificação de cultivares mais adaptadas ao Cerrado Central.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito de níveis e durações de estresses hídricos na composição química dos grãos de café localizados no Cerrado do Centro-Oeste brasileiro, e na percepção da qualidade do grão através de análise sensorial padronizada.

2.2 Objetivos específicos

Identificar qualidade química em genótipos que apresentem boas respostas em condições de estresse hídrico.

Avaliar o efeito de déficit hídrico na quantificação dos compostos químicos, teor de cafeína, ácidos cafeoilquínicos, teor de sacarose, ácido cítrico, trigonelina e sólidos solúveis totais em grãos de café cru.

Correlacionar resultados da caracterização química com a análise sensorial.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Botânica, origem e distribuição

O café Arábica é originário das florestas tropicais da Etiópia, Quênia e Sudão, em altitudes de 1.500-2.800 m. Nestas regiões, a temperatura do ar apresenta pouca variação sazonal, com média anual variando entre 18 °C e 22 °C. A precipitação é bem distribuída, variando de 1.600 mm a 2.000 mm, com estação seca estendendo-se por três a quatro meses e

coincidindo com o período mais fresco (CAMARGO, 2010). As temperaturas do ar entre 18 °C e 23 °C são próprias para a espécie (CAMARGO, 1985).

O gênero *Coffea* é composto por espécies com genoma básico de $x=11$ cromossomos, sendo o *C. arabica* um tetraploide $2n = 4x = 44$ cromossomos (SYBENGA, 1960), única espécie poliploide conhecida que compõe o gênero. Híbridos de *C. arabica* e *C. canephora* são estéreis devido às diferenças genéticas e de ploidia.

A vida útil média de uma plantação de café é de cerca de 30 anos (WINTGENS, 2009), três anos após o plantio a planta do café Arábica atinge a maturidade e entra no estágio de frutificação e geralmente começa a produzir comercialmente (FERREIRA et al., 2019).

As referências mais antigas que se têm sobre o cultivo e consumo do café são baseadas em mitos e lendas, não em textos científicos. Baseado em dados históricos e científicos o café arábica apresenta duas bases genéticas descritas como duas variedades botânicas distintas. *Coffea arabica* var. *Typica* Cramer e *Coffea arabica* var. *Bourbon* (CHARRIER e BERTHAUD, 1985). As cultivares derivadas da variedade Bourbon são caracterizadas pelo hábito de crescimento mais compacto e ereto, maior produtividade e qualidade de bebida do que as cultivares derivadas da variedade *Typica* (ANTHONY et al., 2001).

No Brasil, a variedade *Typica* foi introduzida em 1727 por sementes no estado do Pará aparentemente oriundas da Guiana Francesa. A variedade Bourbon originada com a reintrodução de plantas de café nas ilhas Bourbon, foi possivelmente levada para as ilhas Mauritius e a partir daí para várias zonas de produção de café do mundo, inclusive ao Brasil (LÉCOLIR et al., 2009).

3.2 Importância econômica do café

Segundo a CONAB (2022) o café arábica representa mais de três quartos da produção total de café no país. Para a safra de 2022, de bienalidade positiva, a perspectiva é de incremento no número final de sacas, totalizando 38.783,9 mil sacas beneficiadas. A área

cultivada está estimada em 1.809,98 mil hectares, o que corresponde a quase 80% da área total destinada à cafeicultura nacional, sendo Minas Gerais a maior área com a espécie, 1.316,59 mil hectares, correspondendo desta forma a cerca de 70% da área ocupada com café arábica no país.

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, tendo exportado, em 2021, mais de 38,1 milhões de sacas, equivalentes a 5,8 bilhões de dólares de divisas (COMEX STAT, 2022). Em 2022 o Brasil exportou 14,1 milhões de sacas de 60 quilos de café no acumulado dos quatro primeiros meses, o que corresponde à redução de 10,8%, na comparação com as 15,8 milhões de sacas exportadas em igual período de 2021. Essa queda na exportação já era esperada e resulta da baixa oferta interna após a redução da produção na safra de 2021, com a bienalidade negativa do arábica e adversidades climáticas sobre as lavouras. Nesses primeiros quatro meses o Brasil exportou café para 132 países, Alemanha e Estados Unidos foram os principais destinos, com respectivas participações de 19,8% e 18,4% em termos de quantidade, seguidos por Bélgica 11%, Itália 9% e Japão 4,5%. Dois portos concentraram cerca de 94,6% dos embarques do café brasileiro para o exterior no período dos quatro primeiros meses deste ano, com participação de 84,4% do porto de Santos e 10,2% do porto do Rio de Janeiro (CONAB, 2022).

A cafeicultura brasileira apresenta grande importância na geração de empregos, recursos e divisas, sendo bastante diversificada, com particularidades regionais. O Cerrado brasileiro abrange mais de 200 milhões de hectares, distribuídos nos Estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Bahia, Piauí, Maranhão e Distrito Federal, e tem se destacado com produção superior a 5 milhões de sacas por ano, principalmente de *Coffea arabica* L.

A cafeicultura irrigada ocupa, no Brasil, 449.283 ha⁻¹ representando mais de 20% da área total de café no País, a maior parte dessa área está localizada em regiões de Cerrado. (ATLAS IRRIGAÇÃO, 2022).

3.3 Cultivo do café no Cerrado

O Cerrado ocupa, predominantemente, o Planalto Central brasileiro, com 206 milhões de hectares, equivalendo a cerca de 23% do território nacional e constituindo o segundo maior bioma do País, distribuído, principalmente, nos Estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Bahia, Piauí, Maranhão, São Paulo e Distrito Federal (IBGE, 2010).

Este bioma é caracterizado por apresentar duas estações bem definidas (inverno seco e verão chuvoso), com precipitação média anual de cerca de 1.500 mm. O período seco varia de quatro a sete meses e as chuvas concentram-se de outubro a março (NIMER e BRANDÃO 1989). A temperatura média situa-se em torno de 22-27 °C, com a média das máximas variando pouco, no decorrer dos meses. Contudo, no inverno, a variação média da temperatura (dia/noite) é superior a 12 °C. A definição das estações climáticas, com verão quente e úmido e inverno ameno e seco (condições importantes para a produção de excelente qualidade de café), constitui-se no grande trunfo do Cerrado.

A produtividade média do café no Cerrado é bem superior à média brasileira que em 2022, foi de 30,6 sacas ha⁻¹, enquanto Cerrado baiano e goiano apresentaram médias de 45,0 sacas ha⁻¹ (CONAB, 2022). Esta maior produtividade está associada, principalmente, a uma cafeicultura moderna, mecanização (topografia favorável), adubação e utilização apropriada de irrigação.

3.4 Necessidade hídrica da cultura

Na região do Cerrado Mineiro, a situação que mais preocupa é a escassez de chuvas, especialmente no período de floração e frutificação, pois são etapas críticas na determinação do potencial produtivo da cultura. Vale ressaltar que a restrição hídrica nessas fases pode acarretar abortamento floral e impactar na formação dos frutos, além de limitar a produtividade média dos grãos (FERNANDES, et al. 2012). Para a produção de café Arábica, são recomendadas áreas com altitude variando entre 800 m e 1.300 m, podendo ser dotadas de irrigação, em função do regime de chuvas.

Na cafeicultura irrigada, é possível manejar a aplicação de água de modo a suprir as necessidades hídricas da cultura durante a estação seca e períodos de veranicos. Além disso, possibilita a aplicação de estresse hídrico controlado na estação seca do Cerrado para sincronizar o desenvolvimento dos botões florais garantindo alta produtividade e qualidade do café (GUERRA et al., 2005). A imposição de estresse hídrico na planta pela suspensão das irrigações estimula o crescimento após o reinício das irrigações. Considerando que o Cerrado possui longos períodos de veranico, podemos afirmar que o estresse hídrico interfere diretamente na produtividade do café. Quando a irrigação é bem gerida, a planta expressa melhor seu potencial de produção e o uso dos recursos hídricos é otimizado, garantindo maior sustentabilidade (DAR et al., 2017; RODRIGUEZ-ORTEGA et al., 2017).

Vários são os benefícios que podem ser observados na prática da irrigação, sendo as principais: o aumento da produtividade com eficiência no uso da água de duas a três vezes maiores do que os obtidos com agricultura de sequeiro; redução do custo unitário de Produção. Diante dos cenários de redução de disponibilidade de água, a necessidade de aumentar o uso da água interfere na eficiência e manutenção da produtividade das culturas.

A irrigação tem proporcionado resultados altamente positivos na produtividade das lavouras, seja nas já existentes, recuperando-as de 10 a 15 para 30 a 35 sacas por hectare, seja nas novas, com média de 45 a 55 sacas anuais por hectare (SANTINATO et al., 2008). Desta

forma, tem sido observado o constante crescimento no uso da irrigação pelos cafeicultores do Cerrado e do Brasil.

Os sistemas de irrigação mais utilizados são os de aspersão (convencional, em malha e pivô central) e os localizados (gotejamento e modificados). O clima é favorável à qualidade do café, pois, na época da colheita, ocorrem condições de baixa umidade relativa do ar, sendo as chuvas concentradas no verão. Verifica-se, também, nas áreas de Cerrado, maior quantidade de insolação, principalmente nos meses de outono e inverno, também favorável à produtividade e qualidade. Além disto, o manejo da irrigação pode favorecer floradas uniformes e, conseqüentemente, maturação mais uniforme (GUERRA et al., 2005).

Portanto, em certas regiões do Brasil, como é no caso do Cerrado, a irrigação do café pode ser tornar necessária tanto pelos períodos de veranicos que é a época que mais há necessidade de água pela cultura, tanto por eventos climáticos.

3.5 Genótipos

A cultivar IAPAR 59 originou-se do cruzamento entre a cultivar Villa Sarchi CIFC 971/10 e o Híbrido de Timor CIFC 832/2, realizado no Centro de Investigações das Ferrugens do Cafeeiro (CIFC). Segundo análise efetuada no CIFC o IAPAR 59 é uma cultivar que apresenta a resistência completa à ferrugem do café, assim possui a característica rara de resistência a todas as raças de *Hemileia mastatrix*. Apresenta porte baixo, diâmetro e volume de copa menor comparado ao Catuaí, permitindo que ela seja utilizada em plantios adensados. As folhas jovens são predominantes, bronze com baixa incidência de plantas com brotos verdes. Os frutos são vermelhos, de formato arredondado, com maturação precoce e uniforme (peneira média 16, maior que os da variedade Catuaí). Apresenta intensa seca dos ramos se plantada em espaçamento convencional. Em áreas mais quentes resulta em alta produtividade por planta. É tão suscetível a minadoras quanto as variedades tradicionais, mas é altamente

tolerante, suportando níveis mais altos de folhagem minada sem desfolhar (CARVALHO et al., 2008; SAKIYAMA et al., 2015).

A cultivar Topázio é derivada de um cruzamento entre as cultivares Catuaí Amarelo e Mundo Novo, por técnicos do Instituto Agronômico de Campinas (IAC). Posteriormente, com a introdução desse sistema de material (EPAMIG-UFLA-UFV) pelo Instituto Nacional de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, as opções foram aprimoradas, culminando na variedade Topázio linhagem MG-1190 para cultivo comercial. Os cafeeiros possuem porte baixo e muito uniforme, diâmetro médio de copa, excelente produtividade e alto vigor vegetativo, sem apresentar seca de ramos produtivos. As ramificações secundárias são abundantes e as folhas novas são, predominantemente de cor bronze-escuro. Os frutos apresentam coloração amarela e a maturação é de ciclo intermediário e bastante uniforme. Os cafeeiros são suscetíveis a ferrugem, aos nematoides das galhas e a outras doenças. Apesar de ser indicado para as principais regiões produtoras de café de Minas Gerais, tem demonstrado boa adaptabilidade e estabilidade produtiva em diversos ambientes, inclusive o café irrigado, onde vem sendo cultivado mostra-se bastante produtivo e com rendimentos inferiores a cada dois anos (CARVALHO et al., 2008; PEREIRA et al., 2010; PEREIRA et al., 2013).

A cultivar IPR-98, também é derivada do germoplasma Sarchimor de pequeno porte, possui resistência completa e duradora à ferrugem e se diferencia da cultivar IAPAR 59 por apresentar ramificação plagiotrópica (lateral) mais intensa e frutos um pouco menores. As folhas jovens são de coloração verde, e seu principal diferencial em relação ao IAPAR 59 é o tempo médio de maturação dos frutos um pouco mais tardio e possível de escalonar safra com economia de mão de obra e infraestrutura e risco reduzido de chuva durante a colheita. Mais adaptado a solos pobres e calor do que o IAPAR 59. Semente média semelhante a Catuaí com frutos vermelhos e brotos verdes. Boa qualidade de bebida e alto rendimento (CARVALHO et al., 2008; SAKIYAMA et al., 2015).

As cultivares de Catuaí Vermelho apresentam alto potencial produtivo e com ampla capacidade de adaptação às regiões cafeeiras. Além, de possuir elevado vigor vegetativo e porte reduzido. Apresentam internódios tanto de plagiotrópicos, quanto de ortotrópicos mais encurtado e as ramificações secundárias abundantes. Possui o sistema radicular bem desenvolvido, porém essas cultivares são suscetíveis à ferrugem e nematoides mas apresentam alto vigor. As folhas são de tamanho médio de cor verde-escura brilhante e folhas jovens de cor verde-clara. A produtividade anual é elevada em plantios adensados ou superadensados e em sistemas irrigados a produtividade média pode aumentar. A cultivar de Catuaí Vermelho selecionada foi a linhagem IAC 99. A qualidade da bebida é excelente (CARVALHO et al., 2008).

3.6 Atributos químicos de grãos de café

A qualidade do café é determinada pela presença e concentrações de metabólitos primários e secundários que influenciam atributos sensoriais (ou seja, organolépticos), estabilidade de prateleira e aspectos nutricionais do café (FLAMENT e BESSIÈRE-THOMAS, 2002 ; FOLMER, 2017). A qualidade depende de diversos fatores como a composição química dos grãos, sendo essa determinada por fatores genéticos, condições ambientais e culturais; métodos de colheita, processamento e armazenamento; processo de torra e preparo da bebida (PIMENTA et al., 2018). Segundo Matiello et al. (2005), além da produtividade e da renda, o formato, o tamanho dos grãos e a bebida, fazem parte das características produtivas mais importantes para o cafeeiro.

A qualidade do café varia em cada etapa da produção, da fazenda à xícara. Na fazenda, a qualidade do café é influenciada pela genética (DESSALEGN et al., 2007), clima e outros fatores ambientais (BERTRAND et al., 2012), condições de manejo (VAAST et al., 2006) e colheita (TAVEIRA et al., 2014). Por exemplo, a produção de café em regiões de baixa

altitude na Nicarágua é vulnerável à redução de acidez e sabor devido às mudanças climáticas (LÄDERACH et al., 2017).

Em áreas da Etiópia com chuvas baixas e irregulares, a irrigação suplementar nos sistemas de produção de café melhorou a qualidade do café com base na acidez, corpo e sabor geral (TESFAYE et al., 2013). Na Costa Rica, as condições de manejo, incluindo raleio de frutos e aplicação de fungicida para combater a ferrugem do café, alteraram a composição de metabólitos secundários voláteis e a qualidade percebida da bebida de café preparada (ECHEVERRIA-BEIRUTE et al., 2017).

Na pós-colheita, a qualidade do café é influenciada pelo processamento, armazenamento e preparo (VIANI, 2000 ; SCHWAN e FLEET, 2014). Os perfis sensoriais, que determinam a qualidade do café, influenciam as decisões de compra do consumidor, com implicações econômicas em todo o sistema cafeeiro.

A composição química dos grãos de café está diretamente relacionada com a qualidade sensorial da bebida (PIMENTA et al., 2018). Os atributos sensoriais amargor, adstringência, doçura, corpo, acidez cítrica e aromas são valorizados e se relacionam com as características químicas teores de ácido quínico e cafeína, ácidos cafeoilquínicos, teor de sacarose, teor de sólidos solúveis totais, teor de ácido cítrico e teores de trigonelina e sacarose, respectivamente (KITZBERGER et al., 2013; BHUMIRATANA et al., 2011; SCHOLZ et al., 2015). A quantificação destes compostos em café cru permite avaliar o potencial do cafeeiro para a produção de grãos com um perfil sensorial de melhor qualidade.

A cafeína, principal alcaloide presente no café, apresenta relativa estabilidade ao processo de torra, além de ser o maior contribuinte para o amargor da bebida, representando de 10 a 30% do amargor presente na bebida (CLARKE e VITZTHUM, 2008; MOREIRA e TRUGO, 2000). O composto é um estimulante do sistema nervoso central, buscado pela grande maioria dos consumidores de café (SIMULESCU et al., 2019). Uma concentração

elevada de cafeína pode afetar os rins, fígado e sistema nervoso (Saldaña et al 1997). Por outro lado, a trigonelina possui uma baixa toxicidade comparada com a cafeína, atuando principalmente no sistema nervoso central, na secreção da bili e no intestino [Saldaña 1997].

Os ácidos cafeoilquínicos, no geral, contribuem para o sabor do café pela formação de compostos durante as degradações térmicas (MALTA & CHAGAS, 2009), relacionados principalmente com a adstringência e amargor da bebida (FARAH et al., 2006). Esses ácidos são uma família dos isômeros ácido 3-cafeoilquínico, ácido 4-cafeoilquínico e ácido 5-cafeoilquínico, sendo este último o mais predominante. O ácido quínico é produto dessa degradação térmica e contribui, juntamente com a cafeína, para o amargor da bebida. De acordo com Cheng et al. (2016) o conteúdo de ácidos cafeoilquínicos diminui com o aumento da maturidade do grão de café. Farah e Donangelo (2006) verificaram que a maior concentração desses compostos está presente em cafés de pior qualidade.

O principal açúcar presente no café é a sacarose, sendo mais de 95% dos açúcares presentes no café. Os açúcares simples, incluindo os redutores, estão presentes no café cru com quantidades muito pequenas (SALVA, et al. 2015). À medida que o fruto se desenvolve e amadurece verificam-se aumento de sacarose e diminuição de açúcares redutores (GEROMEL et al., 2006). Durante a torração, as moléculas de sacarose são, praticamente, 100% decompostas nos açúcares redutores glicose e frutose responsáveis pela doçura e contribuintes da cor, sabor e aroma do café torrado, estes três últimos devido à sua participação nas reações de Maillard (ALCÁZAR et al., 2005; FARAH et al., 2006). Um maior teor de sacarose no grão cru possibilita a obtenção de um grão torrado com maior doçura e aromas doces desejáveis.

Os sólidos solúveis no café são constituídos por ácidos, açúcares, aldeídos e outros compostos. Nos cafés arábica um maior teor de sólidos solúveis é desejável para o

desenvolvimento do corpo, ou seja, da sensação de “textura” e “preenchimento na boca” ao ingerir a bebida (AGNOLETTI, 2015).

A acidez da bebida de café é reconhecida como um importante atributo para sua qualidade sensorial. Podendo esta variar em função do estágio de maturação dos frutos, bem como condições edafoclimáticas, tipo de colheita e secagem, e forma de processamento (SIQUEIRA; ABREU, 2006). O ácido cítrico, responsável pela acidez cítrica, é um importante indicador de uma bebida de melhor qualidade (ALCÁZAR, et al., 2003). Durante a torração esse ácido é em parte decomposto, sendo assim, maiores valores no café cru são desejáveis para que sua concentração no café torrado ainda possibilite a percepção do sabor cítrico na xícara de café.

De acordo com Kalschne et al. (2018), as bebidas de café arábica apresentam maiores teores de trigonelina. Segundo estes mesmos autores, foram relatados valores de trigonelina na faixa de 0,52 a 0,96 mg m L⁻¹ para cafés robusta e arábica, respectivamente. A trigonelina sofre intensa degradação térmica durante o processo de torra, gerando uma série de compostos voláteis importantes para a formação do sabor e aroma da bebida de café (PIMENTA et al., 2018).

O aroma do café é um atributo sensorial chave da qualidade do café, derivado de centenas de metabólitos secundários voláteis (incluindo álcoois, aldeídos, hidrocarbonetos e cetonas) que respondem por <0,2% do peso do café torrado (FLAMENT, 2002).

3.7 Atributos sensoriais para qualidade de bebida

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993), define-se análise sensorial como uma disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e materiais como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição.

As técnicas de análise sensorial descritivas envolvem a detecção, bem como a descrição qualitativa e quantitativa, dos atributos sensoriais de um determinado produto por meio de avaliadores. Os aspectos qualitativos incluem atributos sensoriais que definem a amostra com relação à aparência, aroma, sabor e textura. Enquanto que os aspectos quantitativos são obtidos quando os avaliadores, por meio de escalas de intensidade, quantificam cada aspecto qualitativo (DUTCOSKY, 2013; MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2006; MURRAY; DELAHUNTY; BAXTER, 2001).

De acordo com a metodologia de avaliação sensorial da SCA (Specialty Coffee Association), é classificado como especial todo café que atinge, no mínimo, 80 pontos na escala de pontuação da metodologia com avaliação objetiva (qualidade quantificada, com escala decimal de zero a cem pontos). Nessa escala são avaliados dez diferentes atributos sensoriais: 1. Fragrância (proveniente do pó seco) /aroma (após hidratado e pós-quebra da crosta), 2. uniformidade (5 xícaras, cada qual correspondendo estatisticamente a 20% da amostra), 3. xícara limpa (ausência de defeitos), 4. doçura, 5. sabor, 6. acidez (tipo de acidez, intensidade e qualidade), 7. corpo (intensidade e qualidade), 8. finalização (persistência e qualidade residual), 9. balanço (interação entre sabor, corpo e acidez), 10. avaliação geral (baseada na memória sensorial que um degustador possui, sempre tomando por referência cafés de mesma origem e natureza).

O objetivo do protocolo de degustação é permitir uma correta caracterização sensorial de um determinado lote de café, e assim, avaliada a qualidade após a comparação com uma referência ou um teste anterior. O resultado de cada atributo é expresso por escalas estruturadas e a pontuação total (nota) é o somatório das notas dos 10 atributos.

De acordo com o protocolo, a verificação do ponto de torra é feita pelo Sistema chamado Roast Color Classification System desenvolvido pela Agtron - SCA que é a classificação do grau de torra do café, com cores de #95 a #25. Após os grãos de café verde

serem torrados, moídos e preparados, os provadores avaliam os atributos sensoriais da xícara de café, de acordo com o protocolo da SCA.

Espera-se que cafés que obtiverem altas notas devem ser, evidentemente, melhores do que cafés que receberam notas mais baixas, demonstrando, assim, a consistência da avaliação. Mori et al. (2003) descreveram que o café de boa qualidade é caracterizado por possuir uma sensação agradável, com uma combinação equilibrada de sabor, corpo e aroma e ausência de defeitos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina-DF, cujas coordenadas geográficas são: 15°35'30" S 47°42'30" W e altitude média de 1.007 m.

O clima da região é classificado como Aw, segundo a classificação de Köppens (ALVARES et al., 2013) com duas estações bem definidas (seca e chuvosa), e temperaturas médias anuais de 21 °C e precipitação média de 1.500 mm. O período de chuvas ocorre entre outubro e abril e o período de seca entre maio e setembro (Figura 1). O verão é quente e úmido, com a ocorrência de períodos de estiagem durante a estação chuvosa (veranicos), e no inverno (entre maio e setembro) ocorre déficit hídrico, baixa temperatura e baixa umidade (Figura 1).

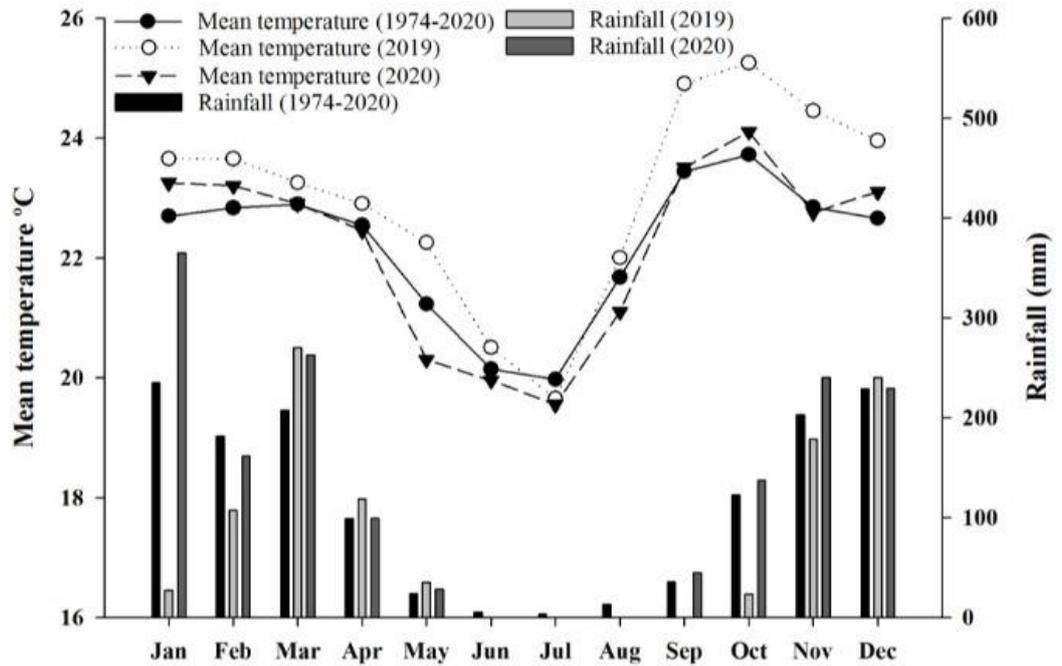


Figura 1- Dados de longo prazo de precipitação pluviométrica e temperaturas média dos últimos quarenta e seis anos (1974 a 2020) ocorridos na área experimental.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico Típico, fase Cerrado tropical subcaducifólio, relevo suave ondulado, de textura argilosa (SANTOS et al., 2013). O experimento está localizado na área experimental da Embrapa Cerrados (Figura 2).

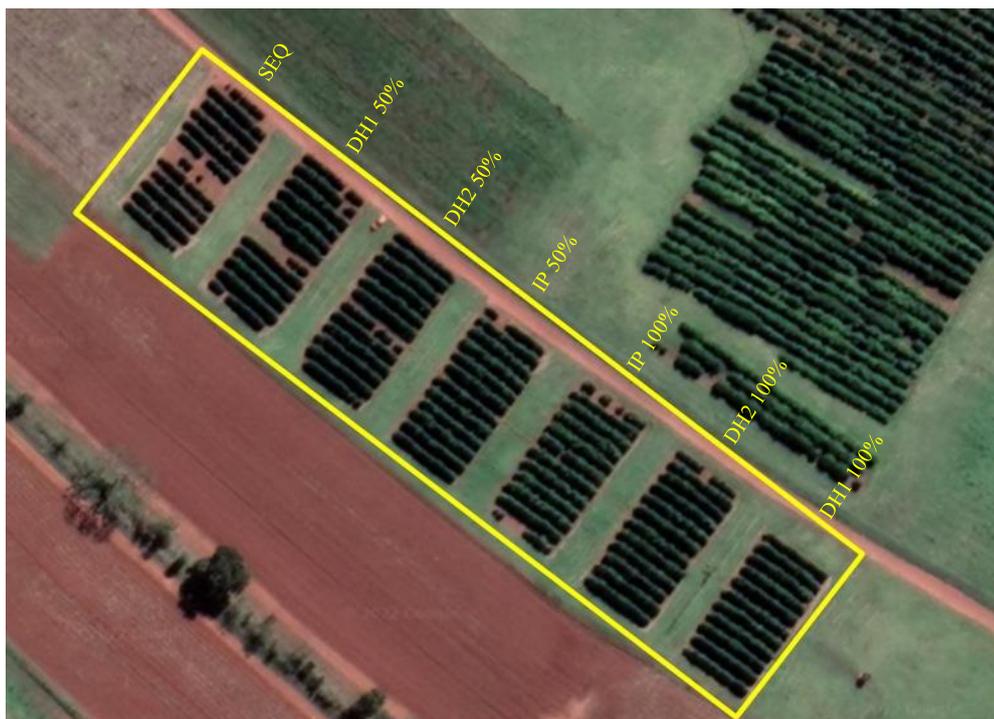


Figura 2. Imagem de satélite da área experimental no início do estresse. Tratamentos e delineamento experimental.

4.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento é composto por cinco genótipos de *Coffea arabica* e sete regimes hídricos. Os genótipos foram fornecidos pela Embrapa Café, (introduções da Etiópia e Costa Rica) obtidos a partir de sementes, e pelo IAPAR, com materiais testados para tolerância à seca em condições controladas (REZENDE et al., 2009; CARVALHO et al., 2017; GUERRA et al., 2011), foram selecionados materiais testados sendo eles: IAPAR 59 (Sarchimor), Topázio linhagem 1190, E 237, IPR 98 e Catuaí linhagem IAC 99.

Os regimes hídricos são constituídos por dois níveis de reposição hídrica, 100 e 50% da evapotranspiração da cultura e dois períodos de déficit hídrico (DH1) compreendendo 150 dias de abril a setembro e (DH2) compreendendo 90 dias de junho a setembro, um regime de irrigação plena (IP), com irrigação durante todo o ano, e o sequeiro (Figura 2). Esses regimes hídricos originaram os tratamentos: 1. IP 100 (irrigação plena com reposição de 100% da

evapotranspiração), 2. IP 50 (irrigação plena com reposição de 50% da evapotranspiração), 3. DH1 100 (déficit hídrico de abril a setembro e reposição de 100% da evapotranspiração, 4. DH1 50 (déficit hídrico de abril a setembro e reposição de 50% da evapotranspiração), 5. DH2 100 (déficit hídrico de junho a setembro e reposição de 100% da evapotranspiração, (regime hídrico normalmente utilizado e recomendado), 6. DH2 50 (déficit hídrico de junho a setembro e reposição de 50% da evapotranspiração), e 7. Sequeiro (sem irrigação).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Devido à impossibilidade de casualizar os regimes hídricos, cada tratamento hídrico constitui um experimento com quatro repetições de cada material, constituindo um grupo de experimentos (Figura 3). Cada parcela foi constituída por 6 plantas úteis e 2 plantas de bordadura, totalizando 256 plantas/experimento.

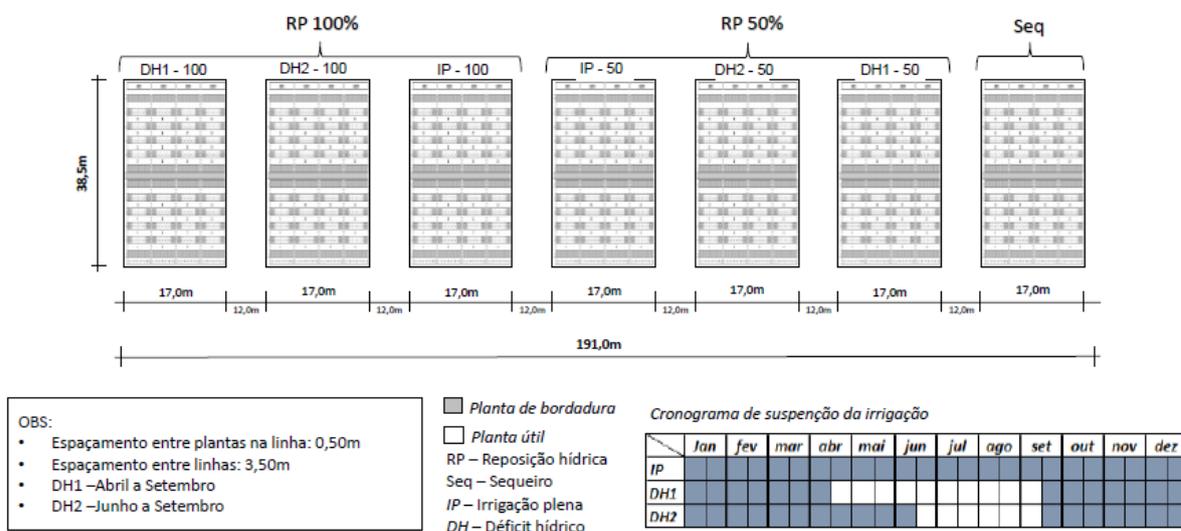


Figura 3. Croqui da área experimental.

4.3 Condução do experimento

O experimento foi implantado em 2015 no dia 29 de abril de forma manual, a cultura da soja foi cultivada anteriormente ao plantio do café, foi colhida e a palhada foi incorporada com uma grade aradora. A partir da análise de solo, realizou-se a adubação de plantio

aplicando-se 4 toneladas de calcário e 4 toneladas de gesso por hectare e na cova foi acrescentado 15 gramas de nitrogênio, 15 gramas de cloreto de potássio e 18 gramas de supersimples. Cada experimento foi constituído por 8 linhas de 3,5 metros, com espaçamento de 0,50 cm entre plantas, com um total de 256 plantas/experimento. A área total do experimento é de 7359,5 m² (0,74 ha). A adubação foi feita anualmente (50% da adubação prevista para um café em produção, ou seja, 150 kg/ha de P₂O₅, 225 kg/ha de K₂O e 225 kg/ha de ureia) e aplicação preventiva de inseticidas visando o controle de bicho mineiro. Para o controle de plantas daninhas, entre linhas, foi feito o controle mecânico (capina e roçagem) e entre experimentos foram realizadas capinas com auxílio de maquinário e realizadas a aplicações de herbicidas como o 2,4-D e Glifosato.

Os tratamentos com estresse hídrico iniciaram em abril de 2017, quando as plantas tinham cerca de dois anos, com aplicação de diferentes regimes hídricos, em diferentes épocas, composto por cinco tratamentos. Os regimes hídricos foram aplicados por um sistema de irrigação linear tracionado por um carretel autopropelido e calculados por um programa de Monitoramento da Irrigação no Cerrado (EMBRAPA, 2017), que considera os dados climáticos da região, a evapotranspiração da cultura e o turno de rega para calcular a quantidade de água aplicada. A medição do volume de água aplicado em cada irrigação foi controlada por uma fileira de coletores, instalados a cada metro linear, paralelos à linha de irrigação. As análises realizadas foram conduzidas na safra de 2019/2020 e safra de 2020/2021 após a colheita dos grãos.

A colheita de todos os grãos foi realizada manualmente por meio da derricha total dos frutos (todos os estágios de maturação) retirada da planta com o auxílio de um balde medidor, os grãos de cada planta foram devidamente armazenados em sacos de papel e identificados. Logo após a colheita dos grãos foi realizada a classificação separando grãos cereja, verde, seco e passa. Foi quantificada por proporção a quantidade de grãos boia (aquele que se

mantém na superfície da água) e anotado. Em seguida foram armazenados em câmara fria onde ficaram por no máximo 48 horas. As plantas consideradas bordadura foram colhidas por máquina.

4.4 Análise das variáveis na pós-colheita

No preparo das amostras de grão cru na safra de 2019/2020 e respectivamente 2020/2021 foram colhidos cerca de 2 Litros de café no campo e posteriormente selecionados somente grãos cereja dos genótipos de café Catuaí 99, E 237, IAPAR 59, IPR 98 e Topázio 1190. Os grãos foram descascados e retiradas as mucilagens, posteriormente foram secos à sombra até atingirem o teor de água de 12%, após isso foram beneficiados para a retirada do pergaminho. Parte dos grãos foi moída em moinho de disco, passada em uma peneira 20 mesh e armazenada em frascos plásticos opacos com tampa rosqueável, para a realização das análises químicas. Outra parte composta por grãos inteiros foi reservada para a avaliação sensorial.

As análises de qualidade realizadas com os grãos crus foram teor de água, teor de sólidos solúveis, teor de sacarose, teor de trigonelina, teor de ácidos cafeoilquínicos, teor de cafeína e teor de ácido cítrico, todas realizadas em três repetições, e os resultados expressos em massa seca.

Para as análises sensoriais, os grãos de café cru foram armazenados em sacos plásticos identificados e acondicionados a vácuo e posteriormente congelados a -80 C°.

4.5 Determinações do teor de água e massa seca

Para a determinação do teor de água foi utilizado o método da AOAC (1990). Foram pesados três gramas de amostra em placas de petri, previamente secas e com peso conhecido. Posteriormente, as amostras permaneceram por 24 h em estufa a 105 °C até atingir o peso constante, depois foram colocadas no dessecador contendo sílica gel até atingir temperatura

ambiente e posteriormente foram pesadas. Ao final o teor de água (%U) correspondeu a perda de peso relacionada a massa seca $100 - \% U$. O valor da massa seca foi utilizado para expressar os resultados em base seca.

4.6 Extrações de ácidos cafeoilquínicos (5-CQA), cafeína (CAF), trigonelina (TRIG) e ácido cítrico (AC)

Os ácidos cafeoilquínicos, a cafeína, a trigonelina e os ácido cítrico foram extraídos com a metodologia apresentada por Figueiredo (2013) com modificações. Foram adicionados 5mL de solução de metanol 70% a 100 mg de café cru para a extração de ácidos cafeoilquínicos, cafeína e trigonelina e 5 mL de água ultra pura para a extração de ácidos carboxílicos. As misturas foram agitadas vigorosamente e aquecida a 60 °C por 60 minutos, com agitação a cada 10 minutos. Após o resfriamento do extrato em banho de gelo, a mistura foi centrifugada por 10 minutos a 15 mil rotações por minuto, o volume do sobrenadante retirado e colocado em um balão volumétrico de 25 mL para ácidos cafeoilquínicos, cafeína e trigonelina, e de 10 mL para ácidos carboxílicos. Os volumes foram completados com água ultrapura. Foram filtrados 1,5 mL das soluções em filtro com membrana 0,22 µm em vials para leituras em cromatógrafo líquido.

4.7 Determinações de ácidos cafeoilquínicos (5-CQA), cafeína (CAF) e trigonelina (TRIG)

Utilizando a metodologia apresentada por Figueiredo (2013) os compostos foram identificados e quantificados por cromatografia líquida de alta resolução (CLAE), com a utilização do equipamento HPLC Shimadzu (Shimadzu Cooperation Analytical & Measuring Instruments Division Kyoto, Japan) composto por detector UV (modelo SPD-10A), bomba (modelo LC-20AT), injetor automático (Modelo SIL-10A), forno (modelo CTO-10AS), e software LC Solution (Shimadzu). Uma coluna do tipo Octadecil Silano ou simplesmente C18

(250mm x 5 μ m x 4,6 mm), em fase reversa, foi utilizada. A fase móvel foi composta por 15% de metanol puro e 85% de solução de H₃ PO₄ 0,043%. O comprimento de onda na faixa UV foi de 324 nm para ácidos cafeoilquínicos, 272 nm para cafeína e 260 nm para trigonelina. O fluxo da fase móvel foi de 0,5 mL min⁻¹, a temperatura do forno de 30 °C, o volume de injeção de 20 μ L e o tempo total de corrida de 30 minutos. Os resultados foram expressos em porcentagem em matéria seca. As curvas padrão foram obtidas com ácido 5-cafeoilquínico, cafeína e trigonelina da marca Sigma-Aldrich.

4.8 Determinação de ácido cítrico (AC)

Os compostos foram identificados e quantificados com a metodologia apresentada por Figueiredo (2013) por cromatografia líquida de alta resolução (CLAE), utilizando o equipamento HPLC Shimadzu (Shimadzu Cooperation Analytical & Measuring Instruments Division Kyoto, Japan) composto por detector UV (modelo SPD-10A), bomba (modelo LC-20AT), injetor automático (Modelo SIL-10A), forno (modelo CTO-10AS) e software LC Solution (Shimadzu). Uma coluna do tipo C30 (250 mm x 5 μ m x 4,6 mm), em fase 13 em fase reversa, foi utilizada. A fase móvel foi composta por uma solução de H₃ PO₄ 0,043%. O comprimento de onda na faixa UV foi de 212 nm. O fluxo da fase móvel foi de 0,5 mL min⁻¹, a temperatura do forno de 26 °C, o volume de injeção de 20 μ L e o tempo total de corrida de 16 minutos. Os resultados foram expressos em porcentagem em matéria seca. As curvas padrão foram obtidas com o ácido cítrico (AC) da marca Sigma-Aldrich.

4.9 Extração e determinação de sacarose (SAC)

Foram pesadas 100 mg de pó seco para cada repetição (3 repetições) em eppendorfs de 2 mL, em seguida foi adicionado 1000 μ L de água milliQ para cada amostra e agitadas no vórtex. Após a agitação as amostras foram incubadas em banho maria a 60 °C por 20 minutos, logo depois foram agitadas novamente no vórtex. Posteriormente essas amostras foram

centrifugadas a 13.000 rpm por um período de 15 minutos, depois o sobrenadante foi coletado. Todo o procedimento descrito foi repetido por mais duas vezes, porém adicionado somente 500 µL de água milliQ. O sobrenadante foi evaporado em um concentrador speed vac. Após estar concentrado foi feita a ressuspensão do material com 1,5 mL com água milliQ e agitado no vórtex. O material ressuspendido foi sugado com seringa e agulha, em seguida a agulha foi retirada e introduzido um filtro milipore (marca Kasvi) na seringa. Esse material foi filtrado para dentro de um vial de 1,5 mL e mantido congelado até o momento da análise no HPLC (High Performance Liquid Chromatography).

A determinação do teor de sacarose foi realizada por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), segundo Macrae (1998), utilizando o equipamento HPLC Shimadzu (Shimadzu Cooperation Analytical & Measuring Instruments Division Kyoto, Japan) composto por detector por índice de refração (Modelo RID-10A), bomba (Modelo LC-20AT), injetor automático (Modelo SIL-10A), forno (Modelo CTO-10AS) e software LC Solution (Shimadzu). A determinação da sacarose foi em coluna Shimadzu, CLC NH2 (M), 25 cm x 6,0 mm, com grupos amina ligados quimicamente à sílica, e pré-coluna Shimadzu CLC-ODS. O método para a corrida das amostras caracterizou-se por conter acetonitrila 75% como fase móvel, com fluxo de 0,7 mL/min, volume de injeção de 20 µL à temperatura de 30°C em uma corrida de 20 minutos. A identificação do teor de sacarose foi realizada através dos índices de refração fornecidos pelo detector RID em comparação com padrões. Os resultados foram expressos em % de açúcar em matéria seca. Sacarose da marca Sigma-Aldrich foi utilizado como padrão.

4.10 Determinações de sólidos solúveis totais (SS)

Foram pesados 2,0 g de café moído e 48,0 mL de água destilada foram adicionados. A mistura foi homogeneizada durante uma hora em agitador mecânico. Após este período foi realizada uma filtração em papel de filtro e o filtrado foi utilizado para as análises de

determinação de sólidos solúveis totais e acidez (AOAC, 1975). Duas gotas do filtrado foram colocadas em refratômetro digital, zerado com água destilada, e a leitura foi expressa em °Brix. Como a diluição foi de 1: 25, o valor da leitura foi multiplicado por 25 e o resultado expresso em base seca.

4.11 Análises sensoriais

A análise sensorial foi obtida através da metodologia SCA (Specialty Coffee Association), as análises sensoriais foram feitas na safra 2020/2021 e encaminhadas para o procedimento de avaliação sensorial através da prova de xícara por um técnico degustador especializado, treinado, certificado e qualificado em Muzambinho-MG para a avaliação de cafés especiais (Q-Graders). O objetivo desse protocolo de degustação é permitir uma correta caracterização sensorial de um determinado lote de café.

Segundo o protocolo é necessário seguir algumas etapas, desde a preparação da amostra que abrange a torração, a concentração padrão a ser seguida, a preparação da bebida para degustação. A qualidade de um dado lote de café, ao ser avaliado através deste método, se possível após comparação com uma referência ou um teste anterior, é expressa através de uma escala numérica centesimal. Espera-se que cafés que obtiverem altas notas devam ser, evidentemente melhores do que cafés que receberem notas mais baixas, demonstrando, assim, a consistência da avaliação.

Essa avaliação de degustação fornece a possibilidade de avaliação de dez importantes atributos para o café sendo eles: fragrância/aroma, uniformidade, xícara limpa, doçura, sabor, acidez, corpo, finalização, balanço e avaliação geral.

Resultados altamente positivos decorrem da percepção de um equilibrado conjunto formado pelos atributos avaliados.

Após o procedimento de avaliação, os resultados de todos os atributos devem ser somados, obtendo-se a pontuação total. Abaixo a chave de resultados, que tem se mostrado

eficiente na descrição da qualidade do café a partir do resultado final de sua avaliação sensorial (Tabela 1).

Tabela 1. Chave de resultados da avaliação sensorial.

Pontuação Total	Descrição Especial	Classificação
90 - 100	Exemplar	Specialty Rare (Especial Raro)
85 – 89,99 (Abaixo de 90)	Excelente	Specialty Origin (Especial Origin)
80 – 84,99 (Abaixo de 85)	Muito Bom	Premium
< 80 (Abaixo de 80)	Abaixo da Qualidade Specialty	Abaixo de Premium

4.12 Produtividade

A produtividade dos grãos nos anos de 2020 e 2021 foi obtida a partir de três plantas de café por parcela experimental, com os frutos colhidos por derricha sobre o pano, o processo de seca foi feito pelo método mais utilizado pelos cafeicultores brasileiros, frutos secos ao sol em terreiro até atingirem o teor de água final do café em coco de aproximadamente 10% a 11%. Após o beneficiamento dos frutos secos o valor foi convertido em sacas de café beneficiado por hectare (sc/ha).

4.13 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Para verificação da viabilidade de se proceder com a análise conjunta de grupos de experimentos foi realizado o teste F Máximo de Hartley. Estes testes foram realizados com o uso do software estatístico SAS (SAS, 2008). A análise de componentes principais foi realizada pelo software R (R CORE TEAM, 2016).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análises químicas e produtividade

Considerando os valores absolutos, a cafeína apresentou médias semelhantes nos dois anos (cerca de 1,2%). Em alguns trabalhos há relatos de maiores teores de cafeína em amostras de café arábica de alta qualidade, quando comparadas com outras amostras de arábica de menor qualidade sensorial (FARAH et al., 2006; FRANCA et al., 2005). No entanto, Dessalegn et al. (2008) observaram associações negativas e significativas entre o teor de cafeína e os atributos sensoriais do café, tais como acidez, corpo e sabor.

Foram observadas diferenças significativas entre as cultivares nos regimes hídricos e entre os regimes hídricos para uma mesma cultivar em 2020 (Figura 4A). A cultivar IPR 98 destacou-se e apresentou as maiores médias nos regimes hídricos IP 50, DH2 100 e DH2 50. Em IP 100 a cultivar Topázio 1190 apresentou a maior média de cafeína e em DH1 50, IAPAR 59 apresentou maior média. Acredita-se que a biossíntese de cafeína e sua acumulação nos grãos crus possam ser mais pronunciadas durante o estresse do que em condições favoráveis (DESSALEGN et al., 2008). Em 2021 foi observada diferença significativa apenas no regime hídrico DH2 50 no qual a cultivar IAPAR 59 apresentou média superior aos outros genótipos (Figura 4B). Somente as cultivares IAPAR 59 e Topázio 1190 apresentaram diferenças significativas nas médias entre os regimes hídricos, sendo a maior média de Topázio 1190 em IP 100 e menor em DH1 50, e a maior e menor média do IAPAR 59 nos regimes DH2 50 e DH1 100 respectivamente.

Mazzafera et al. (2010) obteve um teor de cafeína para variedades de café arábica com a variação de teores de 0,4 a 1,6%. Teixeira et al. (2012) encontraram valores menores que 0,88% para seis cultivares de café arábica. Esses trabalhos mostram que os teores de cafeína encontrados nesse estudo coincidem com os valores encontrados por outros autores. O teor de

cafeína não sofre reações com o processo de torra, isso faz com que o teor no café torrado se mantenha praticamente constante em relação ao café cru (LICCIARDI et al., 2005).

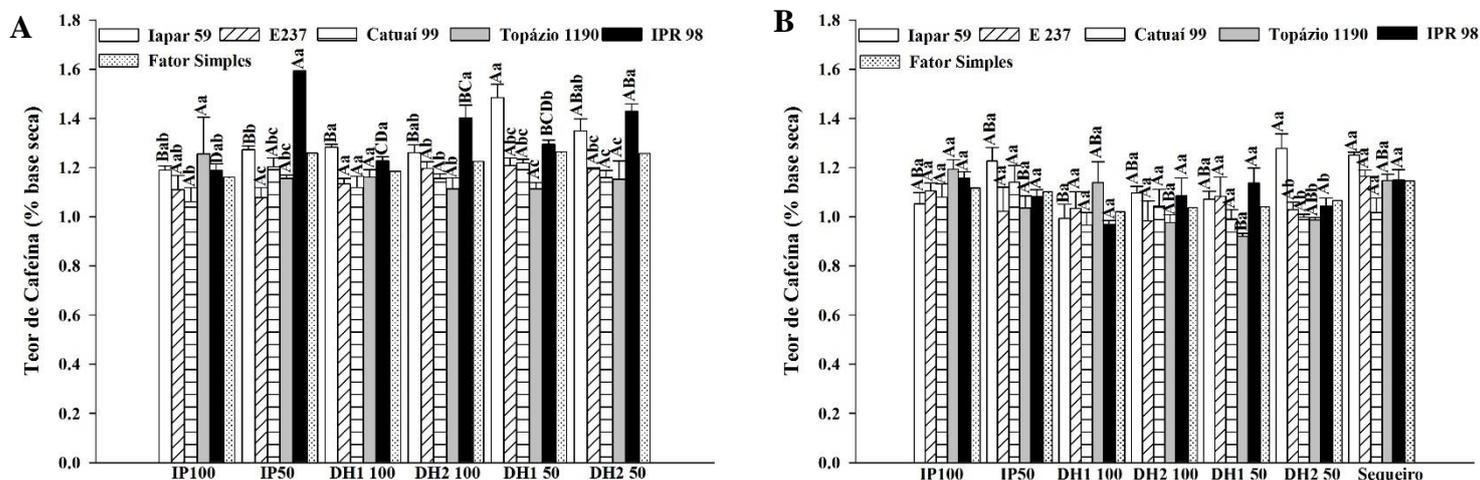


Figura 4. Porcentagem de cafeína em base seca em 2020 (A) e 2021 (B), de cinco genótipos de café arábica (Iapar 59, E237, Catuaí 99, Topázio 1190 e IPR 98) submetidos a sete regimes hídricos (IP-100%, IP-50%, DH1-100%, DH2-100%, DH1-50%, DH2-50% e sequeiro). As letras maiúsculas comparam os regimes hídricos, individualmente, em função dos genótipos. As letras minúsculas comparam os genótipos em cada regime hídrico, isoladamente. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As médias de sacarose das cultivares apresentaram comportamento semelhante nos tratamentos em comum dos dois anos de experimento (Figura 5A e 5B). O IAPAR 59, o E 237 e o Catuaí 99 apresentaram as menores média em IP 100, o Topázio 1190 e o IPR 98 tiveram as menores médias em DH2 100. Já os maiores valores de sacarose foram observados nos regimes de maior restrição hídrica, DH1 50 e DH2 50 em 2020 e em sequeiro em 2021. Nos anos a média de sacarose variou de 4,2 a 6,2% em 2020 e de 2,4 a 7,6% em 2021. Os valores mais altos dessa variável, observados em 2021, são correspondentes ao sequeiro, que não foi avaliado em 2020. Os valores obtidos por Scholz et al. (2011) para grãos crus da mesma cultivar Iapar 59, obteve concentrações de sacarose parecidas (7,3%) em relação as observadas no presente estudo, valores encontrados que variam de 4% a 7%. Tal fato, possivelmente, pode ser devido à diferença de tratamentos e diferenças de condições

ambientais. A sacarose é a principal representante de açúcares livre no grão de café arábica maduro (SALVA et al., 2015).

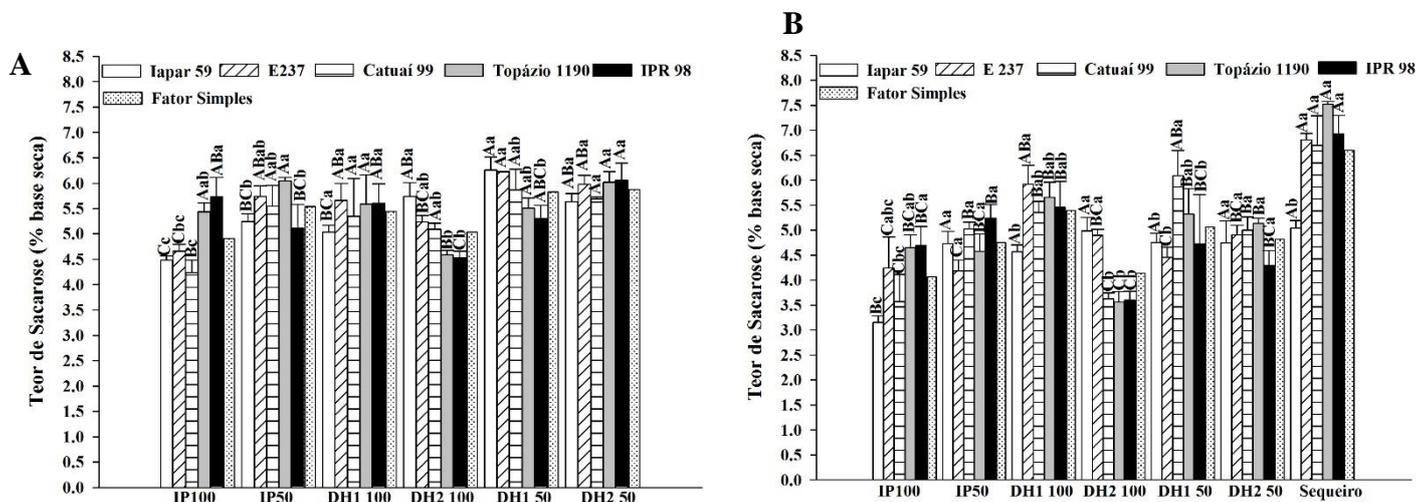


Figura 5. Porcentagem de sacarose em base seca em 2020 (A) e 2021 (B), de cinco genótipos de café arábica (Iapar 59, E237, Catuai 99, Topázio 1190 e IPR 98) submetidos a sete regimes hídricos (IP-100%, IP-50%, DH1-100%, DH2-100%, DH1-50%, DH2-50% e sequeiro). As letras maiúsculas comparam os regimes hídricos, individualmente, em função dos genótipos. As letras minúsculas comparam os genótipos em cada regime hídrico, isoladamente. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Nos dois regimes hídricos com 100% de reposição da evapotranspiração o IAPAR 59 se destacou dos demais genótipos apresentando as maiores médias de ácido cítrico em 2020 (Figura 6A). Em DH1 50 não houve diferença significativa entre genótipos e em DH2 50 a menor média foi observada no genótipo E 237. Em 2021 os valores de ácido cítrico foram mais baixos com médias de 0,1% à 0,75% (Figura 6B). As maiores médias de ácido cítrico em 2021 foram observadas em sequeiro com exceção do genótipo Catuai 99 que teve sua maior média em IP 50. Valores médios do teor de ácido cítrico de 0,23% a 0,93% para variedades arábica foram encontrados por Celestino e Veiga (2019) para a região de Cerrado do Distrito Federal.

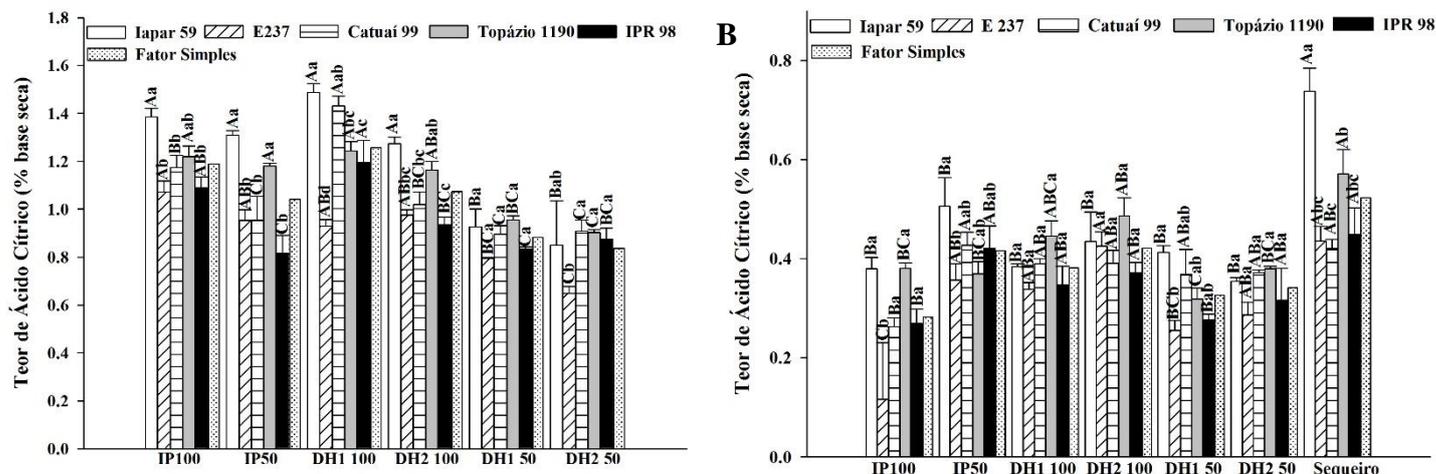


Figura 6. Porcentagem de ácido cítrico em base seca em 2020 (A) e 2021 (B), de cinco genótipos de café arábica (Iapar 59, E237, Catuaí 99, Topázio 1190 e IPR 98) submetidos a sete regimes hídricos (IP-100%, IP-50%, DH1-100%, DH2-100%, DH1-50%, DH2-50% e sequeiro). As letras maiúsculas comparam os regimes hídricos, individualmente, em função dos genótipos. As letras minúsculas comparam os genótipos em cada regime hídrico, isoladamente. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação a variável ácidos se destacaram em 2020 as cultivares IAPAR 59 e IPR 98, ambas apresentaram maiores médias em todos os regimes hídricos avaliados em comparação aos outros genótipos. As menores médias em todos os regimes hídricos foram das cultivares Catuaí 99 e Topázio 1190 (Figura 7A). Em 2021 não foi possível verificar diferenças significativas entre as cultivares, com exceção do Topázio 1190 no DH2 50 que apresentou a menor média seguido do IPR 98 não diferiu do Topázio 1190 e dos demais genótipos com médias maiores. Diferenças entre os regimes hídricos foram observadas apenas para o genótipo E 237, que teve suas maiores médias em DH1 100, DH2 100 e sequeiro e a menor média em IP 50.

Para teor de ácidos cafeoilquínicos, nos dois anos foram identificados que os valores variaram de ano para o outro, no ano de 2021 (Figura 7B) apresentou menores valores em relação ao ano de 2020 (Figura 7A). Fassio et al. (2016) estudaram a qualidade de grãos de café arábica da variedade Topázio 1190MG e suas interações com dois ambientes diferentes e

encontraram 3,97 e 3,20% de 5-CQA, esses valores se aproximam aos do ano de 2021 do presente estudo.

No processo de torração do café ocorre a decomposição em parte do 5-CQA, que proporciona sabor adstringente ao café, para a formação de alguns compostos importantes para o aroma do café (LIMA et al., 2009), o que também pode ocorrer a formação de uma alta quantidade de ácido quínico que proporciona sabor amargo à bebida (DE MARIA et al., 1995; CLIFFORD, 1985). É de conhecimento que teores de amargor e adstringência reduzidos no grão de café torrado originam bebidas de alta qualidade, por apresentar baixa intensidade sensorial de adstringência com concentrações reduzidas de 5-CQA (RENDÓN, 2007).

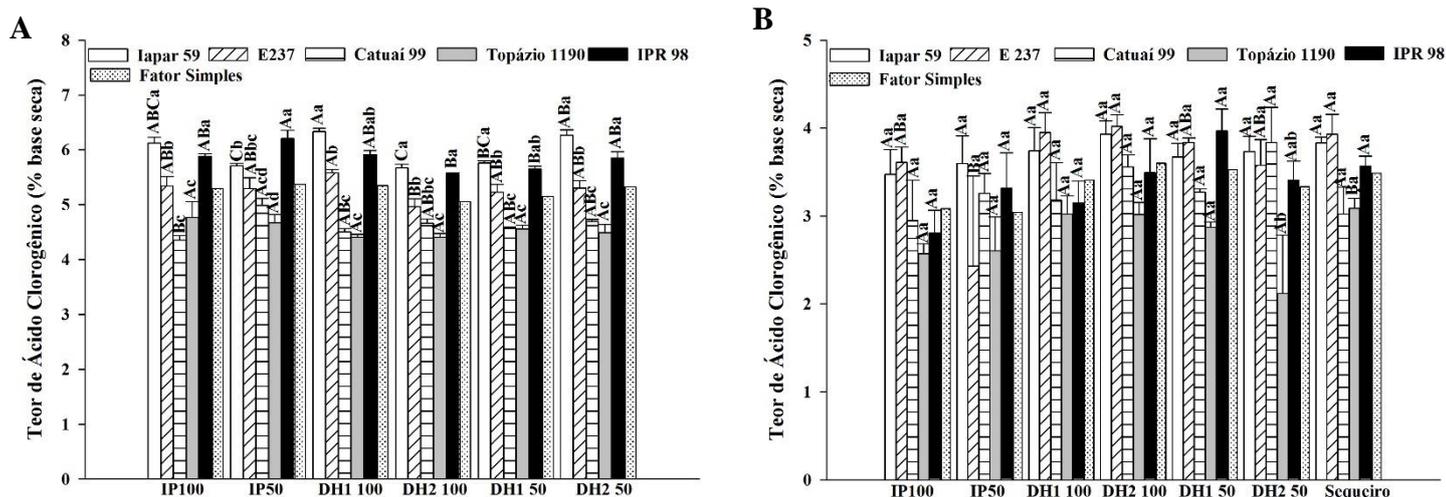


Figura 7. Porcentagem de ácidos cafeoilquínicos em base seca em 2020 (A) e 2021 (B), de cinco genótipos de café arábica (Iapar 59, E237, Catuaí 99, Topázio 1190 e IPR 98) submetidos a sete regimes hídricos (IP-100%, IP-50%, DH1-100%, DH2-100%, DH1-50%, DH2-50% e sequeiro). As letras maiúsculas comparam os regimes hídricos, individualmente, em função dos genótipos. As letras minúsculas comparam os genótipos em cada regime hídrico, isoladamente. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Farah et al. (2006), trabalhando com cafés de diferente qualidade de bebida, encontraram relação entre a qualidade e o teor de trigonelina nos grãos crus). No ano de 2020 foram observadas diferenças significativas para a variável teor de trigonelina entre os genótipos cultivados sob DH1 100, DH2 100 e DH2 50 (Figura 8A). O Iapar 59 teve a menor média dentre as cultivares em DH1 100 e o Topázio 1190 apresentou a menor média dentre os

demais genótipos em DH2 100 e DH2 50. Apenas o Iapar 59 e o E 237 apresentaram diferenças entre os regimes hídricos. O Iapar 59 teve maior média no DH1 50 e menor média no DH1 100, enquanto o E 237 teve maior média no DH2 50 e as menores médias em IP 100 e IP 50. Em 2021 houve diferença significativa apenas entre as cultivares no regime hídrico DH2 100, onde o E237 apresentou a maior média e as cultivares Iapar 59 e Topázio 1190 tiveram as menores médias (Figura 8B).

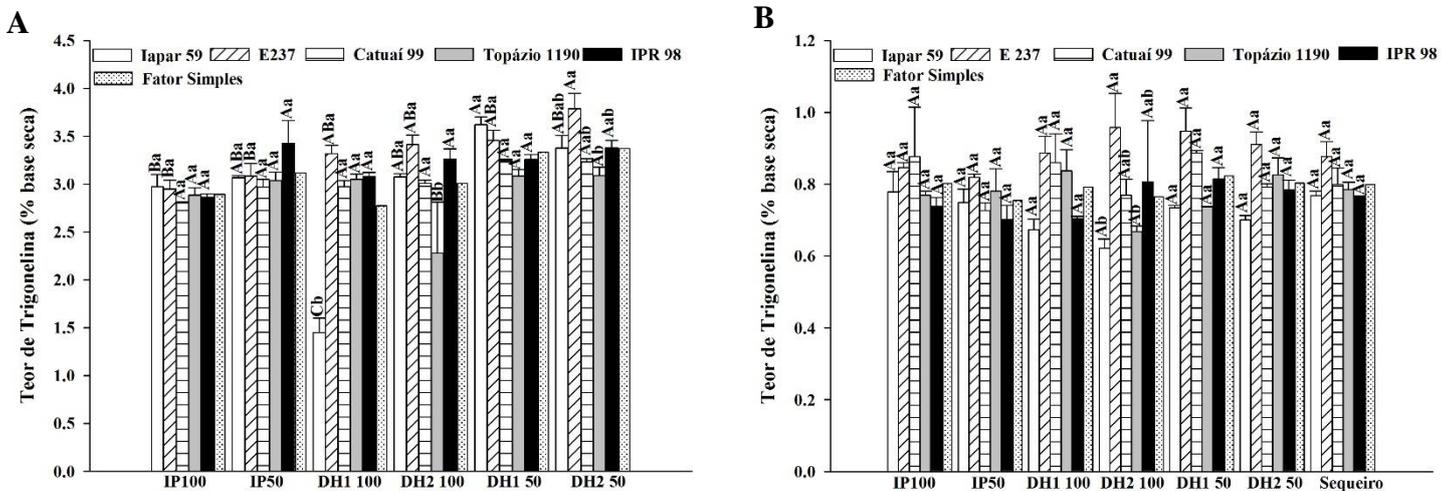


Figura 8. Porcentagem de trigonelina em base seca em 2020 (A) e 2021 (B), de cinco genótipos de café arábica (Iapar 59, E237, Catuaí 99, Topázio 1190 e IPR 98) submetidos a sete regimes hídricos (IP-100%, IP-50%, DH1-100%, DH2-100%, DH1-50%, DH2-50% e sequeiro). As letras maiúsculas comparam os regimes hídricos, individualmente, em função dos genótipos. As letras minúsculas comparam os genótipos em cada regime hídrico, isoladamente. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para a variável sólidos solúveis totais foram observados valores entre (28,3%) e (37,2%) em 2020 (Figura 9A) e (29,2) e (38,1%) no ano de 2021 (Figura 9B).

No ano de 2020 comparando os genótipos em cada regime hídrico foi observada diferença estatística apenas no regime hídrico DH2 50, no qual o genótipo IAPAR 59 apresentou o menor valor 28,3% e os genótipos E 237 e o IPR 98 apresentaram os maiores valores 34,6 e 33,7% respectivamente. Comparando os regimes hídricos a maior média observada para o genótipo IAPAR 59 foi em IP 100 e a menor em DH2 50.

No ano de 2021 não houve diferença significativa entre os regimes hídricos para os genótipos IAPAR 59, E 237 e Catuai 99. Já os genótipos Topázio 1190 e IPR 98 apresentaram maiores médias no regime IP 50.

Maiores valores de sólidos solúveis representam maior corpo caracterizando uma bebida de melhor qualidade sendo valorizada pelo consumidor (AGNOLETTI, 2015). O genótipo IPR 98 apresentou a segunda maior média para a variável sólidos solúveis no tratamento DH2 50, sendo inferior apenas ao tratamento IP 50.

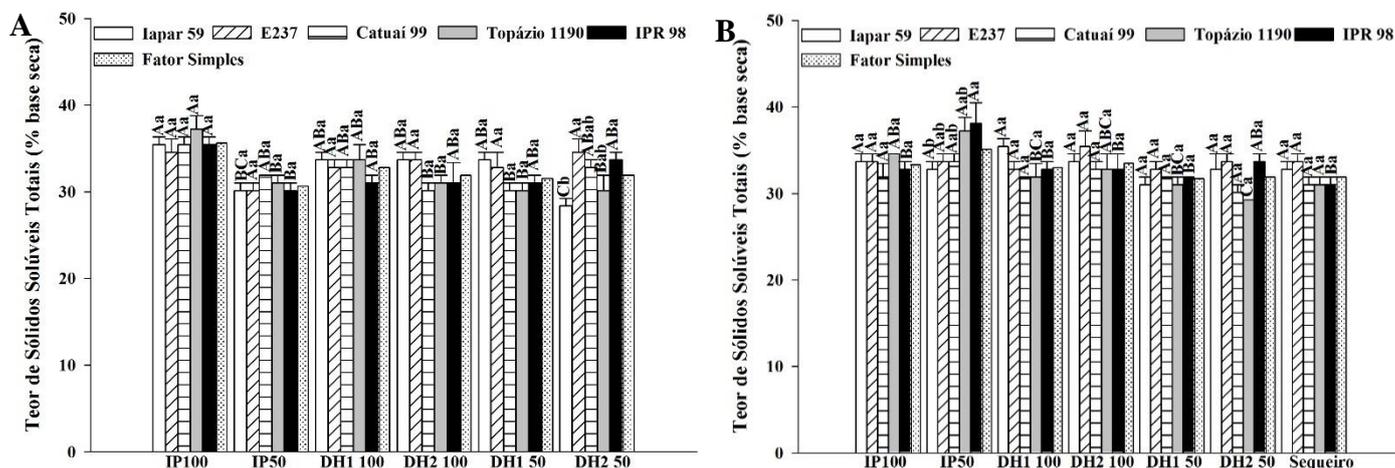


Figura 9. Porcentagem de Sólidos Solúveis em base seca em 2020 (A) e 2021 (B), de cinco genótipos de café arábica (Iapar 59, E237, Catuai 99, Topázio 1190 e IPR 98) submetidos a sete regimes hídricos (IP-100%, IP-50%, DH1-100%, DH2-100%, DH1-50%, DH2-50% e sequeiro). As letras maiúsculas comparam os regimes hídricos, individualmente, em função dos genótipos. As letras minúsculas comparam os genótipos em cada regime hídrico, isoladamente. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As maiores produtividades no ano de 2020 (Figura 10A) foram observadas no regime hídrico DH2 100 para todos os genótipos. Foram encontrados valores de produtividade média de 85,3 e 88,1 sacas.ha⁻¹ para os genótipos Topázio MG 1190 e IPR 98 respectivamente para a mesma região em sistema de produção irrigado no Cerrado (Celestino e Veiga, 2019), valores esses que se assimilam neste trabalho. No regime hídrico IP 100 (Figura 10B) os

genótipos Topázio 1190 e Catuaí 99 não foram contabilizados pois a produção foi inferior à mínima requerida para contabilização dos dados.

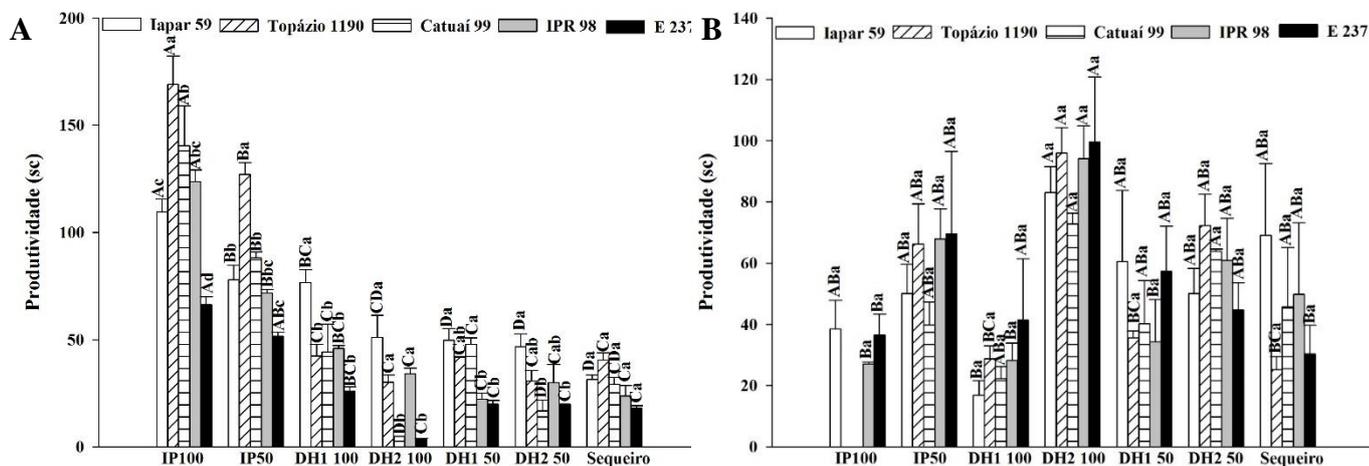


Figura 10. Produtividade de dois anos 2020 (A) e 2021 (B) de cinco genótipos de café arábica (Iapar 59, E237, Catuaí 99, Topázio 1190 e IPR 98) submetidos a sete regimes hídricos (IP-100%, IP-50%, DH1-100%, DH2-100%, DH1-50%, DH2-50% e sequeiro). As letras maiúsculas comparam os regimes hídricos, individualmente, em função dos genótipos. As letras minúsculas comparam os genótipos em cada regime hídrico, isoladamente. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

5.2 Caracterizações químicas

Foram utilizadas, neste experimento, nove amostras selecionadas da safra de 2020/2021 a partir de valores encontrados nas análises químicas e posteriormente, foram classificadas pela análise sensorial. As amostras utilizadas neste trabalho foram as que obtiveram as melhores e piores notas na análise química.

Mesmo que todas as características químicas avaliadas se relacionem à qualidade do grão de café para bebida, a contribuição destas variáveis para a variabilidade entre os tratamentos é importante ser verificada.

A Análise de Componentes Principais (ACP) permite inferir quais variáveis (características químicas) são responsáveis pela maior parte da divergência encontrada, possibilitando o descarte de variáveis que pouco contribuem para a divergência dos tratamentos em estudo (CRUZ, 2004). Com as dispersões dos tratamentos geradas pela ACP,

é possível fazer uma análise exploratória e identificar os tratamentos que se destacam nas variáveis estudadas.

Na Tabela 2, estão apresentadas as estimativas das percentagens de variância e a porcentagem de variância acumulada explicadas pelos três componentes principais e respectivas correlações (COR) das variáveis, cujos valores são da safra 2021.

O primeiro componente (CP1) contribuiu em 26,5% para a variabilidade dos dados, com destaque para a correlação apresentada por CAF e AC, o segundo componente (CP2) contribuiu com 22,4%, sendo a maior correlação apresentada por SS. A variável SAC apresenta correlação próxima com os dois eixos CP1 e CP2. O terceiro componente contribui com 20,6% e 5-CQA e TRIG apresentam as maiores correlações com esse eixo. Os três componentes principais apresentam uma variância acumulada de 69,5%. Hair et al. (2006) sugerem que a variância acumulada deve continuar até, pelo menos, 60%. Logo, todas as variáveis são importantes e devem ser consideradas para analisar a variabilidade entre os tratamentos.

Tabela 2. Correlações das variáveis (características físico-químicas) com a porcentagem de variância explicada pelos componentes principais. Ácidos cafeoilquímicos (5-CQA), Cafeína (CAF), Trigonelina (TRIG), Sacarose (SAC), Sólidos Solúveis Totais (SS) e Ácido Cítrico (AC).

Características físico-químicas	COR ⁽¹⁾		
	CP1 ⁽²⁾	CP2 ⁽³⁾	CP3 ⁽⁴⁾
5-CQA	0,170	0,489	0,701
CAF	0,680	0,297	0,137
TRIG	-0,448	-0,171	0,760
SAC	0,467	-0,589	0,376
SS	0,029	0,790	-0,050
AC	0,823	-0,133	-0,055
% Variância	26,5	22,4	20,6
% Variância acumulada	26,5	48,9	69,5

⁽¹⁾ Correlação da variável com a % de variância do componente principal.

⁽²⁾ Primeiro componente principal. ⁽³⁾ Segundo componente principal. ⁽⁴⁾ Terceiro componente principal

O método de análise de componentes principais (PCA) foi aplicado aos resultados da análise sensorial para proporcionar um estudo multivariado dos dados experimentais obtidos, facilitando a correlação entre as amostras e os atributos. A dispersão gráfica dos tratamentos e os vetores das variáveis são apresentados nas Figuras 11, 12, 13 e 14.

A representação gráfica dos componentes principais permite a caracterização dos atributos descritos nas diferentes amostras de café. O primeiro componente principal demonstrado na Figura 11 (eixo X) está relacionado, principalmente, aos atributos ácido cítrico (AC) e cafeína (CAF) (direção positiva) e trigonelina (direção negativa), enquanto o segundo componente principal (eixo Y) relaciona-se, principalmente, aos atributos sólidos solúveis (SS) e ácidos cafeoilquínicos (5-CQA) (direção positiva) e sacarose (direção negativa).

A dispersão espacial das amostras na análise de componentes principais está ilustrada na Figura 12. Destacam-se nas Figuras 11 e 12 as amostras 8 e 34 com baixo e alto valores de sacarose respectivamente, amostras 12 e 31 com baixo e alto valores de ácido cítrico, amostras 24 e 20 com baixo e alto valores de sólidos solúveis e amostras 29 apresentou uma correlação mais próxima com cafeína e amostra 31 valores mais baixos para cafeína.

Destacam-se nas Figuras 13 e 14 as amostras 6 com baixo valor de trigonelina, 19 com baixo valor de ácidos cafeoilquínicos, e 7 com altos valores de trigonelina e cafeoilquínicos.

Diante das diferenças significativas entre os menores e maiores valores das variáveis, uma análise sensorial para a percepção dos atributos relacionados a estes compostos foi realizada para se verificar a sensibilidade humana para estas diferenças.

Variables fator map (PCA)

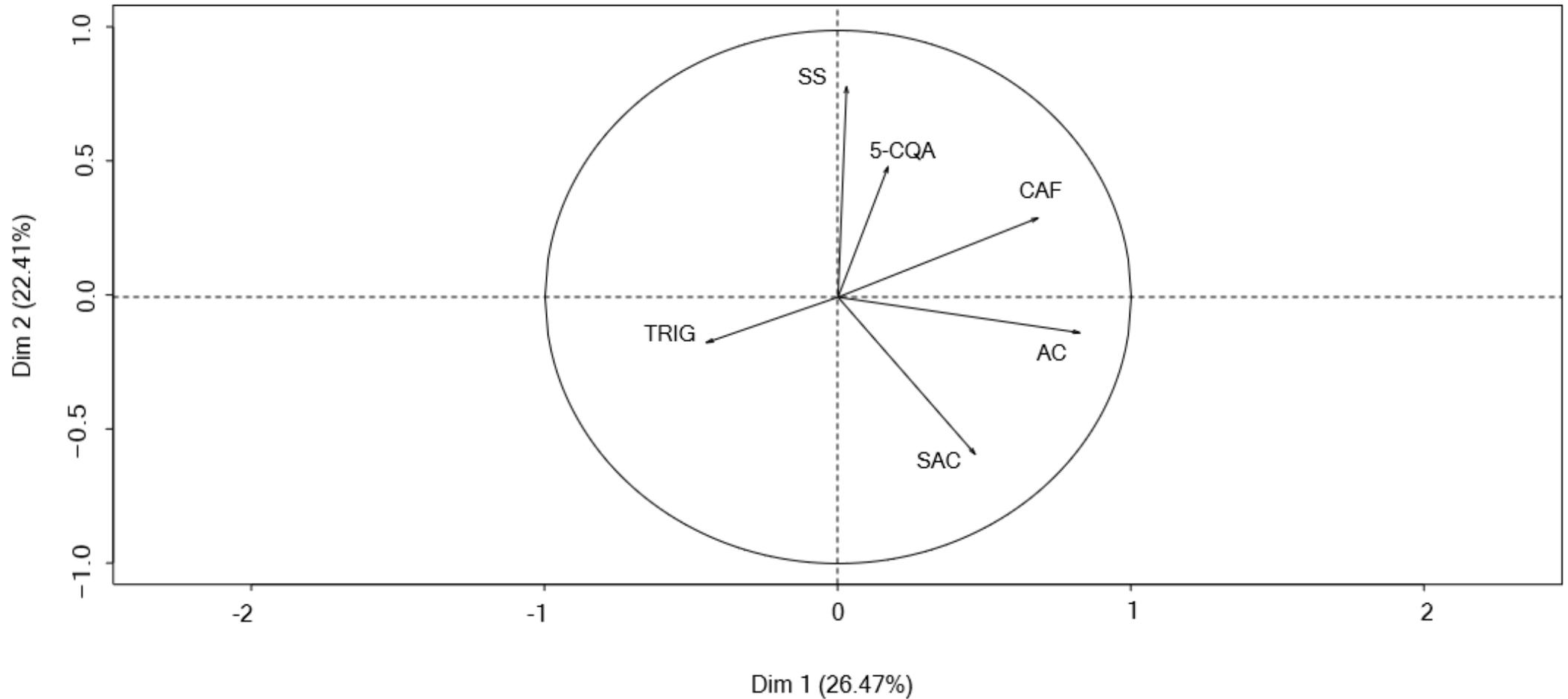


Figura 11. Dispersão dos eixos das variáveis nos dois eixos CP1 e CP2. Sólidos Solúveis (SS), Ácidos Cafeoilquínicos (5-CQA), Cafeína (CAF), Ácido Cítrico (AC), Sacarose (SAC) e Trigonelina (TRIG).

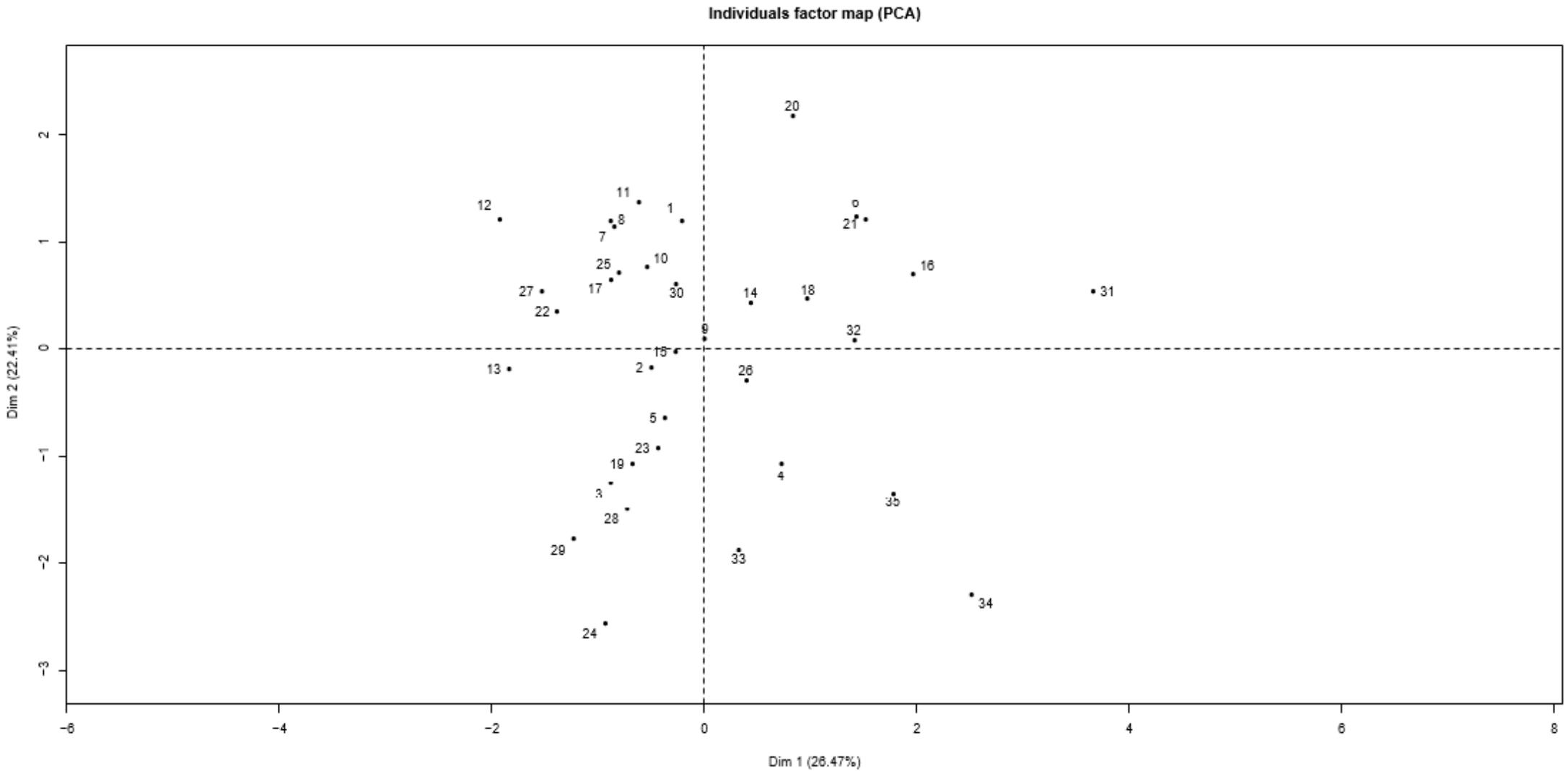


Figura 12. Dispersão dos tratamentos representados numericamente nos dois eixos CP1 e CP2.

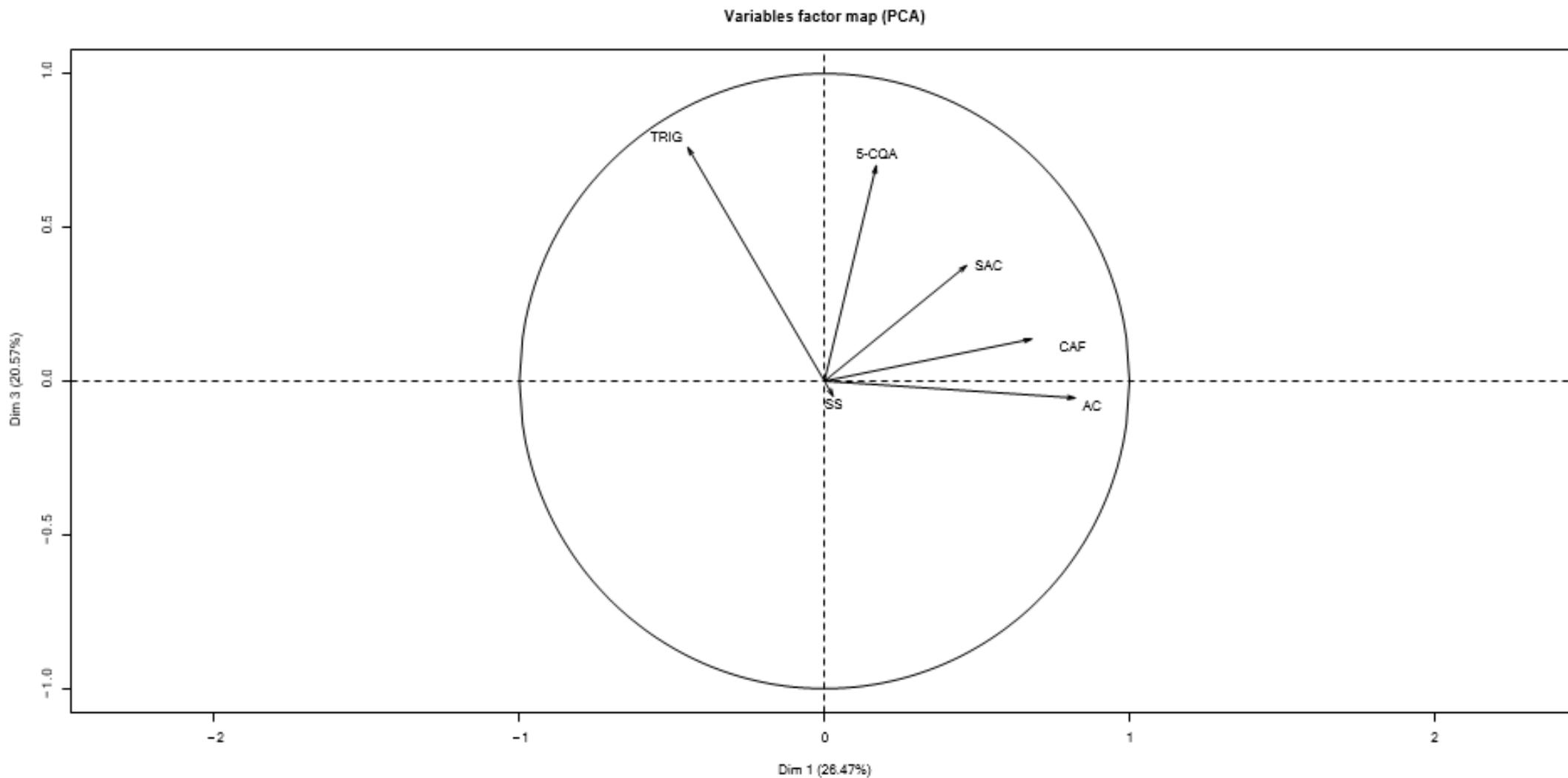


Figura 13. Dispersão dos eixos das variáveis nos dois eixos CP1 e CP3. Sólidos Solúveis (SS), Ácidos Cafeoilquínicos (5-CQA), Cafeína (CAF), Ácido Cítrico (AC), Sacarose (SAC) e Trigonelina (TRIG).

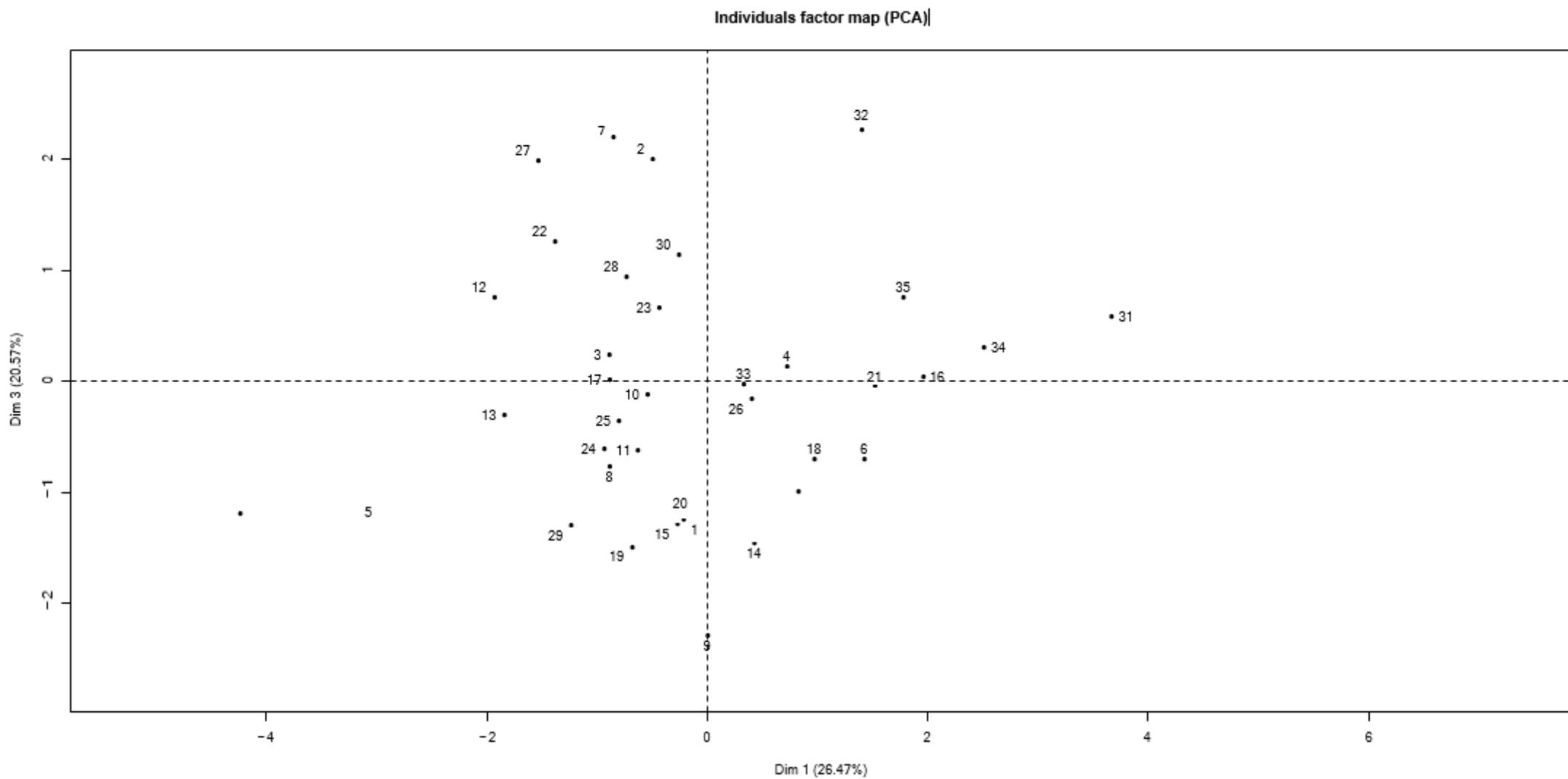


Figura 14. Dispersão dos tratamentos representados numericamente nos dois eixos CP1 e CP3.

5.3 Análises sensorial dos cafés

Na Tabela 3 tem-se a média dos resultados com as notas referentes a cada atributo analisado, nas 9 amostras. Não houve diferença entre as notas dos atributos doçura, xícara limpa e uniformidade. As demais notas dos atributos apresentaram diferenças entre as amostras.

O atributo doçura refere-se a uma agradável plenitude de sabor, bem como qualquer doçura óbvia e sua percepção é o resultado da presença de certos carboidratos. O oposto da doçura neste contexto são sabores azedos e adstringente (Specialty Coffe Association-SCA, 2022).

O atributo xícara limpa é referente à falta de impressões negativas desde a primeira ingestão até o sabor final, uma “transparência” da xícara. Já a uniformidade refere-se à consistência do sabor das diferentes xícaras da amostra degustada. Caso as xícaras tiverem o sabor diferente, a classificação desse aspecto não seria tão alta (Specialty Coffe Association-SCA, 2022).

A amostra 24 está entre as que apresentaram as maiores notas nos atributos sabor, aroma, finalização, balanço e nota geral, sendo numericamente superior às demais. Essa amostra é pertencente ao tratamento DH2 50% (déficit hídrico no período de junho a setembro com 50% de reposição hídrica da evapotranspiração da cultura) e ao genótipo topázio linhagem 1190-MG, sendo assim, destacando-se por apresentar a melhor nota final e evidenciando por apresentar um tratamento que é tolerante ao déficit hídrico com a metade da reposição hídrica requerida.

Das 9 amostras que foram avaliadas pela análise sensorial, 5 amostras obtiveram notas superiores a 80 pontos, de acordo com o protocolo de análise sensorial da SCA, os cafés são classificados com relação à qualidade, pela pontuação da nota final. Os cafés com nota maior ou igual 80 pontos a que se classificam como cafés especiais. Os demais cafés com notas

inferiores à 80 pontos não são classificados como cafés especiais, conforme a classificação de qualidade da pontuação total da SCA.

Tabela 3. Médias das notas dos atributos sensoriais avaliados pela Metodologia SCA para nove tratamentos da safra de 2021.

Nº Amostra	Trat	Genótipo	Aroma	Sabor	Finalização	Acidez cítrica	Doçura	Corpo	Xícara Limpa	Unifor midade	Balço	Geral	Nota
2	DH1 100%	E 237	7,25	7,33	7,08	7,58	10	7,25	10	10	7,25	7,25	81,00
7	DH2 100%	E 237	7,42	7,33	6,83	7,33	10	7,17	10	10	7,08	7,00	80,17
12	IP 100%	E 237	7,50	7,08	6,92	7,25	10	7,25	10	10	7,08	7,08	80,17
15	IP 100%	IPR98	7,00	6,83	6,75	7,17	10	7,00	10	10	6,58	6,67	78,00
20	IP 50%	IPR 98	7,33	7,00	7,08	7,25	10	7,25	10	10	6,83	6,83	79,58
24	DH2 50%	Topázio1190	7,92	7,83	7,25	7,50	10	7,25	10	10	7,42	7,50	82,67
31	Sequeiro	IAPAR 59	7,42	7,07	6,92	7,25	10	7,17	10	10	6,92	6,92	79,58
34	Sequeiro	Topázio1190	7,50	7,25	6,75	7,33	10	7,33	10	10	7,08	7,08	80,33
35	Sequeiro	IPR 98	7,25	7,17	6,67	7,08	10	7,00	10	10	6,67	6,75	78,58

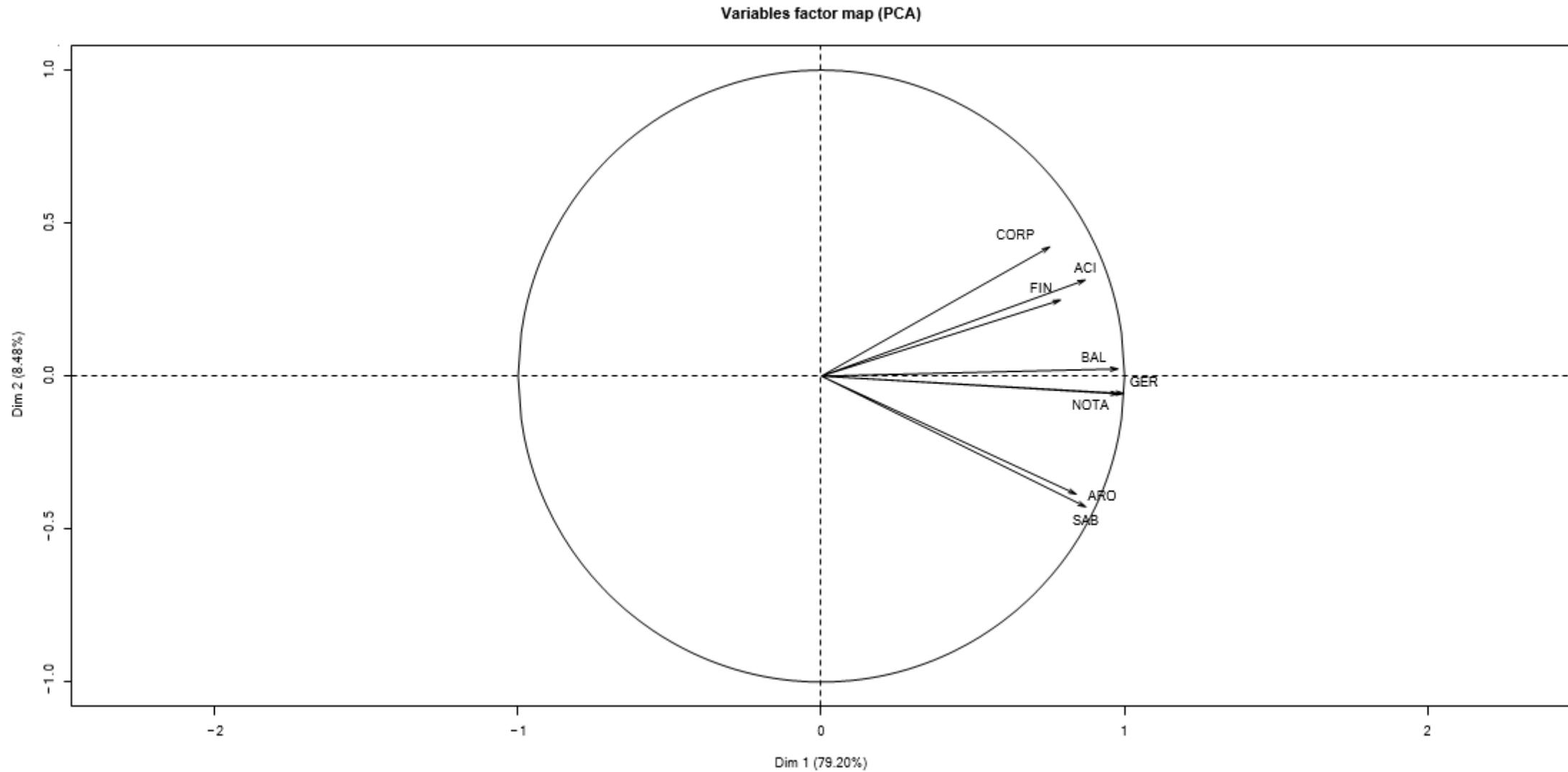


Figura 15. Dispersão dos eixos dos vetores sensorial. Corpo (CORP), Ácido Cítrico (ACI), Finalização (FIN), Balanço (BAL), Geral (GER), Nota Total (NOTA), Aroma (ARO) e Sabor (SAB).

Individuals factor map (PCA)

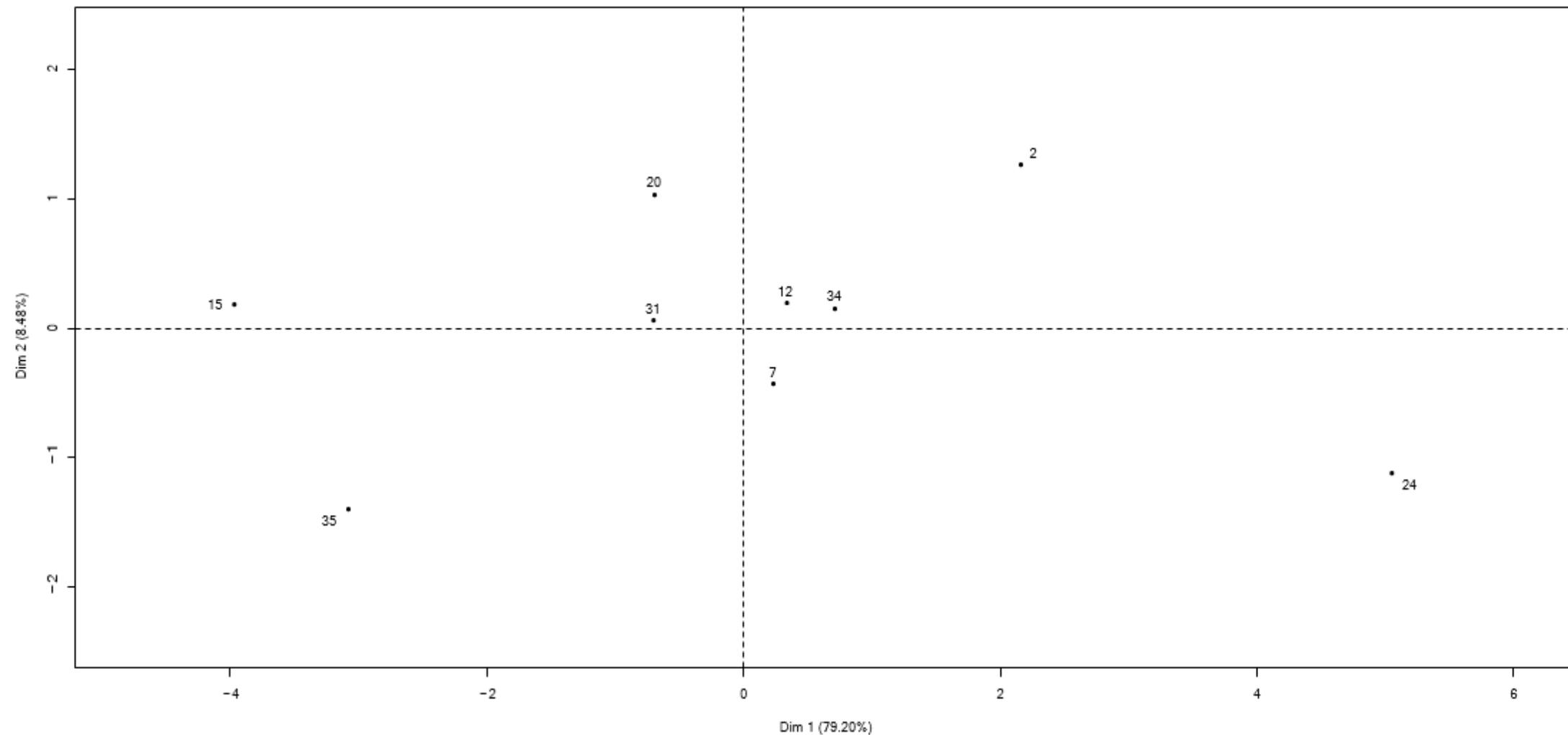


Figura 16. Dispersão dos tratamentos representados numericamente nos eixos dos vetores sensorial.

Na Figura 15 é possível notar que os atributos se encontram todos à direita do eixo X (positivo) e os cafés classificados como especiais (2, 7, 12, 24 e 34) situaram-se à direita da origem dos eixos, enquanto os não especiais (nota menor que 80) situaram-se à esquerda (Figura 16).

A amostra 24 se destaca e apresentou valores de sacarose (SAC) e trigonelina (TRIG) de 5,14% e 0,83%, além de baixo valor de ácidos cafeoilquínicos (5-CQA) de 2,78% (Figura 16).

5.4 Comparações das características químicas e sensoriais

Foi realizada uma análise de correlação simples entre os compostos químicos trigonelina, sacarose, sólidos solúveis, ácido cítrico e os atributos sensoriais aroma, corpo e acidez cítrica. Para melhor compreender a relação entre os atributos sensoriais foi realizada a correlação entre os atributos finalização e nota final. Estão apresentadas nas Figuras 17, 18, 19, 20 e 21, com os respectivos valores de R.

Os atributos de qualidade química dos grãos crus correlacionados com atributos de qualidade sensorial não apresentaram resposta significativa e nem interação entre eles. Isso pode ser devido aos processos de torra, onde ocorrem drásticas transformações na composição química dos grãos e no método de extração da bebida, onde se pode obter bebidas com diferentes características químicas.

Os únicos dados que apresentaram correlação foram para atributos sensoriais de finalização e a pontuação final (Figura 21).

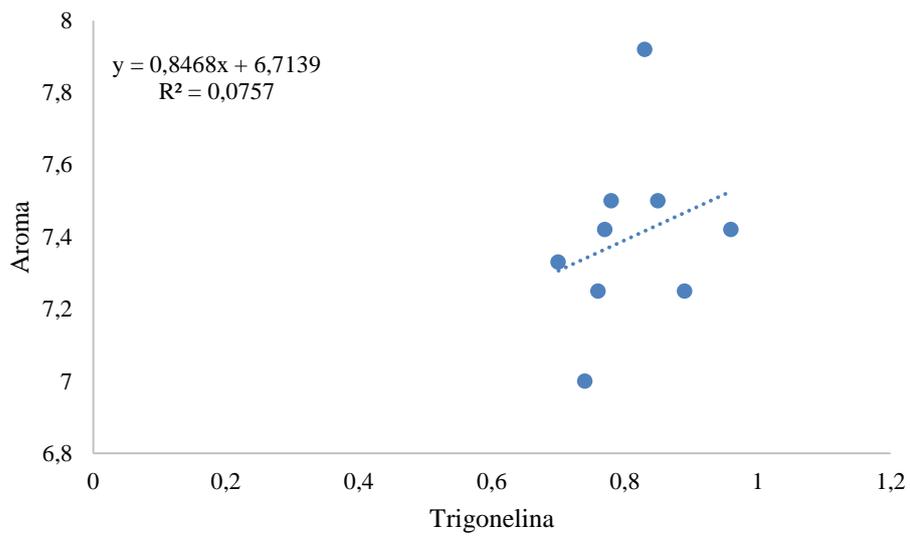


Figura 17. Correlação entre o atributo sensorial aroma com teores de trigonelina.

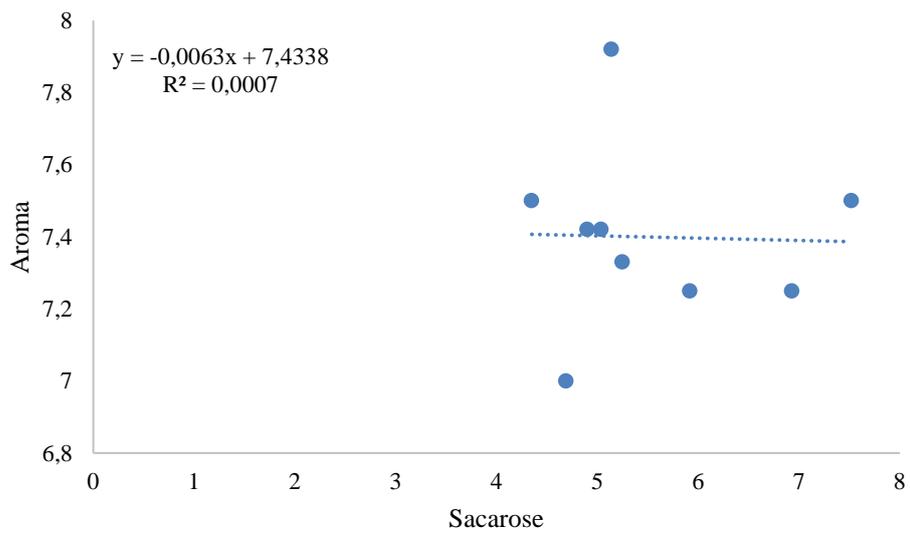


Figura 18. Correlação entre o atributo sensorial aroma com teores de sacarose.

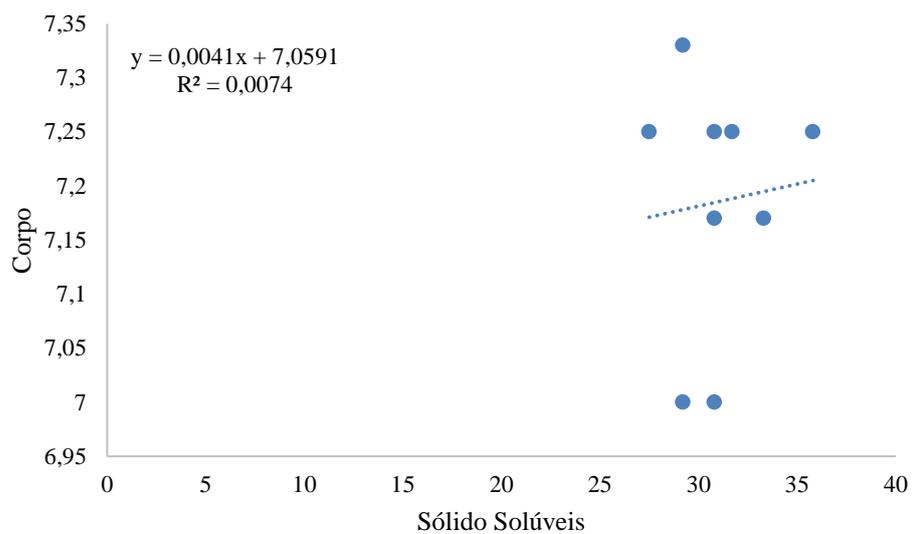


Figura 19. Correlação entre o atributo sensorial corpo com teores de sólido solúveis.

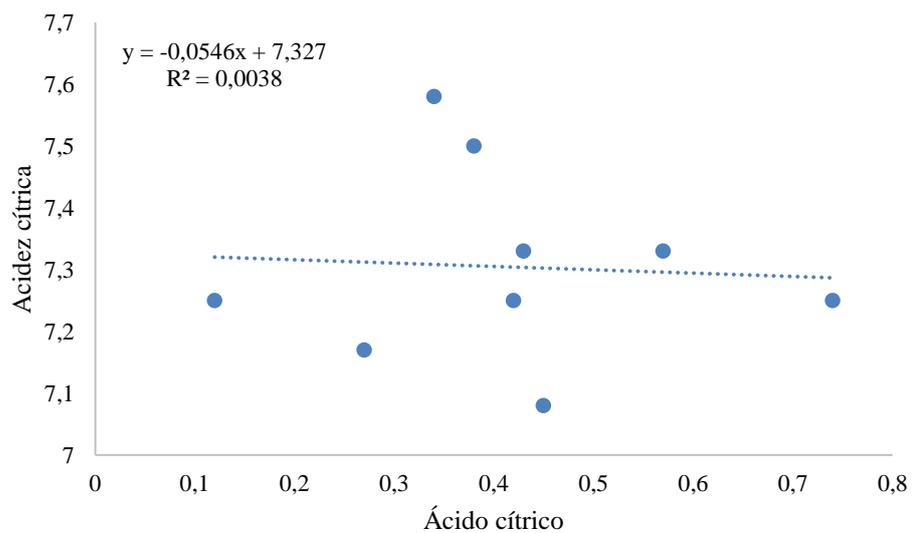


Figura 20. Correlação entre o atributo sensorial acidez cítrica com teores de ácido cítrico.

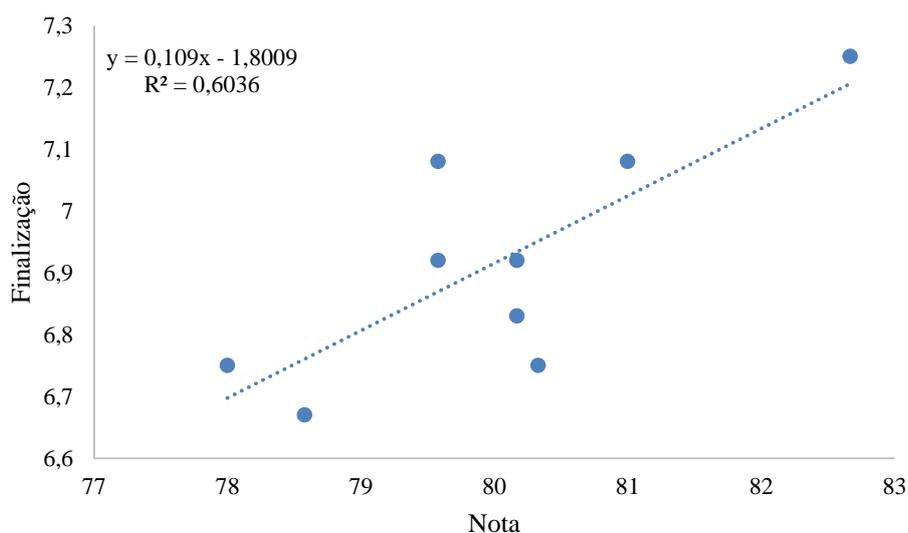


Figura 21. Correlação entre o atributo sensorial finalização com a nota final.

6. CONCLUSÕES

Os genótipos de café, em condições de estresse hídrico, apresentam respostas variáveis quanto às suas características químicas.

Cafeeiros em condições de estresse hídrico apresentam melhora na qualidade química dos grãos crus.

Não houve correlação entre os atributos sensoriais e a caracterização química dos grãos crus.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia. 8 p. 1993.

AGNOLETTI, B., Z. Avaliação das propriedades físico-químicas de café arábica (*Coffea arabica*) e Conilon (*Coffea canephora*) classificados quanto à qualidade de bebida. 2015, 110 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito santo, Alegre, 2015.

ALCÁZAR, A.; FERNANDEZ, P. L.; MARTIN, M. J.; PABLOS, F.; GONZÁLES A.G. Ion chromatographic determination of some organic acids, chloride and phosphate in coffee and tea. *Talanta*, Sevilha, v.61, n.2, p.95-101, 2003.

ALCÁZAR, A.; JURADO, J.M.; MARTÍN, M.J.; PABLOS, F.; GONZÁLEZ, A.G. Enzymatic-spectrophotometric determination of sucrose in coffee beans, *Talanta*, Sevilha, vol. 67, n. 4, p.760-766, 2005.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVEZ, J.D. de; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANTHONY, F., BERTRAND, B., QUIROS, O., WILCHES, A., LASHERMES, P., BERTHAUD, J., & CHARRIER, A. et al. Genetic diversity of wild coffee (*Coffea arabica* L.) using molecular markers. *Euphytica*, v. 118, n. 1, p. 53-65, 2001.

ATLAS IRRIGAÇÃO (2022). Disponível em <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/a874e62f27544c6a986da1702a911c6b>. Acesso em: 17/05/2022.

BERTRAND, Benoit 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.

BHUMIRATANA, N.; ADHIKARI, K.; CHAMBERS IV, E. Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, v. 44, n. 10, p. 2185-2192, 2011.

CAMARGO, A.P. Florescimento e frutificação de café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, p. 831-839, 1985.

CAMARGO, M. B. de P. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 239-247, 2010.

CARVALHO, CHS de et al. Cultivares de café: origem, características e recomendações. **Brasília: Embrapa Café**, v. 334, 2008.

CARVALHO, F. G., SERA, G. H., ANDREAZI, E., SERA, T., FONSECA, I. C. B., CARDUCCI, F. C., SHIGUEOCA, L. H., HOLDERBAUM, M. M., Costa, K. C. Tolerância ao déficit hídrico em mudas de genótipos de café portadores de genes de diferentes espécies. **Coffee Science**, 12(2), 156-163, 2017.

CELESTINO, Sonia Maria Costa; VEIGA, Adriano Delly. Caracterização físico-química e produtividade de grãos de cafeeiros do banco de germoplasma da Embrapa Cerrados. **X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 2019.

CHARRIER, A., BERTHAUD, J. Botanical classification of coffee. In *Coffee: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage*; Clifford, M.N., Wilson, K.C., Eds.; AVI Publishing Company: Westport, CT, USA; pp. 13–47, 1985.

CHENG, Bing et al. Influence of genotype and environment on coffee quality. **Trends in Food Science & Technology**, v. 57, p. 20-30, 2016.

CLARKE, R., & VITZTHUM, O. G. *Coffee: recent developments*. John Wiley & Sons. 2008.

COMEX STAT. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>> Acesso em: 17/05/2022.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Acompanhamento da safra brasileira: café**, v.9 - Safra 2021, n.2 - Segundo Levantamento, Brasília, p.1-61, maio 2022.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV v. 1, 480p , 2004.

DAR, E. A., BRAR, A. S., MISHRA, S. K., & SINGH, K. B. Simulating response of wheat to timing and depth of irrigation water in drip irrigation system using CERES-Wheat model. *Field Crops Research*, 214, 149-163. 2017.

DESSALEGN, Y., LABUSCHAGNE, M. T., OSTHOFF, G., & HERSELMAN, L. Genetic diversity and correlation of bean caffeine content with cup quality and green bean physical characteristics in coffee (*Coffea arabica* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(10), 1726-1730, 2008.

DESSALEGN, Yigzaw et al. Variation of green bean caffeine, chlorogenic acid, sucrose and trigonelline contents among Ethiopian Arabica coffee accessories. **SINET: Ethiopian Journal of Science**, v. 30, n. 1, p. 77-82, 2007.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 4. ed. rev. e ampl. Curitiba: Champagnat, 540 p, 2013.

ECHEVERRIA-BEIRUTE, Fabian et al. Rust and thinning management effect on cup quality and plant performance for two cultivars of *Coffea arabica* L. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, n. 21, p. 5281-5292, 2017.

EMBRAPA – Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Monitoramento de irrigação no Cerrado. 2017. Disponível em: <http://hidro.cpac.embrapa.br>.(Acesso em: 27 de abril de 2020).

FARAH, A.; DONANGELO, C.M. Phenolic compounds in coffee. *Brazilian Journal Plant of Physiology*, Londrina, v.18, n.1, p. 23-26, 2006.

FARAH, A.; MONTEIRO, M. C.; CALADO, V.; FRANCA, A. S.; TRUGO, L.C. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, n. 98, p. 373-380, 2006.

FASSIO, L. H.; SILVA, A. E. S. Importância econômica e social do café conilon. In: FERRÃO, R. G. et al. (Ed.). **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2015. p. 37-49.

FASSIO, L. O. et al. Sensory description of cultivars (*Coffea arabica* L.) resistant to rust and its correlation with caffeine, trigonelline, and chlorogenic acid compounds. **Beverages**, v. 2, n. 1, p. 1, 2016.

FERNANDES, André Luís Teixeira et al. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.

Ferreira, T.; SHULER J.; GUIMARÃES R.; FARAH A. Introduction to coffee plant and genetics, in **Coffee: Production, Quality and Chemistry**, ed. by A Farah. Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, pp. 1– 25, 2019.

FLAMENT, I.; BESSIERE-THOMAS, Y. The individual constituents: structure, nomenclature, origin, chemical and organoleptic properties. **Coffee Flavor Chemistry**. Wiley. Chichester. UK, p. 23-28, 2002.

FOLMER, Britta; BLANK, Imre; HOFMANN, Thomas. Crema—formation, stabilization, and sensation. In: **The craft and science of coffee**. Academic Press, p. 399-417, 2017.

FRANCA, Adriana S.; MENDONÇA, Juliana CF; OLIVEIRA, Sami D. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. **LWT-Food Science and Technology**, v. 38, n. 7, p. 709-715, 2005.

GEROMEL, C.; FERREIRA, L.P.; GUERREIRO, S.M.C.; CAVALARI, A.A.; POT, D.; PEREIRA, L.F.P.; LEROY, T.; VIERA, L.G.E.; MAZZAFERA, P.; MARRACCINI, P. Biochemical and genomic analysis of sucrose metabolism during coffee (*Coffea arabica*) fruit development. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, p. 3243-3258, 2006.

GUERRA, A. F., BARTHOLO, G. F., ROCHA, O. C., CORDEIRO, A., SILVA, J. O., & JESUS, L. A. M. D. Desempenho fenotípico de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) Submetidos a estresse hídrico controlado no cerrado. 2011.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C.; SAMPAIO, J. B. R.; SILVA, H. C.; ARAÚJO, M. C. de. **Irrigação do cafeeiro no cerrado: estratégia**

de manejo de água para uniformização de florada. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, (Embrapa Cerrados. Comunicado técnico, 122)4 p. 2005.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). Levantamento sistemático da produção agrícola. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/Ispa/defaultab.shtm>> . Acesso em: 10 maio 2021. P 152, 2010.

KALSCHNE, Daneysa Lahis et al. Steam pressure treatment of defective *Coffea canephora* beans improves the volatile profile and sensory acceptance of roasted coffee blends. **Food Research International**, v. 105, p. 393-402, 2018.

KANG, Shaozhong; SHI, Wenjuan; ZHANG, Jianhua. An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. **Field crops research**, v. 67, n. 3, p. 207-214, 2000.

KITZBERGER, C. S. G.; SCHOLZ, M. B. S.; PEREIRA, L. F. P.; BENASSI, M. T. Composição química de cafés arábica de variedades tradicionais e modernas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.11, p.1498-1506, 2013.

LÄDERACH, Peter et al. Climate change adaptation of coffee production in space and time. **Climatic change**, v. 141, n. 1, p. 47-62, 2017.

LÉCOLIER, A., BESSE, P., CHARRIER, A. Unraveling the origin of *Coffea arabica* ‘Bourbon pointu’ from La Réunion: a historical and scientific perspective. **Euphytica**, v. 168, n. 1, p. 1-10, 2009.

LICCIARDI, R.; PEREIRA, R.G. F.A; MENDONÇA, L.M.V.L; FURTADO, E.P. Avaliação físicoquímica de cafés torrados e moídos, de diferentes marcas comerciais, da região sul de minas gerais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 425-429, 2005.

LIU, Hou-Chun et al. Geographic determination of coffee beans using multi-element analysis and isotope ratios of boron and strontium. **Food Chemistry**, v. 142, p. 439-445, 2014.

MACRAE, R; ROBINSON, R. K; SADLER, M. J. Encyclopaedia of food science, food technology and nutrition. Academic Press, London, UK. 1993.

MALTA, Marcelo Ribeiro; CHAGAS, Sílvio Júlio de Rezende. Evaluation of non-volatile compounds in different cultivars of coffee cultivated in southern Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 57-61, 2009.

MARSAL, J.; STÖCKLE, C. O. Use of CropSyst as a decision support system for scheduling regulated deficit irrigation in a pear orchard. **Irrigation Science**, v. 30, n. 2, p. 139-147, 2012.

MATIELLO, J. B., SANTINATO, R., GARCIA, A. W. R., ALMEIDA, S. R., & FERNANDES, D. R. *Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações* (No. 633.730981 C968 2005). Ministério da Agricultura, da Pecuária e do Abastecimento, Brasília, DF (Brasil). 2005.

MAZZAFERA, P.; SILVAROLLA, M. B. Caffeine content variation in single green Arabica coffee seeds. **Seed Science Research**, v. 20, n. 3, 163-167, 2010.

MEILGAARD, M. C.; CARR, B. T.; CIVILLE, G. V. Pairwise ranking test: Friedman analysis—comparing several samples in all possible pairs. **Sensory Evaluation Techniques**, p. 109, 2006.

MOREIRA, Ricardo Felipe Alves; TRUGO, Luiz Carlos; DE MARIA, Carlos Alberto Bastos. Volatile components in roasted coffee. Part II. Aliphatic, alicyclic and aromatic compounds. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 195-203, 2000.

MORI, E.E.M.; BRAGAGNOLO, N.; MORGANO, M.A.; ANJOS, V.D.A.; YOTSUYANAGI, K.; FARIA, E.V.; IYOMASA, J.M. Brazil coffee growing regions and quality of natural, pulped natural and washed coffees. **Food and Food Ingredients Journal of Japan**, v.208, p.416-423, 2003.

MURRAY, J. M.; DELAHUNTY, C. M.; BAXTER, I. A. Descriptive sensory analysis: past, present and future. **Food research international**, v. 34, n. 6, p. 461-471, 2001.

NIMER E.; BRANDÃO P. M. M. A. **Balanço hídrico e clima da região dos cerrados**. Secretaria de Planejamento e Coordenação da Presidência da República, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

PATANÈ, Cristina; TRINGALI, Simona; SORTINO, Orazio. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 129, n. 4, p. 590-596, 2011.

PEREIRA, A. A. et al. Cultivares de café arábica desenvolvidas pela EPAMIG e instituições parceiras. **Informe Agropecuário. Belo Horizonte**, v. 34, p. 44-53, 2013.

PEREIRA, A.A.; CARVALHO, G.R.; MOURA, W.M.; BOTELHO, C.E.; REZENDE, J.C.; OLIVEIRA, A.C.B.; SILVA, F.L. Cultivares, origem e suas características. In: REIS, P.R.; CUNHA, R.L. (Org.). **Café arábica: do plantio a colheita**. v.1, p.163-221, 2010.

PIMENTA, Carlos José; ANGÉLICO, Caroline Lima; CHALFOUN, Sára Maria. Challenges in coffee quality: Cultural, chemical and microbiological aspects. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, p. 337-349, 2018.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna. 2016.

REZENDE, F. C.; FARIA, M. A.; MIRANDA, W. L. Efeitos do potencial de água da folha na indução da floração e produção do cafeeiro (*Coffea arabica*, L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 126-135, jul./dez, 2009.

RODRIGUEZ-ORTEGA, W. M., MARTINEZ, V., RIVERO, R. M., CAMARA-ZAPATA, J. M., MESTRE, T., & GARCIA-SANCHEZ, F. Use of a smart irrigation system to study the effects of irrigation management on the agronomic and physiological responses of tomato plants grown under different temperatures regimes. *Agricultural Water Management*, 183, 158-168, 2017.

SAKIYAMA, N. et al. Café arábica do plantio à colheita. **Viçosa: Editora UFV**, p. 316, 2015.

SALDAÑA, M. D. A., MAZZAFERA, P., & MOHAMED, R. S. Extraction of caffeine, trigonelline and chlorogenic acid from Brazilian coffee beans with supercritical fluids. In *The 4th International Symposium on Supercritical Fluids, Sendai Japan*. 1997.

SALVA, T.J.G.; SILVAROLLA, M.B.; ZAGO, C.M.C.; BARBOZA, F.R.; COELHO, D.S. Sacarose e cafeína em grãos de café de cruzamentos entre as variedades mutante AC1 e

mundo novo. IX **Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil** 24 a 26 de junho de 2015, Curitiba, Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/4115/183_IX-SPCB-2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 Mar. 2022.

SANTESTEBAN, L. G.; MIRANDA, C.; ROYO, J. B. Regulated deficit irrigation effects on growth, yield, grape quality and individual anthocyanin composition in *Vitis vinifera* L. cv. 'Tempranillo'. **Agricultural Water Management**, v. 98, n. 7, p. 1171-1179, 2011.

SANTINATO, Roberto; FERNANDES, André LT; FERNANDES, Durval R. **Irrigação na cultura do café**. O Lutador, 2008.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 353p. 2013.

SAS-Statistical Analyses System. Statistical Analysis System user's guide. Institute, Statistical Analyses System, Cary, 2008.

SCA. Specialty Coffee Association. **Protocols & Best Practices**. Disponível em: <<https://sca.coffee/research/protocols-best-practices>>. Acesso em: 04 de junho 2022.

SCHOLZ, M. B. D. S., FIGUEIREDO, V. R. G. D., SILVA, J. V. N. D., & KITZBERGER, C. S. G. Características físico-químicas de grãos verdes e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) do IAPAR, 2011.

SCHOLZ, M. B. S.; KITZBERGER, C. S. G.; DURAND, N.; Charmetant, P.; LEROY, T. Ácidos orgânicos e açúcares em acessos da coleção de café da etiópia do IAPAR e cultivares de café arábica (2015). Disponível em <<http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/3524>>. Acesso em: 03 Fev. 2022.

SCHWAN, Rosane F.; FLEET, Graham H. (Ed.). **Cocoa and coffee fermentations**. CRC Press, 2014.

SILVA, E. A. D., BRUNINI, O., SAKAI, E., ARRUDA, F. B., & PIRES, R. C. D. M. Influência de déficits hídricos controlados na uniformização do florescimento e produção do cafeeiro em três diferentes condições edafoclimáticas do estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.493-501, 2009.

SIMULESCU, V.; ILIA, G.; MACARIE, L.; MERGHES, P. Sport and energy drinks consumption before, during and after training. *Science and Sports*, v. 34, n.1, p. 3-10, 2019.

SIQUEIRA, Heloisa Helena de; ABREU, Celeste Maria Patto de. Composição físico-química e qualidade do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 112-117, 2006.

SUÁREZ SALAZAR, J. C.; RODRÍGUEZ BURGOS, E.; DURAN BAUTISTA, E. H. Efecto de las condiciones de cultivo, las características químicas del suelo y el manejo de grano en los atributos sensoriales de café (*Coffea arabica* L.) en taza. **Acta agronómica**, v. 64, n. 4, p. 342-348, 2015.

SYBENGA, J. Genetics and cytology of coffee. A literature review. *Bibliographia Genetica*, 19: 217-316. Also in: *Turrialba*, 10(3): 83-137, 1960.

TAVEIRA, J. H. S., BORÉM, F. M., FIGUEIREDO, L. P., REIS, N., FRANCA, A. S., HARDING, S. A., & TSAI, C. J. Potential markers of coffee genotypes grown in different Brazilian regions: A metabolomics approach. *Food Research International*, 61, 75-82, 2014.

TEIXEIRA, A. L.; PRADO, P.; DIAS, K.; MALTA, M. R.; GONCALVES, F. M. A. Evaluation of the caffeine content in leaves and grains of arábica coffee accessions. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p.129-137, 2012.

TESFAYE, S. G. et al. Plant Water Relations, Crop Yield and Quality of Arabica Coffee (*Coffea arabica*) as Affected by Supplemental Deficit Irrigation. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 15, n. 4, 2013.

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

VIANI, Rinantonio; PETRACCO, Marino. Coffee. **Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry**, 2000.

WINTGENS, J. N. et al. The coffee plant. **Coffee: growing, processing, sustainable production. A guidebook for growers, processors, traders and researchers**, p. 3-24, 2009.

8. ANEXOS

Laudos Q-Grader

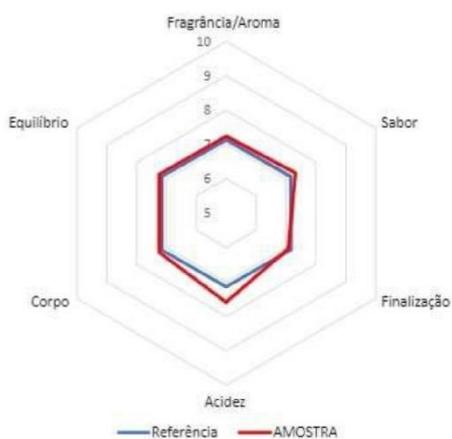


IFSULDEMINAS – CAMPUS MUZAMBINHO
LABORATÓRIO DE CLASSIFICAÇÃO DO CAFÉ



Laudo de Classificação Sensorial do Café					
Nº Amostra:	2 NT	Data:	08/02/2022	Espécie Café:	Arábica
Variedade:	E 237	Talhão:	DH1 100%	Pós-Colheita:	-
Proprietário:	Embrapa Cerrados				
Endereço:	BR020, km 18	Município:	Brasília/DF	Bairro:	-
Safra:	-	Nº de Sacas:	-		
Armazenamento:	-	Umidade (%):	-		
Condição da Amostra:	Peneira 16 Acima – Tipo 2 (x)			Bica Corrida	
Protocolo Utilizado:	SCA (x)			COB ()	

Resultados			
Fragrância/Aroma	7,25	Uniformidade	10
Sabor	7,33	Xícara Limpa	10
Finalização	7,08	Doçura	10
Acidez	7,58	Balanço	7,25
Corpo	7,25	Geral	7,25
Pontuação Total: 81,00 (média de 3 provadores)			



Descrição Sensorial do Café	
Fragrância/Aroma: Caramelo, cítrico leve, amadeirado / chocolate, rançoso	
Sabor: Caramelo leve, cereal	
Finalização: Amargo e adstringente	
Acidez: Cítrica leve	
Corpo: Leve	
Correspondências de Protocolos	
SCA	COB
86 PONTOS ACIMA	ESTRITAMENTE MOLE
84 a 86 PONTOS	MOLE
80 a 84 PONTOS	APENAS MOLE
80 PONTOS ABAIXO	NÃO ESPECIAL (duro abaixo)

José Marcos Angélico de Mendonça
Juiz Q Grader

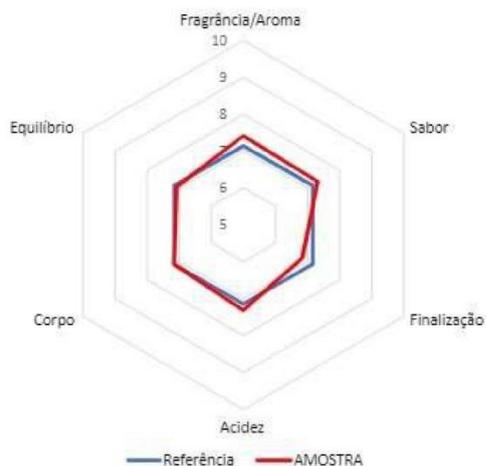
Laudo de Classificação Sensorial do Café

Nº Amostra:	7 NT	Data:	08/02/2022	Espécie Café:	Arábica
Variedade:	E 237	Talhão:	DH2 100%	Pós-Colheita:	-
Proprietário:	Embrapa Cerrados				
Endereço:	BR020, km 18	Município:	Brasília/DF	Bairro:	-
Safra:	-	Nº de Sacas:	-		
Armazenamento:	-		Umidade (%):	-	
Condição da Amostra:	Peneira 16 Acima – Tipo 2 (x)			Bica Corrida	
Protocolo Utilizado:	SCA (x)			COB ()	

Resultados

Fragrância/Aroma	7,42	Uniformidade	10
Sabor	7,33	Xícara Limpa	10
Finalização	6,83	Doçura	10
Acidez	7,33	Balanço	7,08
Corpo	7,17	Geral	7,00

Pontuação Total: 80,17 (média de 3 provadores)



Descrição Sensorial do Café

Fragrância/Aroma: Chocolate, tabaco, caramelo
Sabor: Chocolate, frutado
Finalização: Amargo e adstringente
Acidez: Cítrica leve
Corpo: Leve

Correspondências de Protocolos

SCA	COB
86 PONTOS ACIMA	ESTRITAMENTE MOLE
84 a 86 PONTOS	MOLE
80 a 84 PONTOS	APENAS MOLE
80 PONTOS ABAIXO	NÃO ESPECIAL (<i>duro abaixo</i>)

José Marcos Angélico de Mendonça
Juiz Q Grader

Laudo de Classificação Sensorial do Café

Nº Amostra:	12 NT	Data:	08/02/2022	Espécie Café:	Arábica
Variedade:	E 237	Talhão:	IP 100%	Pós-Colheita:	-
Proprietário:	Embrapa Cerrados				
Endereço:	BR020, km 18	Município:	Brasília/DF	Bairro:	-
Safra:	-	Nº de Sacas:	-		
Armazenamento:	-		Umidade (%):	-	
Condição da Amostra:	Peneira 16 Acima – Tipo 2 (x)			Bica Corrida	
Protocolo Utilizado:	SCA (x)			COB ()	

Resultados

Fragrância/Aroma	7,50	Uniformidade	10
Sabor	7,08	Xícara Limpa	10
Finalização	6,92	Doçura	10
Acidez	7,25	Balanço	7,08
Corpo	7,25	Geral	7,08
Pontuação Total: 80,17 (média de 3 provadores)			



Descrição Sensorial do Café

Fragrância/Aroma: Cítrico leve, castanha, amadeirado
Sabor: Cereal, herbáceo, castanha
Finalização: Amarga e adstringente
Acidez: Cítrica leve
Corpo: Leve

Correspondências de Protocolos

SCA	COB
86 PONTOS ACIMA	ESTRITAMENTE MOLE
84 a 86 PONTOS	MOLE
80 a 84 PONTOS	APENAS MOLE
80 PONTOS ABAIXO	NÃO ESPECIAL (duro abaixo)

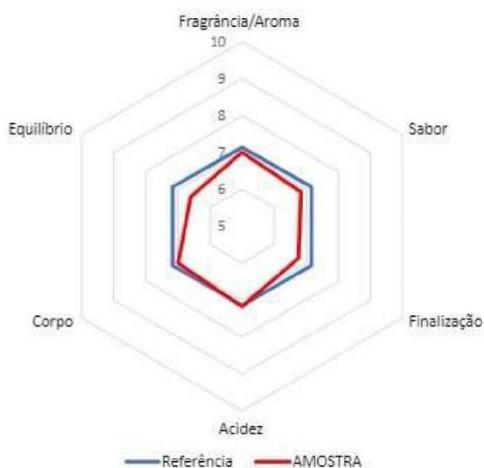
José Marcos Angélico de Mendonça
Juiz Q Grader

Laudo de Classificação Sensorial do Café

Nº Amostra:	15 NT	Data:	08/02/2022	Espécie Café:	Arábica
Variedade:	IPR 98	Talhão:	IP 100%	Pós-Colheita:	-
Proprietário:	Embrapa Cerrados				
Endereço:	BR020, km 18	Município:	Brasília/DF	Bairro:	-
Safra:	-	Nº de Sacas:	-		
Armazenamento:	-		Umidade (%):	-	
Condição da Amostra:	Peneira 16 Acima – Tipo 2 (x)			Bica Corrida	
Protocolo Utilizado:	SCA (x)			COB ()	

Resultados

Fragrância/Aroma	7,00	Uniformidade	10
Sabor	6,83	Xícara Limpa	10
Finalização	6,75	Doçura	10
Acidez	7,17	Balanço	6,58
Corpo	7,00	Geral	6,67
Pontuação Total: 78,00 (média de 3 provadores)			



Descrição Sensorial do Café

Fragrância/Aroma: Caramelo, cereal, rançoso
Sabor: Folha (verde), cereal, caramelo
Finalização: Amargo, verde, adstringente
Acidez: Leve
Corpo: Leve

Correspondências de Protocolos

SCA	COB
86 PONTOS ACIMA	ESTRITAMENTE MOLE
84 a 86 PONTOS	MOLE
80 a 84 PONTOS	APENAS MOLE
80 PONTOS ABAIXO	NÃO ESPECIAL (duro abaixo)

José Marcos Angélico de Mendonça
Juiz Q Grader

Laudo de Classificação Sensorial do Café

Nº Amostra:	20 NT	Data:	08/02/2022	Espécie Café:	Arábica
Variedade:	IPR 98	Talhão:	IP 50%	Pós-Colheita:	-
Proprietário:	Embrapa Cerrados				
Endereço:	BR020, km 18	Município:	Brasília/DF	Bairro:	-
Safra:	-	Nº de Sacas:	-		
Armazenamento:	-		Umidade (%):	-	
Condição da Amostra:	Peneira 16 Acima – Tipo 2 (x)			Bica Corrida	
Protocolo Utilizado:	SCA (x)			COB ()	

Resultados

Fragrância/Aroma	7,33	Uniformidade	10
Sabor	7,00	Xícara Limpa	10
Finalização	7,08	Doçura	10
Acidez	7,25	Balanço	6,83
Corpo	7,25	Geral	6,83
Pontuação Total: 79,58 (média de 3 provadores)			



Descrição Sensorial do Café

Fragrância/Aroma: Castanha, caramelo, amadeirado
Sabor: Caramelo, cereal
Finalização: Amargo, adstringente, herbáceo
Acidez: Leve
Corpo: Leve

Correspondências de Protocolos

SCA	COB
86 PONTOS ACIMA	ESTRITAMENTE MOLE
84 a 86 PONTOS	MOLE
80 a 84 PONTOS	APENAS MOLE
80 PONTOS ABAIXO	NÃO ESPECIAL (duro abaixo)

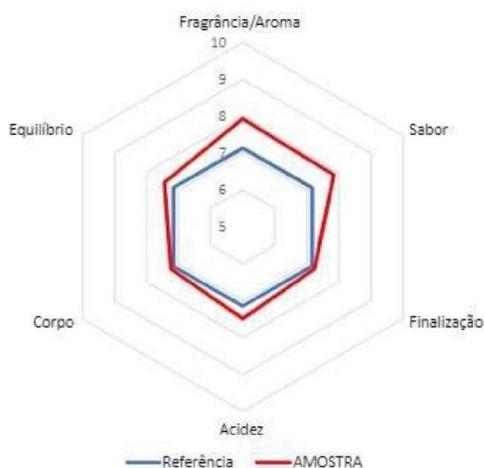
José Marcos Angélico de Mendonça
Juiz Q Grader

Laudo de Classificação Sensorial do Café

Nº Amostra:	24 NT	Data:	08/02/2022	Espécie Café:	Arábica
Variedade:	Topázio 1190	Talhão:	DH2 50%	Pós-Colheita:	-
Proprietário:	Embrapa Cerrados				
Endereço:	BR020, km 18	Município:	Brasília/DF	Bairro:	-
Safra:	-	Nº de Sacas:	-		
Armazenamento:	-		Umidade (%):	-	
Condição da Amostra:	Peneira 16 Acima – Tipo 2 (x)			Bica Corrida	
Protocolo Utilizado:	SCA (x)			COB ()	

Resultados

Fragrância/Aroma	7,92	Uniformidade	10
Sabor	7,83	Xícara Limpa	10
Finalização	7,25	Doçura	10
Acidez	7,50	Balanço	7,42
Corpo	7,25	Geral	7,50
Pontuação Total: 82,67 (média de 3 provadores)			



Descrição Sensorial do Café

Fragrância/Aroma: Floral, caramelo
Sabor: Mel leve, floral, laranja
Finalização: Adocicada, leve adstringência
Acidez: Cítrica mediana
Corpo: Mediano

Correspondências de Protocolos

SCA	COB
86 PONTOS ACIMA	ESTRITAMENTE MOLE
84 a 86 PONTOS	MOLE
80 a 84 PONTOS	APENAS MOLE
80 PONTOS ABAIXO	NÃO ESPECIAL (<i>duro abaixo</i>)

José Marcos Angélico de Mendonça
Juiz Q Grader

Laudo de Classificação Sensorial do Café

Nº Amostra:	31 NT	Data:	08/02/2022	Espécie Café:	Arábica
Variedade:	IAPAR 59	Talhão:	Sequeiro	Pós-Colheita:	-
Proprietário:	Embrapa Cerrados				
Endereço:	BR020, km 18	Município:	Brasília/DF	Bairro:	-
Safra:	-	Nº de Sacas:	-		
Armazenamento:	-		Umidade (%):	-	
Condição da Amostra:	Peneira 16 Acima – Tipo 2 (x)			Bica Corrida	
Protocolo Utilizado:	SCA (x)			COB ()	

Resultados			
Fragrância/Aroma	7,42	Uniformidade	10
Sabor	7,00	Xícara Limpa	10
Finalização	6,92	Doçura	10
Acidez	7,25	Balanço	6,92
Corpo	7,17	Geral	6,92
Pontuação Total: 79,58 (média de 3 provadores)			



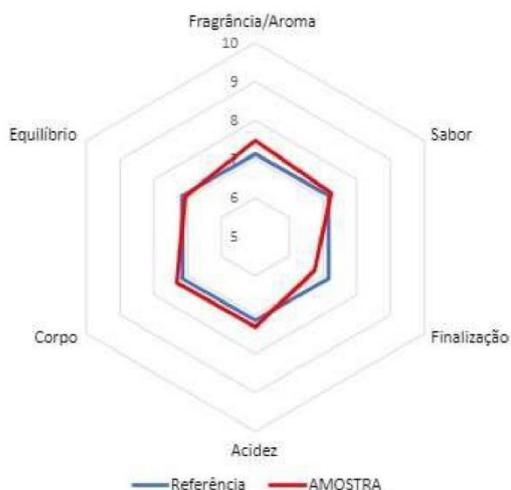
Descrição Sensorial do Café	
Fragrância/Aroma: Castanha, caramelo leve / cereal, amadeirado	
Sabor: Caramelo, cereal, amadeirado	
Finalização: Amargo e adstringente	
Acidez: Leve	
Corpo: Leve	
Correspondências de Protocolos	
SCA	COB
86 PONTOS ACIMA	ESTRITAMENTE MOLE
84 a 86 PONTOS	MOLE
80 a 84 PONTOS	APENAS MOLE
80 PONTOS ABAIXO	NÃO ESPECIAL (<i>duro abaixo</i>)

José Marcos Angélico de Mendonça
Juiz Q Grader

Laudo de Classificação Sensorial do Café

Nº Amostra:	34 NT	Data:	08/02/2022	Espécie Café:	Arábica
Variedade:		Talhão:	-	Pós-Colheita:	-
Proprietário:	Embrapa Cerrados				
Endereço:	BR020, km 18	Município:	Brasília/DF	Bairro:	-
Safra:	-	Nº de Sacas:	-		
Armazenamento:	-		Umidade (%):	-	
Condição da Amostra:	Peneira 16 Acima – Tipo 2 (x)			Bica Corrida	
Protocolo Utilizado:	SCA (x)			COB ()	

Resultados			
Fragrância/Aroma	7,50	Uniformidade	10
Sabor	7,25	Xícara Limpa	10
Finalização	6,75	Doçura	10
Acidez	7,33	Balanço	7,08
Corpo	7,33	Geral	7,08
Pontuação Total: 80,33 (média de 3 provadores)			



Descrição Sensorial do Café	
Fragrância/Aroma: Cítrico, chocolate / frutado, manteiga, baunilha	
Sabor: Tabaco, chocolate, frutado	
Finalização: Amargo e adstringente, herbáceo	
Acidez: Cítrica leve	
Corpo: Leve	
Correspondências de Protocolos	
SCA	COB
86 PONTOS ACIMA	ESTRITAMENTE MOLE
84 a 86 PONTOS	MOLE
80 a 84 PONTOS	APENAS MOLE
80 PONTOS ABAIXO	NÃO ESPECIAL (duro abaixo)

José Marcos Angélico de Mendonça
Juiz Q Grader

Laudo de Classificação Sensorial do Café

Nº Amostra:	35 NT	Data:	08/02/2022	Espécie Café:	Arábica
Variedade:	-	Talhão:	-	Pós-Colheita:	-
Proprietário:	Embrapa Cerrados				
Endereço:	BR020, km 18	Município:	Brasília/DF	Bairro:	-
Safra:	-	Nº de Sacas:	-		
Armazenamento:	-		Umidade (%):	-	
Condição da Amostra:	Peneira 16 Acima – Tipo 2 (x)			Bica Corrida	
Protocolo Utilizado:	SCA (x)			COB ()	

Resultados

Fragrância/Aroma	7,25	Uniformidade	10
Sabor	7,17	Xícara Limpa	10
Finalização	6,67	Doçura	10
Acidez	7,08	Balanço	6,67
Corpo	7,00	Geral	6,75
Pontuação Total: 78,58 (média de 3 provadores)			



Descrição Sensorial do Café

Fragrância/Aroma: Cítrico, floral, amadeirado
Sabor: Madeira leve, herbáceo, caramelo leve
Finalização: Amargo e adstringente
Acidez: Leve
Corpo: Leve

Correspondências de Protocolos

SCA	COB
86 PONTOS ACIMA	ESTRITAMENTE MOLE
84 a 86 PONTOS	MOLE
80 a 84 PONTOS	APENAS MOLE
80 PONTOS ABAIXO	NÃO ESPECIAL (duro abaixo)

José Marcos Angélico de Mendonça
Juiz Q Grader

Foto do campo experimental

