

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUALITATIVO DE CAFÉ
ARÁBICA DE PORTE BAIXO EM REGIÃO DE BAIXA
ALTITUDE**

**Vinicius Augusto Filla
Engenheiro Agrônomo**

2023

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUALITATIVO DE CAFÉ
ARÁBICA DE PORTE BAIXO EM REGIÃO DE BAIXA
ALTITUDE**

Vinicius Augusto Filla

**Orientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos
Coorientador: Prof. Dr. Anderson Prates Coelho**

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus
de Jaboticabal, como parte das exigências
para a obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Produção Vegetal)**

2023

F484d	Filla, Vinicius Augusto Desempenho agrônomo e qualitativo de café arábica de porte baixo em região de baixa altitude / Vinicius Augusto Filla. -- Jaboticabal, 2023 144 p. : il., tabs., fotos Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Leandro Borges Lemos Coorientador: Anderson Prates Coelho 1. Agricultura. 2. Café. 3. Plantas cultivares. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUALITATIVO DE CAFÉ ARÁBICA DE PORTE BAIXO EM REGIÃO DE BAIXA ALTITUDE

AUTOR: VINÍCIUS AUGUSTO FILLA

ORIENTADOR: LEANDRO BORGES LEMOS

COORIENTADOR: ANDERSON PRATES COELHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LEANDRO BORGES LEMOS (Participação Presencial)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV UNESP Jaboticabal



Prof. Dr. FÁBIO LUIZ CHECCHIO MINGOTTE (Participação Presencial)
Depto. Ciências e Produção Agrícola / FCAV UNESP Jaboticabal



Prof. Dr. GERSON SILVA GIOMO (Participação Presencial)
Centro Científico de Café / Instituto Agronômico de Campinas (IAC)



Prof. Dr. GUSTAVO VITTI MÓRO (Participação Presencial)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV UNESP Jaboticabal



Pesquisador Dr. FÁBIO TIRABOSCHI LEAL (Participação Presencial)
ICL América do Sul / Ribeirão Preto/SP



Jaboticabal, 03 de março de 2023

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

VINICIUS AUGUSTO FILLA – Filho de Maria Monica Lasca Filla e Vitorio Filla Neto, nasceu na cidade de Araraquara, São Paulo, no dia 18 de agosto de 1994. Em março de 2012 entrou no curso de graduação de Engenharia Agrônômica na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV, Unesp - Câmpus de Jaboticabal, concluindo-o em janeiro de 2017. Durante a graduação, foi membro do grupo de pesquisa CSME (Caracterização do Solo para Fins de Manejo Específico) e bolsista de iniciação científica pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), desenvolvendo o projeto intitulado “Óxidos de ferro da fração argila e emissão de CO₂ de Latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar”. Realizou estágio curricular obrigatório na área de Pesquisa e Desenvolvimento da Stoller do Brasil, em Cosmópolis/SP. Em março de 2017 ingressou no mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) na Unesp - FCAV, sob orientação do Prof. Dr. Leandro Borges Lemos, defendendo sua dissertação (“Atributos agronômicos e qualitativos de cultivares de feijoeiro-comum sob monitoramento e manejos de fornecimento de nitrogênio utilizando clorofilômetro portátil”) em junho de 2019. Em março de 2020 ingressou no doutorado na mesma instituição, sob orientação do Prof. Dr. Leandro Borges Lemos, onde desenvolveu a presente tese.

“Aí onde estão nossos irmãos os homens, aí onde estão as nossas aspirações, nosso trabalho, nossos amores — aí está o lugar do nosso encontro cotidiano com Cristo. Em meio das coisas mais materiais da terra é que nós devemos santificar-nos, servindo a Deus e a todos os homens.”

Amar o Mundo Apaixonadamente - Homilia de São Josemaria Escrivá pronunciada no câmpus da Universidade de Navarra, em 8 de outubro de 1967.

DEDICO

Aos meus pais, Vitorio Filla Neto e Maria
Mônica Lasca Filla, e meus avós, João
Apparecido Lasca e Therezinha Arnoni
Lasca.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por todas as graças concedidas durante minha graduação e pós-graduação, e a Santíssima Virgem, pelo seu amparo e carinho maternal.

Aos meus pais, Vitorio Filla Neto e Maria Monica Lasca Filla por todo amor que me oferecem e proporcionarem meios para concluir meus estudos na Unesp/FCAV desde a graduação até o doutorado.

À minha irmã, Milena Cristina Filla, pela sua proximidade e atenção.

Aos meus avós paternos, Orval Filla (*In memoriam*) e Neide Filla e maternos, João Aparecido Lasca e Therezinha Arnoni Lasca pela presença, amor e amparo.

Ao meu orientador, Leandro Borges Lemos, pelos ensinamentos, orientação, disponibilidade e amizade durante a pós-graduação.

Ao meu coorientador, Anderson Prates Coelho, que tenho como amigo desde a graduação e teve participação essencial durante toda minha pós-graduação com seu auxílio disponibilidade, simplicidade e conhecimentos.

A André Cunha pelo fornecimento das mudas de café e ao *Q-Grader* Gabriel Junqueira, da *Bella Época Coffees*, pelo auxílio nas avaliações sensoriais.

A todos os alunos de graduação e pós-graduação que colaboraram no manejo e avaliações de campo e laboratório do presente estudo. Meus agradecimentos a Orlando Morello, Matheus Grossi, Vinícius Balieiro Fernandes, Almir Salvador, Lucas Brame, Filippo Perondi, Vinicius Marin Diniz, João Paulo Leme Donadeli, Bruno Moura Coimbra, Stefany Silva, Jordana Flores, Flávia Meirelles, Neuza Helena Carvalho de Oliveira, Antonia Erica de Souza.

À Bruna Zanatto, por sua presença amorosa, acolhedora, compreensiva e paciente.

Aos membros do grupo SAGRIS (Sustentabilidade em Sistemas de Produção): Neuza Helena, Antonia Erica de Souza, João Paulo Moraes da Silva.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal: Sebastião (*in memoriam*), Rubens Libório e Mauro Volpe pela dedicação no trabalho no campo.

Aos funcionários da FEPE (Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão), em especial ao Marcelo Scatolin (*in memoriam*), Colovate e equipe, pelo auxílio durante a implantação, condução e colheita do experimento.

E por fim, à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, a qual considero minha segunda casa. Lugar em que fiz amizades e recebi ensinamentos que me marcaram profundamente, nos âmbitos acadêmico e pessoal. Meu sincero obrigado.

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

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1.1 Introdução	1
1.2 Revisão de literatura.....	3
1.2.1 Origem e dispersão do café: da Abissínia para o interior paulista.....	3
1.2.2 Importância econômica e social do café.....	7
1.2.3 Aspectos botânicos e fisiológicos de <i>Coffea arabica</i> L.....	11
1.2.4 Caracterização climática do município de Jaboticabal – SP e seu potencial para cultivo do café arábica	13
1.2.5 Cultivares de café arábica de porte baixo	15
1.2.6 Qualidade dos grãos do café arábica	16
1.2.7 Poda do cafeeiro	19
1.3 Referências	22
CAPÍTULO 2 – Desenvolvimento vegetativo e seleção indireta de cultivares de café arábica em região de baixa altitude	30
2.1 Introdução	31
2.2 Material e métodos.	32
2.2.1 Descrição da área da área experimental e caracterização agroclimatológica	32
2.2.2 Delineamento experimental e tratamentos	35
2.2.3 Tratos culturais	35
2.2.4 Avaliações de campo e laboratório.....	36
2.2.5 Análises dos dados	37
2.2.5.1 Análise univariada	37
2.2.5.2 Análise multivariada.	38
2.3 Resultados e discussão.....	39
2.4 Conclusões.....	45
2.5 Referências	45
CAPÍTULO 3 – Desempenho agrônomo e qualitativo de cultivares de café arábica em região de baixa altitude	48

3.1 Introdução	49
3.2 Material e métodos.	50
3.2.1 Descrição da área experimental e caracterização agroclimatológica	50
3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos	53
3.2.3 Avaliações de campo e laboratório.....	56
3.2.4 Análises dos dados	57
3.2.4.1 Análise univariada	57
3.2.4.2 Análise multivariada.	58
3.3 Resultados e discussão.....	59
3.4 Conclusões.....	79
3.5 Referências	79
CAPÍTULO 4 – Revigoração de cultivares de café arábica sob poda de esqueletamento em região de baixa altitude.....	86
4.1 Introdução	87
4.2 Material e métodos.	89
4.2.1 Descrição da área experimental e caracterização agroclimatológica	89
4.2.2 Delineamento experimental e tratamentos	91
4.2.3 Avaliações de campo e laboratório.....	93
4.2.4 Análises dos dados	95
4.2.4.1 Análise univariada	95
4.2.4.2 Análise multivariada.	96
4.3 Resultados e discussão.....	97
4.4 Conclusões.....	110
4.5 Referências	111
CAPÍTULO 5 – Considerações finais	116
6. APÊNDICE.....	121

DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUALITATIVO DE CAFÉ ARÁBICA DE PORTE BAIXO EM REGIÃO DE BAIXA ALTITUDE

RESUMO – Desde sua chegada ao Brasil em 1727, o café foi o maior gerador de riquezas da história nacional. Devido a mudanças no agronegócio nacional, o café perdeu espaço para outras culturas, não obstante, o seu cultivo é uma excelente alternativa para os agricultores. Porém, a grande disponibilidade de cultivares e a falta de informações sobre o desempenho destas em ambientes menos aptos, como em regiões de baixa altitude, e a resposta a práticas de manejo como a poda, são uma problemática para a escolha das cultivares mais aptas. O objetivo com este estudo foi identificar as cultivares de café arábica de porte baixo com melhor desenvolvimento inicial, produtividade e qualidade dos grãos e com maior responsividade à poda de esqueletamento em região de baixa altitude. O experimento foi conduzido no município de Jaboticabal, a 565 m de altitude, na região nordeste do estado de São Paulo, Brasil. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos por 17 cultivares de café arábica de porte baixo. Foram avaliados os atributos morfológicos na fase de formação, o desempenho agronômico e qualitativo dos grãos das quatro primeiras safras (2014/15 a 2017/18), bem como das duas safras após a poda de esqueletamento/decote (2019/20 e 2020/21). Os dados de cada safra foram submetidos à análise de variância, correlação de Pearson e multivariada. Há variabilidade entre as cultivares de café arábica de porte baixo quanto ao desenvolvimento vegetativo inicial. O crescimento do ramo e o incremento do número de nós do ramo plagiotrópico podem ser utilizados na seleção precoce para identificação de cultivares com maior potencial produtivo. As cultivares IAC Obatã 4739, Obatã IAC 1669-20 e Tupi IAC 1669-33 apresentam maior desempenho vegetativo inicial. É possível associar elevadas produtividades com qualidade de grãos em região de baixa altitude. As cultivares Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 99, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20, Obatã IAC 4739, Tupi IAC 1699-33 e IAC 125 RN e IPR 100 se destacaram quanto à produtividade, atingindo cerca de 50 sacas ha⁻¹. Catuaí Vermelho IAC 99, Tupi IAC 1699-33 e IAC 125 RN produziram grãos com a melhor qualidade, maior massa de cem grãos, rendimento de benefício e porcentagem de grãos retidos na peneira 17. As cultivares diferem quanto à resposta à poda de esqueletamento em região de baixa altitude. IAC Catuaí SH3, IAC Ouro Verde, Obatã IAC 4739, Tupi IAC 1669-33, Catiguá MG1, Oeiras MG 6851, Pau-Brasil MG1, Sacramento MG1, IPR 99, IPR 103 e Sabiá Tardio apresentaram maiores responsividades à poda. A cultivar Obatã IAC 4739 produziu grãos com maior massa de cem grãos e retenção de grãos na peneira 17. Todas as cultivares apresentam bebidas com notas de 79 a 83 na escala SCA. Os resultados obtidos são úteis aos melhoristas e aos produtores da região da Média Mogiana para a escolha das cultivares mais adaptadas a esse ambiente.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L., cultivares, produtividade de grãos, qualidade, temperaturas elevadas

AGRONOMIC AND QUALITATIVE PERFORMANCE OF LOW-SIZED ARABICA COFFEE IN A LOW ALTITUDE REGION

ABSTRACT – Since its arrival in Brazil in 1727, coffee has been the greatest wealth's generator in national history. Due to changes in national agribusiness, coffee has lost space for other crops, however, its cultivation is an excellent alternative for farmers. However, the wide availability of cultivars and the lack of information about their performance in less suitable environments, such as in low altitude regions, and the response to management practices such as pruning, are a problem for choosing the most suitable cultivars. The objective of this study was to identify low-sized Arabica coffee cultivars with better initial development, productivity and grain quality and with greater responsiveness to skeleton pruning in a low-altitude region. The experiment was conducted in the municipality of Jaboticabal, at an altitude of 565 m, in the northeast region of the state of São Paulo, Brazil. The experimental design used was randomized blocks, with four replications, with treatments consisting of 17 low-sized Arabica coffee cultivars. The morphological attributes in the formation phase, the agronomic and qualitative performance of the grains of the first four harvests (2014/15 to 2017/18), as well as of the two harvests after the skeleton/neckline pruning (2019/20 and 2020/ 21). Data from each season were submitted to analysis of variance, Pearson's correlation and multivariate. There is variability among low-sized Arabica coffee cultivars in terms of initial vegetative development. Branch growth and the increase in the number of nodes on the plagiotropic branch can be used in early selection to identify cultivars with greater yield potential. The cultivars IAC Obatã 4739, Obatã IAC 1669-20 and Tupi IAC 1669-33 showed the best initial vegetative performance. It is possible to associate high yields with grain quality in a low altitude region. The cultivars Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 99, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20, Obatã IAC 4739, Tupi IAC 1699-33 and IAC 125 RN and IPR 100 stood out in terms of productivity, reaching about 50 bags ha⁻¹. Catuaí Vermelho IAC 99, Tupi IAC 1699-33 and IAC 125 RN produced grains with the best quality, greater 100-grain mass, benefit yield and percentage of grains retained in sieve 17. Cultivars differ in response to skeleton pruning in low altitude region. IAC Catuaí SH3, IAC Ouro Verde, Obatã IAC 4739, Tupi IAC 1669-33, Catiguá MG1, Oeiras MG 6851, Pau-Brasil MG1, Sacramento MG1, IPR 99, IPR 103 and Sabiá Tardio showed greater responsiveness to pruning. The cultivar Obatã IAC 4739 produced grains with the highest mass of one hundred grains and grain retention on the 17 sieve. All cultivars present beverages with scores from 79 to 83 on the SCA scale. The results obtained are useful for breeders and producers in the Middle Mogiana region for choosing the cultivars best adapted to this environment.

Keywords: *Coffea arabica* L., cultivars, grain yield, quality, high temperatures

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1.1 Introdução

A cafeicultura teve papel fundamental no desenvolvimento histórico e socioeconômico do Brasil, em especial, do estado de São Paulo (Martins, 2012). No entanto, nas últimas décadas houve uma mudança no foco do agronegócio nacional e muitas regiões antes tradicionalmente produtoras de café cederam espaço para outras *commodities*, como na Média Mogiana.

Atualmente, a região se destaca no setor sucroenergético, que tem passado por várias crises, ocasionando o fechamento de diversas unidades produtoras de açúcar e etanol. Em meio a este cenário de incertezas, a cafeicultura possui potencial como fonte de renda alternativa, visando não substituir a cana de açúcar, mas servir como aliada na geração de renda e de empregos. Além dos benefícios sociais e econômicos, o manejo sustentável do cultivo do café pode proporcionar benefícios ambientais, pois a cultura, por possuir um sistema baseado em biomassa lenhosa, possui grande potencial para mitigar ou reverter impactos negativos ao clima, tornando-se um “sumidouro de carbono” (Noponen et al., 2013; 2017).

Mediante a nova perspectiva para a cafeicultura na região, surge a problemática sobre quais cultivares são mais adaptadas às condições edafoclimáticas locais e de outras regiões de baixa altitude e menos aptas ao cultivo. Isto ocorre porque atualmente existem 139 cultivares de *C. arabica* registradas (Brasil, 2022), mas há carência de informações sobre o comportamento agrônomo destes genótipos em regiões marginais ao cultivo, tornando-se necessário o seu estudo em diferentes condições ambientais e locais de cultivo.

Ao considerar a cadeia produtiva do cafeeiro, o estudo dos atributos qualitativos, os quais definem a precificação do café que será comercializado, é fator decisivo para a agregação de valor do produto. A qualidade da bebida é influenciada pelo clima, genótipo e processamento (Borém et al., 2019). Atualmente, o café não é visto apenas como simples mercadoria. Os consumidores finais estão interessados tanto em cafés com maior qualidade como em experiências únicas, e os produtores que cooperam e são ativos nesse processo podem apropriar-se de maior valor agregado (Boaventura, 2018). Nesse sentido, existem cultivares de café com maior

aptidão para a produção de cafés especiais em regiões de baixa altitude (Ferreira et al., 2021).

Além disso, a identificação das cultivares mais produtivas a curto prazo não é o suficiente, pois, após alguns anos a planta perde seu vigor, especialmente em ambientes mais estressantes. Práticas tradicionais de manejo como a poda estão sendo amplamente adotadas pelos produtores a fim de revigorar a planta, uniformizar a florada, evitar colheitas em anos de safra baixa (Matiello et al., 2020).

Para a melhor compreensão do comportamento de cultivares de café de porte baixo e o fornecimento de informações confiáveis para o cultivo em regiões marginais, é necessário compreender as respostas da cultura desde a formação, seu desempenho ao longo de diversos anos de safras e as respostas às práticas de poda. Isso proporcionará resultados úteis aos produtores rurais para fins de escolha dos materiais genéticos mais bem adaptados a esse ambiente.

Diante do exposto, as hipóteses para o desenvolvimento do presente estudo foram: (i) cultivares de café arábica apresentam diferentes respostas agronômicas na fase de formação e produção em região de baixa altitude; (ii) é possível a obtenção de altas produtividades com qualidade de grãos em região de baixa altitude; (iii) a responsividade à poda de esqueletamento varia em função da cultivar de café.

Diante do exposto, o objetivo com este trabalho foi avaliar o desenvolvimento inicial, o desempenho agrônômico e qualitativo e a responsividade à poda de esqueletamento de cultivares de café arábica de porte baixo em região de baixa altitude.

1.2 Revisão de literatura

1.2.1 Origem e dispersão do café: da Abissínia para o interior paulista

Há diversas teorias sobre a etimologia do termo “café”. Uma das mais difundidas remonta ao vocábulo árabe *quahweh*, possivelmente um termo para “vinho”. O equivalente turco *kahweh* deu origem ao termo *Coffea*, em latim (Smith, 1985). Uma hipótese mais simples sobre a origem do termo remete ao topônimo *caffa* ou *Kaffe*, local da Etiópia meridional onde a planta do café é nativa (Taunay, 1939a).

Dentre as narrativas sobre a descoberta do fruto do café, a primeira que temos conhecimento foi encontrada nos manuscritos do Iêmen, documento datado do ano de 575 A.D. É relatado que um pastor de cabras da Etiópia, chamado Kaldi, cuidava de seu rebanho nas colinas ao redor de um mosteiro próximo ao Mar Vermelho. Ele percebeu que as cabras ficavam mais agitadas e enérgicas após comerem frutos vermelhos de um arbusto no local (Smith, 1985). Há variações da história, mas uma versão bastante difundida conta que Kaldi provou o fruto e confirmou seu efeito estimulante, passando a contar tal fato para outras pessoas, o que disseminou o consumo na região (Martins, 2012).

O consumo inicial pelos etíopes era feito na forma de fruto, de sua polpa (macerada, misturada em banha), sendo também produzido um suco fermentado, além do consumo de folhas *in natura* e no preparo de chá. O café foi levado da Etiópia para o Iêmen. Monges e dervixes utilizavam o café como bebida estimulante, que conferia mais energia para as orações e vigílias noturnas, favorecendo sua propagação na península arábica.

O processo de torrefação só foi desenvolvido posteriormente, no século XIV. Já o hábito de consumir café domesticamente ou em locais coletivos deslanchou a partir de 1450. Em Constantinopla (atual Istambul), na Turquia, no ano de 1475, foi aberto o *Kiva Han*, considerado o primeiro estabelecimento de consumo de café do mundo.

A entrada na Europa se deu por Veneza, em 1615. O comércio até então era feito com grãos sem pergaminho (endocarpo), o que impede a germinação, a fim de garantir o monopólio árabe de produção sobre tal mercadoria (Martins, 2012). A

primeira planta de café (*Coffea arabica* L.) foi trazida para a Europa em 1616, por meio de um mercador holandês. Sua propagação se deu no Jardim Botânico de Amsterdam, e posteriormente estas plantas foram levadas para iniciar plantações nas Índias Orientais. Na França, a introdução da planta ocorreu por volta de 1713, sendo um presente do burgomestre de Amsterdam para o rei Luís XIV. A muda foi conduzida ao *Jardin des Plantes* em Paris, sendo em 1715 transplantada para a Ilha Bourbon (atual Ilha da Reunião), colônia francesa situada no Oceano Índico (Martins, 2012). Um oficial da marinha francesa, Gabriel Mathieu de Clieu, foi pela introdução do café na ilha de Martinica. Apenas uma planta sobreviveu à viagem, sendo a fornecedora de sementes para o início do cultivo em propriedades na América Latina e Índias Ocidentais (Smith, 1985).

De Amsterdam, algumas plantas foram levadas ao Suriname, chegando em 1718. Após quatro anos, em 1722, foram levadas à Guiana. Poucos anos depois, em 1727, Francisco de Melo Palheta, um oficial brasileiro à serviço da Coroa portuguesa, foi à Caiena, na Guiana Francesa, onde obteve sementes e mudas, sendo responsável pela introdução do café no Brasil (Martins, 2012).

Ao chegar na capital do Pará, Francisco Palheta teria distribuído quase todas as sementes e mudas aos dirigentes do local, tendo separado uma parte para cultivo próprio, afirmando que seu feito teve como objetivo proporcionar aumento das rendas da Coroa no Brasil (Taunay, 1939a). Com esse material propagativo, deu-se início à dispersão do café no país (Figura 1).

O café chegou ao estado de São Paulo pelo Vale do Paraíba, da região de Vassouras (RJ), no começo do século XIX. A cultura espalhou-se rapidamente pelo estado, e no meio do mesmo século, já era o principal produto comercial do país, com 75% do valor total das exportações (Carvalho, 2007).

A obra de Milliet (1941) traz importantes dados e discussões sobre o crescimento e a decadência da cultura do café, compilando dados de recenseamentos oficiais, relatórios provinciais e do Boletim da Secretaria da Agricultura, abrangendo o período de 1836 a 1935, delimitando cinco quadros do caminho da cultura pelo estado de São Paulo. São delimitadas sete zonas (Figura 2A); fazendo-se a correspondência com os dados, concluiu que o percurso do café foi orientado por dois fatores: evitar a

linha do trópico, pois abaixo dela o clima não era favorável, e a demanda por terras virgens e férteis, seguindo sempre a oeste.

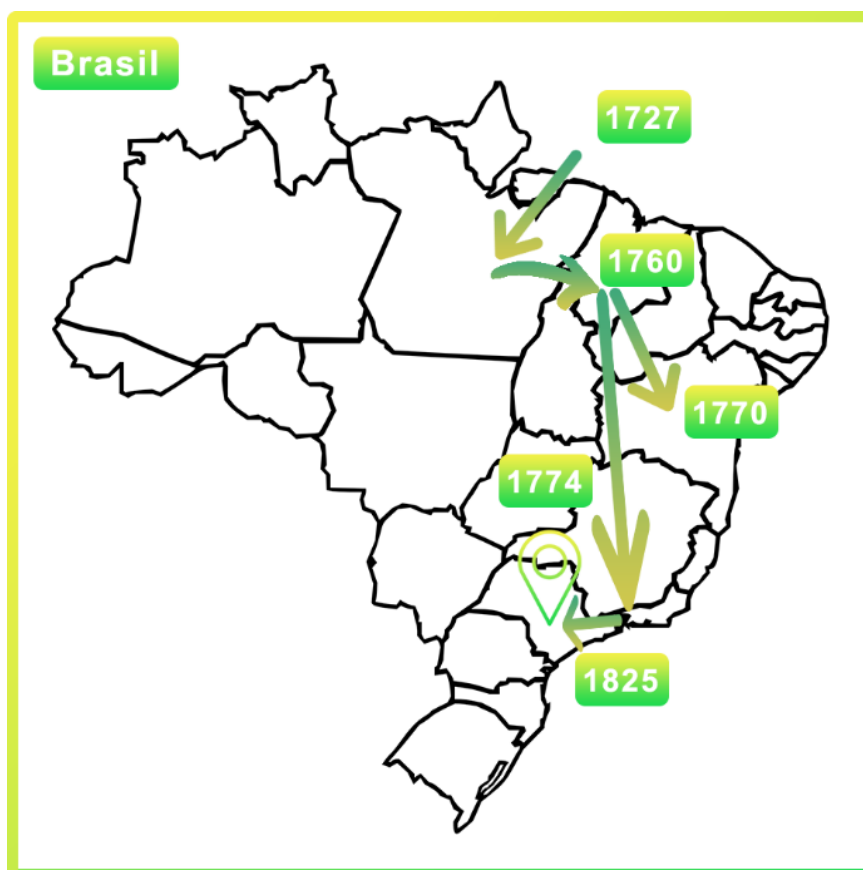


Figura 1. Dispersão do café no Brasil, do Pará até o estado de São Paulo. Adaptado de Matiello et al. (2020).

O plantio, até 1836, foi feito predominantemente na região Norte, seguida da Central. O vale do Paraíba, região inicial do cultivo de café no estado, estava repleto de cafeeiros, além das terras mais férteis nas proximidades da capital. No quadro seguinte, em 1854, iniciou-se o desbravamento das regiões Mogiana e Paulista. Houve o abandono da produção de outras culturas, e o encarecimento dos demais alimentos.

Analisando os dados em Milliet (1941), o município de Jaboticabal foi um dos principais produtores de café da zona Paulista do final do século XIX ao início do século XX. Em 1886 foi registrada produção de aproximadamente 10 mil sacas, crescendo para 76,5 mil sacas em 1920, atingindo 131,25 mil sacas em 1935. Somando-se à produção da região no entorno do município (Bebedouro, Pitangueiras,

Monte Azul, Guariba e Viradouro), foi obtido o valor de 1,026 e 1,877 milhões de arrobas para os anos 1920 e 1935, respectivamente.

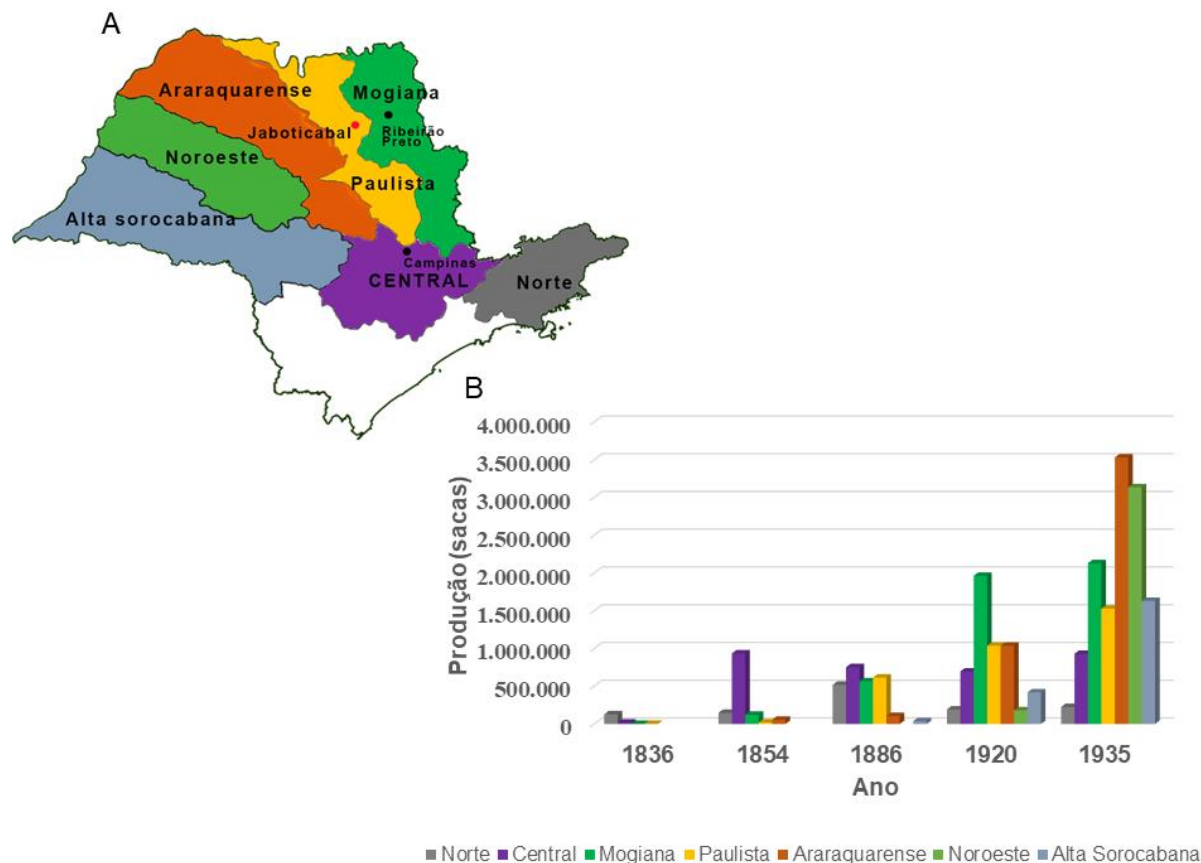


Figura 2. Regiões produtoras de café (A) e correspondentes produções no período de 1836 a 1935 (B). Adaptado de Milliet (1941).

Com as atividades urbanas e industriais em ascensão, outras culturas instigavam o interesse dos agricultores, destacando-se o algodão e a cana-de-açúcar. Nota-se aumentos modestos nas produções de café da Paulista e Mogiana, tendendo à estabilização. Ao passo que a cultura do algodão vai ganhando espaço. Em 1886 há registro de produção dessa cultura na zona Paulista (cerca de 4,6 mil arrobas). Anos mais tarde, em 1935, a produção da Paulista aumenta para mais de 2 milhões de arrobas, e é registrada produção de mais de 1,2 milhões de arrobas de algodão na Mogiana (Milliet, 1941).

É importante salientar que o avanço da cultura canavieira no estado de São Paulo não dependeu apenas das crises da cafeicultura, mas do aproveitamento

contínuo dos lucros da produção de café para a industrialização canavieira. Henrique Santos Dumont e Francisco Schmidt são exemplos disto (Bray, 1998).

Nas zonas Mogiana e Paulista, a decadência da cultura cafeeira foi resultante não do abandono das terras (como ocorreu na zona Norte), mas das tentativas de implantação de culturas substitutivas. A facilidade da comunicação e transporte, proporcionada pelas ferrovias e estradas de rodagem, oriundas da expansão cafeeira, abria possibilidade de permanência e novas fontes de lucros. A citricultura se concentra nos municípios de Limeira, Araras, Araraquara, Rio Claro, e a produção de algodão em Araraquara, São José do Rio Pardo, Sertãozinho, Limeira, Mogi-Mirim, Olímpia, Jaboticabal, Ribeirão preto e São Carlos. A indústria se desenvolve nessas regiões, e ocorrerá nos anos seguintes a venda em lotes dos latifúndios cafeeiros (Milliet, 1941).

Atualmente, as principais culturas agrícolas do município de Jaboticabal são: a cana-de-açúcar, o amendoim, o milho e a soja.

1.2.2 Importância econômica e social do café

O café está entre as bebidas mais consumidas do mundo. *C. arabica* e *C. canephora* são as duas principais espécies de interesse econômico. *C. arabica* é popularmente conhecido como “Arábica”, quanto *C. canephora* é denominado comumente por “Robusta” – nome de sua principal variedade cultivada no mundo – e por “Conillon” – variedade de *C. canephora* predominante no Brasil. *C. arabica* é a espécie mais cultivada no mundo, originando bebidas mais saborosas, complexas e de maior qualidade. O café Robusta ou Conilon é usado principalmente na fabricação de blends, espressos e cafés solúveis.

O Brasil é o principal produtor e exportador mundial de café, seguido pelo Vietnã, Camboja e Indonésia. O total de café produzido no mundo é de 10,7 milhões de toneladas, e aproximadamente 57% da produção concentra-se nas Américas (FAOSTAT, 2020). Em relação ao café arábica, o Brasil também é o maior produtor mundial (ICO, 2021). Para a safra 2020/2021, estima-se uma área cultivada de aproximadamente 1,82 milhões de ha (81% da área total destinada à cafeicultura do país). (Conab, 2022).

Minas Gerais é o principal estado produtor, com área de 1,26 milhões de ha (71% da área cafeeira). São Paulo é o segundo estado com maior área plantada (211 mil ha – cerca de 12% da área destinada à cafeicultura no país). A produção nacional de café arábica na safra 2021/2022 foi cerca de 33 milhões de sacas de café beneficiado. O café arábica corresponde a cerca de 64% da produção total de café no Brasil (*C. arabica* e *C. canephora*). Minas Gerais responde pela produção de 21,86 milhões de sacas, seguido por São Paulo e Espírito Santo, com 4,39 e 4,36 milhões de sacas, respectivamente (Conab, 2022).

A produtividade média do país é de 22,5 sacas ha⁻¹, sendo as regiões mais produtivas o estado de Goiás (44,8 sacas/ha) e o cerrado da Bahia (43,0 sacas ha⁻¹), devido ao elevado nível de tecnificação e práticas de manejo. O principal estado produtor, Minas Gerais, apresenta produtividade média próxima à nacional, com 21,4 sacas/ha, e São Paulo possui média de 22,0 sacas/ha (Conab, 2022).

No Brasil, a cadeia produtiva do café gera mais de 8 milhões de empregos (Brasil, 2017b). O faturamento bruto das lavouras em 2021 foi de R\$ 33,5 bilhões (Embrapa, 2021).

O Brasil é o segundo maior consumidor de café do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, com uma diferença de 4,5 milhões de sacas. O consumo interno dos brasileiros de café cru e café torrado per capita é de 6,06 e 4,84 kg por ano, respectivamente. A demanda por café cresceu, mesmo durante a crise ocorrida durante a pandemia de COVID-19, demonstrando o valor dado a esse produto na mesa dos brasileiros e para a indústria nacional. Estima-se que as vendas no setor alcançaram a cifra de R\$ 15,2 bilhões (ABIC, 2022).

No mundo, a produção de café movimenta mais de 30 bilhões de dólares. Os principais exportadores são o Brasil, a Suíça, a Alemanha, Colômbia e Vietnã. Os principais importadores são os Estados Unidos, Alemanha, França, Bélgica e Itália (OECD, 2020).

Um dos motivos para o aumento do consumo do café está relacionado à sua imagem de alimento funcional. O grão de café possui diversos componentes bioativos (compostos fenólicos, alcaloides, diterpenos, entre outros). Além disso, o consumo traz benefícios à saúde, como maior atenção, menores riscos de doenças como diabetes tipo II, depressão, câncer, distúrbios neurológicos e vasculares (Pereira et

al., 2020). Na Tabela 1 é apresentada a concentração de alguns dos compostos químicos presentes em grãos de café (*C. arabica* e *C. canephora*).

Tabela 1. Composição química do grão de café expressa em porcentagem de matéria-seca da espécie *C. arabica* (café arábica) e *C. canephora* (Robusta).

Componente químico	<i>C. arabica</i> (%)	<i>C. canephora</i> (%)
Polissacarídeos	50,8	56,4
Sacarose	8,0	4,0
Açúcares redutores	0,1	0,4
Proteínas	9,8	9,5
Aminoácidos	0,5	0,8
Cafeína	1,2	2,2
Trigonelina	1,0	0,7
Lipídeos	16,2	10,0
Ácidos alifáticos	1,1	1,2
Ácidos clorogênicos	6,9	10,4
Minerais	4,2	4,4
Compostos aromáticos	Traços	Traços

Adaptado de Quintero et al. (2011).

1.2.3 Aspectos botânicos e fisiológicos de *Coffea arabica* L.

O café arábica (*Coffea arabica* L.) pertence à divisão das Fanerógamas, classe Angiosperma (plantas produtoras de sementes), subclasse Eudicotiledônea, ordem Rubiales, famílias Rubiaceae, tribo Coffeae, subtribo Coffeinae, gênero *Coffea* (Carvalho et al., 2010). O subgênero *Coffea* abrange mais de 80 espécies, divididas em três seções: *Mascarocoffea*, *Mozambicoffea* e *Eucoffea*, sendo que esta inclui espécies presentes nas regiões central e oeste da África, dentre as quais situam-se as duas principais espécies, o *C. arabica* e o *C. canephora* (Chevalier, 1942).

Originária do sudeste da Etiópia, sudeste do Sudão e norte do Quênia, em faixa de altitude entre 1.000 a 2.000 metros (Carvalho, 2008). Todas as cultivares da espécie são derivadas das formas botânicas *Typica* e *Bourbon* (Anthony et al., 2001). É um alotetraploide ($2n = 4x = 44$ cromossomos) e com predominância de autofecundação, com cerca de apenas 10% de fecundação cruzada (Carvalho e Mônaco, 1964).

O café não tolera grandes variações térmicas, sendo a faixa de temperatura ótima entre 18 a 21 °C. Temperaturas médias abaixo de 16 °C e acima de 24 °C não

são consideradas adequadas. É bastante tolerante à distribuição das chuvas e disponibilidade hídrica, situando-se a ótima entre 1200 a 1800 mm, podendo suportar períodos com déficit hídrico de até 150 mm, especialmente quando não se estende à fase de floração (Rena e Maestri, 1987).

O seu sistema radicular é composto por uma raiz pivotante, algumas axiais e muitas laterais. É mais desenvolvido na projeção da copa, e mais de 50% das raízes ficam concentradas nos primeiros 50 cm do solo (Sakiyama, 2015). Porém, apresenta elevada plasticidade em função do genótipo e das condições do ambiente. O crescimento ativo das raízes pode ocorrer tanto durante a estação chuvosa, quanto quando conteúdo de umidade do solo não é elevado.

Os ramos do cafeeiro apresentam dimorfismo, sendo distinguidos dois tipos de ramos: o ortotrópico (vertical) e o plagiotrópico (lateral) (Figura 4). O ramo ortotrópico possui dois tipos de gemas: a gema cabeça de série e as seriadas. No tronco, a primeira origina ramos ortotrópicos, e a segunda, os plagiotrópicos (Rena e Maestri, 1987).

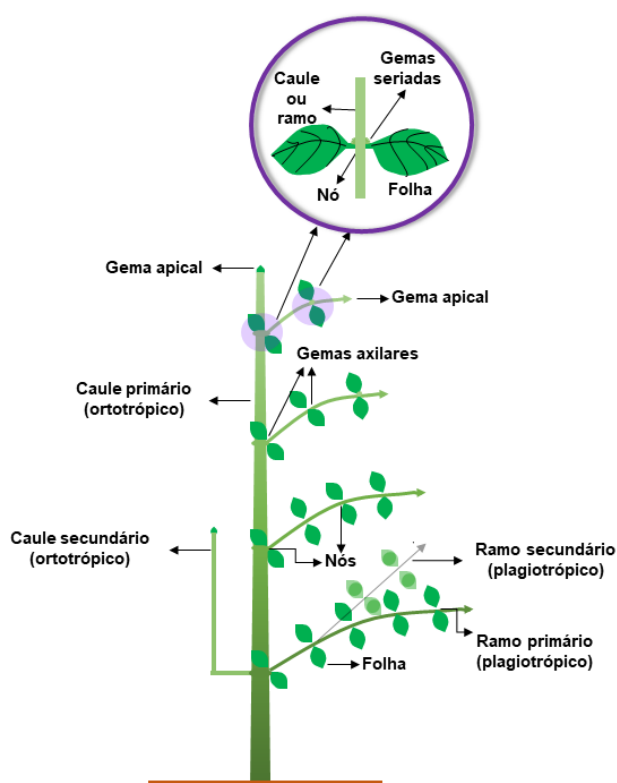


Figura 4. Esquema da planta de café, evidenciando o caule (ramo ortotrópico), ramos laterais (plagiotrópicos) primários e secundários, gemas e nós. Adaptado de Arcilla et al. (2007).

Os fatores que influenciam a fenologia das culturas são classificados como internos, como o genótipo e externos, como o ambiente. O clima é o fator com maior peso na determinação da vocação agrícola de determinada região (Ortolani e Camargo, 1987). Dentre os fatores ambientais, os que mais influenciam a planta de café são a temperatura do ar, o fotoperíodo e a precipitação (Pereira et al., 2008).

O cafeeiro leva dois anos para completar o seu ciclo fenológico, diferentemente da maioria das plantas cultivadas. Camargo e Camargo (2001) esquematizaram uma divisão em 6 fases do ciclo fenológico da planta (Figura 5). No primeiro ano ocorre o crescimento vegetativo, a partir de setembro, formando-se ramos e gemas vegetativos (1ª fase). Restrições hídricas nessa fase reduzem o crescimento dos ramos e consequentemente o número de nós produtivos (DaMatta et al., 2007). Quando o fotoperíodo diminui, a partir de janeiro, as gemas vegetativas são induzidas por fotoperiodismo a reprodutivas (2ª fase), processo que se intensifica após o equinócio de março. Tais gemas vão amadurecendo, e, quando maduras, entram em dormência (julho-agosto). Certa restrição hídrica durante esse período de dormência é benéfica, a fim de promover uma florada mais uniforme, pois o nível de déficit hídrico no pré-florescimento está relacionado com a porcentagem de florescimento (Ronchi e Miranda, 2020). A antese (abertura das flores) ocorrerá quando houver aumento significativo do potencial hídrico nas gemas, que pode ocorrer por chuva, irrigação, ou aumento da umidade relativa do ar (Rena e Maestri, 1987).

O período reprodutivo inicia-se no 2º ano fenológico (Figura 5), com a antese, que é seguida da formação dos chumbinhos e expansão dos frutos (3ª fase). Déficits hídricos durante a antese são prejudiciais, e quando associados a altas temperaturas, pode ocorrer o abortamento das flores. Déficits hídricos e altas temperaturas afetam a fertilização do ovário, reduzindo o potencial produtivo (Carvalho et al., 2011). O déficit hídrico também é prejudicial durante o crescimento do fruto, proporcionando futuramente grãos de menor peneira. A próxima fase compreende a granação dos frutos (4ª fase). A penúltima fase é a da maturação dos frutos, que ocorre normalmente nos meses de abril a maio. Neste período, deficiência hídricas moderadas podem proporcionar melhor potencial de qualidade de bebida. A 6ª e última fase é a da senescência dos ramos terciários e quaternários (“autopoda”) (Carvalho e Carvalho, 2001).

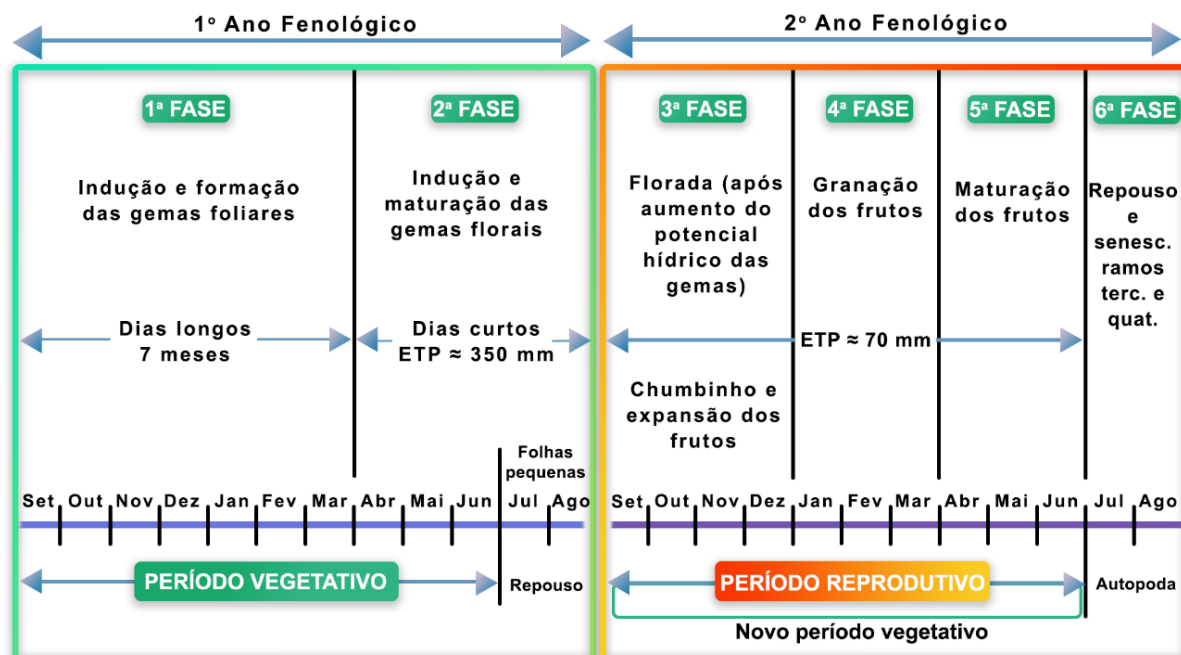


Figura 5. Esquema dos estádios fisiológicos do café arábica (adaptado de Camargo e Camargo, 2001).

Em locais com maiores temperaturas, a florada principal normalmente ocorre no início de setembro, enquanto que em regiões de maior altitude ocorre geralmente entre o final de setembro e o início de outubro, momento em que a evapotranspiração potencial a partir do início da indução das gemas florais (Figura 5) atinge os 350 mm (Carvalho e Carvalho, 2001). De modo geral, locais com temperaturas mais amenas favorecem maior duração do ciclo do cafeeiro, enquanto regiões com temperaturas elevadas reduzem o ciclo do café. No estado de São Paulo, a região da Alta Mogiana, Avaré e Botucatu possuem essa característica. Na região oeste do estado, as datas de maturação são mais precoces (março-abril), encurtando o ciclo e antecipando a colheita. A variação climática no estado pode conferir significativa variação do número de dias para completar o ciclo. Por exemplo, a cultivar Catuaí tem ciclo estimado de 303 dias em Pedregulho, enquanto que em Ubatuba são necessários apenas 184 dias (Bardin-Camparotto, 2012).

1.2.4 Caracterização agroclimatológica do município de Jaboticabal – SP e seu potencial para cultivo do café arábica

A produção agrícola é influenciada principalmente por quatro fatores: o genótipo, o solo, o clima e pelo manejo. Dentre as diversas atividades econômicas, a agricultura é a que mais depende das condições climáticas. Desconsiderando efeitos extremos, de 60 a 70% da variabilidade produtiva final é atribuída ao clima (Ortolani e Camargo, 1987). Sendo a espécie *C. arabica* originária de região com elevada faixa de altitude (1.000 a 2.000 m), sendo a altitude um elemento importante para a produção e expressão da qualidade de bebida desta cultura.

O município de Jaboticabal está inserido na região da Média Mogiana, no estado de São Paulo. Segundo a classificação de Köppen, o clima de Jaboticabal é tropical úmido com estação chuvosa no verão e inverno seco (Aw) (Rolim et al., 2007). O município está situado a uma altitude média de 605 m.

A faixa de temperatura média considerada ótima para a cultura varia de 18 a 21 °C, e para a precipitação de 1200 a 1800 mm (Rena e Maestri, 1987). Em seu trabalho, Pinto et al. (2001) utiliza os parâmetros de Tm, déficit hídrico e probabilidade de geadas para classificação da aptidão do município e se há ou não restrições. Para Tm, os municípios aptos devem ter entre 18 a 22 °C. O déficit hídrico médio deve estar entre 0 a 100 mm e a probabilidade de geadas inferior a 25%. Tm entre 22 e 23 °C é considerada restrição térmica, e déficit hídrico entre 100 e 150 mm é classificado como restrição hídrica. Probabilidade de geada acima de 25% confere restrição a geadas ao município. O município de Jaboticabal, segundo o zoneamento feito por Pinto et al. (2001) é classificada como “apta” para a cultura do café arábica, nos sistemas de produção em sequeiro ou irrigado (Brasil, 2017a).

O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) é utilizado como instrumento de política agrícola e gestão de riscos climáticos na agricultura. Parâmetros de clima, solo e ciclo de cultivares em todos os estados do país, para mais de 40 culturas (Brasil, 2022). Os critérios de aptidão térmica utilizados são: déficit hídrico inferior a 150 mm; Tm entre 18 e 23 °C; Tn menor que 24 °C. O município de Jaboticabal é listado como apto em cultivo sequeiro ou irrigado (Brasil, 2011).

Baseando-se nos dados médios de 1971 a 2014 (Tabela 1A), a temperatura média anual (T_m) do município é de 22,3 °C, a temperatura média do mês de novembro (T_n) é de 24 °C e precipitação anual de 1417 mm (Estação Agroclimática da Unesp de Jaboticabal). Apesar da classificação como município apto ao cultivo, de acordo com os estudos agroclimatológicos feitos anteriormente, constata-se uma limitação, que seria a restrição térmica. A T_m está na faixa de restrição, segundo o critério de Pinto et al. (2001), entre 22 e 23 °C. E a T_n está no limite adotado pelo ZARC (24 °C). A classificação da região de Jaboticabal passaria de “apta” para “marginal com restrição térmica”.

O déficit hídrico médio 1971 a 2000 para o município de Jaboticabal foi de 56 mm (Figura 3A; Tabela 3A), entretanto, durante o período do presente estudo (2013-2021), o déficit hídrico alcançou 240 mm (Figura 3B; Tabela 4A). Portanto, durante a condução do experimento, o ambiente pode ser classificado como inapto para o cultivo devido a condição hídrica (Pinto et al., 2001), sendo necessário o uso de sistema de irrigação.

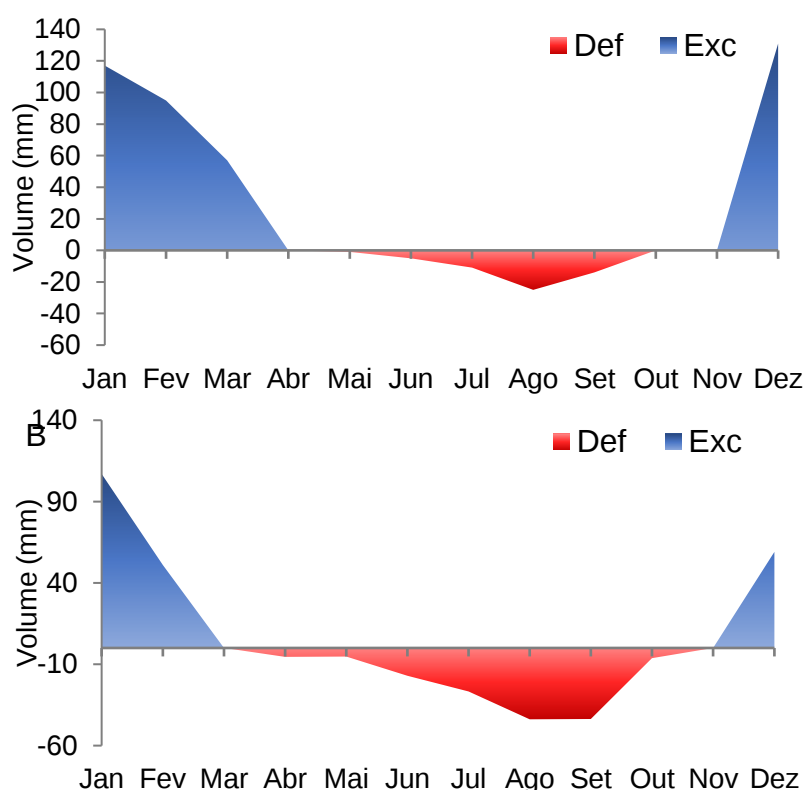


Figura 3. Balanço hídrico climatológico do período de 1971 a 2000 (A) e durante o período experimental (2013 a 2021) (B). Jaboticabal, SP. Def: déficit hídrico; Exc: excesso hídrico.

1.2.5 Cultivares de café arábica de porte baixo

O termo “cultivar” é originado da contração dos vocábulos *cultived* e *variety*, cujo significado é “variedade cultivada”. As cultivares de café arábica são plantas da mesma espécie, que apresentam características agronômicas específicas.

As cultivares de café arábica apresentam base genética estreita, devido a elementos de sua própria espécie, como a autogamia e tetraploidia, além da influência da forma como foi disseminado e os procedimentos de melhoramento genético clássico utilizados. Todas as cultivares conhecidas derivam das formas botânicas *Typica* e *Bourbon*, originadas de populações de cafeeiros do lêmén (Herrera e Lambot, 2017).

Os programas de melhoramento genético do café de instituições como o Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), Instituto Brasileiro do Café (IBC), Embrapa Café, Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná, antigo IAPAR), Universidade Federal de Viçosa (UFV) e da Universidade Federal de Lavras foram responsáveis pelo desenvolvimento da maior parte das cultivares do Brasil. No ano de 1997 foi criado o Consórcio Pesquisa Café, uma rede de pesquisa coordenada pela Embrapa, na qual fazem parte mais de 40 instituições (Carvalho et al., 2022b).

O melhoramento genético do cafeeiro começou no Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), na década de 1930. A partir da década de 70, com a constatação da ferrugem-alaranjada no país, outras instituições começaram a desenvolver novas cultivares, com ênfase na resistência ao patógeno. O melhoramento da cultura tem dificuldades, como a forte interação genótipo $\times$ ambiente, por ser perene, a bienalidade e a deficiente rede de experimentação regional. Este último elemento é essencial, pois a escolha da cultivar desse ser baseada em resultados regionais, levando em consideração as características de interesse dos programas de melhoramento: vigor vegetativo, produtividade, qualidade de bebida, porte e arquitetura da planta, resistência a pragas e doenças, tolerância a estresses abióticos cor, tempo e uniformidade da maturação dos frutos, diâmetro da copa, tamanho dos grãos, entre outras (Pereira e Baião, 2015).

No Brasil, são registradas 139 cultivares de *C. arabica* L. (Brasil, 2022). Há grande variabilidade dos atributos mencionados anteriormente entre esses materiais,

não faltando opções ao produtor. Entretanto, apenas cerca de 40 cultivares são usadas em escala comercial, fato que é atribuído parcialmente ao pouco conhecimento sobre a performance e características de novas cultivares disponíveis (Carvalho et al., 2022b). A dificuldade é de se escolher aquelas mais adaptadas ao ambiente e sistema de produção da propriedade rural, que tenha bom potencial produtivo, produza grãos com alta qualidade de bebida e que sejam tolerantes às principais pragas/doenças da região onde será cultivada.

A influência do ambiente, especialmente na produção, é bastante elevada no cafeeiro, sendo um dos principais critérios nos programas de melhoramento, que consideram a rentabilidade do cultivo. Outra característica relevante nos programas de melhoramento é a altura da planta. Plantas de porte baixo facilitam os tratos culturais e a colheita, sendo esta característica controlada pelos seguintes fatores dominantes e independentes: Caturra (*Ct*), São Bernardo (*Sb*), Villa Lobos (*Vl*) e San Ramon (*Sr*), responsáveis pelo encurtamento dos internódios dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, resultando em plantas menores e com copa compacta, sendo mais apropriadas para plantios adensados, que resultam em maior produção por área (Medina Filho et al., 2008). Para as cultivares brasileiras, o gene *caturra*, oriundo das cultivares Caturra e Vila Sarchi, governa o porte da planta, sendo que o alelo dominante (*Ct*) determina o porte baixo (Carvalho et al., 2022b).

O desenvolvimento da cultivar Mundo Novo foi iniciado no final da década de 1940, sendo disponibilizada para cultivos comerciais em 1952. O cruzamento entre a cultivar Mundo Novo e Caturra resultou na criação da cultivar Catuaí, em 1949, sendo que a partir do ano de 1972, várias cultivares de frutos amarelos ou vermelhos foram lançadas pelo IAC (Carvalho et al. 2022b).

1.2.6 Qualidade dos grãos do café arábica

A qualidade da bebida é influenciada por diversos fatores, que vão desde o clima até o preparo da bebida. Cada região produtora de café tem suas particularidades, sendo que diferentes regiões podem necessitar de certas condições climáticas a produção de uma bebida com maior qualidade natural. Por exemplo, os elementos meteorológicos que mais influenciam a qualidade são a temperatura do ar

em novembro e dezembro para o sul de Minas Gerais, e a precipitação de novembro a janeiro no cerrado mineiro (Rolim et al., 2020). Porém, diversos outros fatores estão relacionados à qualidade da bebida do café. Há fatores intrínsecos (genéticos), e extrínsecos, relacionados ao ambiente e práticas de manejo, e a interação genótipo × ambiente (Bote e Vos, 2017).

O conteúdo dos compostos químicos do grão de café é influenciado pela variedade, condições edafoclimáticas, procedimentos realizados na pós-colheita, grau de torra dos grãos e pelo método de preparo da bebida (Barbosa et al., 2019; Barrios-Rodríguez et al., 2021). O sabor e o aroma são parâmetros complexos os quais dependem da composição química do grão de café (Fagan et al., 2011). A quantidade de fotossintatos também tem grande relevância, sendo influenciado pelo período de crescimento do fruto. Quanto menor o ciclo e mais acelerado o crescimento dos frutos, menor o acúmulo de fotossintatos, proporcionando uma menor qualidade de bebida (Fagan et al., 2011). De modo geral, locais com temperaturas mais elevadas reduzem o ciclo do café, em relação com regiões de temperaturas amenas (Bardin-Camparotto et al., 2012).

Após a colheita, os frutos de café passam pelo processamento, sendo os métodos mais comuns os seguintes: via seca, úmida e semi-seca. O processamento seco (que dá origem ao denominado “café natural”) é o método mais antigo, simples e barato. Após a colheita, os frutos são submetidos à secagem a pleno sol (podendo ser utilizado posteriormente secador mecânico), e posteriormente são submetidos à separação das partes secas. A maior parte do café no país é submetido a esse processo de beneficiamento. É um processo demorado, que pode levar de 10 dias a 3 semanas, com alto risco de fermentação secundária. Os frutos são espalhados em uma fina camada e regularmente movimentados, para uniformização da temperatura na camada de frutos. Os grãos obtidos por este método dão origem a bebidas com mais corpo, suaves e doces, com características complexas (Haile e Kang, 2019).

Para a classificação da qualidade do café no Brasil são geralmente utilizadas duas metodologias. A primeira é baseada na Instrução Normativa n. 08 de 2003 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2003), e consiste resumidamente na contagem de grãos defeituosos em amostras (pretos, verdes, ardidos, brocados, quebrados, coco, concha, mal granados, etc.) e a consideração da

presença de impurezas (cascas, gravetos, torrões de solo, etc.), na avaliação de atributos como tamanho do grão, uniformidade da seca, coloração do grão cru e torrado e a prova de xícara. Esta é feita por provadores treinados, que classificam a bebida em estritamente mole, mole, apenas mole, dura, rio, riada e rio zona.

A segunda metodologia é proveniente da Specialty Coffee Association of America (SCAA) (Lingle, 2011), sendo a mais reconhecida mundialmente. São avaliados atributos sensoriais agrupados em duas categorias (subjetivos e objetivos). Os atributos subjetivos são: fragrância/aroma, sabor, sabor residual, acidez, corpo, equilíbrio e impressão global; os objetivos são: uniformidade, xícara limpa e doçura. A soma da pontuação de todos os atributos resultará em uma nota global, que deverá ser de no mínimo 80 para que o café seja classificado como especial. Entre 80 a 84,99 pontos o café é classificado como “Muito Bom”; de 85 a 89,99 como “Excelente” e de 90 a 100 como “Extraordinário” (SCAA, 2015).

A ABIC (Associação Brasileira da Indústria do Café) criou em 2004 o Programa de Qualidade do Café, certificando a qualidade do produto por análise sensorial, diferenciando os cafés nas seguintes categorias: Extraforte, Tradicional, Gourmet e Superior, de acordo com sua Nota de Qualidade Global (QG). Os cafés Extraforte e Tradicional são os mais consumidos pelos brasileiros, possuindo torra e amargor bem acentuados, porém possuem custo mais acessível (QG: 4,5 – 5,9). O café Superior está na escala intermediária, o seu amargor é menos intenso, tem sabor e aroma equilibrado e mais agradável (QG: 6 – 7,2). Os cafés da categoria Gourmet são de alta qualidade, com notas sensoriais elaboradas e sabor e aroma mais suaves (QG: 7,3 – 10). A ABIC também é responsável por auditar as indústrias quanto às boas práticas de fabricação (ABIC, 2022).

O fruto do café sofre um processo fermentativo natural, independentemente da variedade e ambiente de cultivo. Os microrganismos realizam o consumo da mucilagem (mesocarpo) e formação de ácido acético e lático, que correspondem à primeira e segunda fase da fermentação, respectivamente. Quando é atingido o ponto de secagem, é interrompido o processo, e os microrganismo não atingem os grãos. Porém, havendo condições para o desenvolvimento de fungos/bactérias, podem ser prolongados os processos fermentativos, resultando em grãos defeituosos e com sabores estranhos e bebidas de qualidade inferior, como a rio (Jones e Jones, 1984).

Atualmente o mercado de cafés está em transição para uma nova onda, caracterizada pela busca dos consumidores por novas experiências com a bebida (Teles et al., 2020).

1.2.7 Poda do cafeeiro

A tradição da cafeicultura nacional por um longo período foi o cultivo a livre crescimento, sem podas. Esta prática significava a retirada de ramos mortos ou decadentes, ramos “ladroes” e do terço inferior do café. O sistema de cultivo do cafeeiro era bem diferente em relação aos sistemas atuais. O plantio era feito em covas, a partir de quatro mudas, os espaçamentos eram bastante largos e as variedades disponíveis (Nacional, Bourbon e Caturra) tinham vigor vegetativo inferior e, as doses de nutrientes eram mais baixas que as atuais (Thomaziello e Pereira, 2008).

Os sistemas de cultivo atuais, de cunho intensivo, caracterizados por maiores densidades de plantio, aumento de uso dos insumos e a introdução de novas tecnologias, como cultivares mais produtivas, com maiores demandas nutricionais suscitaram novos desafios. Tornou-se mais comum a perda de ramos plagiotrópicos inferiores, o esgotamento de plantas e a acentuação da bienalidade produtiva, sendo necessário renovar os tecidos a fim de proporcionar o retorno ao equilíbrio fisiológico da planta (Thomaziello e Pereira, 2008). A finalidade principal da poda é a eliminação das partes da planta que perderam ou diminuíram a capacidade de produção, e que não haja possibilidade de recuperação natural.

O número de nós produzido por ano nos ramos plagiotrópico varia com a idade do cafeeiro. Inicialmente ele aumenta até atingir um ápice, quando a planta tem entre 3 a 5 anos, e depois diminui. A produção de frutos se concentra na parte do ramo que cresceu na estação passada, e as axilas florais produzem gemas apenas uma vez. Com o decurso das safras, a produção se concentra nas extremidades dos ramos (Figura 6), sendo recomendada a poda para a renovação da planta (Carvalho, 2008).

A época recomendada para realização da poda é logo após a colheita, de preferência em agosto, favorecendo a recuperação no período vegetativo (setembro a abril). A idade é dependente dos fatores agroecológicos na região de cultivo, porém

geralmente é recomendada após terceira ou quarta safra, pois as produções são crescentes e ainda não é caracterizada a bienalidade (Thomaziello e Pereira, 2008).

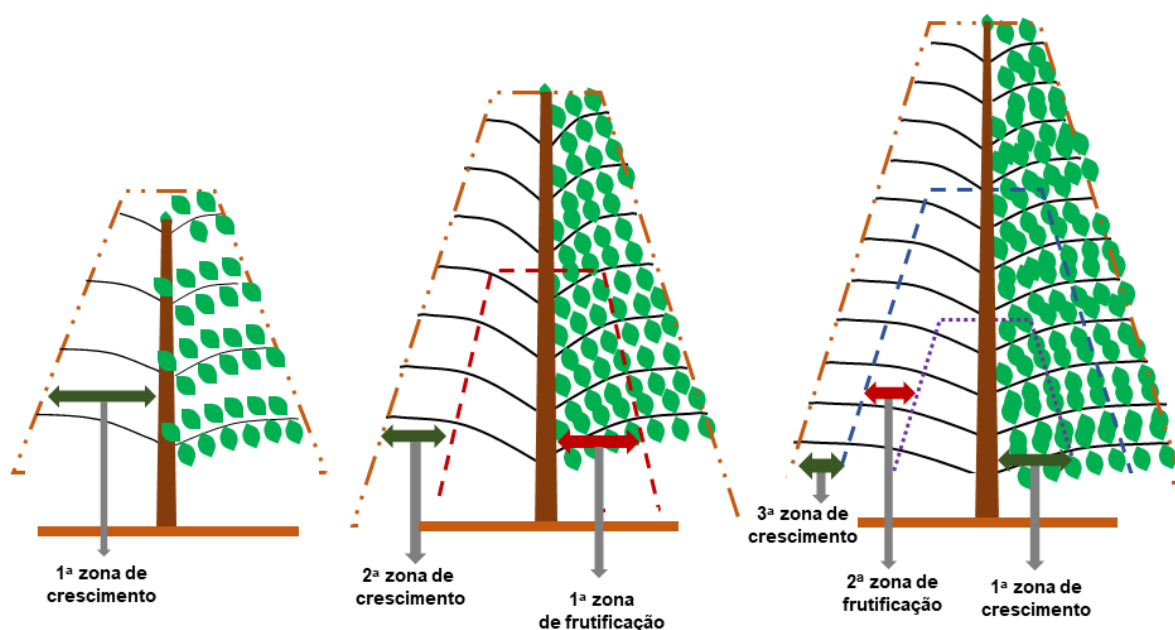


Figura 6. Crescimento do café em função da idade da planta. Adaptado de Sommarriba e Quesada (2022).

Diante disso, diversos autores têm recomendado a prática da poda para correção de problemas e renovação das lavouras. No controle de doenças, podas mais drásticas, como o esqueletamento e recepa, auxiliam no controle da *Xylella fastidiosa* em plantas com alta severidade (Queiroz-Voltan et al., 2006). Em condições de cultivo a pleno sol, a sobrecarga de frutos geralmente é acompanhada pela seca de ramos. Após sucessivos ciclos de bienalidade, a produção e vida produtiva do cafeeiro é reduzida. Alta luminosidade e altas temperaturas podem agravar a morte de ponteiros (Rena e Maestri, 1987).

Os principais tipos de poda são descritos abaixo, segundo Ribeiro et al. (2015):

- Recepa: poda mais drástica, indicada para lavouras com danos ao longo da parte aérea, plantas que perderam os ramos da saia, e em casos de geada severa. Elimina quase toda a parte aérea do café. Nas lavouras que perderam muitos ramos do terço médio para a base, deve ser feita mais baixa, a 20 - 40 cm do solo. Também há a possibilidade de ser feita acima, a 50 - 80 cm, mantendo alguns ramos laterais, denominados “ramos pulmões”, a fim de proporcionar recuperação mais rápida.

– Decote: poda alta onde se elimina a parte superior da planta, a fim de reduzir a altura, facilitando os tratos culturais, ou para recuperar o terço superior. Realiza-se o decote alto (de 2,0 a 2,2 m) a fim de manter os pés a uma altura constante. O decote baixo é utilizado quando há necessidade de recompor o terço superior das plantas. É uma poda simples e não resulta em perda significativa de produção.

– Esqueletamento: poda drástica, que é associada com o decote baixo (1,6 a 2,0 m). É realizado o corte dos ramos plagiotrópico a uma distância de 20-30 cm na parte de cima da planta, terminando com 40-50 cm na base, deixando a planta com o formato cônico. É indicada em lavouras em fechamento, desgastadas e com perdas produtivas, atingidas por geada e lavouras no sistema adensado mecanizável. Não deve ser realizada em plantas que perderam muitos ramos plagiotrópico e a saia. Esta poda estimula a brotação de “ramos ladrões” no caule, que devem ser eliminados.

– Desponte: poda realizada nos ramos laterais, consistindo no corte da extremidade destes. Indicada quando estes ramos começam a mostrar sinais de esgotamento. Estimula a formação de ramificações secundárias e terciárias. É um esqueletamento leve, e pode ser realizado na ausência do decote.

Os primeiros trabalhos científicos com poda no país comparavam o efeito do desbaste dos ramos inferiores na produtividade do café. A poda não era comumente realizada pelos produtores, sendo que o plantio de diversas mudas por cova dificultava a prática. Teixeira Mendes (1946), em experimento com 10 safras, concluiu que esta prática não contribui para o ganho de produtividade do cafeeiro. Esse trabalho teve continuação (Teixeira Mendes, 1951), e a conclusão foi a mesma: as plantas sem desbaste produziram mais e não houve grande mudança no tamanho das sementes. Anos mais tarde, em experimento com progênies de café de porte baixo, Carvalho et al. (1976) também concluíram que a poda dos ramos inferiores não contribuiu para o aumento da produção do café. Hoje é conhecida a importância da manutenção dos ramos inferiores como indicativo do vigor da planta.

Diversos trabalhos demonstraram que os genótipos e cultivares de café respondem de maneira distinta à prática da poda (Carvalho et al., 2013; Silva et al., 2016; Reis et al., 2018; Nadaleti et al., 2018; Lage Maia et al., 2020), existindo materiais com maior responsividade e capacidade de recuperação. A intensidade da ramificação dos ramos laterais (plagiotrópicos) primários e secundários são

importantes características dentro do melhoramento do cafeeiro, pois apresentam correlação positiva com o potencial produtivo, e negativa com a altura da planta (Carvalho, 2008).

Recentemente vem crescendo o uso de podas sistemáticas a fim de evitar a colheita em ano de safra baixa. A poda de esqueletamento e a poda de decote – na qual é removido o terço superior da planta, têm sido utilizadas no denominado sistema “Safra-Zero”. Este sistema foi proposto para eliminar a necessidade de colheitas onerosas em anos de baixa safra e permite a recuperação das plantas, possibilitando ganhos produtivos (Silva et al., 2016; Lage Maia et al., 2020).

É caracterizado pela prática da poda de esqueletamento/desponte após a colheita da safra alta. No ano seguinte a poda não há produção, apenas crescimento vegetativo, produzindo após 2 anos. Tem-se como objetivos a redução dos gastos com colheita e tratos culturais.

A poda de esqueletamento/desponte uniformiza a produção das plantas e renova as suas ramificações laterais, uniformizando a produção entre plantas. Esse sistema de manejo tem boa fundamentação técnica e econômica, porém devem ser considerados os fatores que influenciam a resposta a essa prática, como a resposta das cultivares, o ciclo ideal da poda, a condição da lavoura, a época de realização e o nível de tratos culturais apropriados a cada ano (Matiello et al., 2020).

1.3 Referências

ABIC, 2022. Associação Brasileira da Indústria do Café. Indicadores da Indústria de Café – 2021. Disponível em: <<https://estatisticas.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2021/#:~:text=Quando%20analisado%20o%20consumo%20per,2%2C77%25%20no%20per%C3%ADodo>>. Acesso em: 07 jul. 2022.

ABIC, 2022. Certificações. Disponível em: <https://www.abic.com.br/certificacoes/qualidade/>. Acesso em: 07 jul. 2022.

Arcila J, Farfan F, Moreno A, Salazar LF, Hincapié E (2007) **Sistemas de producción de café en Colombia**. Chinchina, Colombia: Cenicafé, p. 309.

Barbosa IDP, Oliveira ACBD, Rosado RDS, Sakiyama NS, Cruz CD, Pereira A A (2019) Sensory quality of *Coffea arabica* L. genotypes influenced by postharvest processing. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 19:428-435. <https://doi.org/10.1590/1984-70332019v19n4a60>

Bardin-Camparotto L, Camargo MBPD, Moraes JFLD (2012) Época provável de maturação para diferentes cultivares de café arábica para o Estado de São Paulo. **Ciência Rural** 42:594-599. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000400003>

Barrios-Rodriguez YF, Cordoba-Salazar GA, Bahamón-Monje AF, Gutiérrez-Guzmán N (2021) Effect of roast degree, preparation method, and variety in the sensory and chemical characteristics of coffee (*Coffea arabica*): A mid-infrared spectrum analysis. **Coffee Science** 16:e161964. <https://doi.org/10.25186/v16i.1964>

Boaventura PSM, Abdalla CC, Araujo CL, Arakelian JS (2018) Value co-creation in the specialty coffee value chain: the third-wave coffee movement. **Revista de Administração de Empresas** 58:254-266. <https://doi.org/10.1590/S0034-759020180306>

Borém FM, Alves HMR, Ribeiro DE, Giomo GS, Volpato MML, Borém RAT, Silva Taveira JH (2019) Influence of Genetics, Environmental Aspects and Post-harvesting Processing on Coffee Cup Quality. In.: A. Farah (Ed) **Coffee: production, quality and chemistry**. London: Royal Society of Chemistry, p. 387-417. <https://doi.org/10.1039/9781782622437-00387>

Bote AD, Vos J (2017) Tree management and environmental conditions affect coffee (*Coffea arabica* L.) bean quality. **NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences** 83:39-46. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2017.09.002>

Brasil (2011) MAPA. **Portaria N° 78, de 25 de fevereiro de 2011.**

Brasil (2017a) MAPA. **Zoneamento Agrícola**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/zoneamento-agricola>. Acesso em: 04 ago. 2022.

Brasil (2017b) MAPA. **Café no Brasil e Ementário do Café**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/cafes/cafecultura-brasileira#:~:text=A%20cadeia%20produtiva%20de%20caf%C3%A9,os%20trabalha%20e%20suas%20fam%C3%ADlias>> Acesso em: 13 jan. 2023.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares**. Disponível em: <https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php> Acesso em: 25 mar. 2022.

Bray SC (1998) A expansão da cafeicultura e o desenvolvimento da agroindústria açucareira em São Paulo. **Sociedade & Natureza** 10:45-56.

Camargo AP, Cortez JG (1998) Efeito do clima na qualidade de bebida do café nas condições de São Paulo e áreas próximas a outros estados. In.: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 24, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Poços de Caldas: Embrapa Café, p. 42-44.

Camargo APD, Camargo MBPD (2001) Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia** 60:65-68. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052001000100008>

Carvalho A (1993) **Histórico do desenvolvimento do cultivo do café no Brasil**. p. 1-7. (Documentos IAC, 34).

Carvalho A, Mônaco LC, Fazuoli LC (1976) Melhoramento do cafeeiro XXXVI: produtividade do café de porte pequeno com poda dos ramos inferiores. **Bragantia** 35:397-404. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051976000200014>

Carvalho CHS (2008) **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: Embrapa Café, 334 p.

Carvalho CHS, Bartelega L, Sera G, Matiello J, Almeida SR, Santinato F, Hotz A (2022) **Catálogo de cultivares de café arábica**. Brasília: Embrapa Café, 115 p.

Carvalho GR, Botelho CE, Rezende JCD, Ferreira AD, Cunha RLD, Pedro FC (2013) Performance of F4 arabic coffee progenies before and after framework pruning. **Coffee Science** 8:33–42. Disponível em: <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/323>. Acesso em: 9 nov. 2022.

Carvalho HP, Dourado Neto D, Teodoro REF, Melo B (2011) Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Bioscience Journal** 27:221–229.

Conab (2022) **Acompanhamento da safra brasileira: café – Safra 2022 – 4º Levantamento**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>> Acessado dia 21 de dezembro de 2022.

DaMatta FM, Ronchu CP, Maestri M, Barros RS (2007) Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology** 19:485–510. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400014>

Embrapa (2021) **Estudos socioeconômicos e ambientais**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/63622692/faturamento-bruto-das-lavouras-dos-cafes-do-brasil-atinge-r-335-bilhoes>>. Acesso em: 07 jul. 2022.

Fagan EB, Souza CHE, Pereira NMB, Machado VJ (2011) Efeito do tempo de formação do grão de café (*Coffea* sp) na qualidade da bebida. **Bioscience Journal**, 27:729–738.

Ferreira DS, Amaral JFT, Pereira LL, Ferreira JMS, Guarçoni RC, Moreira TR, Oliveira AC, Rodrigues WN, Almeida SLH, Ribeiro WR, Tomaz MA, Castanheira DT, Lima Filho T (2021). Physico-chemical and sensory interactions of arabica coffee genotypes in different water regimes. **The Journal of Agricultural Science** 159:50-58. <https://doi.org/10.1017/S0021859621000198>

Haile M, Kang WH (2019) The harvest and post-harvest management practices' impact on coffee quality. In.: DT Castanheira **Coffee – Production and Research**, London: IntechOpen, p. 1-18.

Herrera JC, Lambot C (2017) The coffee tree — Genetic diversity and origin. In.: **The Craft and Science of Coffee**. London: Academic Press, p. 1-16.

ICO – International Coffee Organization (2021) Trade Statistics Tables. World coffee consumption. Disponível em: https://www.ico.org/trade_statistics.asp. Acesso em: 24 ago. 2022.

Jones KL, Jones SE (1984) Fermentations involved in the production of cocoa, coffee and tea. **Progress in Industrial Microbiology** 19:411–56.

Lage Maia P, Silva Nadaleti D, Botelho C, Botelho D, Moreira P, Carvalho G (2020) Agronomic performance of coffee in response to framework pruning in cycles of the “safra zero”. **Coffee Science** 15:e151629. <https://doi.org/10.25186/v15i.1629>

Lingle TR (2011) **The coffee cupper's handbook**: systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor. 4. ed. Long Beach: Specialty Coffee Association of America, 66 p.

Brasil (2003) MAPA. **Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003**. Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão cru. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, DF, 13 jun. 2003. Seção 1, p. 22-29

Martins AL (2012) **História do Café**. São Paulo: Contexto, 320 p.

Matiello JB, Santinato R, Garcia AWR, Almeida SR, Fernandes DR (2020) **Cultura do café no Brasil. Manual de Recomendações**. Rio de Janeiro e Varginha: MAPA/Fundação Procafé, 716 p.

Medina Filho HP, Bordignon R, Carvalho CHS (2008) Desenvolvimento de novas cultivares de café arábica. In.: Carvalho CHS (Org.) **Cultivares de café**: origem, características e recomendações. 1 ed. Brasília: Embrapa Café, p. 79-101.

Melo Pereira GV, Carvalho Neto DP, Júnior AIM, Prado FG, Pagnoncelli MGB, Karp SG, Soccol CR (2020) Chemical composition and health properties of coffee and coffee by-products. **Advances in Food and Nutrition Research** 91:65-96. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.10.002>

Milliet S (1941) **Roteiro do café e outros ensaios**. São Paulo: Departamento de Cultura. 211 p.

Nadaleti DHS, Vilela DJM, Carvalho GR, Mendonça JMA, Botelho CE, Coelho LS, Fassio LO, Carvalho JPF (2018) Productivity and sensory quality of arabica coffee in response to pruning type "esqueletamento." **Journal of Agricultural Science** 10:207–216. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n6p207>

Nojonen MR, Góngora C, Benavides P, Gaitán A, Hayward J, Marsh C, ... & Wille, C (2017) Environmental Sustainability—Farming in the Anthropocene. In.: **The craft and science of coffee**. London: Academic Press, p. 81-107.

Nojonen MRA, Healey JR, Soto G, Haggard JR (2013) Sink or sourced the potential of coffee agroforestry systems to sequester atmospheric CO₂ into soil organic carbon. **Agriculture, ecosystems & environment** 175:60-68. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.04.012>

OECD (2020) The Observatory of Economic Complexity. (2017). Coffee trade [Online]. Disponível em: <https://oec.world/en/profile/hs/coffee?yearSelector2=tradeYear9&yearSelector5=tradeYear8#latest-trends> Acesso em: 07 julho 2022.

Ortolani AA, Camargo MBP (1987) Influência dos fatores climáticos na produção. In.: Castro RC (Ed.) **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 71-81.

Pereira AA, Baião AC (2015) Cultivares. In.: Sakiyama NS, Martinez HEP, Tomaz M A, Borém A (Eds.) **Café arábica**: do plantio a colheita. Viçosa: UFV, p. 24-45.

Pinto HS, Zullo Junior J, Assad ED, Brunini O, Alfonsi RR, Coral G (2001) Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia** 9:495-500.

Queiroz-Voltan RB, Cabral LP, Paradela Filho O, Fazuoli LC (2006) Eficiência da poda em cafeeiros no controle da *Xylella fastidiosa*. **Bragantia**, 65:433-440. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000300009>

Quintero GP (2011) **Composición química de una taza de café**. Chinchina: Cenicafé, p. 2-11. (Avances Técnico, 414).

Ramos MF, Ribeiro DE, Cirillo MA, Borém FM (2016) Discrimination of the sensory quality of the *Coffea arabica* L. (cv. Yellow Bourbon) produced in different altitudes using decision trees obtained by the CHAID method. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 96:3543-3551. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7539>

Reis EAC, Freitas T, Carvalho MAF, Mendes ANG, Rezende TT, Carvalho JPF (2018) Characterization of coffee cultivars leaf rust-resistant subjected to framework pruning. **Coffee Science** 13:63–70. <http://dx.doi.org/10.25186/cs.v13i1.1376>

Rena AB, Maestri, M (1987) Ecofisiologia do cafeeiro. In.: Castro PRC, Ferreira SO, Yamada T (Eds.) **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 119-147.

Ribeiro MF, Cunha RL, Baião AC (2015) Podas do Cafeeiro. In.: Sakiyama NS, Martinez HEP, Tomaz MA, Borém A (Eds.) **Café arábica**: do plantio a colheita. Viçosa: UFV, p.196-215.

Rolim GS, Camargo MBPD, Lania DG, Moraes JFLD (2007) Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia** 66:711-720. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400022>

Rolim GS, Oliveira Aparecido LE, Souza PS, Lamparelli RAC, Santos, ER (2020) Climate and natural quality of *Coffea arabica* L. drink. **Theoretical and Applied Climatology** 141:87-98. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03117-3>

Ronchi CP, Miranda FR (2020) Flowering percentage in arabica coffee crops depends on the water deficit level applied during the pre-flowering stage. **Revista Caatinga** 33:195-204. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n121rc>

Sakiyama NS (2015) O café arábica. In.: Sakiyama NS, Martinez HEP, Tomaz MA and Borém A (Eds.) **Café arábica: do plantio à colheita**. UFV: Viçosa, p. 9-23.

SCAA, 2015. SCAA Protocols. **Cupping Specialty Coffee**. 10 p.

Silva VA, Rezende JC, Carvalho AM, Carvalho GR, Rezende TT, Ferreira, AD (2016) Recovery of coffee cultivars under the ‘skeleton cut’ pruning after 4.5 years of age. **Coffee Science** 11:55–64, 2016. Disponível em: <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/968>. Acesso em: 9 nov. 2022.

Smith RF (1985) A History of Coffee. In.: Clifford MN, Willson KC (Eds.) **Coffee**. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6657-1_1

Somarriba E, Quesada F (2022) Modeling age and yield dynamics in *Coffea arabica* pruning systems. **Agricultural Systems** 201:103450. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103450>

Somarriba E, Quesada F (2022) Modeling age and yield dynamics in *Coffea arabica* pruning systems. **Agricultural Systems** 201:103450. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103450>

Taunay AE (1939a) **História do café no Brasil: no Brasil colonial 1727-1822**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional do Café, v.1. 395 p.

Teixeira Mendes JE (1946). Ensaio de desbaste dos ramos inferiores do cafeeiro. **Bragantia** 6:567-582. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051946001200001>

Teixeira Mendes JE (1951) Ensaio de desbaste de ramos inferiores do cafeeiro II. **Bragantia** 11:277-284. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051951000400002>

Teles CRA, Behrens JH (2020) The waves of coffee and the emergence of the new Brazilian consumer. Almeida LF, Spers EE (Eds.) **Coffee Consumption and Industry Strategies in Brazil**, Sawston: Woodhead Publishing, p. 257-274. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814721-4.00009-3>

Thomaziello RA, Pereira SP (2008) **Poda e Condução do Cafeeiro Arábica**. Campinas: Instituto Agrônômico, 39 p. (Boletim Técnico IAC, 203).

CAPÍTULO 2 – Desenvolvimento vegetativo inicial e seleção precoce de cultivares de café arábica em região de baixa altitude

RESUMO – O cultivo de *Coffea arabica* L. em região de baixa altitude é uma alternativa sustentável para diversificação da renda dos produtores rurais. Diante da variabilidade de cultivares disponíveis, o emprego da seleção indireta através do desenvolvimento vegetativo inicial pode ser uma ferramenta auxiliar para a identificação dos materiais mais aptos a esse ambiente. O objetivo com este estudo foi identificar as cultivares de café arábica de porte baixo com melhor desenvolvimento vegetativo inicial para recomendação do cultivo em região de baixa altitude. O experimento foi instalado no nordeste do estado de São Paulo, Brasil. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por 17 cultivares de café arábica de porte baixo. Há variabilidade entre as cultivares de café arábica de porte baixo quanto ao desenvolvimento vegetativo inicial. O crescimento e o incremento do número de nós do ramo plagiotrópico podem ser utilizados na seleção precoce para identificação de cultivares com maior potencial produtivo. As cultivares IAC Obatã 4739, Obatã IAC 1669-20 e Tupi IAC 1669-33 apresentam maior desempenho vegetativo inicial em ambiente de baixa altitude. Os resultados obtidos são úteis aos melhoristas e produtores da região da média mogiana para a escolha das cultivares mais adaptadas ao cultivo a esse ambiente.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L.; produtividade; restrição térmica; desenvolvimento inicial; atributos morfológicos; seleção indireta.

2.1 Introdução

O Brasil é o principal produtor mundial de *Coffea arabica* L., cuja produção se concentra no estado de Minas Gerais, que detém 70% das áreas com cultivo de café arábica do país (Conab et al., 2022). A demanda por café cresceu, mesmo durante a crise ocorrida durante a pandemia de COVID-19 (ABIC, 2021), demonstrando o valor deste produto na mesa dos brasileiros e para a indústria nacional.

A cultura é pouco explorada em regiões de baixa altitude, devido sua maior adaptação a regiões mais elevadas, especialmente na Alta Mogiana Paulista (SP) e no estado de Minas Gerais. Apesar da cultura estar adaptada a locais com clima mais ameno, estudos demonstram a obtenção de elevadas produtividades de linhagens e cultivares de *C. arabica* em regiões com elevadas temperaturas (Teixeira et al., 2015; Carvalho et al., 2022a).

O café é uma cultura com potencial de obtenção de produto com elevado valor agregado, especialmente em se tratando do mercado de cafés especiais. A produção de café não requer grandes áreas para uma produção economicamente viável e sustentável, sendo uma alternativa para geração de empregos e diversificação de renda dos produtores na região da Média Mogiana Paulista.

Todavia, há elevada diversidade de cultivares disponíveis, sendo atualmente registradas cerca de 140 cultivares de café no país (Brasil, 2022), e poucos estudos abarcando a resposta destes materiais em locais com menor altitude e temperaturas mais elevadas.

A avaliação do desempenho vegetativo inicial do cafeeiro tem se demonstrado como ferramenta útil na seleção precoce e identificação dos materiais com maior adaptação ao ambiente e, conseqüentemente, com maior potencial produtivo esperado nas próximas safras (Teixeira et al., 2012; Romano et al., 2022; Carvalho et al., 2022a).

Além do supracitado, a identificação dos atributos morfológicos mais relevantes para a seleção dos genótipos mais responsivos é um dos objetivos dos programas de melhoramento genético do café. Isso se deve ao processo de desenvolvimento de uma nova cultivar ser oneroso e demandar um longo prazo. Conseqüentemente, a identificação dos caracteres morfológicos de maior relevância proporciona maior

segurança, precisão e economia na elaboração de índices de seleção e identificação de cultivares com maior potencial produtivo para determinado ambiente.

Diante do exposto, o objetivo com este estudo é identificar as cultivares de café arábica de porte baixo com melhor desenvolvimento inicial em região de baixa altitude, e os caracteres morfológicos com maior relevância para seleção precoce de cultivares mais produtivas.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Descrição da área experimental e caracterização agroclimatológica

O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP – Câmpus de Jaboticabal (SP), na latitude $21^{\circ}14'30,23''$ Sul e longitude de $48^{\circ}17'51,66''$ Oeste de Greenwich, com altitude de 565 m (Figura 1). O clima é classificado como Aw (tropical úmido com estação chuvosa no verão e inverno seco), segundo classificação de Köppen (Rolim et al., 2007).

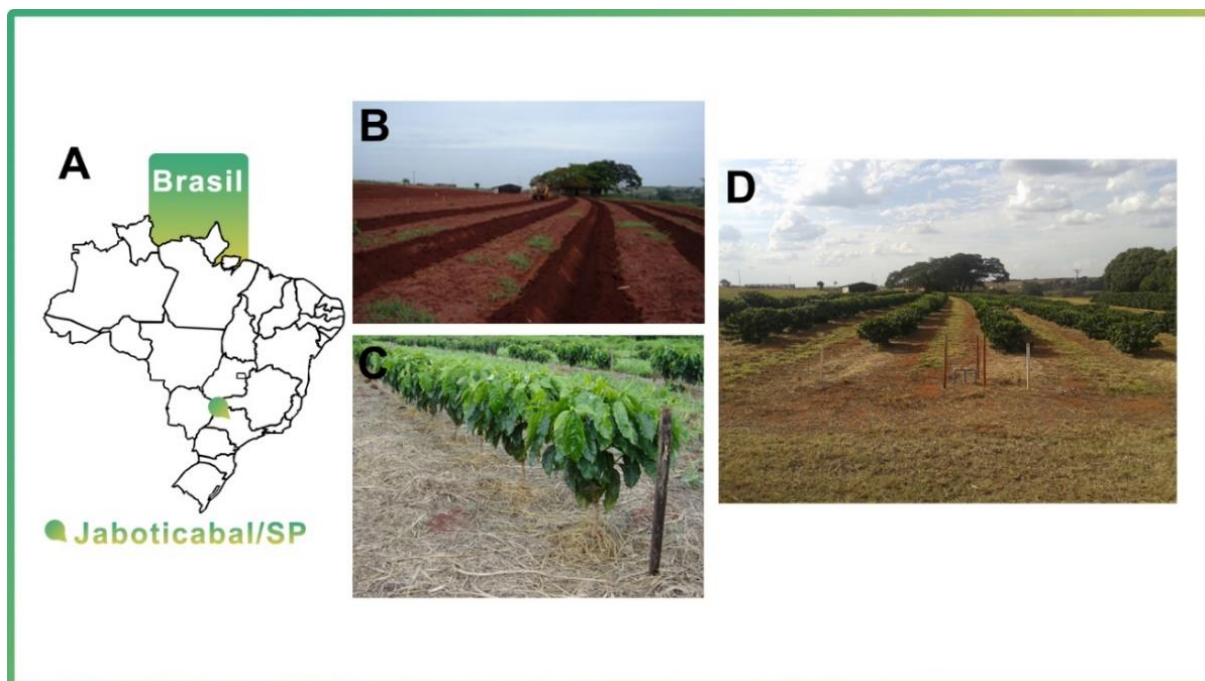


Figura 1. Localização geográfica da área experimental (A); preparo dos sulcos para transplântio (B); mudas de café em crescimento (C); plantas de café 14 meses após o plantio (D).

Baseando-se nos dados médios de 1971 a 2014 (Tabela 1A), a temperatura média anual (T_m) do município é de 22,3 °C, a temperatura média do mês de novembro (T_n) é de 24 °C e precipitação anual de 1417 mm. Constata-se pelos dados médios apresentados uma limitação ao cultivo de café nessa região, que seria a restrição térmica. A T_m está na faixa de restrição, segundo o critério de Pinto et al. (2001), entre 22 e 23 °C. A T_n está no limite adotado pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), de 24 °C (Brasil, 2011). A classificação da região passaria de “apta”, de acordo com Pinto et al. (2001) para “marginal com restrição térmica”. Os dados de temperatura e precipitação das quatro primeiras safras de café são apresentados na Figura 2.

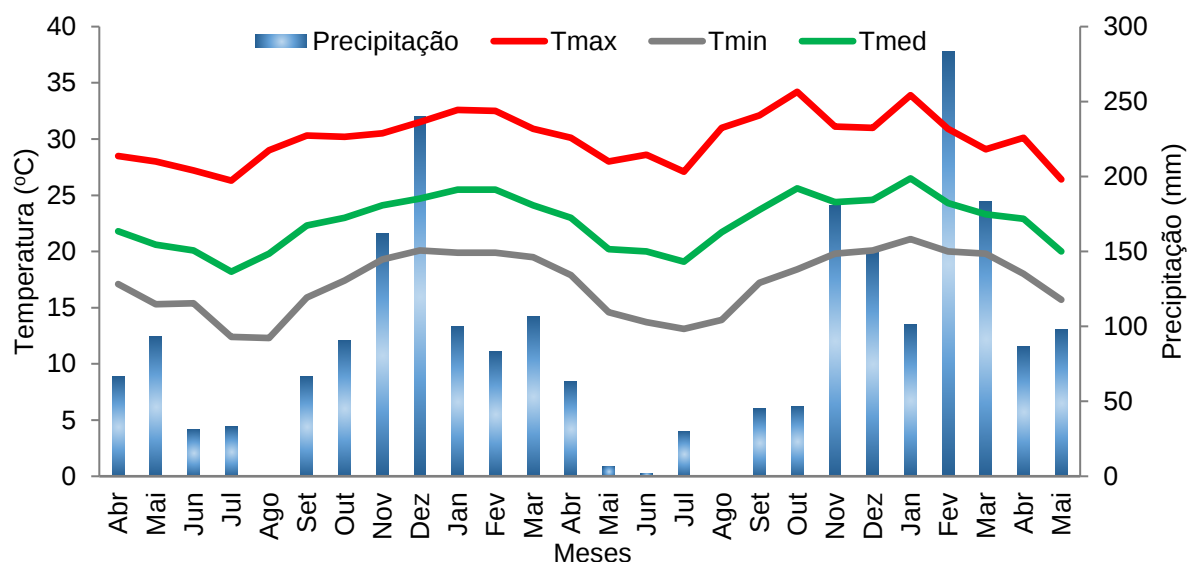


Figura 2. Dados médios de temperatura máxima, mínima e média (T_{max} , T_{min} , T_{med}) e da precipitação do período de formação (abril/2013 a maio/2015).

O déficit hídrico anual médio de Jaboticabal entre 1971 e 2000 foi de 56 mm (Tabela 1A), não havendo restrição hídrica para o cultivo, segundo os critérios utilizados em zoneamentos agroclimáticos do café (Pinto et al., 2001; Brasil, 2011). Porém, durante a fase de formação (abril/2013 a maio/2015), o déficit hídrico médio foi de 149 mm (Tabela 3A; Figura 3), estando na faixa de restrição hídrica (entre 100 a 150 mm de déficit hídrico médio), caracterizando, sendo necessário o indicado o fornecimento de água via irrigação (Matiello et al., 2008). O valor elevado em relação à média histórica se deve pela condição de seca no ano de 2014, quando foi registrado déficit hídrico anual de 372 mm (Tabela 3A).

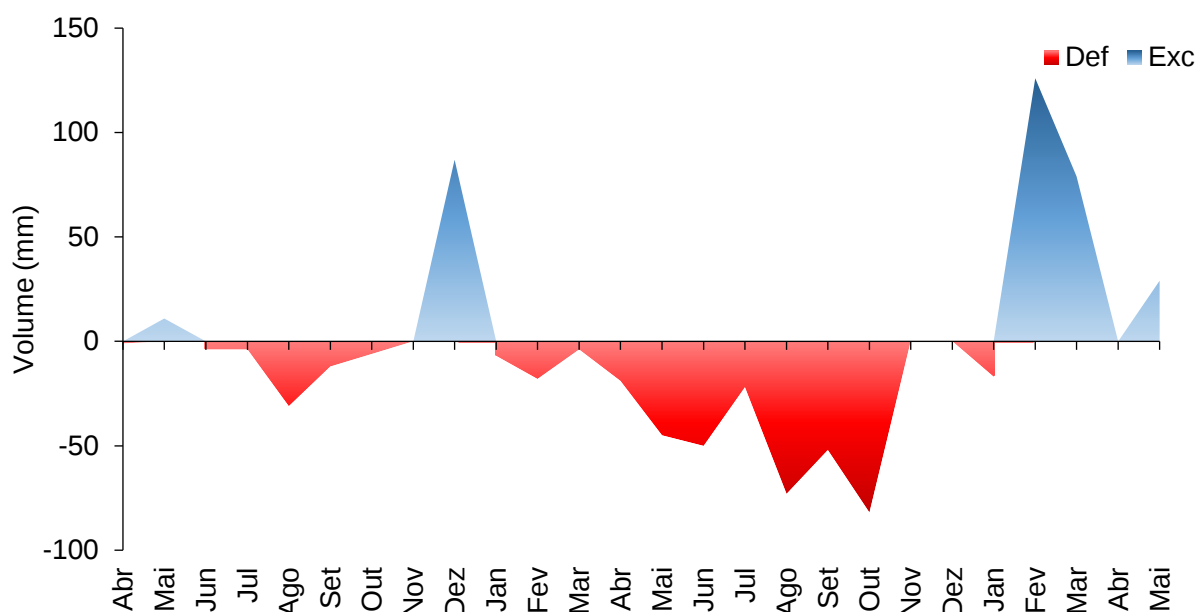


Figura 3. Balanço hídrico climatológico durante a fase de formação. Jaboticabal, SP. Def: déficit hídrico; Exc: excesso hídrico.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (Santos, 2018). Sua textura é classificada como argilosa, apresentando teor de argila, silte e areia de 533, 193 e 274 g kg⁻¹, respectivamente. A área experimental foi anteriormente ocupada pela cultura da crotalária-júncea (*Crotalaria juncea*) por dois anos consecutivos. Em julho de 2012, realizou-se a amostragem de solo, nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm, para avaliação dos atributos químicos (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos do solo na área experimental anteriormente a implantação das cultivares de café arábica de porte baixo em Jaboticabal, SP.

Camada (cm)	pH (CaCl ₂)	M.O. (g dm ⁻³)	P resina (mg dm ⁻³)	K	Ca	Mg	H+Al (mmol _c dm ⁻³)	SB	T	V (%)
0 – 20	5,5	14	48	1,7	27	16	20	44,7	64,7	69
20 – 40	5,3	14	44	2,1	20	14	22	36,1	58,1	62

Fonte: Laboratório de Análise de Solo e Foliar do Departamento de Solos e Adubos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, Câmpus de Jaboticabal-SP.

2.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, onde os tratamentos foram constituídos por 17 cultivares de café arábica de porte baixo, sendo: IAC Catuaí SH3, Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 99, IAC Ouro Verde, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20, IAC Obatã 4739, Tupi IAC 1669-33, IAC 125 RN, Catiguá MG1, Oeiras MG 6851, Pau-Brasil MG1, Sacramento MG1, IPR 99, IPR 100, IPR 103 e Sabiá Tardio. As mudas foram produzidas em sistema de tubetes com substrato artificial à base de fibra de coco, turfa e fertilizante de liberação lenta, e foram plantadas com 5 pares de folhas.

Cada parcela experimental foi constituída por uma linha de café de quatro metros de comprimento, com oito plantas espaçadas a 0,50 m entre plantas e 3,5 m entre linhas. A cultivar Acauã foi utilizada em toda a bordadura do experimento. Em todo o experimento semeou-se a lanço braquiária (*Urochloa ruziziensis*) nas entrelinhas com intuito de formar cobertura vegetal na superfície do solo, a fim de mitigar a erosão e beneficiando o ambiente solo.

2.2.3 Tratos culturais

De acordo com Raij et al. (1997), não houve a necessidade de calagem e de gessagem. O preparo do solo foi realizado por meio de escarificação, aração e gradagem nos meses de setembro e outubro de 2012. Em novembro de 2012 foi feito o sulcamento do solo a 0,40 m de profundidade, distribuído e homogeneizado adubo de origem orgânica e química no sulco. Para isso, adotou-se as recomendações de Raij et al. (1997), utilizando esterco de curral curtido na dose de 20 L m⁻¹, 15 g de P₂O₅ m⁻¹ (85 g de Yorin Master) e 10 g de K₂O m⁻¹ (17 g de KCl).

O experimento foi implantando (plantio das mudas) em abril de 2013. Na área experimental foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento, com emissores autocompensantes distanciados em 0,50 m entre si, pressão de serviço de 150 kPa (15 mca) e vazão de 1,6 L h⁻¹. O manejo de irrigação adotado foi o suplementar. O turno de rega foi de 7 dias, com lâmina de 15 a 20 mm por semana, no decurso da estação seca. Em períodos de veranico durante a estação chuvosa, o sistema também

foi acionado. Na fase de produção, durante o mês de julho até a primeira quinzena de agosto foi realizada a supressão da irrigação a fim de promover estresse hídrico controlado antes da antese (Custódio, 2012).

Foi realizado o manejo integrado de plantas daninhas através da capina manual, controle mecânico (roçadora e desintegrador de plantas) e químico (Tabela 6A). O tratamento fitossanitário foi realizado pela aplicação de produtos recomendados para a cultura do café (Tabela 6A).

A caracterização dos atributos químicos do solo das quatro primeiras safras é apresentada na Tabela 2. Com relação à calagem, gessagem e adubação mineral de produção, levou-se em consideração as recomendações preconizadas por Raij et al. (1997). Destaca-se que em todos os anos agrícolas foi realizada adubação orgânica, utilizando como fonte o esterco de curral bovino, na quantidade de 10 t ha⁻¹, aplicado no mês de agosto. Também foi utilizado gesso agrícola em outubro de 2016 na dose de 2 t ha⁻¹, visando o fornecimento de Ca e S, bem como a melhoria do ambiente solo em profundidade para favorecer o crescimento radicular. Quanto à adubação mineral de produção, foram aplicadas doses na faixa de 350 a 450 kg ha⁻¹ de N, 80 a 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 300 a 350 kg ha⁻¹ de K₂O. As fontes dos fertilizantes sólidos são apresentadas na Tabela 7A. Também houve o fornecimento de nutrientes (N, Zn, Mn, Ca, B, Cu, Mo) via adubação foliar, variando de 4 a 6 aplicações por ano agrícola.

2.2.4 Avaliações de campo e laboratoriais

Os atributos avaliados foram:

- **Altura de inserção do primeiro ramo plagiotrópico (AIRP):** medida com auxílio de régua graduada, do chão, próximo ao colo da planta, até a inserção do primeiro ramo plagiotrópico da planta.
- **Crescimento da altura da planta (AP):** medida com auxílio de régua graduada, do chão, próximo ao colo da planta, até o meristema apical.
- **Crescimento do diâmetro do caule (DCa):** medido com paquímetro digital a 10 cm do solo.
- **Crescimento do diâmetro da copa (DCo):** utilizando-se 2 hastes de madeira para balizar a extremidade dos ramos mais distantes da planta e uma fita métrica para

medir a distância interna das hastes, passando pelo meristema apical no sentido perpendicular a linha de plantio.

– **Crescimento do ramo plagiotrópico (CRP):** sendo marcados e medidos com fita métrica, 4 ramos plagiotrópicos no terço médio das plantas.

– **Incremento do número de nós do ramo plagiotrópico (NN):** nos mesmos ramos plagiotrópicos marcados para análise de comprimento, foram contados o número de nós.

Os dados dos atributos vegetativos apresentados correspondem ao crescimento entre a 1ª avaliação e a 2ª avaliação, com exceção da AIRP, que foi obtida aos 12 MAP. As avaliações AP e DCa foram realizadas aos 2 e 24 meses após o plantio (MAP) (junho/2013 e abril/2015). O DCo, CRP e NN foram obtidos aos 12 e 24 MAP (abril/2014 e abril/2015).

– **Produtividade (PROD):** Por ocasião da maturação dos frutos, realizou-se e a colheita por derriça manual em pano de forma escalonada, com intuito de obter-se a época em que cada cultivar obteve o maior número de frutos no estágio cereja. Depois da colheita e homogeneização dos frutos, foi medido o volume total de café derriçado em cada parcela, no qual foram coletados 10 L de café cru da roça, para secagem ao sol em terreiro de concreto, utilizando-se peneiras adequadas para separar os frutos de cada parcela experimental, até que estes atingissem teor de água em base úmida na faixa entre 11 e 12,5%. Após a secagem, o café em coco foi beneficiado, passando-se 5 vezes cada amostra em um descascador Pinhalense®. A partir do peso do café grão cru, obtido após o beneficiamento e a correção da umidade em b.u. para 12,5%, determinou-se a produtividade (Yobs), em sacas de 60 kg ha⁻¹, e a renda de benefício (volume de café coco convertido em grãos de café beneficiado). A colheita das quatro primeiras safras foi realizada nos anos agrícola de 2014/2015, 2015/2016, 2017/2018 e 2018/2019.

2.2.5 Análises dos dados

2.2.5.1 Análise univariada

Os dados foram submetidos à análise de *outliers* pelo teste generalizado ESD (Rosner, 1983) e verificou-se se os pressupostos da análise de variância (ANOVA) (normalidade dos resíduos, pelo teste de Levene e homogeneidade das variâncias, pelo teste de Jarque-Bera) foram atendidos. Quando um dos pressupostos foi violado, realizou-se a transformação dos dados, para atender os requisitos da ANOVA. Os dados foram analisados por meio de ANOVA um fator (*One-Way ANOVA*). Quando o teste F foi significativo ($p < 5\%$), foi realizado teste de agrupamento de Scott-Knott para comparação de médias. As análises foram feitas utilizando-se o software SpeedStat® (SPEED Stat, UFV, Viçosa, Brasil). Os dados também foram submetidos à análise estatística e de correlação de Pearson com o auxílio do software AgroEstat® (AgroEstat, Unesp, Jaboticabal, Brasil).

2.2.5.2 Análise multivariada

Devido a estrutura de dependência das variáveis analisadas, foi aplicada a análise exploratória multivariada por componentes principais (Hair Jr, 2009) visando plotar a distribuição das cultivares de café arábica em duas dimensões e agrupar as variáveis em novas variáveis latentes (componentes principais). Essa análise foi realizada com o objetivo de identificar as cultivares que se diferenciaram das demais para os atributos morfológicos. A análise foi realizada utilizando a média das repetições de cada variável para cada cultivar.

Todas as variáveis avaliadas foram utilizadas na análise multivariada. Antes da análise, todas as variáveis foram padronizadas, gerando média nula e variância unitária. A escolha do número de componentes principais foi em função do critério de Kaiser, utilizando-se aqueles com autovalores acima de 1,0 (Kaiser, 1958). Os autovalores foram extraídos da matriz de covariância das variáveis originais. Variáveis com escores superior a 0,600 foram consideradas relevantes para a explicação dentro cada componente principal.

Para a identificação das cultivares com características específicas, foram plotadas elipses que abrangeram os valores dos eixos X e Y variando entre -1,96 a 1,96. Esses valores se referem ao valor Z da distribuição normal, em que, valores menores do que -1,96 e superiores a 1,96 indicam pontos com características específicas a 5% de probabilidade. Assim, foi possível identificar as cultivares com

características específicas para cada componente principal, conforme realizado por Romano et al. (2022). As análises estatísticas multivariadas foram realizadas no software Statistica®, versão 7.0 (StatSoft, Tulsa, EUA).

2.3 Resultados e Discussão

As cultivares avaliadas apresentaram diferenças significativas para todos os atributos vegetativos durante o desenvolvimento inicial (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios dos atributos vegetativos das cultivares de café arábica. Jaboticabal/SP.

Cultivar	AP	DCa	APRP	DCo	CRP	NN	PROD 1S	PROD 4S
	cm	mm	-----cm	-----		nº	sacas ha ⁻¹	
SH3	99,47 b	26,52 c	18,27 b	72,24 b	19,00 b	11,00 a	32,2 b	43,6 b
CA62	105,63 a	28,81 b	23,66 a	71,12 b	17,56 b	8,56 b	48,0 a	46,0 a
CV99	103,08 a	28,51 b	22,89 a	72,09 b	15,81 b	9,88 b	47,6 a	48,8 a
OrV	106,74 a	28,22 c	19,63 b	74,21 b	18,22 b	9,20 b	43,1 a	44,8 b
OrA	102,53 a	28,85 b	19,44 b	63,06 c	17,75 b	9,62 b	44,9 a	48,9 a
ObV	101,50 a	29,58 b	20,63 b	89,68 a	20,69 a	11,06 a	51,9 a	49,1 a
ObA	105,20 a	31,69 a	19,13 b	83,98 a	26,50 a	11,50 a	24,1 c	47,0 a
Tupi	94,01 b	27,23 c	18,84 b	73,26 b	23,05 a	10,56 a	42,0 a	50,2 a
IAC125	91,23 b	26,93 c	19,38 b	61,29 c	13,38 c	9,06 b	44,6 a	46,8 a
Catiguá	103,24 a	27,39 c	20,16 b	69,58 b	16,25 b	9,00 b	13,6 d	29,1 d
Oeiras	96,78 b	27,38 c	22,60 a	48,12 d	8,69 d	6,00 c	38,9 b	34,7 c
PBr	93,87 b	25,99 c	19,68 b	59,98 c	9,63 d	7,00 c	41,4 a	37,3 c
Sacr	109,30 a	30,77 a	21,03 b	75,83 b	21,25 a	9,44 b	16,3 d	26,7 d
IPR99	108,83 a	30,40 a	19,29 b	78,42 b	17,06 b	9,63 b	41,4 a	40,2 b
IPR100	106,08 a	26,70 c	18,19 b	70,98 b	18,81 b	10,81 a	45,5 a	51,6 a
IPR103	102,99 a	26,17 c	17,69 b	68,28 b	14,88 c	9,13 b	32,8 b	41,6 b
Sabiá	100,99 a	27,19 c	20,50 b	45,42 d	9,56 d	8,50 b	39,0 b	36,7 c
F	3,39**	4,38**	5,41**	12,99**	7,52**	5,59**	18,72**	13,72**
CV	5,64	5,67	7,22	8,40	20,30	12,84	17,0	9,4
Média	101,85	28,14	20,06	69,27	16,95	9,41	38,1	42,5

AP: crescimento da altura de planta; DCa: crescimento do diâmetro de caule; AIPR: altura de inserção do primeiro ramo plagiotrópico; DCo: crescimento do diâmetro de copa; CRP: crescimento do comprimento do ramo plagiotrópico; NN: incremento do número de nós do ramo plagiotrópico; PROD 1S: produtividade da 1ª safra; PROD 4S: produtividade média das quatro primeiras safras. SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5%. **Significativo a 1% de probabilidade.

Considerando a AP, as cultivares foram separadas em dois grupos, sendo que a maior parte dos genótipos foram alocadas no grupo com as maiores médias. ObV e ObA apresentaram as maiores médias de DCo, enquanto Oeiras e Sabiá demonstraram tendência em desenvolver copas mais compactas, com menor DCo.

A cultivar ObA apresentou médias superiores para todos os atributos vegetativos durante o período de crescimento, com exceção da APRP (Tabela 2). As médias inferiores de Oeiras e PBr para CRP e NN indicam baixo potencial produtivo, visto que o NN é um dos principais componentes de produção (Carvalho et al., 2017). Oeiras apresentou o pior desenvolvimento inicial para todos os atributos, com exceção da APRP, seguida pela PBr.

Analisando as correlações entre os atributos avaliados, observa-se que o atributo com maior número de correlações significativas foi a AP (Tabela 3). Esta apresentou maior associação com o DCa, seguido do DCo, CRP e NN. O DCa também apresentou correlação com o DCo, CRP e NN. A maior correlação foi obtida entre o CRP e NN (0,78).

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson entre os atributos altura de planta (AP), diâmetro de caule (DCa), altura de inserção do primeiro ramo plagiotrópico (APRP), diâmetro de copa (DCo), comprimento do ramo plagiotrópico, número de nós do ramo plagiotrópico (NN) e produtividade da primeira safra (PROD 1S), do primeiro biênio (PROD 1B) e média das primeiras quatro safras (PROD 4S) das cultivares de café arábica. Jaboticabal/SP.

Atributos	AP	DCa	APRP	DCo	CRP	NN
DCa	0,53***	-	-	-	-	-
APRP	0,009 ^{NS}	0,09 ^{NS}	-	-	-	-
DCo	0,33**	0,38**	-0,14 ^{NS}	-	-	-
CRP	0,37**	0,46***	-0,17 ^{NS}	0,60***	-	-
NN	0,28*	0,25*	-0,32**	0,50***	0,78***	-
PROD 1S	-0,002 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,12 ^{NS}	-0,04 ^{NS}	-0,12 ^{NS}	-0,01 ^{NS}
PROD 1B	0,15 ^{NS}	0,01 ^{NS}	-0,19 ^{NS}	0,18 ^{NS}	0,28*	0,39**
PROD 4S	0,04 ^{NS}	0,05 ^{NS}	-0,09 ^{NS}	0,27*	0,32**	0,43**

AP: crescimento da altura de planta; DCa: crescimento do diâmetro de caule; AIPR: altura de inserção do primeiro ramo plagiotrópico; DCo: crescimento do diâmetro de copa; CRP: crescimento do comprimento do ramo plagiotrópico; NN: incremento do número de nós do ramo plagiotrópico. 1ª PROD: produtividade média da primeira safra; PROD 4S: produtividade média das quatro primeiras safras. *Significativo a 5%. **Significativo a 1% de probabilidade. ***Significativo a 0,1% de probabilidade.

Em relação à produtividade da 1ª safra, não foram obtidas correlações com nenhuma variável de crescimento. Entretanto, isso não indica que a avaliação do incremento das variáveis de crescimento não tem relação com o desempenho produtivo futuro das cultivares. Considerando a média da produtividade das quatro primeiras safras, obteve-se correlações significativas com o NN (0,43**), o CRP (0,32**) e o DCo (0,27*). Isso indica que ambos atributos têm maior relevância na seleção indireta das cultivares de café arábica. A associação entre as variáveis obtida pela correlação de Pearson pode ser utilizada como uma ferramenta para auxiliar a seleção de cultivares com melhor desempenho agrônomo.

O comprimento do primeiro ramo plagiotrópico aos 12 meses após o plantio apresentou alta correlação e efeito direto na produção de grãos de *C. arabica* em Patrocínio (MG), a cerca de 1.000 m de altitude (Teixeira et al., 2012). Carvalho et al. (2010), ao avaliarem atributos morfológicos de cafeeiros também aos 12 meses de idade, obtiveram correlações genotípicas e fenotípicas entre todas as características avaliadas e a produtividade da primeira safra, com exceção do número de nós do ramo plagiotrópico, diferindo dos resultados do presente estudo.

O diâmetro de caule também é um atributo importante na seleção de cultivares para regiões de baixa altitude, pois tem relação com o desenvolvimento do sistema radicular (Rena e Maestri, 1998). Apesar de não ter correlação significativa com a produtividade (Tabela 3), esteve associado com o CRP e NN, os quais apresentaram coeficientes de correlação significativos com a PROD 4S.

Dois primeiros componentes principais (CP) foram suficientes para explicar 74,79% da variabilidade dos dados (Figura 3; Tabela 4). As variáveis relevantes para o CP1 foram DCa, DCo, CRP e NN. Todas as variáveis deste CP apresentaram o mesmo sinal, ou seja, possuem correlação direta entre si. Dentro do CP2, as variáveis relevantes foram AP, DCa e PROD 4S. AP e DCa se correlacionaram inversamente com a produtividade. É importante ressaltar que os CPs são independentes entre si, consequentemente um CP não interfere o outro.

Teixeira et al. (2013) ao utilizaram análise de componentes principais, identificaram o comprimento do primeiro ramo plagiotrópico, vigor e número de nós do primeiro ramo plagiotrópico foram as variáveis mais importantes na distinção de genótipos de café arábica dentre as características morfológicas avaliadas.

Tabela 4. Cargas dos fatores das variáveis dos componentes principais.

Atributos	CP1	CP2
AP	0,559	-0,598
DCa	0,670	-0,616
DCo	0,911	-0,038
APRP	-0,260	-0,699
CRP	0,943	0,048
NN	0,894	0,331
PROD 4S	0,430	0,602

AP: crescimento da altura de planta; DCa: crescimento do diâmetro de caule; AIPR: altura de inserção do primeiro ramo plagiotrópico; DCo: crescimento do diâmetro de copa; CRP: crescimento do comprimento do ramo plagiotrópico; NN: incremento do número de nós do ramo plagiotrópico; PROD 1S: produtividade média da primeira safra; PROD 4S: produtividade média das quatro primeiras safras.

Pela análise do *biplot*, é possível identificar as cultivares com melhor desenvolvimento inicial e produtividade (Figura 4). Fora da elipse estão as cultivares com características específicas para cada CP. No CP1, as cultivares ObA e ObV se destacaram, com maior DCo, DCa, CRP, NN. A cultivar ObA também apresentou elevada produtividade na região de Registro, a sudoeste do estado de São Paulo, a apenas 25 m de altitude (Carvalho et al., 2022a), e ObV também se destacou em produtividade em Rondônia (Teixeira e al., 2015), local com altas temperaturas (T média anual de 25,6 °C), mesmo sendo um ambiente considerado inapto ao cultivo de *C. arabica*. No lado oposto, foram distribuídos os materiais com desenvolvimento vegetativo inferior: Oeiras, Sabiá, PBr e IAC125.

A cultivar Sacr é descrita como material com elevado vigor vegetativo (Carvalho et al., 2022b), o que também foi constatado no neste estudo, sobressaindo-se quanto ao crescimento em AP e DCa, atributos que estiveram fortemente associados (Figura 4). Contudo, apresentou baixa PROD 4S, enquanto cultivares mais compactas, como a Tupi e IAC125, com menor crescimento vegetativo, apresentaram maiores produtividades.

Apesar da Tupi apresentar menor crescimento em AP (Tabela 2), a sua elevada produtividade pode ser explicada pelo maior crescimento dos ramos plagiotrópicos (maior CRP) e número de nós destes ramos produtivos. A elevada produtividade média alcançada pela IAC125 a despeito do menor crescimento vegetativo pode ser atribuída ao bom desenvolvimento de outros caracteres não avaliados, como o número de ramos plagiotrópicos e o número de flores por nó, variáveis que também

possuem relação com a produtividade (Carvalho et al., 2010; Abigail et al., 2020), além desta cultivar ser caracterizada pela produção de grãos graúdos (Fazuoli et al., 2018).

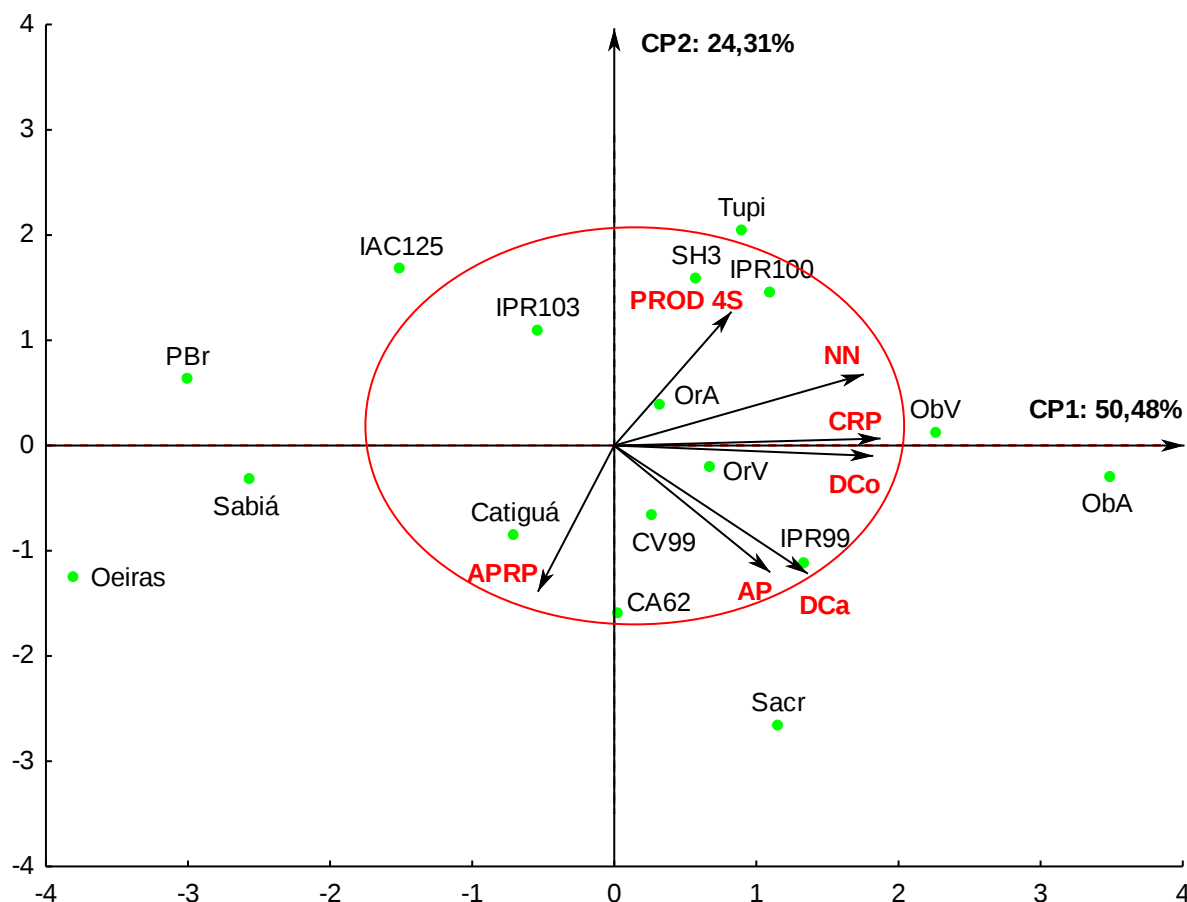


Figura 3. *Biplot* dos componentes principais para avaliar a dispersão dos atributos vegetativos e produtividade média das quatro primeiras safras de cultivares de café arábica de porte baixo em baixa altitude. Jaboticabal, SP. SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. AP: altura de planta; DCa: diâmetro de caule; AIPR: altura de inserção do primeiro ramo plagiotrópico; DCo: diâmetro de copa; CRP: comprimento do ramo plagiotrópico; NN: número de nós do ramo plagiotrópico; PROD 4S: produtividade média das quatro primeiras safras.

Os exemplos das duas cultivares acima indicam, portanto, que o menor crescimento vegetativo inicial do cafeeiro não implica necessariamente em baixa adaptação e baixo potencial produtivo e vice-versa. A fim de tomar decisões mais seguras na escolha de cultivares, é necessário o estudo de outras variáveis a desempenho agrônomo ao longo do ciclo. Porém, a avaliação do crescimento inicial

já fornece informações úteis na identificação das cultivares com maior adaptação e potencial de resposta no ambiente de estudo.

A análise de CP foi complementar aos resultados da análise de variância e à correlação de Pearson, podendo ser utilizada como ferramenta auxiliar para identificação das cultivares com melhor desenvolvimento vegetativo inicial. Devido a grande quantidade de variáveis que podem ser avaliadas, a seleção prévia dos caracteres com maior relevância proporciona redução dos custos com mão-de-obra e aumenta a eficiência dos programas de melhoramento genéticos (Teixeira et al., 2012).

2.4 Conclusões

- Há variabilidade entre as cultivares de café arábica de porte baixo quanto ao desenvolvimento vegetativo inicial

- O crescimento do ramo plagiotrópico e o incremento do número de nós do ramo plagiotrópico podem ser utilizados na seleção precoce para identificação de cultivares com maior potencial produtivo.

- As cultivares IAC Obatã 4739, Obatã IAC 1669-20 e Tupi IAC 1669-33 apresentam maior desempenho vegetativo inicial em ambiente de baixa altitude. Os resultados obtidos são úteis aos produtores da região da média mogiana para a escolha das cultivares mais adaptadas ao cultivo a esse ambiente.

3. Referências Bibliográficas

ABIC, 2022. Associação Brasileira da Indústria do Café. Indicadores da Indústria de Café – 2021. Disponível em: <<https://estatisticas.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2021/#:~:text=Quando%20analisado%20o%20consumo%20per,2%2C77%25%20no%20per%C3%ADodo>>. Acesso em 07 jul. 2022.

Abigail FA, Omotayo OA, Keji ED, Chinyere FO, Samsudeen TB, Mohammed B (2020) Association and interrelationship of yield and agronomic characters in coffee (*Coffea* sp L). **Journal of Plant Breeding and Crop Science** 12:299-309. <https://doi.org/10.5897/JPBCS2020.0921>

Brasil (2011) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programa Nacional de Zoneamento Agrícola de Risco Climático**. Café. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/sao-paulo>>. Acesso em 29 jul. 2022.

Brasil (2022) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares**. Disponível em: https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php. Acesso em: 25 de março de 2022.

Carvalho AM, Botelho CE, Ferreira AD, Teramoto ET, Lima AE, Junior FSM, Guerreiro Filho O (2022a). Initial vegetative and reproductive development of coffee cultivars in Vale do Ribeira Paulista. **Semina: Ciências Agrárias** 43:961-972. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n3p961>

Carvalho AM, Cardoso DA, Carvalho GR, Carvalho VL, Pereira AA, Ferreira AD, Carneiro LF (2017) Behavior of coffee cultivars under the incidence of diseases of rust and gray leaf spot in two cultivation environments. **Coffee Science** 12:100–107.

Carvalho AMD, Mendes ANG, Carvalho GR, Botelho CE, Gonçalves FMA, Ferreira AD (2010) Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 45:269-275. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000300006>

Carvalho CHS, Bartelega L, Sera G, Matiello J, Almeida SR, Santinato F e Hotz A (2022b) **Catálogo de cultivares de café arábica**. 115 p.

Conab (2022) Acompanhamento da safra brasileira: café – Safra 2022 – 4º Levantamento. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>> Acessado dia 21 de dezembro de 2022.

Custódio AAP (2012) Influência de fatores bioclimáticos no desenvolvimento e produção do cafeeiro arábica e na qualidade dos grãos em Matão (SP). 131 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Fazuoli LC, Braghini MT, Silvarolla MB, Gonçalves W, Mistro JC, Gallo PB, Guerreiro Filho O (2018) IAC 125 RN-A dwarf coffee cultivar resistant to leaf rust and root-knot nematode. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 18:237-240. <https://doi.org/10.1590/1984-70332018v18n2c35>

Hair Jr JF, Black WC, Babin BJ, Anderson RE, Tatham RL (2009). **Análise Multivariada de Dados** (Multivariate Data Analysis) (6th ed.). Porto Alegre: Bookman, 536 p.

Kaiser HF (1958) The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika** 23:187-200. <https://doi.org/10.1007/BF02289233>

Matiello J (2008) Critérios para a escolha da cultivar de café. Cultivares de café: origem, características e recomendações. Brasília: EMBRAPA Café, 1, 157-226

Pinto HS, Zullo Junior J, Assad ED, Brunini O, Alfonsi RR, Coral G (2001) Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia** 9:495-500.

Raij B, Fernandes DR, Oliveira EG, Malavolta E (1997) Café. In: Raij B, Cantarella H, Quaggio JA, Furlani AMC (eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, p. 97-101. (Boletim Técnico, 100).

Rena AB, Maestri, M (1987) Ecofisiologia do cafeeiro. In.: Castro PRC, Ferreira SO, Yamada T (Eds.) **Ecofisiologia da Produção Agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 119-147.

Rolim GS, Camargo MBPD, Lania DG, Moraes JFLD (2007) Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia** 66:711-720. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400022>

Romano LS, Giomo GS, Coelho AP, Filla VA, Lemos, LB (2022) Characterization of Yellow Bourbon coffee strains for the production of differentiated specialty coffees. **Bragantia** 81:e2222. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20210236>

Rosner B (1983) Percentage Points for a Generalized ESD Many-Outlier Procedure. **Technometrics** 25:165-172. <https://doi.org/10.2307/1268549>

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbreras JF, Coelho MR, Cunha TJF (2018) **Sistema brasileiro de classificação de solo**, 5ª ed. Brasília, DF: Embrapa. 356 p.

Teixeira AL, Gonçalves FMA, Rezende JC, Rocha RB, Pereira AA (2013) Principal component analysis on morphological traits in juvenile stage arabica coffee. **Coffee Science** 8:205-210.

Teixeira AL, Gonçalves FMA, Rezende JCD, Carvalho SPD, Pereira AA, Moraes BFXD, Teixeira LGV (2012) Seleção precoce para produção de grãos em café arábica pela avaliação de caracteres morfológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 47:1110-1117. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000800011>

Teixeira AL, Souza FDF, Pereira AA, Oliveira ACBD, Rocha RB (2015) Seleção de progênies de café arábica tolerantes ao calor. **Ciência Rural** 45:1228-1234. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130317>

CAPÍTULO 3 – Desempenho agrônômico e qualitativo de cultivares de café arábica em região com baixa altitude

RESUMO – Variações na temperatura em algumas localidades podem tornar algumas regiões marginais ao cultivo do café arábica no Brasil, seja por elevadas temperaturas e/ou déficit hídrico acentuado. A viabilidade da produção sustentável de café nessas regiões proporciona boa oportunidade de renda e agregação de valor para pequenos e grandes produtores rurais em um mercado em expansão. O objetivo do estudo é identificar as cultivares de café arábica de porte baixo com melhor desempenho agrônômico e qualitativo em região de baixa altitude. O experimento está localizado no nordeste do estado de São Paulo, Brasil. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, onde os tratamentos foram constituídos por 17 cultivares de café arábica de porte baixo. Foram realizadas avaliações de crescimento, produtivos e da qualidade dos grãos das quatro primeiras safras. Os dados foram submetidos à análise univariada e multivariada. É possível associar elevadas produtividades com qualidade de grãos em região de baixa altitude. As cultivares Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 99, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20, Obatã IAC 4739, Tupi IAC 1699-33 e IAC 125 RN e IPR 100, se destacaram quanto a produtividade, atingindo cerca de 50 sacas ha⁻¹. Catuaí Vermelho IAC 99, Tupi IAC 1699-33 e IAC 125 RN produziram grãos com a melhor qualidade, com maior massa de cem grãos, rendimento de benefício e porcentagem de grãos retidos na peneira 17. Todas as cultivares apresentam bebidas com notas variando de 79 a 83 na escala SCA.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L.; cafeeiro; produtividade; qualidade dos grãos; café especial; clima; restrição térmica.

3.1 Introdução

O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo. O café arábica é o mais produzido e consumido comercializado mundialmente, dada às características químicas particulares do grão, que produz bebida com melhores atributos sensoriais, além de ser um alimento funcional benéfico à saúde humana (Melo Pereira et al., 2020).

A produção mundial de café envolve cerca de 25 milhões de agricultores, sendo a maior parte constituída por pequenos produtores (Waller et al., 2007). As Américas possuem notável relevância na produção do grão, respondendo por 57% do café comercializado no globo, destacando-se o Brasil (FAOSTAT, 2020), o maior produtor e o segundo maior consumidor de café arábica (ICO, 2021a). O valor das exportações de café no mundo quadruplicou em 30 anos (ICO, 2021b).

A crescente demanda de cafés especiais (Teles e Behrens, 2020), oferece oportunidade de bons retornos financeiros ao pequeno produtor, devido a elevada agregação de valor do grão de acordo com a qualidade, sendo uma alternativa, para aumento da sua renda e maior diversificação da produção agrícola. Além dos benefícios sociais e econômicos, o manejo sustentável do cultivo do café pode proporcionar benefícios ambientais, pois a cultura possui grande potencial para mitigar ou reverter impactos negativos ao clima, tornando-se um “sumidouro de carbono” (Noponen et al., 2013; 2017).

Dois são os principais objetivos no cultivo do café: obtenção de altas produtividades – a fim de atender a crescente demanda interna e externa –, e a obtenção de grãos com elevada qualidade para a produção de cafés especiais. Ambos fatores são influenciados pelo fator genético e pelo ambiente, especialmente pela temperatura do ar e precipitação, intimamente relacionados com a altitude (Rolim et al., 2020). As menores altitudes e temperaturas mais elevadas, influenciam o ciclo da cultura e a qualidade da bebida (Oliveira Aparecido et al., 2018; Rolim et al., 2020), além das práticas agrícolas, processamento pós-colheita e armazenamento (Barbosa et al., 2019; Barrios-Rodríguez et al., 2021).

O ambiente ideal para o cultivo do café arábica é caracterizado por temperaturas amenas, sendo a faixa ótima de 18 a 21 °C, desenvolvendo-se bem em regiões equatoriais em altitudes acima de 1.000 m (Rena e Maestri, 1987). Entretanto,

devido ao aumento da demanda mundial por café, o cultivo da espécie pode migrar para regiões menos aptas, com elevadas temperaturas e baixas altitudes, visando atender a demanda.

As principais limitações em regiões marginais são as maiores temperaturas e déficits hídricos. Entretanto, essas dificuldades não são um fator que impossibilite a produção sustentável de café. Há viabilidade do cultivo e obtenção de elevadas produtividades por cultivares que apresentam maior adaptação a regiões com altas temperaturas (Teixeira et al., 2015; Carvalho et al., 2022a). Apesar da variável climática ser considerada a mais influente na produção do café, o avanço tecnológico e o maior uso de novas tecnologias pelos produtores são o principal fator que promoverá aumento da produção e produtividade (Ferreira et al., 2019). Há diversas alternativas para mitigar o impacto provocado em regiões menos aptas, como o cultivo de café sombreado, adensamento das plantas, uso de irrigação, *mulching* e o uso de cultivares mais tolerantes ao calor (WeldeMichael e Teferi, 2020).

Há 139 cultivares registradas no Brasil (Brasil, 2022) e há carência de informações sobre o comportamento agrônomo destes genótipos em regiões de baixa altitude. Dentre as diferentes opções, existem genótipos que podem ser recomendados para produtores rurais desses locais, além de ser fonte de informação útil para o uso em programas de melhoramento genético que poderão lançar cultivares mais adaptadas para essas condições.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo é identificar as cultivares de café arábica de porte baixo com melhor desempenho agrônomo e qualitativo em região com baixa altitude.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Descrição da área experimental e caracterização agroclimatológica

O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP Câmpus de Jaboticabal (SP), na latitude 21°14'30.23" Sul e longitude de 48°17'51.66" Oeste de Greenwich, com altitude de 565 m (Figura 1). O clima é classificado como Aw (tropical úmido com estação chuvosa no verão e inverno seco),

segundo classificação de Köppen (Rolim et al., 2007). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (Santos, 2018). O solo possui textura argilosa, apresenta teor de argila, silte e areia de 533, 193 e 274 g kg⁻¹, respectivamente.

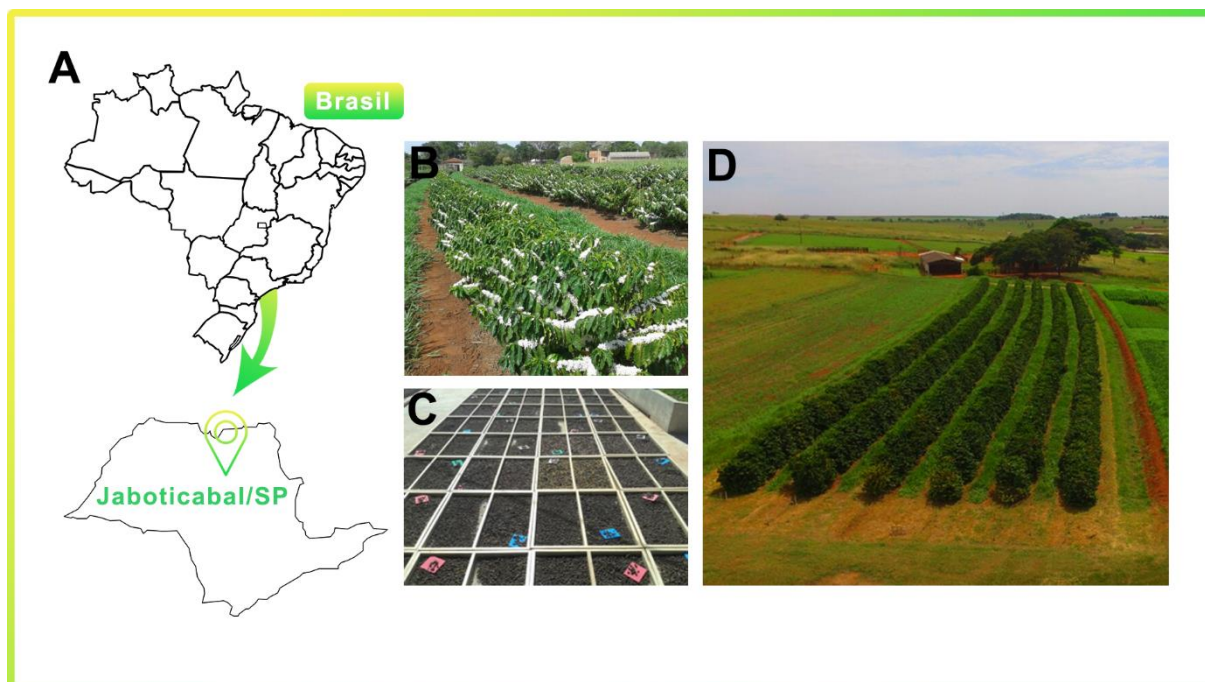


Figura 1. Localização geográfica da área experimental (A) para avaliar a performance quantitativa e qualitativa das 17 cultivares de *Coffea arabica* de porte baixo. Antese na primeira safra (B); Amostras de café secando a pleno sol em bandejas (C); vista aérea do experimento na quarta safra (D).

Baseando-se nos dados médios de 1971 a 2014, a temperatura média anual (Tm) do município é de 22,3 °C, a temperatura média do mês de novembro (Tn) é de 24 °C e precipitação anual de 1417 mm (Tabela 1A). Constata-se pelos dados médios apresentados uma limitação ao cultivo de café nessa região, que seria a restrição térmica. A Tm está na faixa de restrição, segundo o critério de Pinto et al. (2001), entre 22 e 23 °C. A Tn está no limite adotado pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), de 24 °C (Brasil, 2011). A classificação da região passaria de “apta”, de acordo com Pinto et al. (2001) para “marginal com restrição térmica”. Os dados de temperatura e precipitação das quatro primeiras safras de café são apresentados na Figura 2.

A

B

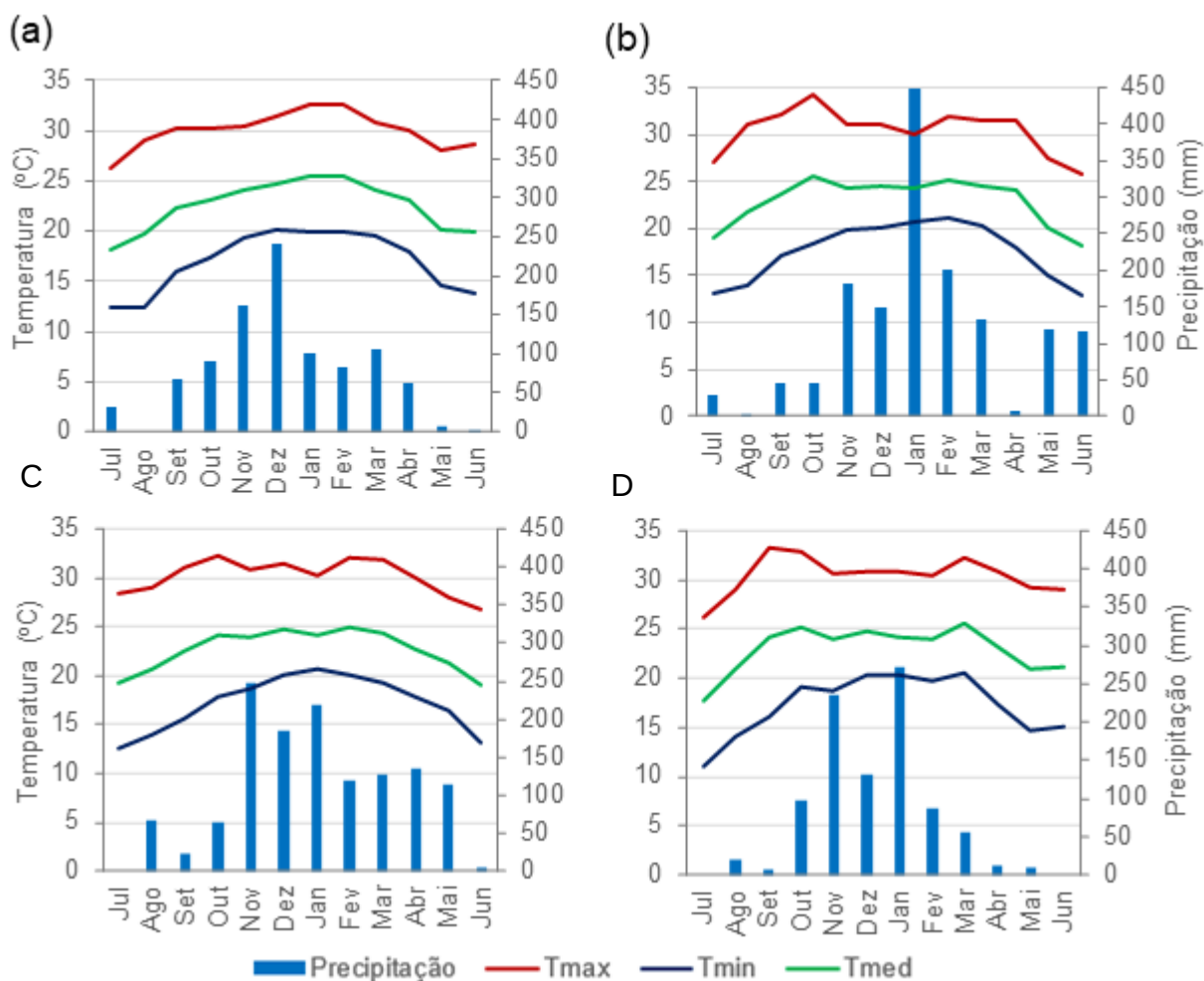


Figura 2. Dados médios de temperatura máxima, mínima e média (Tmax, Tmin, Tmed) e precipitação. 1ª safra (2014/2015) (A); 2ª safra (2015/2016) (B); 3ª safra (2016/2017) (C); 4ª safra (2017/2018) (D). Jaboticabal, SP.

O déficit hídrico anual médio de Jaboticabal entre 1971 e 2000 foi de 56 mm (Figura 3A; Tabela 1A), não havendo restrição hídrica para o cultivo, segundo os critérios utilizados em zoneamentos agroclimáticos do café (Pinto et al., 2001; Brasil, 2011). Porém, durante o período experimental (2013 a 2018), o déficit hídrico anual médio foi de 109 mm (Tabela 3A), estando na faixa entre 100 e 150 mm, caracterizando restrição hídrica, sendo necessário o indicado o fornecimento de água via irrigação (Matiello et al., 2008).

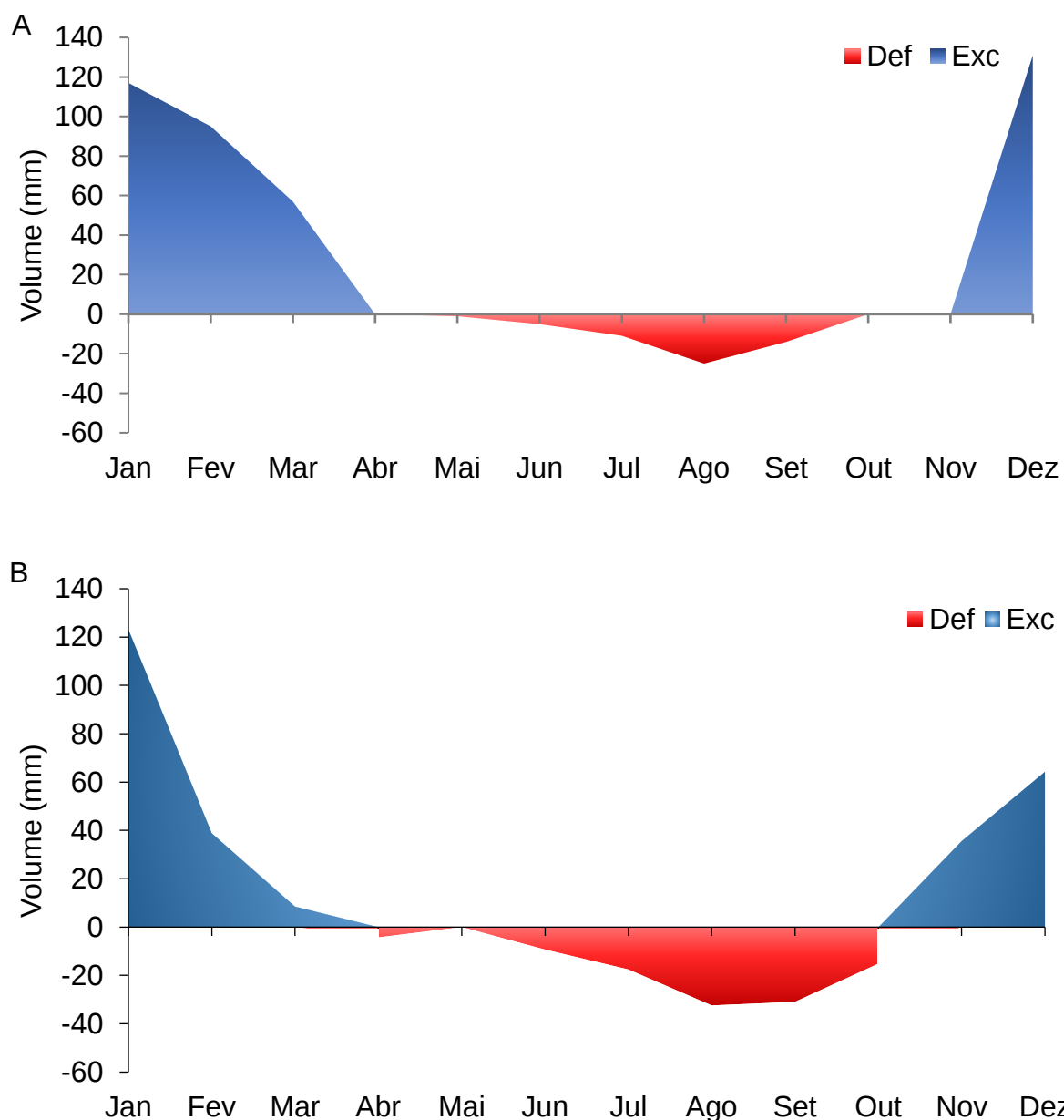


Figura 3. Balanço hídrico climatológico do período de 1971 a 2000 (A) e durante o período experimental (2013 a 2018) (B). Def: déficit hídrico; Exc: excesso hídrico. Jaboticabal, SP.

3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, onde os tratamentos foram constituídos por 17 cultivares de café arábica de porte baixo (Tabela 1). As mudas foram produzidas em sistema de tubetes com substrato artificial a base de fibra de coco, turfa e fertilizante de liberação lenta e plantadas com 5 pares de folhas.

Cada parcela experimental foi constituída por uma linha de café de quatro metros de comprimento, com oito plantas espaçadas a 0,50 m entre plantas e 3,5 m entre linhas. A cultivar Acauã foi utilizada em toda a bordadura do experimento. Em todo o experimento semeou-se a lanço braquiária (*Urochloa ruziziensis*) nas entre linhas com intuito de formar cobertura vegetal na superfície do solo evitando erosão.

Tabela 1. Cultivares de café arábica (*Coffea arabica* L.) de porte baixo avaliadas. Jaboticabal, SP.

Cultivares	Proc.	Características
IAC Catuaí SH3	IAC	Alta resistência à ferrugem, alto vigor o, maturação média a tardia, tolerância à seca, frutos vermelhos
Cauaí Amarelo IAC 62		Suscetível à ferrugem, alto potencial produtivo com maturação dos frutos variando de média a tardia, vigor vegetativo superior, recomendadas para plantios adensados, frutos amarelos
Catuaí Vermelho IAC 99		Suscetível à ferrugem, alto potencial produtivo com maturação dos frutos variando de média a tardia, vigor vegetativo superior, recomendadas para plantios adensados, frutos vermelhos
IAC Ouro Verde		Suscetível à ferrugem, vigor vegetativo alto, produtividade alta, maturação média e frutos com cor vermelha
IAC Ouro Amarelo		Suscetível à ferrugem, vigor vegetativo alto, produtividade alta, maturação média e frutos com cor amarela
Obatã IAC 1669-20		Resistência moderada à ferrugem, alto vigor vegetativo, frutos grandes de coloração vermelha com maturação variando de média à tardia, recomendada para plantios irrigados
IAC Obatã 4739		Resistência moderada à ferrugem, alto vigor vegetativo, frutos grandes de coloração amarela com maturação variando de média à tardia, recomendada para plantios irrigados
Tupi IAC 1669-33		Resistência à ferrugem e susceptível a cercosporiose, vigor vegetativo baixo, produtividade alta, principalmente nas primeiras colheitas, com frutos de cor vermelha e maturação precoce à média.
IAC 125 RN		Resistência à ferrugem e ao nematoide-das-galhas, vigor vegetativo médio, produtividades iniciais altas com frutos de cor vinho e maturação média, exigente nutricionalmente
Catiguá MG1	EPAMIG	Resistência às principais raças da ferrugem, vigor vegetativo alto, folhas jovens de cor bronze-claro, produtividade elevada com frutos de coloração vermelha e maturação média
Oeiras MG 6851		Resistência moderada à ferrugem, vigor vegetativo médio, produtividade média à elevada, variando com as condições ambientais, frutos de cor vermelha com maturação precoce e uniforme
Pau-Brasil MG1		Suscetível a algumas raças de ferrugem, vigor vegetativo alto, produtividade elevada e frutos vermelhos de maturação média
Sacramento MG1		Resistência às principais raças de ferrugem, vigor vegetativo muito alto, produtividade elevada nas primeiras colheitas e frutos vermelhos de maturação
IPR 99	IAPAR	Resistência à ferrugem, vigor vegetativo alto, ampla capacidade adaptativa as diversas condições das regiões cafeeiras no Brasil, potencial produtivo elevado e frutos de cor amarela com maturação semitardia
IPR 100		Suscetível à ferrugem, tolerância à seca e temperaturas mais quentes (média anual igual ou superior a 21°C), alta produtividade e frutos de cor vermelha com maturação variando de tardia a super tardia
IPR 103		Moderada susceptibilidade a ferrugem, rusticidade quanto a seca e temperaturas mais altas, folhas jovens de cor bronze-claro, vigor vegetativo alto, produtividade alta com frutos vermelhos e maturação tardia
Sabiá Tardio	PROCAFÉ	Moderada resistência ferrugem, vigor vegetativo alto, produtividade elevada, frutos de cor vermelha e maturação tardia, sendo sensível a solos ácidos e exigente em nutrição

IAC: Instituto Agrônomo de Campinas; EPAMIG: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais; IAPAR: Instituto Agrônomo do Paraná; PROCAFÉ: Fundação Procafé. Fonte: Botelho et al. (2008); Pereira e Baião (2015).

O plantio das mudas foi realizado em abril de 2013. Na área experimental foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento, com emissores autocompensantes distanciados em 0,50 m entre si, pressão de serviço de 150 kPa (15 mca) e vazão de 1,6 L h⁻¹. O manejo de irrigação adotado foi o suplementar. O turno de rega foi de 7 dias, com lâmina de 15 a 20 mm por semana, no decurso da estação seca. Em períodos de veranico durante a estação chuvosa, o sistema também era acionado. Durante o mês de julho até a primeira quinzena de agosto era realizada a supressão da irrigação a fim de promover estresse hídrico controlado antes da antese (Custódio, 2012).

Foi realizado o manejo integrado de plantas daninhas através da capina manual, controle mecânico (roçadora e desintegrador de plantas) e químico (Tabela 6A). O tratamento fitossanitário foi realizado pela aplicação de produtos recomendados para a cultura do café (Tabela 6A).

A caracterização dos atributos químicos do solo das quatro primeiras safras é apresentada na Tabela 2. A calagem, gessagem e adubação de mineral dos anos de produção foram descritas no tópico Material e Métodos do Capítulo 2 da presente tese.

Tabela 2. Atributos químicos do solo (camada 0,00 – 0,20 m) da área experimental das quatro primeiras safras de café arábica. Jaboticabal, SP.

Safras ¹	pH	M.O.	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmol _c dm ⁻³)					(%)		
1 ^a Safra	5,9	15	79	4	6,1	28	19	15	53,1	68,1	78
2 ^a Safra	5,7	17	71	4	4,7	33	15	20	53,0	73,2	72
3 ^a Safra	5,5	13	32	5	3,0	22	10	14	34,4	48,5	71
4 ^a Safra	5,9	26	41	9	5,6	28	13	14	47,3	61,8	77
Micronutrientes											
Safras	B		Cu		Fe		Mn		Zn		
	(mg dm ⁻³)										
1 ^a Safra	0,19		0,5		14		9,7		2,7		
2 ^a Safra	0,20		0,9		12		8,8		2,9		
3 ^a Safra	0,24		1,7		17		21,9		2,4		
4 ^a Safra	0,40		0,9		15		20,5		2,6		

¹ 1ª Safra: ano agrícola 2014/2015; 2ª safra: ano agrícola 2015/2016; 3ª safra: ano agrícola 2016/2017; 4ª safra: ano agrícola 2017/2018. Fonte: Athenas Consultoria Agrícola e Laboratórios, Jaboticabal, SP.

3.2.3 Avaliações de campo e laboratório

Altura da planta (cm) - medida com auxílio de régua graduada, do chão, próximo ao colo da planta, até o meristema apical;

Diâmetro da copa (cm) - realizada utilizando-se 2 hastes de madeira para balizar a extremidade dos ramos mais distantes da planta e uma fita métrica para medir a distância interna das hastes, passando pelo meristema apical no sentido perpendicular a linha de plantio;

Grau de maturação dos frutos (%) - foram coletados em cada parcela 1 L de café cru da roça, utilizado para classificação e quantificação dos frutos tipo verde, verde-cana, cereja, passa e seco, conforme descrito em Pezzopane et al. (2003).

Produtividade (sacas ha⁻¹) e renda de benefício (%) - depois da colheita e homogeneização dos frutos, foi medido o volume total de café derriçado em cada parcela, no qual foram coletados 10 L de café cru da roça, para secagem ao sol em terreiro de concreto, utilizando-se peneiras adequadas para separar os frutos de cada parcela experimental, até que estes atingissem teor de água em base úmida (b.u.) na faixa entre 11 e 12,5%. Após a secagem, o café em coco foi beneficiado, passando-se 5 vezes cada amostra em um descascador Pinhalense®. A partir do peso do café grão cru, obtido após o beneficiamento e a correção da umidade em b.u. para 12,5%, estimou-se a produtividade (em sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare) e a renda de benefício (volume de café em coco convertido em grãos de café beneficiado). As quatro primeiras safras ocorreram nos anos agrícolas de 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018.

Classificação dos grãos por tamanho e formato (%) – os grãos de café de cada parcela e despejados sobre um conjunto de peneiras dispostas na seguinte ordem: peneira redonda 17 (grão chato), peneira redonda 15 (grão chato), peneira oblonga 10 (grão moca), peneira redonda 13 (grão chato) e fundo (paus, pedras, grãos quebrados entre outros). Após o peneiramento quantificou-se a massa de grãos retida em cada peneira e estabeleceu-se a porcentagem de grãos por tamanho e formato contidos em cada amostra.

Grãos defeituosos (%) - na mesma amostra coletada para classificação por tamanho e formato, foram selecionados e pesados os grãos pretos, verdes e ardidos, para o estabelecimento do percentual destes defeitos em cada parcela.

Massa de 100 grãos tipo chato (g) - foram selecionadas e contadas 4 amostras de 100 grãos tipo chato em cada parcela. A média das amostras foi utilizada para o estabelecimento da massa de 100 grãos.

Análise sensorial - A análise sensorial foi realizada seguindo uma adaptação da metodologia da Specialty Coffee Association (SCA) (Lingle, 2011), realizada por um provador de cafés especiais (*QGrader*), habilitado e certificado pelo *Coffee Quality Institute* (CQI). Foram atribuídas notas, no intervalo de 7 a 10 pontos, para os atributos: fragrância/aroma, acidez, corpo, sabor, sabor residual, doçura, balanço e impressão global. Para uniformidade e xícara limpa foram atribuídas notas máximas, pois as amostras já haviam passado por um rigoroso processo de seleção. A torra do café correspondeu a 58 pontos da escala Agtron para o grão inteiro, e 63 pontos para o grão moído. Em cada avaliação foram degustadas cinco xícaras de café representativas de cada parcela experimental, realizando-se uma sessão de análise sensorial para cada repetição, totalizando três repetições para cada tratamento. Os resultados da avaliação sensorial foram expressos em uma escala de 80-100. A descrição do perfil sensorial – onde são registrados os aromas e sabores predominantes em cada amostra – das cultivares que apresentaram pelo menos um aroma e ou sabor predominante em todas as três repetições foram agrupadas e destacadas nos resultados.

3.2.4 Análises dos dados

3.2.4.1 Análise univariada

Os dados foram submetidos à análise de *outliers* pelo teste generalizado ESD (Rosner, 1983) e verificou-se se os pressupostos da análise de variância (ANOVA) (normalidade dos resíduos, pelo teste de Levene (Levene, 1960) e homogeneidade das variâncias, pelo teste de Jarque-Bera (Jarque e Bera, 1980) foram atendidos. Quando um dos pressupostos foi violado, realizou-se a transformação dos dados, para atender os requisitos da ANOVA. Os dados foram analisados por meio de ANOVA um fator (*One-Way ANOVA*). Quando o teste F foi significativo ($p < 5\%$), foi realizado teste

de agrupamento de Scott-Knott para comparação de médias. As análises foram feitas utilizando-se o software SpeedStat® (SPEED Stat, UFV, Viçosa, Brasil).

2.2.4.2 Análise multivariada

Devido à estrutura de dependência das variáveis analisadas, foi aplicada a análise exploratória multivariada por componentes principais (Hair Jr, 2009) visando plotar a distribuição das cultivares de café arábica em duas dimensões e agrupar as variáveis em novas variáveis latentes (componentes principais). Essa análise foi realizada com o objetivo de identificar as cultivares que se diferenciaram das demais para os atributos morfológicos. A análise foi realizada utilizando a média das repetições de cada variável para cada cultivar.

Foram utilizadas variáveis produtivas e qualitativas dos grãos de café. Antes da análise, todas as variáveis foram padronizadas, gerando média nula e variância unitária. A escolha do número de componentes principais foi em função do critério de Kaiser, utilizando-se aqueles com autovalores acima de 1,0 (Kaiser, 1958). Três componentes principais apresentaram autovalores acima de 1,0, sendo escolhidos os dois principais por explicarem a maior porcentagem da variabilidade dos dados. Os autovalores foram extraídos da matriz de covariância das variáveis originais. Variáveis com escores superior a 0,600 foram consideradas relevantes para a explicação dentro cada componente principal.

Para a identificação das linhagens com características específicas, foram plotadas elipses que abrangeram os valores dos eixos X e Y variando entre -1,96 a 1,96. Esses valores se referem ao valor Z da distribuição normal, sendo que valores menores do que -1,96 e superiores a 1,96 indicam pontos com características específicas a 5% de probabilidade. Assim, foi possível identificar as cultivares com características específicas para cada componente principal, conforme realizado por Romano et al. (2022). As análises estatísticas multivariadas foram realizadas no software Statistica®, versão 7.0 (StatSoft, Tulsa, EUA).

3.3 Resultados e discussão

Os atributos morfológicos das cultivares de café arábica apresentaram diferenças tanto para a altura (AP) quanto diâmetro de copa (DCo) (Tabela 2). Essas diferenças são atribuídas à variabilidade genética entre as cultivares, pertencentes a diferentes institutos de pesquisa do Brasil.

Tabela 2. Altura de planta (AP), diâmetro de copa (DCo) e incremento (em cm) destes atributos entre a primeira e quarta safras.

Cultivar	AP	DCo	AP	DCo	AP	DCo
	1ª Safra		4ª Safra		Incremento	
SH3	1,20 b	1,45 c	2,29 c	2,11 a	1,09 b	0,66 a
CA62	1,34 a	1,56 b	2,41 b	2,11 a	1,07 b	0,55 a
CA99	1,31 a	1,51 b	2,42 b	2,05 a	1,11 b	0,54 a
OrV	1,26 a	1,45 c	2,33 c	2,03 a	1,07 b	0,58 a
OrA	1,30 a	1,51 b	2,41 b	2,21 a	1,11 b	0,70 a
ObV	1,28 a	1,63 a	2,43 b	1,86 b	1,14 a	0,40 b
ObA	1,29 a	1,62 a	2,48 b	1,99 a	1,19 a	0,36 b
Tupi	1,18 b	1,63 a	2,25 c	1,96 a	1,07 b	0,33 b
IAC125	1,16 b	1,49 c	2,20 c	1,69 b	1,04 b	0,30 b
Catiguá	1,25 b	1,45 c	2,36 b	1,83 b	1,11 b	0,49 b
Oeiras	1,24 b	1,25 e	2,23 c	1,63 b	0,99 b	0,38 b
PBr	1,21 b	1,45 c	2,25 c	1,90 a	1,04 b	0,45 b
Sacr	1,34 a	1,60 a	2,61 a	2,04 a	1,27 a	0,43 b
IPR99	1,31 a	1,57 b	2,36 b	1,93 a	1,06 b	0,36 b
IPR100	1,31 a	1,51 b	2,38 b	2,20 a	1,08 b	0,69 a
IPR103	1,24 b	1,43 c	2,29 c	1,93 a	1,04 b	0,50 b
Sabiá	1,27 a	1,36 d	2,22 c	1,61 b	0,94 b	0,36 b
F	4,16**	15,46**	7,61**	3,90**	4,07**	2,77**
CV (%)	4,12	3,48	3,34	9,36	6,71	31,45
Média	1,26	1,50	2,35	1,95	1,08	0,48

SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5%. **Significativo a 1% de probabilidade.

Na 1ª safra, foram obtidos dois grupos para AP. Todas as cultivares do IAC, com exceção da Catuaí SH3, Tupi e IAC125, destacaram-se, assim como a cultivar Sacramento, IPR99, IPR100 e Sabiá. Entretanto, na 4ª safra, apenas a cultivar Sacr apresentou a maior AP. A média geral na última safra foi de 2,35 m, sendo uma altura

ainda viável para a colheita manual. Entretanto, cultivares como CA62, CV99, OrA, ObV, ObA e Sacramento atingiram alturas acima de 2,40 m, alcançando até 2,61 m, expressando maior vigor vegetativo. Em relação ao incremento da AP, as cultivares ObV, ObA e Sacramento foram as que apresentaram maior crescimento, devido ao alto vigor vegetativo destas cultivares (Carvalho et al., 2022b).

O DCo apresentou maiores diferenças do que a AP na 1ª safra (Tabela 2), sendo obtidos 5 grupos. A cultivar Sacr apresentou maior média deste atributo em ambas as safras. Sabiá e Oeiras tiveram os menores valores na 1ª safra. Na 4ª safra, foram obtidos apenas dois grupos, com as cultivares ObV, IAC125, Catiguá e Oeiras com as copas mais compactas. O maior incremento entre as safras foi obtido pelas cultivares do IAC (SH3, CA62, CV99, OrV e OrA) e a cultivar IPR100 (Tabela 2).

Em todos os anos foram obtidas diferenças de maturação dos frutos entre as cultivares (Tabela 3). A média da porcentagem de frutos verdes (V) variou de 17,7 a 22,3% entre as safras, com média geral de 22%. A maior porcentagem de frutos verdes nas duas últimas safras pode estar relacionada à maior precipitação nos meses de agosto que precederam a 3ª e 4ª safras (Figura 2; Tabela 2A), antecipando o florescimento. A cultivar com maturação mais tardia foi a ObA (49,6% de frutos verdes), seguida pela ObV (33,3%), Catiguá (30,2%), IPR103 (28,7%) e SH3 (28,3%). Os materiais com menor porcentagem de frutos imaturos e maior precocidade foram a Tupi (12,3%), IAC125 (9,9%) e a PBr (13,4%).

A maturação dos frutos é controlada geneticamente, porém essa característica é muito influenciada pelas condições edafoclimáticas da região de cultivo, em especial da temperatura do ar e a disponibilidade hídrica (Petek et al., 2009).

É recomendado que a colheita seja iniciada quando houver entre 5 a 20% de frutos verdes (Mesquita et al., 2016). Apesar da colheita ser realizada de maneira escalonada, dando preferência às cultivares com maior quantidade de frutos maduros, algumas cultivares, como a ObV e ObA foram mais desfavorecidas nesta avaliação devido a desuniformidade da maturação dos frutos, causada pelo seu ciclo mais tardio e a condição agroclimática do local onde se situa o experimento. As altas temperaturas e o padrão pluviométrico da região favorecem a ocorrência de diversas floradas durante a primavera – em torno de 3 mais expressivas.

Tabela 3. Porcentagem de frutos verde (V) e verde-cana (VC) das cultivares de café arábica. Jaboticabal, SP.

Cultivar	V	VC	V	VC	V	VC	V	VC	V	VC
	1ª Safra		2ª Safra		3ª Safra		4ª Safra		Média	
SH3	11,5 d	9,0	22,8 b	6,8 b	28,8 c	11,0 a	26,0 a	10,8	28,3 b	9,4 b
CA62	13,9 d	14,9	7,3 d	5,5 b	31,0 c	7,0 b	28,1 a	13,8	20,1 c	10,3 b
CV99	16,9 d	16,3	8,3 d	9,5 a	24,8 c	6,0 b	23,1 a	11,1	18,3 c	10,7 a
OrV	13,9 d	15,5	8,8 d	5,0 b	29,0 c	11,5 a	14,8 b	14,3	16,6 d	11,6 a
OrA	7,6 d	12,4	10,3 d	5,0 b	25,0 c	7,3 b	23,1 a	21,8	16,5 d	11,6 a
ObV	23,1 c	11,3	36,0 a	10,5 a	36,3 b	14,0 a	38,0 a	13,4	33,3 b	12,3 a
ObA	69,1 a	6,9	45,8 a	12,8 a	49,8 a	9,0 a	33,8 a	12,8	49,6 a	10,4 a
Tupi	12,0 d	12,5	11,5 d	9,5 a	18,5 d	10,0 a	7,0 b	14,8	12,3 e	11,7 a
IAC125	9,1 d	15,6	7,5 d	6,3 b	16,0 d	6,8 b	7,1 b	22,3	9,9 e	12,7 a
Catiguá	45,6 b	6,9	22,0 b	9,5 a	28,0 c	9,8 a	25,3 a	12,9	30,2 b	9,8 b
Oeiras	11,9 d	10,5	16,3 c	4,0 b	16,8 d	5,8 b	13,0 b	15,9	14,5 d	9,0 b
PBr	8,1 d	12,6	12,5 c	2,8 b	16,0 d	5,8 b	16,9 b	14,1	13,4 e	8,8 b
Sacr	22,6 c	9,9	16,0 c	4,5 b	17,8 d	5,3 b	10,5 b	12,9	16,7 d	8,1 b
IPR99	27,9 c	20,1	19,8 b	5,0 b	21,6 d	10,9 a	21,1 a	15,8	22,6 c	12,9 a
IPR100	15,0 d	10,0	26,5 b	5,3 b	39,3 b	11,5 a	34,0 a	11,6	28,7 b	9,6 b
IPR103	8,8 d	5,0	17,0 c	4,0 b	38,5 b	8,0 b	29,3 a	9,1	23,4 c	6,5 b
Sabiá	11,3 d	13,3	12,8 c	5,3 b	25,3 c	9,0 a	28,0 a	21,3	19,3 c	12,2 a
F	15,37**	1,65 ^{NS}	15,72**	6,08**	7,87**	2,03*	4,33**	1,59 ^{NS}	37,70*	2,19*
CV (%)	14,93	23,59	17,98	34,52	27,18	40,44	26,85	21,96	14,44	5,87
Média	19,3	11,9	17,7	6,5	25,0	8,7	22,3	14,61	22,0	10,4

SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. NS: não significativo. *Significativo a 5% de probabilidade. **Significativo a 1% de probabilidade.

A variabilidade no grau de maturação requer maior cuidado durante a separação dos frutos nos procedimentos de pós-colheita, pois a presença de grãos verdes resulta em perdas qualitativas da bebida, devido as alterações no sabor, aroma e tipo da bebida. Também promove perdas quantitativas, pois quanto mais grãos verdes uma maior quantidade de grãos será necessária para completar uma saca de 60 kg (Mesquita et al., 2016)

A média geral de frutos cereja (C) e de passa + seco (P+S) foi de 44 e 23,9%, respectivamente (Tabela 4). O valor médio das quatro safras obtido para o grau de maturação cereja não ficou acima de 50% devido à colheita da 3ª safra ter sido realizada mais tardiamente, o que resultou na inversão dos valores em relação às

outras safras, com menor presença de frutos cereja (apenas 10,2%) e maior de passa + seco (53,9%). Nas demais safras, a média de frutos variou de 51,6 a 59%.

Tabela 4. Porcentagem de frutos cereja (C) e passa + seco (P+S) das cultivares de café arábica. Jaboticabal, SP.

Cultivar	C	P+S	C	P+S	C	P+S	C	P+S	C	P+S
	1ª Safra		2ª Safra		3ª Safra		4ª Safra		Média	
SH3	49,8 a	21,9 b	60,3 b	10,3 b	9,8 b	50,5 b	52,0 b	11,3 a	42,9 b	23,5 a
CA62	64,3 a	7,0 c	65,0 b	22,3 a	8,0 b	54,0 b	45,0 b	13,1 a	45,6 b	24,1 a
CV99	58,1 a	8,8 c	55,0 b	27,3 a	7,5 b	61,8 b	53,4 b	12,4 a	43,5 b	27,5 a
OrV	56,9 a	13,8 b	67,5 a	18,8 a	10,8 a	48,8 b	52,9 b	18,1 a	47,0 b	24,8 a
OrA	68,8 a	11,3 c	64,0 b	20,8 a	9,8 b	58,0 b	47,1 b	8,0 b	47,4 b	24,5 a
ObV	58,1 a	7,5 c	19,0 c	34,5 a	14,3 a	35,5 c	41,8 b	6,9 b	33,3 c	21,1 b
ObA	21,3 c	2,8 c	2,0 d	39,5 a	13,0 a	28,3 c	48,0 b	5,5 b	21,1 d	19,0 b
Tupi	59,3 a	16,3 b	64,0 b	15,0 b	13,0 a	58,5 b	61,5 a	16,8 a	49,4 a	26,6 a
IAC125	60,0 a	15,3 b	69,8 a	16,5 b	7,3 b	70,0 a	54,1 b	16,5 a	47,8 b	29,6 a
Catiguá	27,5 c	20,0 b	57,5 b	11,0 b	7,8 b	54,5 b	47,7 b	14,1 a	35,1 c	24,9 a
Oeiras	64,4 a	13,3 b	70,3 a	9,5 b	9,8 b	67,8 a	64,1 a	7,0 b	52,1 a	24,4 a
PBr	61,4 a	17,9 b	79,5 a	5,3 b	7,3 b	71,0 a	61,5 a	7,5 b	52,4 a	25,4 a
Sacr	35,4 b	32,1 a	68,8 a	10,8 b	8,0 b	69,0 a	65,3 a	11,4 b	44,3 b	30,8 a
IPR99	42,1 b	9,9 c	61,8 b	13,5 b	11,1 a	56,4 b	44,3 b	18,9 a	39,8 b	24,7 a
IPR100	69,8 a	5,3 c	60,0 b	8,3 b	14,5 a	34,8 c	45,4 b	9,0 b	47,4 b	14,3 b
IPR103	73,8 a	12,5 b	68,5 a	10,5 b	14,0 a	39,5 c	51,9 b	9,8 b	52,0 a	18,1 b
Sabiá	66,1 a	9,4 c	70,0 a	12,0 b	7,3 b	58,5 b	41,8 b	9,0 b	46,3 b	22,2 a
F	10,42**	6,38**	29,13**	5,59**	1,76 ^{NS}	8,02**	2,24*	3,47**	18,17**	4,33**
CV (%)	16,95	28,14	12,17	20,18	39,87	17,04	36,43	17,52	8,54	16,46
Média	55,1	13,2	59,0	16,8	10,2	53,9	51,6	11,5	44,0	23,9

SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. NS: não significativo. *Significativo a 5%. **Significativo a 1% de probabilidade.

A cultivar ObA apresentou os menores valores de frutos cereja, com destaque para a 2ª safra, com apenas 2% de frutos cereja e 39,5% de frutos passa + seco. Apesar de estar no grupo superior na 3ª safra, o valor obtido foi baixo, de apenas 13%, confirmando a maturação mais tardia mesmo em região mais quente. A sua média geral destacou-se como a mais baixa, com apenas 21,1% de frutos cereja. A cultivar Catiguá também apresentou elevada desuniformidade do grau de maturação, com 35,9% de frutos cereja e 24,9% de frutos passa + seco. A ObV teve média de frutos cereja similar à Catiguá, e valores de passa+seco próximos a esta cultivar (Tabela 4).

Os frutos em fase de senescência são mais suscetíveis à ação dos microrganismos fermentadores, os quais produzem álcoois e ácidos que podem depreciar o aroma e sabor da bebida caso as fermentações ocorram por um tempo mais prolongado (Mesquita et al., 2016). Para reduzir a probabilidade da ocorrência de fermentações indesejáveis, seriam adequadas cultivares com ciclo mais tardio, como ObV, ObA, a fim de evitar a coincidência da colheita com algumas chuvas que podem ocorrer esporadicamente no mês de maio. Além disso, a escolha de cultivares com diferentes épocas de maturação na mesma propriedade rural proporcionam melhor gerenciamento da colheita e processamento (Medina Filho et al., 2008).

As cultivares com maior proporção média de frutos cereja foram a Tupi, Oeiras, PBr e IPR103 (Tabela 4). Analisando os anos individualmente, na 1ª e 2ª safras, a IPR103 destacou-se, atingindo 73,8 e 68,5% de frutos cereja. Oeiras e PBr ficaram no grupo superior na 1ª, 2ª e 3ª safras, com valores acima de 60% de frutos cereja, destacando-se a PBr que atingiu quase 80% de frutos cereja e 5,3% de frutos passa + seco na 2ª safra. Sabiá também apresentou maior precocidade na região de estudo, apesar de ser descrita como cultivar com ciclo tardio, obteve-se maior porcentagem de grãos cereja na 1ª e 2ª safra em relação a outras cultivares de ciclo tardio, como ObV e ObA. (Tabela 4)

As temperaturas da área experimental são mais elevadas em relação a regiões de maior altitude, acelerando o processo de maturação. No estado de São Paulo, o café pode amadurecer com antecedência de até 2 a 3 meses em comparação com regiões com temperatura mais amenas, como em regiões produtoras no estado de Minas Gerais (Oliveira Aparecido et al., 2018). Nestas regiões, a colheita concentra-se nos meses de junho a agosto, enquanto no presente estudo, quase todas as cultivares estiveram aptas para serem colhidas no mês de maio, inclusive materiais classificados como tardios.

Considerando o estado de São Paulo, também se nota diferenças na duração do ciclo entre as diferentes regiões. Regiões mais elevadas, como a Alta Mogiana, onde as altitudes são superiores a 800 m, a maturação ocorre após o mês de maio, enquanto que regiões com baixas altitudes, como a região centro-oeste do estado, a menos de 600 m, o ciclo é mais curto (Bardin-Camparotto et al., 2012). Temperaturas mais elevadas, por reduzirem o período de crescimento dos grãos, provocam menor

acúmulo de fotossintatos, reduzindo o potencial da qualidade de bebida (Fagan et al., 2011).

Apesar da produção de boa qualidade de bebida estar correlacionada positivamente com a altitude (Rolim et al., 2020), a baixa altitude não é um obstáculo intransponível para produtores de café arábica nessas regiões com maiores temperaturas. Além do clima, o potencial intrínseco da cultivar, o manejo da cultura, e o processamento pós-colheita influenciam a qualidade da bebida (Barbosa et al., 2019; Barrios-Rodríguez et al., 2021). Portanto, a escolha de cultivares com maior adaptabilidade a ambientes em menores altitudes, associada a boas práticas agronômicas e um adequado beneficiamento, seleção de grãos e armazenamento podem resultar na produção de lotes de cafés com qualidade superior mesmo nessas regiões.

A renda de benefício (RB) média entre as safras variou entre 44,1 e 48,6%, com média geral de 46,7% (Tabela 5). A maioria das cultivares ficou dentro da faixa adequada para o café arábica, que é de 45 a 55% (Krug et al., 1965). Em todas as safras, os valores do grupo estatístico superior ficaram próximos e acima de 50%. Entre as cultivares do IAC, a CA99, OrV e OrA ficaram no grupo com maior RB em todas as safras. IPR100 e Sabiá também se destacaram, ficando no grupo com as maiores médias gerais, juntamente com as cultivares citadas anteriormente, com valores entre 48,8 e 50,2%. As cultivares que ficaram com médias abaixo da faixa recomendada foram a ObA, Catiguá, Oeiras e Sacr, variando entre 42,4 e 44,7% (Tabela 5). Foram inclusive obtidos valores inferiores a 40% na 1ª, 2ª e 4ª safras para essas cultivares.

O RB estabelece a quantidade requerida para a composição de uma saca de café cru. Apesar da predominância do fator genético para este atributo (Severino et al., 2002), há discreta variação entre as safras, que pode ser explicada pela influência ambiental. O RB é um indicativo da qualidade do café, utilizados pelas cooperativas e indústrias beneficiadoras de café, e também pode ser utilizado pelo agricultor, pois quanto maior o RB, maior a quantidade de café cru.

Apesar de não ter se destacado no RB, a IAC125 produziu grãos com a maior MCG (Tabela 5) nas primeiras três safras, obtendo-se a maior média geral (12,33 g). A IPR99, desenvolvida pelo IAPAR, produziu grãos com média de 11,89 g, um pouco

inferior à IAC125. Ambas cultivares são caracterizadas pela produção de grãos de tamanho grande (Carvalho et al., 2022b). Considerando todas as cultivares, a média geral foi de 10,89 g. A MCG média das safras ficou entre 10,4 e 11,5 g.

Tabela 5. Rendimento de benefício (%), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (sacas ha⁻¹) das cultivares de café arábica nas primeiras quatro safras. Jaboticabal, SP.

Cultivar	RB	MCG	RB	MCG	RB	MCG	RB	MCG	RB	MCG
	1ª Safra		2ª Safra		3ª Safra		4ª Safra		Média	
SH3	45,3 b	10,9 c	44,3 c	10,9 e	46,6 b	10,6 c	46,0 c	11,1 b	45,6 c	10,9 e
CA62	46,3 b	10,8 c	45,2 b	10,8 f	50,1 a	10,7 c	47,5 b	9,9 c	47,3 b	10,5 f
CV99	49,7 a	11,6 b	47,2 a	11,9 d	50,9 a	10,7 c	50,1 a	11,0 b	49,5 a	11,3 d
OrV	51,0 a	11,4 b	48,8 a	10,7 f	51,2 a	10,1 d	49,8 a	10,4 b	50,2 a	10,6 f
OrA	49,1 a	10,5 c	47,2 a	11,6 d	50,0 a	10,0 d	51,6 a	9,9 c	49,5 a	10,5 f
ObV	47,0 b	10,6 c	45,4 b	12,2 c	48,1 b	12,0 a	48,3 b	9,1 d	47,2 b	11,0 e
ObA	38,2 c	10,0 d	44,7 b	12,0 c	43,9 b	11,3 b	47,9 b	10,0 c	43,7 d	10,8 e
Tupi	45,0 b	12,6 a	43,3 c	12,9 b	47,4 b	10,1 d	47,3 b	10,9 b	45,8 c	11,6 c
IAC125	47,0 b	12,8 a	42,2 c	13,6 a	48,4 b	12,1 a	47,6 b	10,9 b	46,3 c	12,3 a
Catiguá	41,2 c	9,4 d	42,3 c	9,9 g	47,4 b	9,9 d	44,7 c	9,3 d	43,9 d	9,6 h
Oeiras	47,9 b	10,9 c	37,0 d	11,0 e	45,9 b	10,8 c	47,8 b	11,1 b	44,7 c	10,9 e
PBr	47,3 b	9,9 d	42,8 c	9,9 g	49,1 a	9,2 e	45,6 c	10,6 b	46,2 c	9,9 h
Sacr	40,3 c	10,8 c	37,4 d	11,9 c	45,9 b	10,6 c	39,4 d	10,8 b	42,4 d	11,0 e
IPR99	45,9 b	11,6 b	44,8 b	12,7 b	51,0 a	11,2 b	47,8 b	12,0 a	47,4 b	11,9 b
IPR100	50,7 a	11,4 b	46,2 b	11,0 e	51,0 a	10,5 c	47,3 b	9,9 c	48,8 a	10,7 f
IPR103	49,6 a	11,0 c	45,5 b	9,6 h	48,9 a	10,4 c	45,1 c	9,5 d	47,3 b	10,1 g
Sabiá	49,2 a	11,4 b	46,0 b	12,1 c	50,5 a	11,0 b	51,6 a	10,7 b	48,8 a	11,3 d
F	13,6**	11,5**	13,5**	189,5**	4,5**	9,3**	10,4**	28,7**	18,1**	51,6**
CV	4,33	4,63	3,89	1,41	1,38	4,52	3,76	2,70	2,17	1,75
Média	46,5	11,0	44,1	11,5	48,6	10,7	47,4	10,4	46,7	10,9

SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5% de probabilidade. **Significativo a 1% de probabilidade.

As cultivares que produziram os grãos mais leves foram a Catiguá – que também esteve no grupo com menor RB –, e a PBr, com 9,64 e 9,88 g de média, respectivamente (Tabela 5). Em todas as safras, a Catiguá produziu grãos com MCG inferior a 10 g, assim como a PBr, exceto para a 4ª safra. Outras cultivares que também apresentaram mal desempenho para este componente foram a ObA e Sacr (1ª safra), IPR103 (2ª safra), PBr (3ª safra) e ObV e IPR103 (4ª safra). Na média geral,

esta cultivar também não obteve bom desempenho, com MCG um pouco superior à do pior grupo.

Foram obtidas diferenças entre as cultivares em todas as safras para a produtividade, ressaltando as diferenças genotípicas e da expressão fenotípica neste ambiente (Tabela 6). Na 1ª safra, várias cultivares atingiram altas produtividades, mesmo sendo o primeiro ano de produção. As cultivares do IAC tiveram bom desempenho, com produtividades acima de 40 sacas ha^{-1} , com exceção da SH3 (32,2 sacas ha^{-1}) e ObA (24,1 sacas ha^{-1}). As demais cultivares deste instituto produziram entre 42 sacas a 52 sacas ha^{-1} .

Os valores obtidos demonstram que é possível obter produtividades similares às obtidas em regiões tradicionais e cultivo, a despeito da baixa altitude. Carvalho et al. (2022a) também obtiveram produtividades máximas similares às do presente estudo para a 1ª safra de café em região com altitude inferior, a cerca de 25 m de altitude, inclusive para a cultivar ObA. Tais resultados demonstram a elevada adaptação de cultivares de café a regiões com maiores temperaturas.

Dos materiais provenientes da EPAMIG, apenas a PBr ficou no grupo superior (41,4 sacas ha^{-1}) na 1ª safra. IPR 99 e IPR100 (IAPAR) também produziram acima das 40 sacas ha^{-1} , ficando no grupo com maiores produtividades. As cultivares menos produtivas foram a Catiguá (13,6 sacas ha^{-1}) e Sacr (16,3 sacas ha^{-1}). Nas demais safras, ambas cultivares ficaram entre as cultivares com pior desempenho.

Na 3ª safra, Catiguá e Sacramento ficaram no grupo menos produtivo, com cerca de 30 sacas ha^{-1} . ObV e PBr, que no ano anterior produziram apenas 26,4 e 22,1 sacas ha^{-1} , ficando nas últimas posições, nesta safra foram as mais produtivas, com cerca de 60 sacas ha^{-1} . Na 4ª safra, todas as cultivares do IAC ficaram no grupo mais produtivo (Tabela 4), com produtividades entre 54,2 (CA62) e 77,1 sacas ha^{-1} (OrA). Dentre as demais cultivares, apenas a IPR100 ficou neste grupo, com 55,7 sacas ha^{-1} .

Considerando a média das quatro safras (Tabela 6), o grupo com as cultivares do IAC foi o mais produtivo. A maior parte produziu de 46 a 50,2 sacas ha^{-1} , com exceção da SH3 e OrV, com desempenho um pouco inferior (próximo das 44 sacas ha^{-1}), mas ainda assim acima da média (42,5 sacas ha^{-1}). Nos demais grupos, apenas

a IPR100 ficou entre as mais produtivas, alcançando 51,6 sacas ha⁻¹. A IPR99 e IPR103 tiveram bom desempenho, com 40,2 e 41,6 sacas ha⁻¹, respectivamente.

Tabela 6. Produtividade de grãos das cultivares de café arábica nas primeiras quatro safras (2015, 2016, 2017, 2018). Jaboticabal, SP.

Cultivar	Produtividade de Grãos (sacas ha ⁻¹)				
	1ª Safra	2ª Safra	3ª Safra	4ª Safra	Média
SH3	32,2 b	40,1 a	43,1 c	59,1 a	43,6 b
CA62	48,0 a	28,4 b	53,4 b	54,2 a	46,0 a
CV99	47,6 a	31,5 b	44,8 c	71,2 a	48,8 a
OrV	43,1 a	41,1 a	35,2 d	59,9 a	44,8 b
OrA	44,9 a	37,5 a	36,0 d	77,1 a	48,9 a
ObV	51,9 a	26,4 b	56,5 a	61,6 a	49,1 a
ObA	24,1 c	48,4 a	45,9 c	69,6 a	47,0 a
Tupi	42,0 a	45,6 a	50,3 b	62,8 a	50,2 a
IAC125	44,6 a	28,3 b	46,2 c	68,2 a	46,8 a
Catiguá	13,6 d	24,7 b	29,5 d	48,5 b	29,1 d
Oeiras	38,9 b	17,9 b	45,0 c	37,0 b	34,7 c
PBr	41,4 a	22,1 b	59,6 a	26,2 b	37,3 c
Sacr	16,3 d	23,4 b	33,2 d	33,9 b	26,7 d
IPR99	41,4 a	36,3 a	52,8 b	30,3 b	40,2 b
IPR100	45,5 a	53,0 a	52,4 b	55,7 a	51,6 a
IPR103	32,8 b	44,0 a	44,1 c	45,6 b	41,6 b
Sabiá	39,0 b	32,3 b	36,9 d	38,7 b	36,7 c
F	18,72**	6,00**	17,04**	7,89**	13,72**
CV	17,0	24,2	9,3	20,1	9,4
Média	38,1	34,2	45,0	52,9	42,5

SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5%. **Significativo a 1% de probabilidade.

Esses valores estão bem acima da produtividade média do Brasil (inferior a 25 sacas ha⁻¹), do estado de São Paulo (22,4 sacas ha⁻¹), e são inclusive semelhantes à região do cerrado baiano, região com produtores mais tecnificados, cuja produtividade média é de 45,1 sacas ha⁻¹. (Conab, 2022). A média de produção para lavouras de café irrigado está na faixa entre 40 e 50 sacas ha⁻¹ (Sakai et al., 2015). Baseando-se na média das quatro safras, dentre as 17 cultivares, as 12 cultivares dos dois grupos estatísticos superiores ficaram dentro ou acima dessa faixa.

Os dois grupos com as menores produtividades foram compostos pelas cultivares da EPAMIG e pela Sabiá Tardio (Fundação Procafé). Dentre as cultivares da EPAMIG, as mais produtivas foram Oeiras (34,7 sacas ha⁻¹) e PBr (37,3 sacas ha⁻¹), ficando no mesmo grupo estatístico que a Sabiá Tardio (36,7 sacas ha⁻¹). Catiguá e Sacr ficaram em último lugar, com médias gerais de apenas 29,1 e 26,7 sacas ha⁻¹, respectivamente, valores 32 e 37% inferiores à média geral, e abaixo da faixa de referência de produtividade para cafeeiros irrigados. Catiguá e Sacr também tiveram os menores RB e baixa MCG (Tabela 5), conforme discutido acima, o que explica em parte suas menores produtividades.

O maior crescimento vegetativo não necessariamente é um indicativo de maior potencial produtivo. As cultivares ObV, ObA e Sacr apresentaram maior crescimento tanto em AP quanto DCo durante o desenvolvimento inicial na 1ª safra (Tabela 2). Porém, ObV e Sacr foram pouco produtivas na 1ª safra. Na 4ª safra, novamente a Sacr apresentou médias superiores para ambos atributos, entretanto esteve no grupo menos produtivo (Tabela 6).

A variação da produtividade das quatro safras por cultivar pode ser melhor visualizada na Figura 3. Percebe-se diferentes variações para cada cultivar entre as safras. As cultivares com menor variação entre os anos são a IPR100, IPR103 e Sabiá Tardio, indicando maior estabilidade de produção. Em regiões com maior altitude e maior aptidão para o cultivo do café em Minas Gerais, IPR103 e Sabiá também apresentaram adaptabilidade e estabilidade independentemente do ambiente (Carvalho et al., 2013).

Nota-se incremento da produtividade a cada safra para as cultivares SH3, Catiguá e Sacr (Figura 3). A cultivar PBr apresentou grande oscilação ao entre as safras, produzindo cerca de 50% menos após uma safra alta. Oeiras e PBr também apresentaram bienalidade em todas as safras. Apesar da baixa produtividade na 1ª safra, a ObA demonstrou incremento a partir da safra seguinte, dobrando sua produtividade (48,4 sacas ha⁻¹), mantendo na 3ª safra (45,9 sacas ha⁻¹), chegando a 69,6 sacas ha⁻¹ na 4ª safra, com média geral de 47 sacas ha⁻¹. As maiores produtividades foram obtidas na 4ª safra para a maior parte das cultivares.

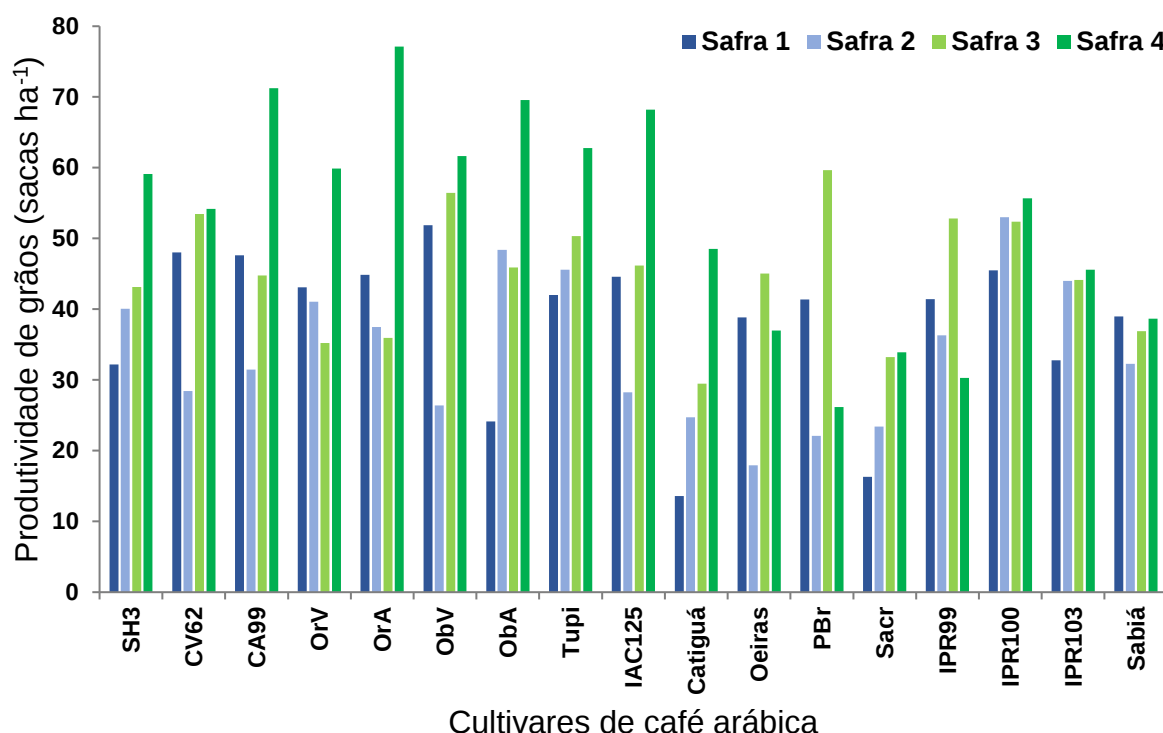


Figura 3. Produtividade de grãos média das cultivares de café arábica de porte baixo nas quatro primeiras safras em Jaboticabal, SP.

SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio.

A porcentagem de grãos retidos nas peneiras com maiores crivos é apresentada na Tabela 6. Assim como o RB e a produtividade, o tamanho e tipo dos grãos podem variar conforme o ano agrícola (Gaspari-Pezzopane et al., 2009). Na 1ª e 4ª safras, foram obtidos os menores valores médios para a P17 (17,7% e 28,6%). A menor quantidade de grãos graúdos na 1ª safra pode ser justificada pelas altas temperaturas em janeiro de 2015, na fase de granação, com a temperatura média mais elevada dentre todos os meses de janeiro do período experimental (26,5 °C) (Figura 2A; Tabela 4A). Na 4ª safra, a obtenção de P17 mais baixa pode ser atribuída à maior produtividade média obtida nesta safra em relação às demais (52,9 sacas ha⁻¹), ocasionando maior redistribuição dos fotoassimilados para um maior número de grãos, resultando em grãos com menor peneira. A cultivar com maior valor foi a IAC125, com 31,1% de grãos retidos nesta peneira. CV99, Tupi e Sabiá produziram

cerca de 26% de grãos P17, enquanto que os menores valores foram obtidos pelas cultivares ObV, Catiguá, PBr e Sacr (entre 4,9 a 8,8%) (Tabela 7).

A maior porcentagem média de grãos retidos na P17 foi alcançada na 2ª safra, com valor de 46,9%, contrastando por ter sido a safra com menores produtividades (Tabela 5). A menor produção média de grãos neste ano pode ter reduzido o efeito de diluição nos grãos, favorecendo a maior granação. A IAC125 destacou-se novamente, porém com uma porcentagem mais que duas vezes superior (67,7%), porém nesta safra ela produziu apenas 28,3 sacas ha⁻¹ (Tabela 4). A maior parte das cultivares apresentou valores próximos ou superiores a 50% de P17. PBr, Sacr e Catiguá novamente produziram pequena quantidade de grãos nesta peneira (31, 34 e 13%, respectivamente).

Na 3ª safra o valor médio foi um pouco inferior à safra anterior (Tabela 7). Os maiores valores ficaram entre 40,7 a 53,3%, englobando a maior parte das cultivares (9). Nesta safra, assim como nas anteriores, as cultivares Catiguá, PBr e Sacr tiveram os menores valores e P17. Na última safra, apenas quatro cultivares produziram mais de 40% de grãos acima da P17, com média geral de 28,6%. Novamente se destacou a IAC125 com o maior valor (45,3%), e a Catiguá com baixo percentual de grãos graúdos (apenas 8,3%).

Ao averiguar o resultado médio das quatro safras, a IAC125 distinguiu-se isoladamente das demais, com a maior P17 (49,4%). Esta cultivar possui como características frutos oblongos e grãos graúdos, com peneira média 17 (Fazuoli et al., 2018b), o que favorece a retenção dos grãos em peneiras de maior crivo. CA62, CV99, IPR99 e Sabiá também apresentaram alta produção de grãos P17, próximos a 40%. O grupo inferior foi composto pela Catiguá, PBr e Sacr (Tabela 7), as quais também demonstraram baixo desempenho para o RB, MCG e Prod (Tabelas 5 e 6). As cultivares Catiguá MG1, Sacramento, Pau-Brasil MG1 e Oeiras MG 6851 produziram entre 27 a 48% menos do que as cultivares mais produtivas.

O café é uma *commodity* que permite agregação do valor pela sua qualidade, e um dos atributos avaliados são o seu tamanho e formato. O tamanho do grão é um dos elementos que influenciam o seu preço, pois grãos mais graúdos possuem maior valor comercial (Leroy et al., 2006). Lotes com maior desuniformidade de grãos resultam em menor qualidade e preço. Grãos mais graúdos torram mais

morosamente, enquanto os miúdos torram rapidamente (Hoffmann, 2018). O tamanho e a forma do grão, a depender a cultivar, influencia a qualidade da bebida (Luna González et al., 2019), além disso, grãos maiores são preferíveis para a exportação.

Tabela 7. Médias da porcentagem de retenção de grãos chatos acima das peneiras 17 (P17) e 15 (P15). Jaboticabal, SP.

Cultivar	P17	P15	P17	P15	P17	P15	P17	P15	P17	P15
	1ª Safra		2ª Safra		3ª Safra		4ª Safra		Média	
SH3	15,8 e	46,4 a	46,2 c	32,9 c	40,7 a	37,1 c	30,2 d	46,3 b	33,2 c	40,7 b
CA62	22,6 c	42,2 b	52,6 b	28,8 d	35,4 b	40,0 c	45,1 a	31,6 e	38,9 b	35,7 d
CV99	26,2 b	44,0 a	50,4 b	32,6 c	48,5 a	35,0 c	40,1 b	41,1 c	41,3 b	38,1 c
OrV	20,3 d	47,7 a	46,3 c	36,8 c	37,1 b	38,0 c	35,1 c	42,9 c	34,7 c	41,3 b
OrA	13,6 e	48,5 a	41,1 c	40,0 b	36,7 b	41,9 b	33,9 c	44,8 c	31,3 c	43,8 a
ObV	8,8 f	48,5 a	56,4 b	27,9 d	50,1 a	30,8 d	18,2 f	46,7 b	33,4 c	38,5 c
ObA	12,5 e	39,2 b	50,8 b	31,3 d	51,8 a	28,9 d	25,5 e	43,5 c	35,2 c	35,7 d
Tupi	26,0 b	40,7 b	56,1 b	25,9 d	27,5 c	42,1 b	30,5 d	36,2 d	35,0 c	36,2 d
IAC125	31,1 a	34,4 c	67,7 a	18,0 e	53,3 a	28,9 d	45,3 a	35,1 d	49,4 a	29,1 e
Catiguá	6,4 f	29,1 d	13,4 e	49,4 a	18,7 c	47,9 a	8,3 h	47,1 b	11,7 d	43,4 a
Oeiras	14,5 e	45,1 a	43,6 c	35,6 c	33,3 b	50,0 a	31,0 d	49,5 a	30,6 c	45,4 a
PBr	4,9 f	38,3 b	31,2 d	39,8 b	27,6 c	50,6 a	26,5 e	42,6 c	22,6 d	43,7 a
Sacr	7,2 f	41,6 b	33,7 d	41,0 b	19,1 c	50,4 a	12,8 g	49,8 a	18,2 d	45,7 a
IPR99	21,4 d	47,7 a	56,2 b	26,0 d	50,1 a	30,8 d	40,2 b	36,5 d	42,0 b	35,2 d
IPR100	24,0 c	49,7 a	45,2 c	34,7 c	44,9 a	34,3 c	18,4 f	52,4 a	33,1 c	42,8 b
IPR103	18,8 d	48,8 a	46,0 c	33,9 c	42,0 a	37,2 c	16,1 f	46,4 b	30,7 c	41,6 b
Sabiá	26,1 b	38,9 b	60,2 b	22,6 e	50,9 a	29,7 d	29,7 d	42,7 c	41,7 b	33,5 d
F	58,19**	14,25**	12,27**	12,73**	5,67**	10,90**	157,86**	33,06**	31,16**	26,53**
CV	11,82	7,07	24,52	13,03	24,00	11,65	3,18	4,57	22,78	4,50
Média	17,7	43,0	46,9	32,8	39,3	38,5	28,6	43,2	33,1	39,4

SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5%. **Significativo a 1% de probabilidade.

Em relação à P15, o resultado médio foi o inverso para as cultivares mencionadas acima (Tabela 7). IAC125 teve o menor valor de grãos retidos nesta peneira, enquanto as cultivares da EPAMIG apresentaram as maiores médias, próximas a 45%. As demais cultivares ficaram na faixa entre 33,5 e 42,8%. A média geral de grãos retidos na P15 foi alta (39,4%), cerca de 6% superior à média da P17. A maior parte dos grãos de todas as cultivares foi retida nas peneiras 17 e 15, que em média foram responsáveis pela retenção de cerca de 73% dos grãos.

Avaliando a retenção de grãos miúdos (Tabela 8), notou-se maior retenção na 1ª safra em relação às demais, com média de 22,2% de grãos P13, valor 116% superior à média geral (10,13%).

Tabela 8. Médias da porcentagem de retenção de grãos chatos acima da peneira 13 (P13) e inferior a 13 (Fundo). Jaboticabal, SP.

Cultivar	P13	Fundo	P13	Fundo	P13	Fundo	P13	Fundo	P13	Fundo
	1ª Safra		2ª Safra		3ª Safra		4ª Safra		Média	
SH3	23,3 c	7,3 d	6,6 b	2,7 c	9,4 b	3,7 b	11,4 d	4,7 c	12,7 c	4,6 c
CA62	17,0 d	5,4 e	4,8 b	3,1 b	10,5 b	2,8 b	11,1 d	4,6 c	10,8 c	4,0 d
CV99	15,0 d	4,6 e	4,0 b	2,1 c	6,2 b	2,1 b	7,3 e	4,3 c	8,1 e	3,3 d
OrV	17,5 d	5,0 e	5,7 b	2,2 c	10,9 b	3,2 b	8,6 e	4,3 c	10,7 c	3,7 d
OrA	22,7 c	6,9 d	6,3 b	2,1 c	7,7 b	3,2 b	11,1 d	3,4 d	12,0 c	3,9 d
ObV	30,0 b	6,5 d	5,2 b	2,3 c	7,5 b	3,2 b	18,8 b	8,0 a	15,4 b	5,0 c
ObA	30,9 b	10,1 c	6,3 b	2,8 c	7,9 b	3,8 b	14,6 c	7,8 a	14,9 b	6,1 b
Tupi	16,4 d	6,3 d	5,1 b	3,3 b	14,1 a	5,2 a	11,9 d	6,4 b	11,9 c	5,3 c
IAC125	19,0 d	9,7 c	5,6 b	3,1 b	6,9 b	3,0 b	8,4 e	2,9 d	10,0 d	4,7 c
Catiguá	39,6 a	16,4 a	16,2 a	5,6 a	17,9 a	5,8 a	26,3 a	8,3 a	25,0 a	9,0 a
Oeiras	22,2 c	7,1 d	6,2 b	2,2 c	10,4 b	3,1 b	7,6 e	3,8 d	11,6 c	4,0 d
PBr	29,6 b	11,6 b	8,6 b	3,6 b	9,9 b	3,9 b	14,2 c	5,5 c	15,6 b	6,1 b
Sacr	26,6 b	11,7 b	8,6 b	4,0 b	11,5 b	3,5 b	17,8 b	6,1 b	16,1 b	6,3 b
IPR99	15,4 d	7,3 d	6,2 b	2,5 c	8,0 b	3,1 b	11,0 d	3,4 d	10,2 d	4,1 d
IPR100	16,0 d	4,5 e	6,7 b	3,5 b	7,5 b	3,4 b	15,3 c	6,3 b	11,4 c	4,4 c
IPR103	19,3 d	5,6 e	6,9 b	3,2 b	8,5 b	3,8 b	25,4 a	6,4 b	15,0 b	4,7 c
Sabiá	16,9 d	5,6 e	5,6 b	3,2 b	6,6 b	3,3 b	15,9 c	4,6 c	11,2 c	4,2 d
F	28,44**	54,64**	6,14**	6,86**	3,67**	2,38*	17,77**	17,77**	32,58**	39,13**
CV	11,80	11,17	12,38	22,17	32,79	31,25	12,09	17,56	10,97	9,01
Média	22,2	7,7	6,7	3,0	9,5	3,5	13,9	5,3	10,3	4,9

SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5%. **Significativo a 1% de probabilidade.

O valor elevado de grãos P13 na 1ª safra pode ser atribuído às características climatológicas deste ano terem sido desfavoráveis. Em 2014, houve um severo déficit hídrico, totalizando 372 mm (Tabela 2A), além das altas temperaturas e baixa precipitação do mês de janeiro, durante a fase de granação dos frutos. Neste mês a temperatura média foi de 26,5 °C, enquanto nos outros anos ficou em torno dos 24 °C. A média da temperatura máxima ficou próxima dos 34 °C (Figura 2; Tabela 1A).

Essa condição contribuiu para a maior quantidade de grãos miúdos e a redução da Prod obtida na 1ª safra (Tabela 6).

O valor médio de grãos miúdos foi de 10,3%, e algumas cultivares apresentaram valores elevados, próximos a 20 e até 40% nas safras. Em todas as safras, Catiguá teve a maior porcentagem de grãos miúdos, com média geral de 25% de grãos retidos na P13, enquanto a CV99 apresentou menores médias, seguida pela IAC125 e IPR99.

A porcentagem de grãos do tipo moca é apresentada na Tabela 9. Os grãos com formato chato são provenientes de grãos bem desenvolvidos, porém, a planta de café pode produzir também alguns grãos com forma arredondada, denominados “moca”, ou *peaberry*. Este tipo é resultante da fecundação de apenas um dos óvulos do fruto, resultando em um grão redondo ao invés de dois chatos. Os grãos moca não são considerados na classificação do café como defeitos, mas sim anomalias (Matiello et al., 2020).

Em todas as safras, os valores médios se situaram próximos a de 10%, assim como a média geral (9,6%), estando no limite da faixa considerada normal. A faixa de grãos moca considerada aceitável em contratos de venda na bolsa de valores é de até 10% (BM&FBOVESPA, 2006), e para a produção de sementes certificadas, até 12% (Guimarães et al., 2002).

As cultivares que produziram maior porcentagem média de grãos tipo moca foram PBr e Sacr (13 e 13,8%, respectivamente), seguidas por CA62 (10,6%), Tupi (11,6%) e Catiguá (10,2%). Em todas as safras, PBr e Sacr produziram acima do limite mencionado, alcançando valores superiores a 15%. Em Carmos de Minas, a 1.231 m de altitude, região apta ao cultivo, também foram obtidas porcentagens de grão moca entre 10 e 20% para as cultivares Catiguá, Sacr e PBr, excedendo esses parâmetros (Silva et al., 2016). A cultivar Tupi também apresentou produção de moca expressiva na 1ª, 3ª e 4ª safras. As demais cultivares ficaram abaixo do limite recomendado (Tabela 9).

O elevado percentual de grãos moca pode indicar deficiência na fecundação, relacionada além do fator genético, à nutrição e a fatores climáticos, como a baixa umidade durante a florada nas regiões quentes (Matiello et al., 2002). Como um grão moca apresenta menor peso quando comparado a dois grãos do tipo chato, uma alta

porcentagem na produção desses grãos não é almejada. Além disso, a mistura de grãos do tipo chato com grãos moca prejudicam a torra do café. Entretanto, lotes com grãos moca miúdos podem obter notas superiores em relação à grãos do tipo chato (Soares et al., 2019).

Tabela 9. Porcentagem grãos do tipo moca e de defeitos (PVA) das cultivares de café arábica nas primeiras quatro safras. Jaboticabal, SP.

Cultivar	Moca	PVA	Moca	PVA	Moca	PVA	Moca	PVA	Moca	PVA
	1ª Safra		2ª Safra		3ª Safra		4ª Safra		Média	
SH3	7,2 e	5,5 c	11,6 b	6,5 a	9,1 c	10,8 d	7,4 e	7,4 f	8,8 c	7,5 d
CA62	12,8 b	11,6 b	10,6 c	1,9 g	11,4 b	8,6 d	7,7 e	12,5 b	10,6 b	8,6 c
CV99	10,3 c	8,8 c	10,9 c	3,8 d	8,2 c	9,7 d	7,3 e	9,6 d	9,2 c	8,0 d
OrV	9,4 d	8,1 c	9,1 c	4,7 c	10,8 b	11,9 c	9,2 d	5,5 g	9,6 c	7,5 d
OrA	8,2 d	7,2 c	10,6 c	2,7 f	10,4 b	9,4 d	6,8 e	9,4 d	9,0 c	7,2 d
ObV	6,1 f	10,8 b	8,1 c	3,3 e	8,4 c	14,2 b	8,3 d	8,4 e	7,7 d	9,2 c
ObA	7,3 e	17,7 a	8,8 c	3,9 d	7,5 c	13,7 b	8,6 d	8,4 e	8,1 d	10,9 b
Tupi	10,6 c	7,9 c	9,6 c	4,7 c	11,1 b	5,1 f	15,0 a	6,1 g	11,6 b	5,9 e
IAC125	5,7 f	6,9 c	5,6 c	3,6 d	7,9 c	9,4 d	11,1 c	4,1 h	7,6 d	6,0 e
Catiguá	8,5 d	15,4 a	12,7 b	5,6 b	9,8 b	6,8 e	10,0 d	5,4 g	10,2 b	8,3 c
Oeiras	11,1 c	8,8 c	12,4 b	4,5 c	8,0 c	5,4 f	8,2 e	5,6 g	9,9 c	6,1 e
PBr	15,7 a	6,4 c	14,1 a	3,8 d	13,0 a	7,5 e	11,3 c	10,7 c	13,0 a	7,1 d
Sacr	12,9 b	12,2 b	15,3 a	5,2 b	15,5 a	5,7 f	13,5 b	9,4 d	13,8 a	8,1 c
IPR99	8,3 d	12,1 b	9,1 c	3,2 e	8,0 c	7,2 e	8,8 d	7,3 f	8,5 d	7,5 d
IPR100	5,8 f	6,9 c	9,8 c	3,0 e	9,9 b	15,8 a	7,6 e	10,0 d	8,3 d	8,9 c
IPR103	7,5 e	7,0 c	10,0 c	6,9 a	8,5 c	9,7 d	7,8 e	31,0 a	8,5 d	13,6 a
Sabiá	12,5 b	6,3 c	8,5 c	5,1 b	9,6 b	4,9 f	7,2 e	5,4 g	9,4 c	5,4 e
F	30,89**	6,31**	5,71**	53,58**	4,32**	64,36**	22,51**	349,72**	18,80**	27,42**
CV	6,45	18,19	17,77	8,53	3,53	5,42	10,66	7,05	2,01	9,53
Média	9,4	9,39	10,4	4,26	9,8	9,15	9,2	9,18	9,6	7,99

SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade. *Significativo a 5%. **Significativo a 1% de probabilidade.

A porcentagem dos principais defeitos dos grãos (PVA – grãos pretos, verdes e ardidos) também diferiu entre as cultivares em todas as safras (Tabela 8). A média geral de defeitos PVA foi de cerca de 8%. Tupi, IAC125 e Oeiras e Sabiá apresentaram menor porcentagem de frutos PVA na média geral (5,4 a 6,1%), devido a menor quantidade de frutos verdes (Tabela 3). ObA foi a segunda cultivar com maior quantidade de defeitos (10,9%), devido sua elevada porcentagem de frutos verdes

obtidos nas colheitas (Tabela 3). Grãos do tipo preto, verde e ardido são considerados os piores defeitos do grão de café, pois afetam o aspecto, a cor e o tipo da bebida, e a redução deles deve ser um dos principais objetivos para a produção de cafés com qualidade superior (Mesquita et al., 2016).

O consumidor comum de café é capaz de identificar alteração na bebida quando são adicionados uma baixa concentração de frutos PVA – em torno de 10% –, entretanto isso não prejudica a aceitação das bebidas pelo consumidor brasileiro (Carvalho et al., 2018). O consumidor médio está habituado a consumir cafés com menores preços e qualidade inferior, além de estarem habituados ao consumo do café rotulado como “extraforte”, termo que não denota concentração de café, mas grau de torra acentuado, a fim de atenuar o sabor adstringente de cafés com menor qualidade (Hoffmann, 2018). Porém, com a melhora das práticas agrícolas industriais e de serviços voltados ao consumidor, além das campanhas de incentivo ao consumo de cafés com qualidade superior, vem aumentando a demanda por cafés por cafés com alta qualidade, como os especiais e gourmet, no Brasil (Teles e Behrens, 2020).

Dois componentes principais (CP) foram relevantes para a explicação de 66,22% da variabilidade dos dados, correspondendo a 37,64% para o CP1 e 28,58% para o CP2 (Tabela 10). As variáveis relevantes – com autovalores acima de 0,600 – para o primeiro CP foram MCG, P17, P15, P13, RB e PROD. As variáveis com sinais iguais são diretamente correlacionadas entre si, e quando possuem sinais opostos, têm correlação inversa. MCG, P17, RB e PROD se correlacionaram diretamente. Quanto maior a MCG, P17 ou RB, maior a produtividade de grãos.

As variáveis P15, P13 e Moca foram inversamente proporcionais aos atributos supracitados (Tabela 10). Quanto maior a quantidade de grãos de menor peneira e de grãos do tipo moca, menor a quantidade de grãos graúdos, o RB e a MCG, e consequentemente, menor a produtividade.

Para o CP2, as variáveis relevantes foram: a porcentagem de grãos moca, e os graus de maturação dos frutos verde + verde-cana (V+VC), cereja (C) e passa + seco (P+S). Os frutos C e P+S se correlacionaram diretamente entre si e inversamente aos frutos imaturos (Tabela 10). Os CP são independentes entre si, portanto, a existência de um não interfere o outro.

Tabela 10. Cargas dos fatores das variáveis dos componentes principais.

Variáveis	CP1	CP2
MCG	0,744	0,262
P17	0,978	-0,020
P15	-0,737	0,049
Moca	-0,596	0,640
P13	-0,861	-0,260
RB	0,613	-0,017
PVA	-0,267	-0,707
V+VC	-0,066	-0,920
C	0,102	0,723
P+S	-0,043	0,771
PROD	0,726	-0,360

CP1: componente principal; MCG: massa de 100 grãos; P17: grãos chatos retidos na peneira 17; P15: grãos chatos retidos na peneira 15; P13: grãos chatos retidos na peneira 13; RB: rendimento de benefício; PVA: grãos pretos, verdes e ardidos; V+VC: frutos verdes e verde-cana; C: frutos cereja; P+S: frutos passa e seco; PROD: produtividade de grãos das quatro primeiras safras.

Foi possível identificar cultivares com melhor desempenho para os atributos agrônômicos e qualitativos com a análise de CP (Figura 4), assim como pela análise univariada discutida anteriormente. As cultivares com características específicas para os dois CPs estão localizadas fora da elipse. Para o CP1, as cultivares com melhor desempenho agrônômico foram do IAC, a Tupi, CV99 e IAC125, caracterizadas pela maior produção de grãos mais graúdos, com maior P17, MCG, RB, maiores produtividades e menores quantidades de grãos moca e de menor peneira. Dentre as três cultivares, IAC125 sobressaiu-se, localizada mais à direita no *biplot*. ObV e ObA se localizam abaixo da elipse devido a elevada porcentagem de frutos verdes e menor quantidade de grãos P17, porém também se destacaram pelas elevadas produtividades.

No lado oposto, foram identificadas as cultivares com os piores desempenhos, sendo os materiais da EPAMIG: PBr, Sacr e Catiguá (Figura 4). Apesar de ser recomendado o cultivo destes materiais nas mesmas condições consideradas adequadas ao plantio de cultivares do grupo Catuaí (Botelho et al., 2008), a performance delas foi significativamente inferior em relação às cultivares deste grupo. Inclusive a Sacr, que apresentou excelente desenvolvimento vegetativo, atingindo a maior AP na 4ª safra (Tabela 2), e é caracterizada pelo alto vigor vegetativo e elevadas colheitas nas primeiras safras (Botelho et al., 2008), na região de Jaboticabal demonstrou baixa performance.

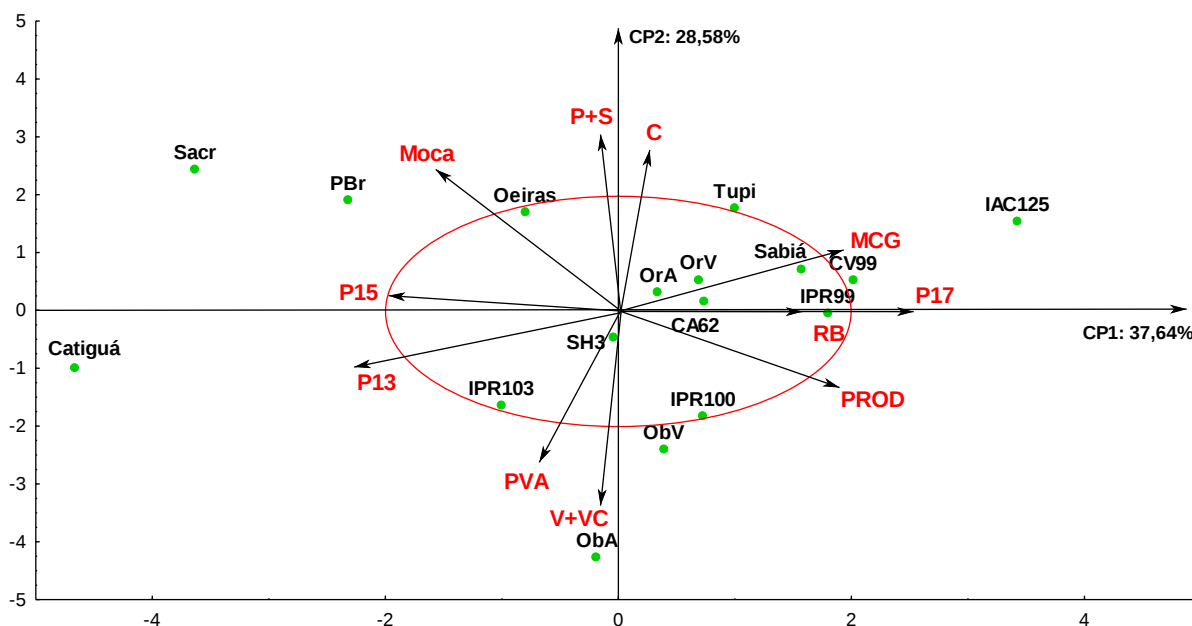


Figura 4. Biplot dos componentes principais para avaliar a dispersão dos atributos agrônômicos e qualitativos médios das quatro primeiras safras de 17 cultivares de café arábica. Jaboticabal, SP. SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacra: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio.

No CP2, as cultivares com características específicas foram a ObV e ObA, com maior porcentagem de frutos imaturos (V+VC) e de defeitos (PVA). A maior quantidade de defeitos está relacionada com a maior presença de frutos com grãos verdes, que contribuem para o aumento da porcentagem de grãos PVA. No sentido oposto, foram relevantes a porcentagem de frutos mais maduros (C e P+S), destacando-se a Tupi (Figura 4).

A análise multivariada corroborou e complementou os resultados da análise univariada, podendo ser utilizada nos programas de melhoramento na identificação de materiais com características superiores para esses e outros atributos (Romano et al., 2022), sendo também uma ferramenta útil na seleção de cultivares disponíveis comercialmente.

Em relação à qualidade da bebida, a análise sensorial das cultivares confirmou a hipótese sobre a possibilidade produzir cafés especiais na região de Jaboticabal (Tabela 11). Dezesesseis cultivares apresentaram pontuação igual ou acima de 80, segundo a metodologia da *Specialty Coffee Association* (SCA), sendo as bebidas

classificadas como café especial, dentro da categoria “muito bom” (SCAA, 2015). A cultivar com maior pontuação foi a ObA, com 83 pontos, similar às pontuações apresentadas pelos melhoristas que desenvolveram essa cultivar (Fazuoli et al., 2018). Apenas a OrA não alcançou a pontuação de bebida especial, sendo ligeiramente inferior, com 79 pontos, sendo classificada como *fine cup*, ou “duro para melhor”.

Tabela 11. Pontuação (escala SCAA) das 17 cultivares de café arábica de porte baixo. Jaboticabal, SP.

Cultivar	Bebida (pontuação SCAA)
SH3	81,5
CA62	80
CV99	81,5
OrV	81,5
OrA	79
ObV	81
ObA	83
Tupi	80,5
IAC125	81,5
Catiguá	81,5
Oeiras	81
PBr	82
Sacr	81
IPR99	82,5
IPR100	80
IPR103	80
Sabiá	82

SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio.

Apesar das temperaturas mais elevadas acelerarem o processo de maturação em relação a regiões com maior altitude – como a Alta Mogiana, Sul de Minas, entre outras –, com menores temperaturas e menor insolação, foi possível obter bebida de qualidade em uma região marginal para o cultivo do café arábica. Os resultados comprovam que é possível aliar alta produção de grãos, com boa qualidade tecnológica e capacidade de obtenção de bebidas especiais em regiões de menor altitude, como Jaboticabal.

3.4 Conclusões

- É possível associar elevadas produtividades com qualidade de grãos em região de baixa altitude.
- As cultivares Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 99, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20, IAC Obatã 4739, Tupi IAC 1699-33 e IAC 125 RN e IPR 100, se destacaram quanto a produtividade, atingindo cerca de 50 sacas ha⁻¹.
- As cultivares Catuaí Vermelho IAC 99, Tupi IAC 1699-33 e IAC 125 RN produziram grãos com a melhor qualidade, com maior massa de cem grãos, rendimento de benefício e porcentagem de grãos retidos na peneira 17.
- Todas as cultivares apresentam bebidas com notas variando de 79 a 83 na escala SCA.

3.5 Referências

- Barbosa IDP, Oliveira ACBD, Rosado RDS, Sakiyama NS, Cruz CD, Pereira A A (2019) Sensory quality of *Coffea arabica* L. genotypes influenced by postharvest processing. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 19:428-435. <https://doi.org/10.1590/1984-70332019v19n4a60>
- Bardin-Camparotto L, Camargo MBPD, Moraes JFLD (2012) Época provável de maturação para diferentes cultivares de café arábica para o Estado de São Paulo. **Ciência Rural** 42:594-599. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000400003>
- Barrios-Rodriguez YF, Cordoba-Salazar GA, Bahamón-Monje AF, Gutiérrez-Guzmán N (2021) Effect of roast degree, preparation method, and variety in the sensory and chemical characteristics of coffee (*Coffea arabica*): A mid-infrared spectrum analysis. **Coffee Science** 16:e161964. <https://doi.org/10.25186/v16i.1964>
- BMF – BM&FBOVESPA (2006) **Contrato Futuro de Café Arábica**. 6 p.
- Botelho CE, Soares TL, Oliveira ACB, Pereira AA (2008) Cultivares de café e suas principais características agrônômicas e tecnológicas. **Informe Agropecuário** 29:31-41.

Brasil (2011) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programa Nacional de Zoneamento Agrícola de Risco Climático**. Café. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/sao-paulo>>. Acesso em 29 jul. 2022.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares**. Disponível em: https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php. Acesso em: 25 mar. 2022.

Carvalho AM, Botelho CE, Ferreira AD, Teramoto ET, Lima AE, Junior FSM, Guerreiro Filho O (2022a). Initial vegetative and reproductive development of coffee cultivars in Vale do Ribeira Paulista. **Semina: Ciências Agrárias** 43:961-972. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n3p961>

Carvalho CDM (2018) **Limiares sensoriais para concentração de grãos defeituosos no preparo de bebidas de café arábica (*Coffea arabica*) e perfil sensorial**. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). – UFES, Alegre.

Carvalho CHS, Bartelega L, Sera G, Matiello J, Almeida SR, Santinato F e Hotz A (2022b) **Catálogo de cultivares de café arábica**. 115 p.

Conab (2022) Acompanhamento da safra brasileira: café – Safra 2022 – 4º Levantamento. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>> Acessado dia 21 de dezembro de 2022.

Custódio AAP (2012) Influência de fatores bioclimáticos no desenvolvimento e produção do cafeeiro arábica e na qualidade dos grãos em Matão (SP). 131 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Fagan EB, Souza CHE, Pereira NMB, Machado VJ (2011) Efeito do tempo de formação do grão de café (*Coffea* sp) na qualidade da bebida. **Bioscience Journal**, 27:729–738.

Fazuoli LC, Braghini MT, Silvarolla MB, Gonçalves W, Mistro JC, Gallo PB, Guerreiro Filho O (2018a) IAC Obatã 4739-dwarf arabic coffee cultivar with yellow fruits and resistant to leaf rust. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 18:330-333. <https://doi.org/10.1590/1984-70332018v18n3c49>

Fazuoli LC, Braghini MT, Silvarolla MB, Gonçalves W, Mistro JC, Gallo PB, Guerreiro Filho O (2018b) IAC 125 RN-A dwarf coffee cultivar resistant to leaf rust and root-knot nematode. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 18:237-240. <https://doi.org/10.1590/1984-70332018v18n2c35>

Ferreira WP, Ribeiro Júnior JI, Fátima Souza C (2019) Climate change does not impact on *Coffea arabica* yield in Brazil. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 99:5270-5282. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8465>

FAO (2020) Faostat statistical database. FAO. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/>>. Acesso em: 14 jul. 2020.

Gaspari-Pezzopane CD, Favarin JL, Maluf MP, Pezzopane JRM, Guerreiro Filho O (2009) Atributos fenológicos e agrônômicos em cultivares de cafeeiro arábica. **Ciência Rural** 39:711-717. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000007>

Guimarães RJ, Mendes ANG, Souza CAS (2002) Noções de processamento pós colheita, secagem e beneficiamento de café. In: Guimarães RJ, Mendes ANG, Souza CAS (Eds.) **Cafeicultura**. Lavras: UFLA, p. 294-300

Hair JF, Black WC, Babin BJ, Anderson RE, Tatham RL (2009) **Análise Multivariada de Dados** (Multivariate Data Analysis) (6th ed.). Porto Alegre: Bookman. 536 p.

Hoffmann J (2018) **The World Atlas of Coffee: From Beans to Brewing - Coffees Explored, Explained and Enjoyed** (2nd ed.). London: Octopus. 272 p.

ICO – International Coffee Organization (2021a) Trade Statistics Tables. World coffee consumption. Disponível em: <https://www.ico.org/trade_statistics.asp>. Acesso em: 24 ago. 2022.

ICO – International Coffee Organization (2021b) **ICO Coffee Development Report 2020**. Disponível em: <<https://www.internationalcoffeecouncil.com/cdr2020>>. Acesso em: 24 ago. 2022.

Jarque CM, Bera AK (1980) Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals. **Economics Letters** 6:255–259. [https://doi.org/10.1016/0165-1765\(80\)90024-5](https://doi.org/10.1016/0165-1765(80)90024-5)

Junior KSF, Brigante GP, Silva TM, Soares WL (2019) Qualidade do café arábica por diferentes granulometrias. **Revista Ciência Agrícola** 17:31-35.

Kaiser HF (1958) The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika** 23:187-200. <https://doi.org/10.1007/BF02289233>

Krug CA, Malavolta E, Moraes FRP, Dias RA, Carvalho A, Monaco LC, Franco CM, Bergamin J, Heinrich WO, Abrahão J, Rigitano A, Souza OF, Fava JFM (1965) **Cultura e adubação do cafeeiro**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassa. 277 p.

Leroy T, Ribeyre F, Bertrand B, Charmetant P, Dufour M, Montagnon C, Marraccini P, Pot D (2006) Genetics of coffee quality. **Brazilian Journal of Plant Physiology** 18:229–242. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100016>

Levene H (1960) **Robust tests for equality of variances**. Contribution to Probability and Statistics. Stanford: Stanford University Press, p. 278-292.

Lingle TR (2011) **The coffee cupper's handbook**: systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor. 4. ed. Long Beach: Specialty Coffee Association of America, 66 p.

Luna González A, Macías Lopez A, Taboada Gaytan OR, Morales Ramos V (2019) Cup quality attributes of Catimors as affected by size and shape of coffee bean (*Coffea arabica* L.). **International Journal of Food Properties** 22:758-767. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1603997>

Matiello J (2008) Critérios para a escolha da cultivar de café. Cultivares de café: origem, características e recomendações. Brasília: EMBRAPA Café, 1, 157-226

Matiello JB, Santinato R, Garcia AWR, Almeida SR, Fernandes DR (2020) **Cultura do café no Brasil. Manual de Recomendações**. Rio de Janeiro e Varginha: MAPA/Fundação Procafé. 716 p.

Medina Filho, HP, Bordignon R, Carvalho CD (2008) **Desenvolvimento de novas cultivares de café arábica. Cultivares de café**: origem características e recomendações. Brasília: Embrapa Café, p. 79-101.

Melo Pereira GV, Carvalho Neto DP, Júnior AIM, Prado FG, Pagnoncelli MGB, Karp SG, Soccol CR (2020) Chemical composition and health properties of coffee and coffee by-products. **Advances in Food and Nutrition Research** 91:65-96. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.10.002>

Mesquita CD, Rezende JD, Carvalho JS, Fabri Júnior MA, Moraes NC, Dias PT, ... Araújo WG (2016) Manual do café: colheita e preparo (*Coffea arabica* L.). Belo Horizonte: EMATER-MG, p. 1-56. Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/livro_colheita_preparo.pdf

Oliveira Aparecido LE, Rolim GDS, Moraes JRDSCD, Valeriano TTB, Lense GHE (2018) Maturation periods for *Coffea arabica* cultivars and their implications for yield and quality in Brazil. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 98:3880-3891. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8905>

Petek MR, Sera T, Fonseca ICDB (2009) Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *Coffea arabica*. **Bragantia** 68:169-181. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000100018>

Pezzopane JRM, Pedro Júnior MJ, Thomaziello RA, Camargo MBP (2003) Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia** 62:499-505. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052003000300015>

Pinto HS, Zullo Junior J, Assad ED, Brunini O, Alfonsi RR, Coral G (2001) Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia** 9:495-500.

Raij B, Fernandes DR, Oliveira EG, Malavolta E. (1997) Café. In: Raij B, Cantarella H, Quaggio JA, Furlani AMC (eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, p. 97-101. (Boletim Técnico, 100).

Rena AB, Maestri, M (1987) Ecofisiologia do cafeeiro. In.: Castro PRC, Ferreira SO, Yamada T (Eds.) **Ecofisiologia da Produção Agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 119-147.

Rolim GS, Camargo MBPD, Lania DG, Moraes JFLD (2007) Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia** 66:711-720. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400022>

Rolim GS, Oliveira Aparecido LE, Souza PS, Lamparelli RAC, Santos, ER (2020) Climate and natural quality of *Coffea arabica* L. drink. **Theoretical and Applied Climatology** 141:87-98. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03117-3>

Romano LS, Giomo GS, Coelho AP, Filla VA, Lemos, LB (2022) Characterization of Yellow Bourbon coffee strains for the production of differentiated specialty coffees. **Bragantia** 81:e2222. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20210236>

Rosner B (1983) Percentage Points for a Generalized ESD Many-Outlier Procedure. **Technometrics** 25:165-172. <https://doi.org/10.2307/1268549>

Sakai E, Barbosa EAA, Carvalho Silveira JM, Matos Pires RC (2015) Coffee productivity and root systems in cultivation schemes with different population arrangements and with and without drip irrigation. **Agricultural Water Management** 148:16-23. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.08.020>

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbreras JF, Coelho MR, Cunha TJF (2018) **Sistema brasileiro de classificação de solo**, 5ª ed. Brasília, DF: Embrapa. 356 p.

SCAA, 2015. SCAA Protocols. **Cupping Specialty Coffee**. 10 p.

Severino LS, Sakiyama NS, Pereira AA, Miranda GV, Zambolim L, Barros UV (2002) Associações da produtividade com outras características agrônômicas de café (*Coffea arabica* L. "Catimor"). **Acta Scientiarum. Agronomy** 24:1467-1471.

Silva VA, Rezende JCD, Carvalho AMD, Carvalho GR, Rezende TT, Ferreira AD (2016) Recuperação de cultivares de café submetidas ao esqueletamento aos quatro anos e meio de idade. **Coffee Science** 11:55-64.

Teixeira AL, Souza FDF, Pereira AA, Oliveira ACBD, Rocha RB (2015) Selection of arabica coffee progenies tolerant to heat stress. **Ciência Rural** 45:1228-1234. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130317>

Teles CRA, Behrens JH (2020) The waves of coffee and the emergence of the new Brazilian consumer. Almeida LF, Spers EE (Eds.) **Coffee Consumption and Industry Strategies in Brazil**, Sawston: Woodhead Publishing, p. 257-274. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814721-4.00009-3>

Waller JM, Bigger M, Hillocks RJ (2007) World coffee production. **Coffee pests, diseases and their management**. Wallingford: CABI. p. 17–33.

WeldeMichael G, Teferi D (2020) The Impact of Climate Change on Coffee (*Coffea Arabica* L.) Production and Genetic Resources. **International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences** 5:26-34. <http://dx.doi.org/10.20431/2454-6224.0511004>

CAPÍTULO 4 – Responsividade de cultivares de café arábica à poda de esqueletamento em região de baixa altitude

RESUMO – O esqueletamento é um tipo de poda que ao cortar os ramos laterais (plagiotrópicos), permite o revigoramento das plantas por meio da renovação dos ramos produtivos do cafeeiro. O sucesso dessa técnica/sistema de produção (“safra-zero”) depende de vários fatores, como: condições de clima e solo do local, idade das plantas, distância do corte do ramo lateral até o ramo ortotrópico, época de realização, tratos culturais após a poda e principalmente da cultivar. Objetivou-se identificar as cultivares de café arábica com maior responsividade à poda de esqueletamento com características produtivas e qualitativas desejáveis, em região de baixa altitude. O experimento está localizado no nordeste do estado de São Paulo, Brasil, em área a 565 m de altitude. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, onde os tratamentos foram constituídos por 17 cultivares de café arábica de porte baixo. As cultivares de café diferem quanto à resposta à poda de esqueletamento e decote em região de baixa altitude. IAC Catuaí SH3, IAC Ouro Verde, IAC Obatã 4739, Tupi IAC 1669-33, Catiguá MG1, Oeiras MG 6851, Pau-Brasil MG1, Sacramento MG1, IPR 99, IPR 103 e Sabiá Tardio apresentaram responsividade à poda. As cultivares Obatã IAC 4739, Tupi IAC 1669-33 e Catuaí SH3 se destacaram quanto à produtividade, com valores médios entre 40 a 50 sacas ha⁻¹, considerando o ano de safra-zero. A cultivar Obatã IAC 4739 também produziu grãos com maior massa de cem grãos e retenção de grãos na peneira 17. Todas as cultivares apresentam bebidas com notas de 79 a 82,5 na escala SCA.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L., genótipos, produtividade, qualidade de grãos, revigoramento de plantas, safra-zero

4.1 Introdução

O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo, com produção que movimentam mais de 30 bilhões de dólares (OEC, 2020) e, envolve mais de 25 milhões de produtores (Waller et al., 2007). O Brasil é o maior produtor e exportador mundial (ICO, 2021), predominando no país o cultivo da espécie *Coffea arabica* L., sendo uma das *commodities* mais importantes para o país.

Os sistemas de cultivo atuais, mais intensivos, e com maior população de plantas por área, suscitaram novos desafios. Tornou-se mais comum a perda de ramos produtivos inferiores, o esgotamento de plantas e a acentuação da bienalidade produtiva, sendo necessário renovar os tecidos a fim de proporcionar o retorno ao equilíbrio fisiológico da planta (Thomaziello e Pereira, 2008).

A poda de esqueletamento vem sendo amplamente utilizada por produtores para a correção desses problemas e renovação das lavouras. É uma poda drástica dos ramos plagiotrópicos, associada com o decote da planta. É indicada em lavouras em fechamento, depauperadas, com perdas produtivas, atingidas por geada e lavouras no sistema adensado mecanizável (Matiello et al., 2020).

A prática da poda de esqueletamento está associada ao sistema de produção “safra-zero”, caracterizado pela ausência da colheita na safra do ano posterior à poda, devido ao crescimento dos ramos e formação de novas gemas. A ausência de safra reduz gastos com a colheita, que é o fator mais oneroso no cultivo de café (Matiello et al., 2020), reduzindo custos em anos de preços baixos pagos pela saca de café. Além disso, com a revigoração da planta, é possível obter produtividades mais altas, que compensam a ausência de produção no ano de safra-zero.

Alguns trabalhos demonstraram que os genótipos e cultivares de café respondem de maneira distinta à essa prática de manejo (Carvalho et al., 2013; Silva et al., 2016; Reis et al., 2018; Nadaleti et al., 2018; Lage Maia et al., 2020), existindo materiais com maior responsividade e capacidade de recuperação. A eficiência desse manejo é influenciada pela cultivar, ambiente, e idade da planta. Entretanto, já foram registradas cerca de 140 cultivares no Brasil (Carvalho et al., 2022b), e há carência de informações sobre quais seriam as mais adaptadas a esse tipo de manejo em regiões marginais, de baixa altitude.

A produção de café é limitada por altas temperaturas e por déficit hídrico acentuado, sendo os dois principais atributos no zoneamento agroclimático (Pinto et al., 2001). A limitação hídrica pode ser contornada pelo uso de irrigação, porém a restrição térmica é um fator que pode tornar uma região marginal ou inapta ao cultivo. Porém, algumas pesquisas em regiões com elevadas temperaturas têm demonstrado a boa responsividade de algumas linhagens e cultivares de café, indicando melhor adaptação a esses ambientes (Teixeira et al., 2015; Carvalho et al., 2022a). A possibilidade do cultivo nesses ambientes promoveria maior diversidade de produção, geração de empregos e renda para os agricultores dessas regiões, visto que a cultura do café apresenta rentabilidade inclusive em pequenas propriedades.

A maior parte dos estudos sobre a responsividade à poda foram conduzidos em locais com maiores altitudes e clima mais favorável ao cultivo do café arábica. O cultivo em regiões de baixa altitude, com maiores temperaturas e elevada incidência de radiação solar promove maior crescimento e alta produtividade, além de maior estresse em cafeeiros (Matiello et al., 2019). Neste cenário, a prática da poda é imprescindível ao produtor, a fim de garantir maior produtividade e longevidade das lavouras.

Soma-se a isso as mudanças no mercado de cafés, o qual está em transição para uma nova onda, caracterizada pela busca dos consumidores por novas experiências com a bebida (Teles e Behrens, 2020), e a demanda por cafés com maior qualidade tem apresentado crescimento nos últimos anos. Sendo assim, produtividades elevadas, associadas à obtenção de cafés com qualidade superior são os dois principais objetivos do cafeicultor.

Diante disso, o objetivo com este estudo é identificar as cultivares de café arábica com maior responsividade à poda de esqueletamento e características produtivas e qualitativas desejáveis, em região de baixa altitude.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Descrição da área experimental e caracterização agroclimatológica

O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP – Câmpus de Jaboticabal (SP). Está localizado na latitude 21°14'30.23" Sul e longitude de 48°17'51.66" Oeste de Greenwich, na altitude de 565 m (Figura 1). O clima é classificado como Aw (tropical úmido com estação chuvosa no verão e inverno seco), segundo classificação de Köppen (Rolim et al., 2007).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (Santos et al., 2018). Este possui textura argilosa, sendo os teores de argila, silte e areia na camada 0,00-0,20 m de 533, 193 e 274 g kg⁻¹, respectivamente.

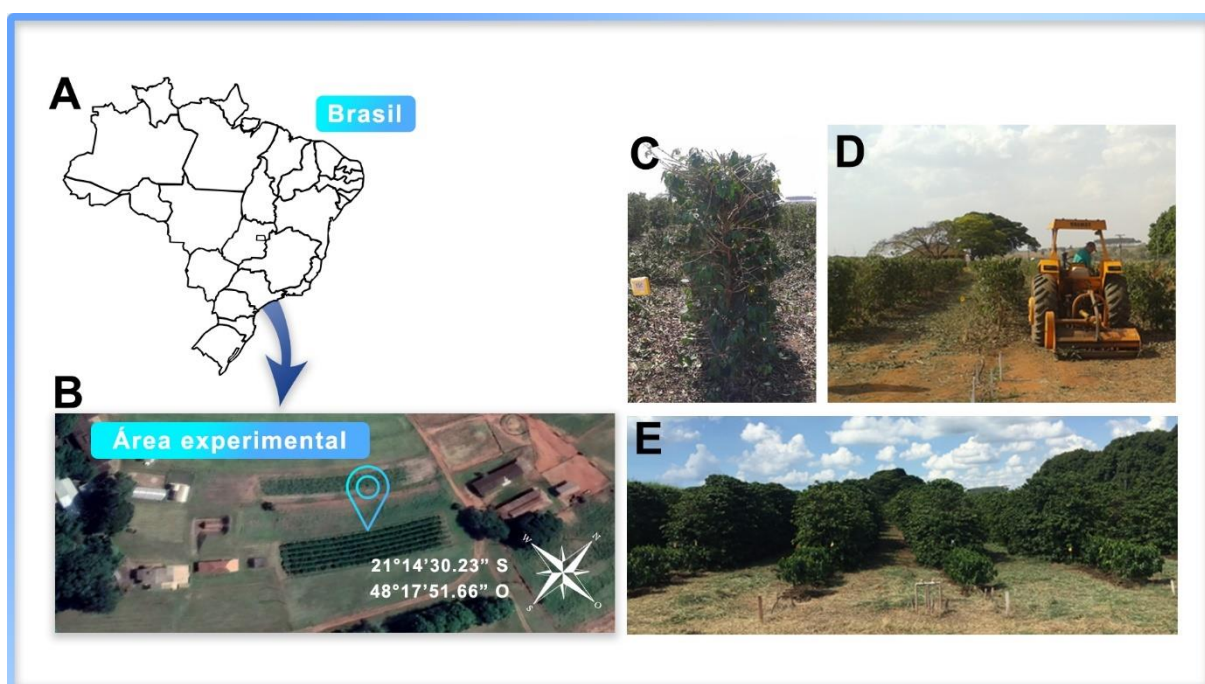


Figura 1. Localização geográfica da área experimental (A e B) para avaliar a performance quantitativa e qualitativa das 17 cultivares de *Coffea arabica* de porte baixo; planta de café submetida à poda de esqueletamento e decote (C); trituração dos restos culturais podados (D); crescimento vegetativo das plantas x meses após a poda (E).

Baseando-se nos dados médios de 1971 a 2014 (Tabela 1A), a temperatura média anual (Tm) do município é de 22,3 °C, a temperatura média do mês de novembro (Tn) é de 24 °C e precipitação anual de 1417 mm (Estação Agroclimática

da Unesp de Jaboticabal). Constata-se pelos dados médios apresentados uma limitação ao cultivo de café nessa região, que seria a restrição térmica. A T_m está na faixa de restrição, segundo o critério de Pinto et al. (2001), entre 22 e 23 °C. A T_n está no limite adotado pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), de 24 °C (Brasil, 2011). A classificação da região passaria de “apta”, de acordo com Pinto et al. (2001) para “marginal com restrição térmica”. Os dados de temperatura e precipitação das quatro primeiras safras de café são apresentados na Figura 2.

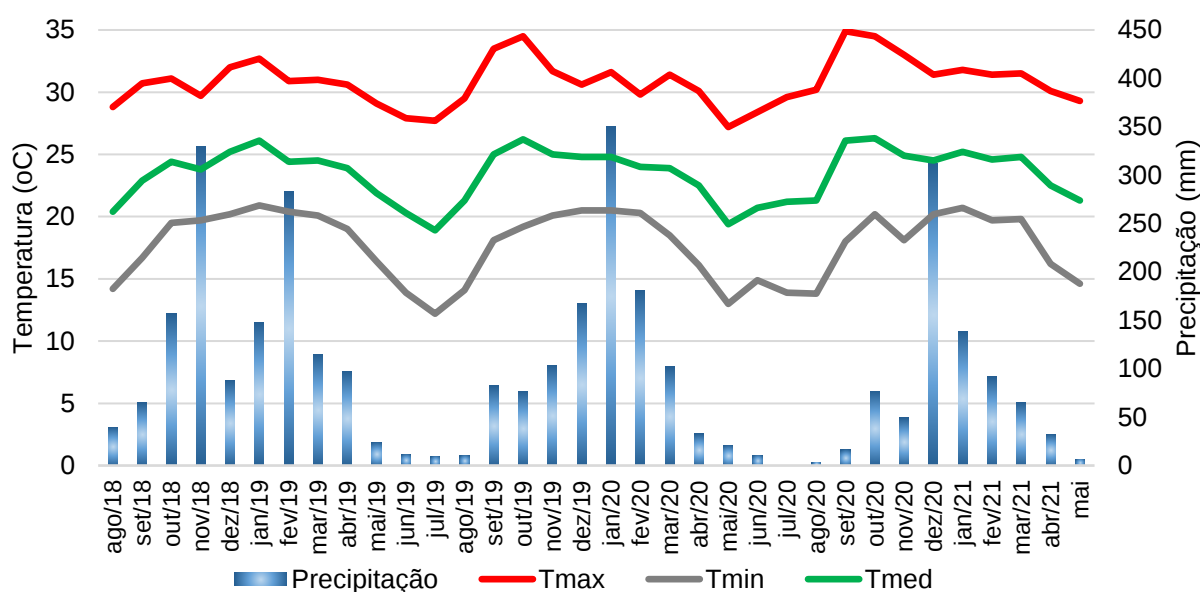


Figura 2. Dados médios de temperatura máxima, mínima e média (T_{max} , T_{min} , T_{med}) e precipitação dos anos de formação. Jaboticabal, SP.

O déficit hídrico anual médio de Jaboticabal entre 1971 e 2000 foi de 56 mm (Figura 3A; Tabela 1A), não havendo restrição hídrica para o cultivo, segundo os critérios utilizados em zoneamentos agroclimáticos do café (Pinto et al., 2001; Brasil, 2011). Porém, durante o período experimental (2019 a 2021), o déficit hídrico anual médio foi de 281 mm (Tabela 3A), estando bem acima de 150 mm, caracterizando restrição hídrica, sendo necessário o indicado o fornecimento de água via irrigação (Matiello, 2008).

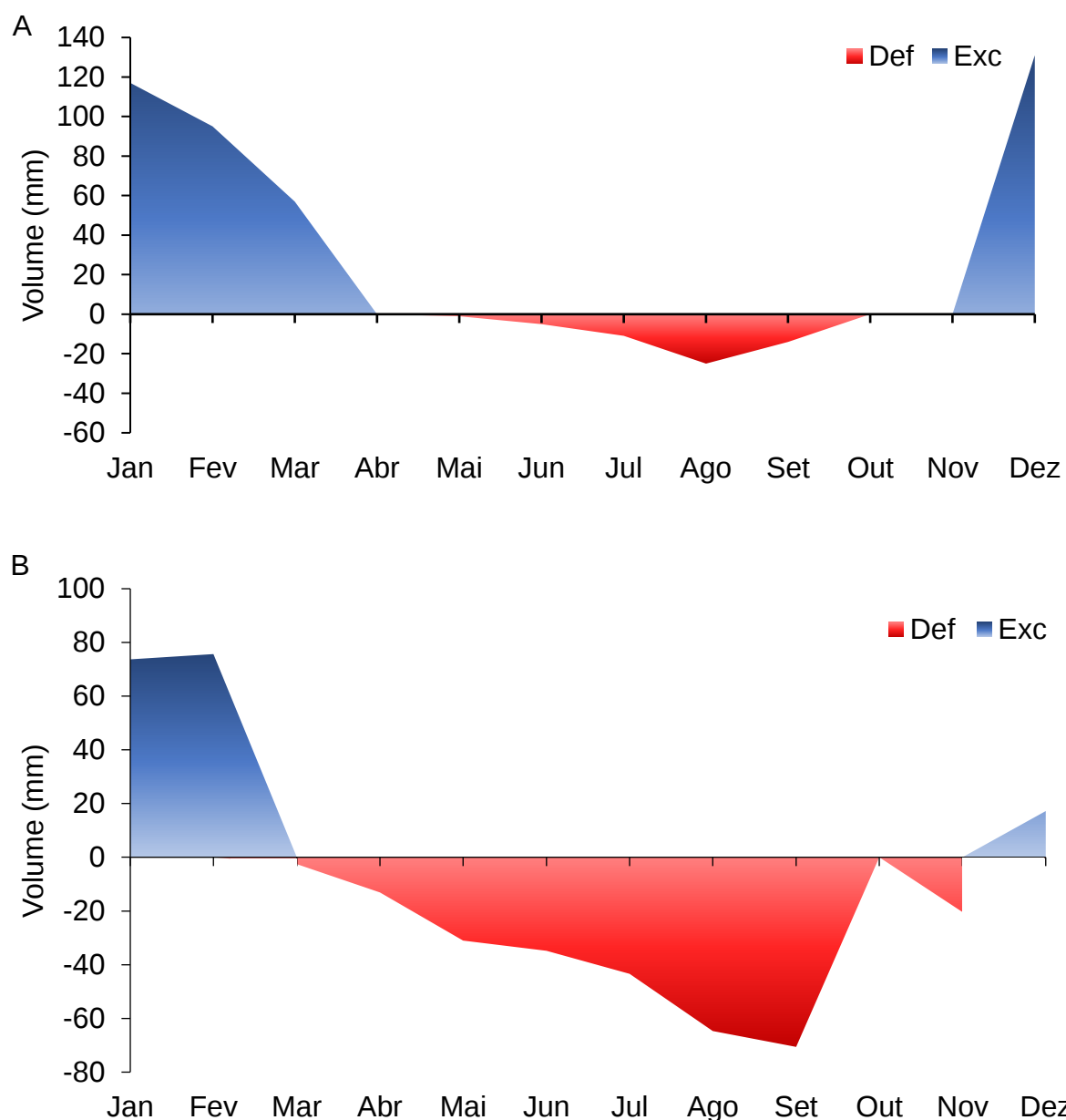


Figura 3. Balanço hídrico climatológico do período de 1971 a 2000 (A) e durante o período experimental (2019 a 2021) (B). Jaboticabal, SP. Def: déficit hídrico; Exc: excesso hídrico. Jaboticabal, SP.

4.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi implantado segundo o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram 17 cultivares de café arábica de porte baixo, sendo: IAC Catuaí SH3, Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 99, IAC Ouro Verde, IAC Ouro Amarelo, IAC Obatã 1669-20, Obatã IAC 4739, Tupi IAC 1669-33, Tupi RN 125, Catiguá MG1, Oeiras MG 6851, Pau-Brasil MG1, Sacramento MG1,

IPR 99, IPR 100, IPR 103 e Sabiá Tardio. As mudas foram produzidas em sistema de tubetes com substrato artificial a base de fibra de coco, turfa e fertilizante de liberação lenta e plantadas com 5 pares de folhas. O plantio das mudas foi realizado em abril de 2013.

Na área experimental foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento, com emissores autocompensantes distanciados em 0,50 m entre si, pressão de serviço de 150 kPa (15 mca) e vazão de 1,6 L h⁻¹. O manejo de irrigação adotado foi o suplementar. O turno de rega foi de 7 dias, com lâmina de 15 a 20 mm por semana, no decurso da estação seca. Em períodos de veranico durante a estação chuvosa, o sistema também era acionado. Durante o mês de julho até a primeira quinzena de agosto era realizada a supressão da irrigação a fim de promover estresse hídrico controlado antes da antese (Custódio, 2012).

Foi realizado o manejo integrado de plantas daninhas através da capina manual, controle mecânico (roçadora e desintegrador de plantas) e químico (Tabela 6A). O tratamento fitossanitário foi realizado pela aplicação de produtos recomendados para a cultura do café (Tabela 6A).

Cada parcela experimental foi constituída por uma linha de café de quatro metros de comprimento, com oito plantas espaçadas a 0,50 m entre plantas e 3,5 m entre linhas. Utilizou-se a cultivar Acauã como bordadura do experimento. Em todo o experimento semeou-se a lanço braquiária (*Urochloa ruziziensis*) nas entrelinhas, com intuito de formar cobertura vegetal na superfície do solo, evitando erosão.

Após a quarta safra (2017/2018), por meio de observações a campo, verificou-se que a maioria das cultivares apresentavam pequena produção de ramos secundários, provavelmente em razão da safra alta e da condição climática marginal da região, devido às elevadas temperaturas. No dia 10 de setembro de 2018 realizou-se poda de esqueletamento a 40 cm do caule (ramo ortotrópico), seguida de decote a 1,60 m de altura, utilizando motosserra. O material vegetal resultante da poda foi colocado nas entrelinhas do experimento e foi processado com triturados de resíduos (trincha). Logo após a poda, a braquiária foi dessecada e, no dia 5 de novembro de 2018, o solo foi escarificado e posteriormente foi semeada crotalária-spectabilis (*Crotalaria spectabilis*). A crotalária foi roçada 65 dias após a semeadura, e em 30 de janeiro de 2019 foi realizada uma nova semeadura de braquiária. Foram realizadas

desbrotas anualmente na cultura do café. As adubações dos anos de produção foram realizadas de acordo com as recomendações para a cultura (Raij et al., 1997), sendo descritas no tópico Material e Métodos do Capítulo 2 da presente tese.

Tabela 1. Atributos químicos do solo (camada 0,00 – 0,20 m) das duas safras após a poda de esqueletamento/decote, realizada em setembro/2018. Jaboticabal, SP.

Safra	pH	M.O.	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	-(mg dm ⁻³)-	------(mmol _c dm ⁻³)-----						(%)	
1ª Safra	6,0	21	242	14	3,6	36	16	18	55,6	74	75
2ª Safra	5,9	24	224	18	7,0	50	20	18	77,0	95	81
Micronutrientes											
Safra	B		Cu		Fe		Mn		Zn		
	(mg dm ⁻³)										
1ª Safra	0,81		1,8		22		21,3		9,1		
2ª Safra	3,91		1,6		12		12,2		10,0		

¹ 1ª Safra: ano agrícola 2019/2020; 2ª safra: ano agrícola 2020/2021. Fonte: Ribersolo – Laboratórios de Análises Agrícolas, Ribeirão Preto, SP.

4.2.3 Avaliações de campo de laboratório

Foram realizadas as seguintes avaliações:

Altura da planta (cm) - medida com auxílio de régua graduada, do chão, próximo ao colo da planta, até o meristema apical;

Diâmetro da copa (cm) - realizada utilizando-se uma régua graduada para medição, passando pelo meristema apical no sentido perpendicular a linha de plantio;

Grau de maturação dos frutos (%) - foram coletados em cada parcela 1 L de café cru da roça, utilizado para classificação e quantificação dos frutos tipo verde, verde-cana, cereja, passa e seco, conforme descrito em Pezzopane et al. (2003).

O volume total de frutos colhidos em cada parcela foi quantificado, separando-se de 10 L de café cru da roça (frutos recém-colhidos) para secagem ao sol em peneiras.

Após seco, o volume de café coco foi beneficiado e utilizado para o estabelecimento da produtividade de grãos, renda de benefício e coleta das amostras necessárias para as avaliações de classificação quanto ao tamanho e formato, massa de 100 grãos e defeitos conforme descrito a seguir:

Produtividade (sacas ha⁻¹) e renda de benefício (%) - depois da colheita e homogeneização dos frutos, foi medido o volume total de café derriçado em cada parcela, no qual foram coletados 10 L de café cru da roça, para secagem ao sol em terreiro de concreto, utilizando-se peneiras adequadas para separar os frutos de cada parcela experimental, até que estes atingissem teor de água em base úmida (b.u.) na faixa entre 11 e 12,5%. Após a secagem, o café coco foi beneficiado, passando-se 5 vezes cada amostra em um descascador Pinhalense®. A partir do peso do café grão cru, obtido após o beneficiamento e a correção da umidade em b.u. para 12,5%, estimou-se a produtividade (em sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare) e a renda de benefício (volume de café coco convertido em grãos de café beneficiado).

Avaliou-se a responsividade das cultivares à poda de esqueletamento de três formas:

- **R1:** razão da produtividade média do biênio pós-poda em relação à produtividade média das quatro safras anteriores ao esqueletamento.
- **R2:** razão da produtividade média do biênio pós-poda em relação à produtividade média das duas safras anteriores ao esqueletamento.
- **R3** razão entre a média de produtividade das quatro safras anteriores à poda e a média das safras após o esqueletamento, considerando o ano de “safra-zero”. É importante ressaltar que para o cálculo de R3, a produção de duas safras foi dividida por 3 anos agrícolas – a poda foi realizada em 2019, não havendo produção no ano seguinte.

Classificação dos grãos por tamanho e formato (%) - foram pesados 100 g de café grão de cada parcela e despejados sobre um conjunto de peneiras dispostas na seguinte ordem: peneira redonda 17 (grão chato), peneira redonda 15 (grão chato), peneira oblonga 10 (grão moca), peneira redonda 13 (grão chato) e fundo (paus, pedras, grãos quebrados entre outros). Após o peneiramento quantificou-se a massa de grãos retida em cada peneira e estabeleceu-se a porcentagem de grãos por tamanho e formato contidos em cada amostra.

Grãos defeituosos (%) - na mesma amostra coletada para classificação por tamanho e formato, foram selecionados e pesados os grãos pretos, verdes e ardidos, para o estabelecimento do percentual destes defeitos em cada parcela.

Massa de 100 grãos tipo chato (g) - foram selecionadas e contadas 4 amostras de 100 grãos tipo chato em cada parcela. A média das amostras foi utilizada para o estabelecimento da massa de 100 grãos.

Análise sensorial - A análise sensorial foi realizada seguindo uma adaptação da metodologia da *Specialty Coffee Association* (SCA) (Lingle, 2011), realizada por um provador de cafés especiais (*QGrader*), habilitado e certificado pelo *Coffee Quality Institute* (CQI). Foram atribuídas notas, no intervalo de 7 a 10 pontos, para os atributos: fragrância/aroma, acidez, corpo, sabor, sabor residual, doçura, balanço e impressão global. Para uniformidade e xícara limpa foram atribuídas notas máximas, pois as amostras já haviam passado por um rigoroso processo de seleção. A torra do café correspondeu a 58 pontos da escala Agtron para o grão inteiro, e 63 pontos para o grão moído. Em cada avaliação foram degustadas cinco xícaras de café representativas de cada parcela experimental, realizando-se uma sessão de análise sensorial para cada repetição, totalizando três repetições para cada tratamento. Os resultados da avaliação sensorial foram expressos em uma escala de 80-100. A descrição do perfil sensorial - onde são registrados os aromas e sabores predominantes em cada amostra - das cultivares que apresentaram pelo menos um aroma e ou sabor predominante em todas as três repetições foram agrupadas e destacadas nos resultados.

4.2.4 Análises dos dados

4.2.4.1 Análise univariada

Os dados foram submetidos à análise de *outliers* pelo teste generalizado ESD (Rosner, 1983) e verificou-se se os pressupostos da análise de variância (ANOVA) (normalidade dos resíduos, pelo teste de Levene e homogeneidade das variâncias, pelo teste de Jarque-Bera) foram atendidos. Quando um dos pressupostos foi violado, realizou-se a transformação dos dados, para atender os requisitos da ANOVA. Os dados foram analisados por meio de ANOVA um fator (*One-Way ANOVA*). Quando o teste F foi significativo ($p < 5\%$), foi realizado teste de agrupamento de Scott-Knott

para comparação de médias. As análises foram feitas utilizando-se o software SpeedStat® (SPEED Stat, UFV, Viçosa, Brasil).

4.2.4.2 Análise multivariada

Devido à estrutura de dependência das variáveis analisadas, foi aplicada a análise exploratória multivariada por componentes principais (Hair Jr, 2009) visando plotar a distribuição das cultivares de café arábica em duas dimensões e agrupar as variáveis em novas variáveis latentes (componentes principais). Essa análise foi realizada com o objetivo de identificar as cultivares que se diferenciaram das demais para os atributos morfológicos. A análise foi realizada utilizando a média das repetições de cada variável para cada cultivar.

As variáveis utilizadas nessa análise foram: porcentagem de grãos verde e verde-cana (V+VC), cereja (C) e passa e seco (P+S), rendimento de benefício (RB), massa de cem grãos (MCG), grãos retidos nas peneiras 17 (P17), 15 (P15) e 13 (P13), produtividade média do biênio pós-poda (PROD), porcentagem de grãos moca (Moca), porcentagem de defeitos (PVA). Antes da análise, todas as variáveis foram padronizadas, gerando média nula e variância unitária. A escolha do número de componentes principais foi em função do critério de Kaiser, utilizando-se aqueles com autovalores acima de 1,0 (Kaiser, 1958). Os autovalores foram extraídos da matriz de covariância das variáveis originais. Variáveis com escores superior a 0,600 foram consideradas relevantes para a explicação dentro cada componente principal.

Para a identificação das linhagens com características específicas, foram plotadas elipses que abrangeram os valores dos eixos X e Y variando entre -1,96 a 1,96. Esses valores se referem ao valor Z da distribuição normal, em que, valores menores do que -1,96 e superiores a 1,96 indicam pontos com características específicas a 5% de probabilidade. Assim, foi possível identificar as cultivares com características específicas para cada componente principal, conforme realizado por Romano et al. (2022). As análises estatísticas multivariadas foram realizadas no software Statistica®, versão 7.0 (StatSoft, Tulsa, EUA).

4.3 Resultados e Discussão

Foram obtidos três grupos em relação à produtividade da 1ª safra após a poda (P1E). As cultivares mais produtivas foram a SH3, Tupi, IAC125, Oeiras, PBr, IPR99, IPR100, IPR103 e Sabiá, com produtividades entre 46 e 55 sacas ha⁻¹. ObA e Catiguá foram as menos produtivas, com 13,5 e 15,1 sacas ha⁻¹ (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios da produtividade de grãos (sacas ha⁻¹) das cultivares de café arábica nas safras precedentes (P4: média das quatro primeiras safras; PBA: média do biênio anterior à poda) e posteriores à poda de esqueletamento e decote (P1E: média da primeira safra pós poda; P2E: média da segunda safra pós poda; PBE: média do biênio pós poda); R1: relação entre P4S e PBE (%); R2: relação entre PBA e PBE (%); R3: relação entre PBA e PBE (considerando o ano de “safra-zero”) (%). Jaboticabal, SP.

Cultivar	P4S	PBA	P1E	P2E	PBE	R1	R2	R3
SH3	43,6 b	51,1 a	46,0 a	78,1 b	62,0 a	146	124	97
CA62	46,0 a	53,8 a	27,6 b	72,8 b	50,2 b	109	93	73
CA99	48,8 a	58,0 a	33,4 b	72,0 b	52,7 b	108	91	72
OrV	44,8 b	47,5 b	34,2 b	75,2 b	54,7 b	121	114	81
OrA	48,9 a	56,5 a	34,3 b	77,6 b	55,9 b	117	103	78
ObV	49,1 a	59,0 a	30,5 b	76,1 b	53,3 b	110	90	73
ObA	47,0 a	57,7 a	13,5 c	129,0 a	71,3 a	153	123	102
Tupi	50,2 a	56,6 a	55,5 a	76,8 b	66,2 a	133	117	88
IAC125	46,8 a	57,2 a	51,0 a	43,8 c	47,4 b	102	84	68
Catiguá	29,1 d	39,0 b	15,1 c	88,3 b	51,7 b	177	132	118
Oeiras	34,7 c	41,0 b	49,9 a	60,2 c	55,1 b	160	135	106
PBr	37,3 c	42,9 b	44,5 a	65,4 b	55,0 b	148	129	99
Sacr	26,7 d	33,6 b	30,1 b	57,7 c	43,9 b	165	131	110
IPR99	40,2 b	41,5 b	48,8 a	55,8 c	52,3 b	131	126	87
IPR100	51,6 a	54,0 a	45,3 a	41,6 c	43,4 b	83	80	55
IPR103	41,6 b	44,9 b	49,1 a	56,4 c	52,7 b	128	119	85
Sabiá	36,7 c	37,8 b	51,0 a	56,2 c	53,6 b	151	145	101
F	13,72**	9,58**	4,12**	8,16**	2,57**	4,46**	3,74**	4,46**
CV	9,24	11,1	31,59	19,79	16,26	18,34	18,13	18,34
Média	42,54	48,95	38,8	69,6	54,2	132	114	88

SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5%. **Significativo a 1% de probabilidade.

Na safra seguinte (P2E) as cultivares também foram separadas em três grupos. A cultivar ObA se destacou isoladamente, com produtividade média de 129 sacas ha⁻¹. No segundo grupo foram agrupadas as demais cultivares do IAC, com produtividades entre 72 e 78 sacas ha⁻¹, além de duas cultivares do EPAMIG – Catiguá e PBr – que também apresentaram boas produtividades (88 e 65 sacas ha⁻¹, respectivamente).

Analisando a média geral de ambas as safras após o esqueletamento (Tabela 2), as cultivares com melhor desempenho foram a SH3, ObA e Tupi, com produtividades de 62, 71 e 66 sacas ha⁻¹, respectivamente. As demais cultivares foram alocadas no grupo inferior, com produtividades na faixa entre 43 a 56 sacas ha⁻¹.

A maior parte das cultivares apresentou ganho de produtividade após a poda. O incremento médio de produtividade foi de 32 e 14% em relação à média das quatro primeiras safras (R1) e ao biênio anterior à poda (R2), respectivamente (Tabela 2).

Em relação ao biênio precedente à poda (R2), as cultivares que apresentaram ganho de produtividade após o esqueletamento foram: SH3 (24%), OrV (14%), ObA (23%), Tupi (17%), Catiguá (32%), Oeiras (35%), PBr (29%), Sacr (31%), IPR99 (26%), IPR 103 (19%) e Sabiá (45%). As demais cultivares mantiveram ou apresentaram decréscimo de produção, sendo a CA, CV, OrA, ObV, IAC125 e IPR100, não mostrando responsividade à poda.

Os dados de R3 (Tabela 2) podem ser separados em dois grupos, sendo o superior composto pelas cultivares mais responsivas à poda, que mantiveram a produção média ou que apresentaram incremento de produtividade, mesmo considerando o ano sem produção. SH3, ObA, PBr e Sabiá apresentaram médias similares ao histórico de produção anterior, e Catiguá, Sacr e Oeiras apresentaram incrementos de 18, 10 e 6% de produtividade.

A produção acumulada (Figura 2A) – resultante da soma das duas safras após a poda –, foi dividida em dois grupos de cultivares. Os maiores valores foram de 143, 132 e 124 sacas ha⁻¹ para as cultivares ObA, SH3 e Tupi, respectivamente. Considerando um período de 3 anos agrícolas – visto que não houve produção no ano seguinte à poda, apenas desenvolvimento vegetativo –, foram obtidas produtividades médias anuais de 41, 48 e 44 sacas ha⁻¹ para as cultivares SH3, ObA e Tupi (Figura 2B).

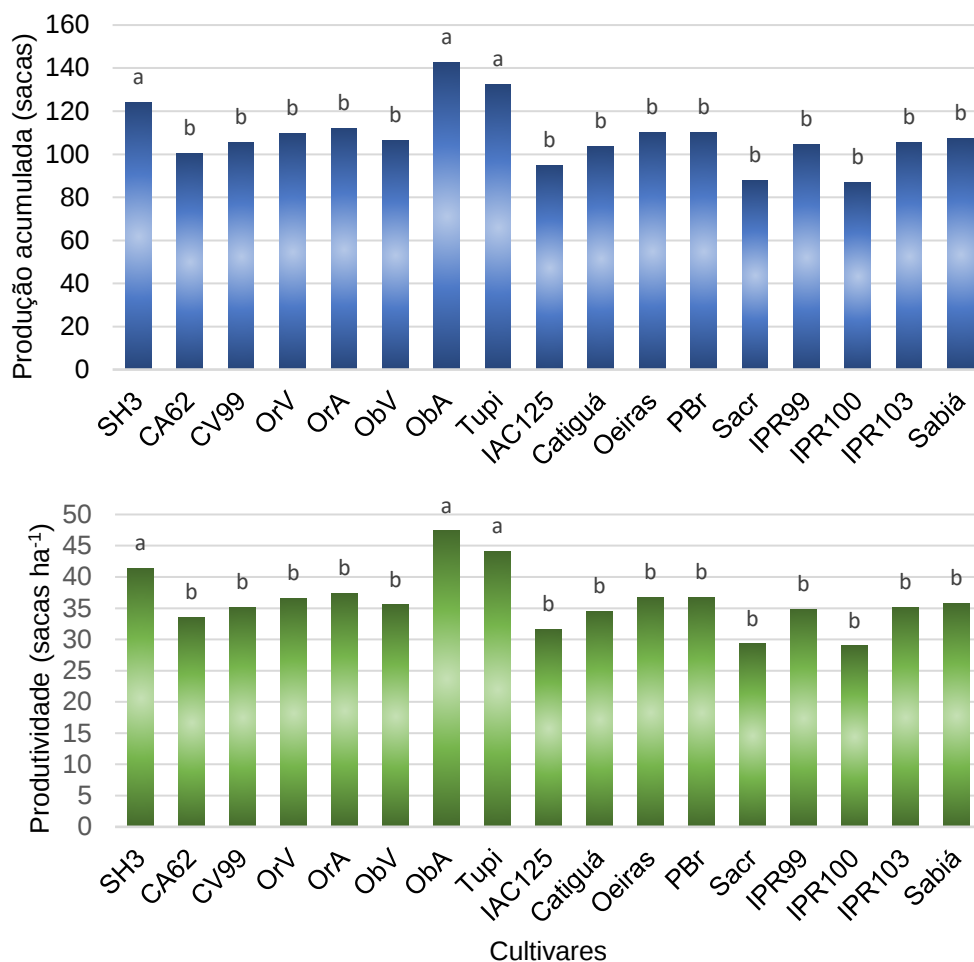


Figura 2. Produção acumulada (A) e produtividade das duas safras após poda de esqueletamento de cultivares de café arábica de porte baixo considerando 3 anos agrícolas (ano de safra-zero mais duas colheitas pós esqueletamento). Jaboticabal, SP. SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio.

Para lavouras irrigadas, a média de produtividade situa-se entre 40 a 50 sacas ha⁻¹ (Sakai et al., 2015), demonstrando o elevado potencial produtivo destas 3 cultivares, ficando dentro da faixa recomendada para esse sistema de produção, ainda mais por se tratar de cultivo em região de baixa altitude. As demais cultivares apresentaram médias inferiores a 40 sacas ha⁻¹, considerando a média de três anos agrícolas, e foram inferiores estatisticamente.

Portanto, essas cultivares atingiram produtividades dentro ou acima da média das safras anteriores, sem haver a necessidade de colheita de uma safra, resultando

em menores gastos ao produtor, pois a colheita é o fator mais oneroso para o custo de produção do café. A colheita manual, por exemplo, requer cerca de 50% da mão-de-obra empregada anualmente e envolve de 25 a 35% do custo de produção do café (Matiello et al., 2020).

O esqueletamento também pode ser adotado a fim de evitar colheitas em anos com expectativa baixa de produtividade e de preços desfavoráveis do café, além de economia com gastos com mão-de-obra, visto que a colheita é o elemento mais oneroso no seu cultivo (Japiassú et al., 2010). Além disso, a implementação do sistema “safra-zero” elimina colheitas em anos alternados, reduzindo gastos com a mão-de-obra (Matiello et al., 2020).

Obteve-se menor produtividade média na 1ª safra após a poda de esqueletamento em relação à safra seguinte. Na 1ª safra, a média geral foi de apenas 38,8 sacas ha⁻¹. Em compensação, na safra seguinte, a produtividade média foi de 69,6 sacas ha⁻¹, com aumento de 79% da produtividade média em relação à safra anterior (Tabela 2).

Destaca-se que as plantas apresentaram desenvolvimento vegetativo adequado no período de crescimento pós-poda, que pode ser evidenciado pelos valores de AP e DCo (Tabela 3), indicando que houve o revigoramento das mesmas. Porém, foram registradas altas temperaturas após a antese em ambas as safras (Tabela 8A), prejudicando a fertilização e o pegamento dos chumbinhos. Na 1ª safra, foram registradas temperaturas mais intensas após a primeira florada, que é a mais abundante. Na 2ª safra após o esqueletamento, também houve elevadas temperaturas na fase de pós-florescimento, porém com temperaturas mais intensas após a terceira florada, que foi menos abundante, o que explicaria a maior produtividade em relação à safra anterior.

As cultivares com maior crescimento vegetativo (maior AP e DCo) foram: CA62, CV99, OrV, OrA, ObA e Sacr (Tabela 3). A avaliação do crescimento da AP e DCo não necessariamente é um indicativo seguro das cultivares que serão mais produtivas. Dos cinco genótipos com maior crescimento em AP e DCo, apenas um (ObA) ficou no grupo dos materiais mais produtivos (Tabela 2; Figura 2).

Tabela 3. Altura de planta (AP, m), diâmetro de copa (DCo, m) na primeira e segunda safra após a poda de esqueletamento e decote. Jaboticabal, SP.

Cultivar	AP	DCo	AP	DCo
	1ª Safra		2ª Safra	
SH3	2,42 a	2,01 a	2,48 b	2,14 a
CA62	2,50 a	1,96 a	2,70 a	2,11 a
CV99	2,45 a	1,92 a	2,67 a	2,12 a
OrV	2,39 b	1,94 a	2,61 a	2,22 a
OrA	2,53 a	2,02 a	2,69 a	2,14 a
ObV	2,32 b	1,92 a	2,53 b	2,04 b
ObA	2,53 a	2,05 a	2,73 a	2,15 a
Tupi	2,34 b	1,81 b	2,53 b	2,12 a
IAC125	2,32 b	1,69 c	2,49 b	1,98 b
Catiguá	2,43 a	1,66 c	2,68 a	1,96 b
Oeiras	2,30 b	1,62 c	2,51 b	1,95 b
PBr	2,40 b	1,83 b	2,63 a	1,98 b
Sacr	2,54 a	1,75 b	2,63 a	2,22 a
IPR99	2,39 b	2,03 a	2,44 b	2,09 a
IPR100	2,30 b	2,01 a	2,43 b	2,15 a
IPR103	2,32 b	1,80 b	2,54 b	2,08 a
Sabiá	2,29 b	1,62 c	2,38 b	1,86 b
F	2,63*	8,82**	4,97**	3,06**
CV	8,9	5,46	3,71	5,53
Média	2,4	1,86	2,57	2,08

SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5%. **Significativo a 1% de probabilidade.

Foi obtido aumento da porcentagem de frutos cereja com a prática da poda de esqueletamento para todas as cultivares em comparação com a média das safras anteriores à poda (Tabela 4). A média de frutos cereja nas quatro primeiras safras foi de 44%, aumentando para 62% na primeira safra após a poda, resultando em um incremento de 18%. Também houve redução da presença de frutos V (de 32 para 28%) e P+S (24 para 10%). A maior uniformidade de maturação e colheita de grãos cereja facilita a colheita e permite a produção de maior quantidade de cafés com qualidade superior, visto que o fruto no estágio cereja atingiu a maturidade fisiológica, sendo o ponto de colheita ideal.

Tabela 4. Porcentagem média de frutos verde + verde-cana (V) cereja (C) e passa + seco (P+S) das cultivares de café arábica em Jaboticabal, SP.

Cultivar	V	C	P+S	V	C	P+S	V	C	P+S	V	C	P+S
	Safras anteriores			1ª Safra			2ª Safra			Média		
SH3	38 c	43 b	23 a	25 c	67 a	8 b	50 a	27 b	23 b	38 b	47 a	16 b
CA62	30 d	46 b	24 a	8 d	64 a	28 a	18 b	44 a	39 a	13 c	54 a	30 a
CV99	29 d	44 b	28 a	21 d	72 a	7 b	24 b	35 b	42 a	22 c	53 a	24 a
OrV	28 d	47 b	25 a	15 d	74 a	10 b	26 b	41 a	33 a	21 c	57 a	22 b
OrA	28 d	47 b	25 a	16 d	70 a	14 b	24 b	48 a	28 b	20 c	59 a	21 b
ObV	46 b	33 c	21 b	48 b	50 a	2 b	39 a	24 b	37 a	44 b	37 b	19 b
ObA	60 a	21 d	19 b	79 a	19 b	2 b	28 b	41 a	31 a	53 a	30 c	17 b
Tupi	24 e	49 a	27 a	35 c	57 a	8 b	42 a	26 b	32 a	38 b	41 b	20 b
IAC125	23 e	48 b	30 a	30 c	63 a	9 b	37 a	32 b	32 a	33 b	47 a	19 b
Catiguá	40 c	35 c	25 a	27 c	62 a	9 b	51 a	24 b	24 b	40 b	43 b	17 b
Oeiras	24 e	52 a	24 a	30 c	57 a	6 b	38 a	26 b	36 a	34 b	42 b	21 b
PBr	22 e	52 a	25 a	17 d	71 a	12 b	28 b	39 a	32 a	23 c	55 a	22 b
Sacr	25 e	44 b	31 a	19 c	64 a	12 b	18 b	42 a	40 a	21 c	53 a	26 a
IPR99	36 c	40 b	25 a	34 c	59 a	7 b	42 a	26 b	31 a	38 b	43 b	19 b
IPR100	38 c	47 b	14 b	29 c	64 a	6 b	49 a	34 b	17 b	39 b	49 a	12 b
IPR103	30 d	52 a	18 b	16 d	75 a	8 b	24 b	30 b	46 a	20 c	52 a	27 a
Sabiá	32 d	46 b	22 a	21 d	66 a	14 b	25 b	42 a	33 a	23 c	54 a	23 a
F	22,3*	18,2**	4,3*	5,9**	6	4,3**	5,4**	4,1**	3,5**	8,6**	6,3**	2,6**
CV	13	9	16	23	17	45	22	23	13	24	13	26
Média	32	44	24	28	62	10	33	34	26	31	48	21

SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5%. **Significativo a 1% de probabilidade.

A média de frutos cereja da 1ª safra após a poda foi de 62% (Tabela 4), sendo que apenas a cultivar ObA apresentou baixa porcentagem de frutos maduros, devido seu ciclo ser classificado como tardio (Carvalho et al., 2022b). A cultivar ObV também apresentou ciclo mais tardio do que as demais, com 48% de frutos verdes. Em áreas marginais, como a do presente estudo, o uso de cultivares com ciclo tardio são vantajosas, pois possibilitam maior acúmulo de açúcares nos grãos em um ambiente com maiores temperaturas que ocasiona encurtamento do período de crescimento e maturação dos frutos. CA62 apresentou maior precocidade, com apenas 8% de frutos verdes e 92% de frutos C, P+S (Tabela 4). A presença de frutos em diferentes graus de maturação se deve à ocorrência várias floradas, devido ao regime hídrico da região, ocorrendo as floradas principais nos meses de agosto e setembro. Na segunda safra

após o esqueletamento, observa-se maior desuniformidade em relação à safra anterior, com distribuição semelhante da proporção de frutos V, C e P+S (Tabela 4).

Analisando os resultados de renda de benefício (RB) e massa de cem grãos (MCG) (Tabela 5), na 1ª safra após a poda, a cultivar ObA se sobressaiu com o maior RB (49%) e MCG (13,85 g). CA62, Tupi, Catiguá, PBr e Sacr apresentaram os menores RB, em torno de 40%. Na safra seguinte, PBr e Sacr também apresentaram baixo RB. Na 2ª safra, as cultivares que apresentaram RB próximo ou dentro da faixa indicada foram: SH3, CV99, OrV, ObV, ObA, Catiguá, IPR99, IPR103 e Sabiá.

Tabela 5. Renda de benefício (RB, %), massa de cem grãos (MCG, g) das cultivares de café arábica nas duas safras após a poda de esqueletamento. Jaboticabal, SP.

Cultivar	RB	MCG	RB	MCG	RB	MCG
	1ª Safra		2ª Safra		Média	
SH3	42,2 c	10,5 d	44,8 a	10,0 b	43,5 c	10,3 c
CA62	40,1 d	10,9 c	44,1 b	10,9 a	42,1 c	10,9 b
CV99	44,3 b	11,3 c	44,7 a	10,9 a	44,5 b	11,1 b
OrV	42,2 c	11,0 c	46,4 a	10,4 a	44,8 b	10,7 b
OrA	43,1 c	10,5 d	42,5 b	10,2 a	42,8 c	10,4 c
ObV	45,5 b	12,2 b	44,9 a	10,0 b	45,2 b	11,1 b
ObA	49,0 a	13,9 a	47,1 a	11,5 a	48,1 a	12,7 a
Tupi	40,7 d	11,1 c	43,7 b	10,0 b	42,2 c	10,5 b
IAC125	42,3 c	10,9 c	41,5 b	10,7 a	41,9 c	10,8 b
Catiguá	40,8 d	10,2 d	45,9 a	9,2 b	43,3 c	9,7 c
Oeiras	45,7 b	10,9 c	44,0 b	10,8 a	44,9 b	10,9 b
PBr	40,7 d	10,0 d	42,4 b	10,0 b	41,6 c	10,0 c
Sacr	39,0 d	10,7 c	40,0 b	10,4 a	39,5 d	10,6 b
IPR99	43,9 b	12,0 b	46,7 a	10,5 a	45,3 b	11,2 b
IPR100	45,0 b	10,4 d	43,5 b	9,4 b	44,2 b	9,9 c
IPR103	44,7 b	10,1 d	48,0 a	10,3 a	46,4 a	10,0 c
Sabiá	45,1 b	10,4 d	45,3 a	10,4 a	45,2 b	10,4 c
F	8,04**	24,78**	4,29**	3,68**	8,24**	10,08**
CV	4,20	3,42	4,43	5,62	3,26	4,07
Média	43,2	11,0	44,4	10,3	43,9	10,7

SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5%. **Significativo a 1% de probabilidade.

Na média das duas safras, o menor valor foi da cultivar Sacr (39,50%), seguida pelas cultivares SH3, CA62, OrA, Tupi, IAC125, Catiguá e PBr, que também

apresentaram valores de RB abaixo da faixa recomendada (Tabela 5). As cultivares que ficaram no grupo superior foram ObA (48,1%) e IPR103 (46,4%). Um maior RB resulta em menor número de grãos de café para preencher uma saca de café beneficiado, o que é benéfico para o produtor.

Em ambas as safras, o RB médio esteve pouco abaixo da faixa normal para este atributo, que compreende o intervalo entre 45 a 55% (Krug et al., 1965). Entretanto, é relevante destacar que o presente estudo foi conduzido em região de baixa altitude e elevadas temperaturas, o que reduz o acelera a taxa expansão dos frutos (Rena e Maestri, 1987), consequentemente, produzindo grãos menos graúdos, com redução do RB.

A MCG média foi de 11 e 10,32 g para a 1ª e 2ª safra, respectivamente. ObA apresentou a maior MCG em ambas as safras, destacando-se na média geral (12,66 g) em relação às demais cultivares. SH3, OrA, Catiguá, PBr, IPR100, IPR 103 e Sabiá apresentaram os menores valores, quando considerada a média de ambas as safras.

A porcentagem média de grãos P17 e P15 foi maior na primeira safra em relação à segunda safra (Tabela 6). As condições climáticas do ano, e não a poda, que influenciam a classificação dos grãos por peneira (Silva et al., 2016). A maior produção de grãos na segunda safra após a poda promoveu maior redistribuição dos fotoassimilados, resultando em grãos mais leves e com menor peneira.

A cultivar ObA se destacou com a maior porcentagem de grãos P17 em ambas as safras (51 e 14%, respectivamente), sendo que apenas para esta cultivar na 1ª safra foram obtidos grãos de peneira alta. O decréscimo acentuado da ObA se deve à grande variação de produtividade obtida entre as safras (Tabela 2). Apesar desta cultivar ser caracterizada pela produção de grãos de tamanho grande (Carvalho et al., 2022b), a alta carga na 2ª safra após a poda promoveu maior redistribuição dos fotoassimilados, reduzindo o tamanho final do grão. As cultivares da EPAMIG: Catiguá, PBr e Sacr apresentaram as menores porcentagens de P17 (Tabela 5). Grãos com maior peneira geralmente são mais valorizados na comercialização do café, com maior valor comercial, apesar do tamanho não ter necessariamente relação com a qualidade da bebida (Kathurima et al., 2009).

Tabela 6. Médias da porcentagem de retenção de grãos chatos acima das peneiras 17 (P17), 15 (P15) e 13 (P13). Jaboticabal, SP.

Cultivar	P17	P15	P13	P17	P15	P13	P17	P15	P13
	1ª Safra			2ª Safra			Média		
SH3	11,4 d	55,2 b	20,7 b	5,3 b	42,9 b	26,5 c	8,4 c	49,0 b	23,6 b
CA62	21,5 b	58, a	9,0 d	7,6 b	51,3 a	17,2 d	14,6 b	54,7 a	13,1 d
CV99	29,1 b	51,2 b	8,9 d	9,0 b	48,5 a	17,5 d	19,0 b	49,8 b	13,2 d
OrV	18,5 c	61,9 a	11,1 d	7,0 b	49,5 a	24,1 c	12,8 b	55,7 a	15,5 c
OrA	11,6 d	60,1 a	16,3 c	3,6 c	45,5 b	30,1 c	7,6 c	52,8 a	23,2 b
ObV	23,5 b	51,8 b	9,6 d	2,8 c	28,7 d	34,5 b	12,8 b	41,4 c	23,0 b
ObA	51,1 a	31,5 d	5,7 d	14,4 a	49,7 a	15,7 d	32,7 a	40,6 c	10,7 d
Tupi	17,8 c	47,8 c	18,1 b	4,9 b	36,2 c	30,6 c	11,4 b	42,0 c	24,3 b
IAC125	15,8 c	54,2 b	14,3 c	15,9 a	39,3 b	25,2 c	15,6 b	48,8 b	22,3 b
Catiguá	3,9 e	55,9 b	26,0 a	1,0 c	20,5 e	51,2 a	2,4 d	38,2 c	38,6 a
Oeiras	8,3 e	61,8 a	18,0 b	5,3 b	48,1 a	29,1 c	6,8 c	55,0 a	23,6 b
PBr	6,1 e	56,0 b	23,2 b	2,5 c	40,0 b	30,2 c	4,1 d	48,6 b	24,2 b
Sacr	2,8 e	45,7 c	30,3 a	0,6 c	28,5 d	39,5 b	1,7 d	34,0 d	34,9 a
IPR99	27,6 b	50,5 b	8,8 d	9,2 b	41,6 b	26,7 c	18,4 b	46,0 b	17,7 c
IPR100	11,3 d	54,4 b	21,0 b	1,6 c	27,2 d	37,9 b	6,4 c	40,8 c	29,5 b
IPR103	12,1 d	62,3 a	15,8 c	6,9 b	50,4 a	20,2 d	9,5 c	56,4 a	18,0 c
Sabiá	17,6 c	60,4 a	11,0 d	8,9 b	45,0 b	21,7 d	13,2 b	52,7 a	16,4 c
F	22,30**	10,88**	11,80**	8,74**	15,04**	9,17**	19,23**	18,55**	17,62**
CV	22,19	8,58	25,55	19,45	11,82	28,11	19,79	6,48	16,31
Média	17,1	54,0	15,8	6,3	40,8	21,4	11,6	47,4	21,9

SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5%. **Significativo a 1% de probabilidade.

Prevaleceu a formação de grãos de peneira média (P15), na faixa de 45,73 a 62,28% na 1ª safra e 27,15 a 51,30% na 2ª safra (Tabela 6). CA62, OrV, OrA, Oeiras e Sabiá apresentaram maior porcentagem média de grãos na P15, com valores acima de 50%. SH3, CV99, IAC125, PBr e IPR99 apresentaram valores um pouco menores, mas também expressivos. Apenas as cultivares Catiguá e Sacr apresentaram valores médios abaixo de 40%.

A porcentagem média de grãos miúdos retidos (P13) foi maior para as cultivares Catiguá e Sacramento (38,58 e 34,91%, respectivamente). CA62, CV99 e ObA apresentaram as menores médias, com valores inferiores a 14% (Tabela 6). Na 1ª safra, a porcentagem de grãos retidos na P13 foi inferior à safra seguinte devido à diferença produtiva, conforme discutido anteriormente.

A produção de grãos do tipo “moca” é apresentada na Tabela 7. São grãos arredondados, que se formam devido à ausência de fecundação em um dos óvulos, ocorrendo o desenvolvimento de apenas um grão no fruto (Matiello et al., 2020). Não é classificado como defeito, mas a grande produção desses grãos resulta em uma maior quantidade de grãos para preencher uma saca de café, pois um grão mocha tem menor peso do que dois grãos chatos.

Tabela 7. Porcentagem grãos do tipo mocha e de defeitos (PVA) das cultivares de café arábica nas primeiras quatro safras. Jaboticabal, SP.

Cultivar	Mocha	PVA	Mocha	PVA	Mocha	PVA
	1ª Safra		2ª Safra		Média	
SH3	4,1 c	3,9 d	10,0 b	10,9 b	7,1 c	7,4 c
CA62	6,6 b	3,2 d	14,5 a	3,3 c	10,5 b	3,3 d
CV99	6,8 b	3,8 d	16,0 a	5,2 c	11,4 a	4,5 d
OrV	4,2 c	2,4 d	10,0 b	3,8 c	7,1 c	3,1 d
OrA	4,7 c	3,1 d	10,6 b	4,3 c	7,6 c	3,7 d
ObV	8,4 b	15,1 a	10,2 b	7,1 b	9,8 b	11,1 a
ObA	8,2 b	19,3 a	11,3 b	5,7 c	9,7 b	12,5 a
Tupi	7,1 b	8,2 b	10,3 b	8,3 b	8,7 c	8,3 b
IAC125	6,1 c	5,9 c	8,3 b	11,1 b	7,2 c	8,5 b
Catiguá	5,7 c	4,0 d	5,2 b	5,4 c	5,5 c	4,7 d
Oeiras	8,2 b	6,9 c	8,5 b	5,7 c	8,4 c	6,3 c
PBr	7,6 b	6,5 c	15,6 a	5,6 c	11,8 a	6,0 c
Sacr	11,2 a	5,8 c	14,6 a	5,8 c	12,9 a	5,8 c
IPR99	7,3 b	3,2 d	9,3 b	14,5 a	8,3 c	8,9 b
IPR100	5,5 c	10,2 b	9,3 b	22,9 a	7,4 c	16,6 a
IPR103	4,5 c	5,4 c	13,6 a	2,4 c	9,1 c	3,9 d
Sabiá	6,5 b	2,7 d	12,6 a	5,5 c	9,6 b	4,1 d
F	7,23**	15,17**	6,43**	5,67**	6,58**	9,73**
CV	20,49	16,6	20,17	17,88	17,07	12,45
Média	6,6	6,5	11,2	7,5	8,9	7,0

SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5%. **Significativo a 1% de probabilidade.

Na 1ª safra, todas as cultivares foram enquadradas abaixo de 10%, com exceção da Sacr, que apresentou valor ligeiramente acima (11,16%) (Tabela 7). A faixa de grãos mocha considerada aceitável em contratos de venda na bolsa de valores

é de até 10% (BM&FBOVESPA, 2006), e para a produção de sementes certificadas, até 12% (Guimarães et al., 2002).

Na 2ª safra, a média geral de grãos moca foi cerca de 70% superior em relação à safra anterior. A maior presença de grãos moca na safra 2020/2021 pode ser explicada pelas maiores temperaturas durante a expansão dos frutos e granação (Figura 1; Tabela 2A), que é uma das causas da formação desse tipo de grão (Matiello et al., 2020). Nesta safra, as cultivares CA62, CV99, PBr, Sacr, IPR103 e Sabiá produziram a maior quantidade desse tipo de grão.

As cultivares ObV e ObA apresentaram as maiores quantidades de grãos PVA devido a grande porcentagem de frutos verdes colhidos na 1ª safra (Tabela 3). Na safra seguinte, IPR99 e IPR100 ficaram no grupo com mais defeitos, pela influência da alta porcentagem de frutos verdes (Tabela 3).

A cada 10% de grãos verdes, há perda de 2,6 sacas de café em 100 sacas colhidas (Matiello et al., 2020). Portanto, a fim de reduzir perdas de qualidade e produção, seria necessário realizar o escalonamento da colheita para cultivares mais tardias, como a ObV e ObA.

Apenas dois componentes principais (CP) foram relevantes para a explicação de, aproximadamente, 70% da variabilidade dos dados (CP1: 41,50% e CP2: 28,01%) (Tabela 8). Os CPs são independentes entre si, portanto, a existência de um não interfere o outro. As variáveis relevantes – que são aquelas com autovalores acima de 0,600 – para o CP1 foram P17, PVA, V+VC, Cereja, RB, MCG e PROD.

As variáveis que possuem sinais iguais são diretamente correlacionadas entre si, e aquelas com sinais opostos têm correlação inversa. MCG, P17, RB e PROD se correlacionaram diretamente. Ou seja, quanto maior a MCG, P17 e RB, maior a produtividade de grãos. As variáveis V+C e cereja foram inversamente proporcionais entre si (Tabela 8) e, quanto maior a quantidade de frutos imaturos (V+VC), maior a quantidade de defeitos (PVA).

No CP2, as variáveis classificadas como relevantes foram: P17, P15, P13 e P+S (Tabela 7). As peneiras de grãos graúdos e médios (P17 e P15) se correlacionaram, e apresentaram sinal diferente da carga do fator dos grãos miúdos (P13), pois a maior presença de grãos de menor peneira indica menor quantidade de grãos mais graúdos.

Tabela 8. Cargas dos fatores das variáveis dos componentes principais.

	CP1	CP2
P17	-0,714	-0,620
P15	0,371	-0,697
Moca	0,257	-0,304
P13	0,338	0,896
PVA	-0,703	0,477
V+VC	-0,903	0,401
Cereja	0,888	-0,168
P+S	0,598	-0,617
RB	-0,659	-0,364
MCG	-0,697	-0,534
PROD	-0,603	-0,322

CP1: componente principal; MCG: massa de 100 grãos; P17: grãos chatos retidos na peneira 17; P15: grãos chatos retidos na peneira 15; P13: grãos chatos retidos na peneira 13; RB: rendimento de benefício; PVA: grãos pretos, verdes e ardidos; V+VC: frutos verdes e verde-cana; C: frutos cereja; P+S: frutos passa e seco; PROD: produtividade média de grãos das duas safras após o esqueletamento.

Pela análise do *biplot*, foi possível identificar cultivares com melhor desempenho (Figura 3). Os materiais fora da elipse em vermelho são aqueles com características específicas para os dois CPs. As cultivares com melhor desempenho agrônômico são aquelas que se localizam à esquerda no gráfico, sendo a ObA, que se destacou isoladamente na extremidade esquerda do gráfico, seguida da ObV. Ambas apresentaram grãos mais graúdos (maior RB, MCG e P17) e maiores produtividades.

Na região inferior do *biplot*, destacaram-se a CA62 e CV99, pela maior porcentagem de frutos passa e seco (Tabela 3) e grãos retidos na peneira 15 acima da média (Tabela 5). Na região superior do *biplot*, fora da elipse ficaram em destaque a cultivar IPR100, que apresentou PROD e MCG abaixo da média, sendo o material menos responsivo à poda de esqueletamento (Tabela 3). Catiguá e Sacr se destacaram pela alta porcentagem de grãos miúdos (P13). Soma-se a isso a baixa MCG da cultivar Catiguá, porém, esta foi mais produtiva que a Sacr.

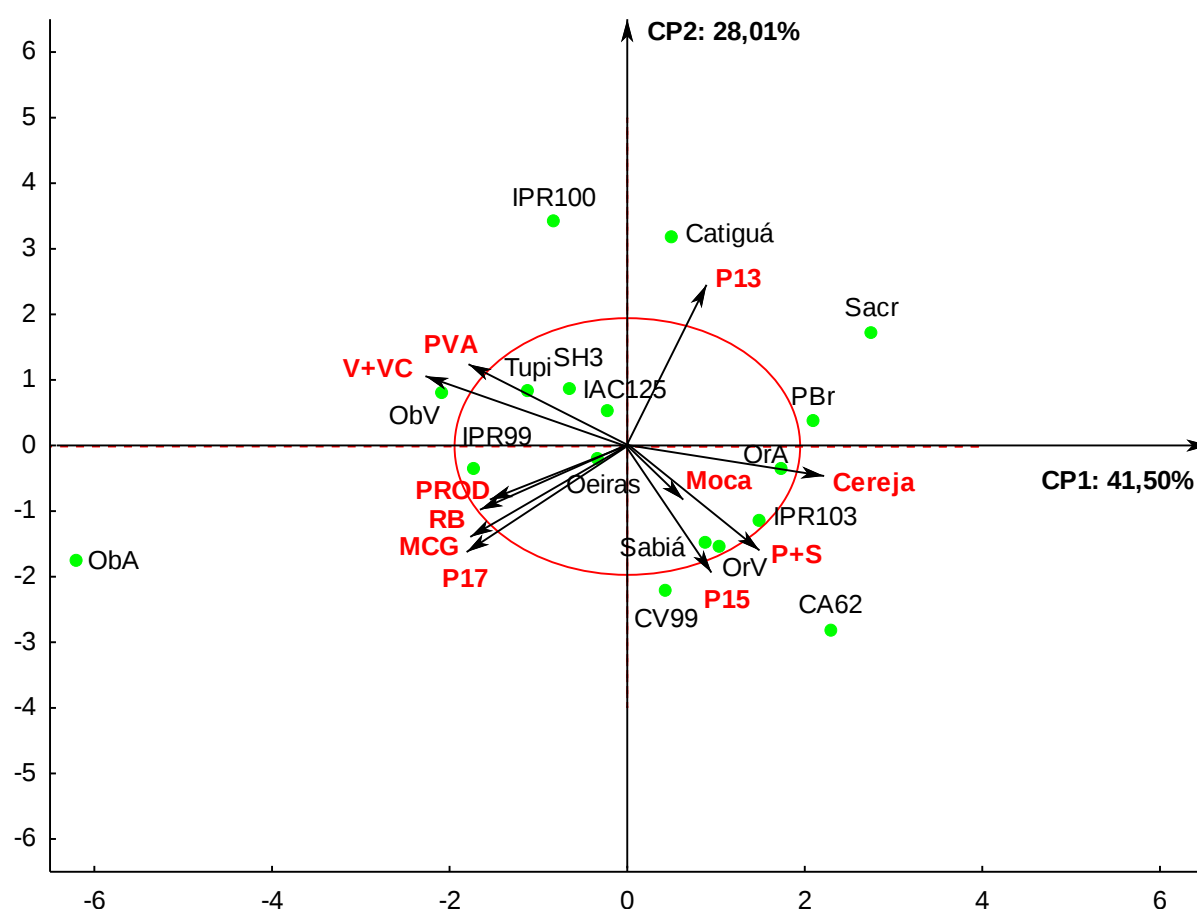


Figura 3. *Biplot* dos componentes principais para avaliar a dispersão dos atributos agronômicos e qualitativos médios das quatro primeiras safras de 17 cultivares de café arábica. Jaboticabal, SP. SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio.

A bebida de todas as cultivares foram classificadas como especial, com nota da escala SCA igual ou acima de 80 (SCAA, 2015), com exceção da ObV e IAC125, que foram classificadas como *fine cup* (Tabela 9). As nuances sensoriais predominantes foram de chocolate, caramelo e nozes, porém as cultivares SH3 e Catiguá apresentaram maior complexidade, com notas de chocolate, caramelo, mel e frutado para a SH3 e chocolate, caramelo e floral para Catiguá.

A cultivar Catuaí SH3 apresentou qualidade proeminente, corroborando com resultados obtidos por outros especialistas (Fazuoli et al., 2019). Em região mais favorável para o cultivo, a cerca de 1.000 de altitude, Catiguá também expressou elevada qualidade de bebida (Chalfoun et al., 2013). Dentre as cultivares avaliadas

por Oliveira Fassio et al. (2016), Catiguá foi classificada como uma das mais adequadas para a produção de cafés especiais em Minas Gerais.

Tabela 9. Pontuação (escala SCAA) e descrição sensorial das 17 cultivares de café arábica de porte baixo. Jaboticabal, SP.

Cultivar	Nota SCAA	Descrição Sensorial
SH3	82,5	Chocolate, caramelo, mel, leve frutado
CA62	81	Nozes
CV99	81	Nozes
OrV	80	Finalização seca, xícara limpa
OrA	81,5	Chocolate e caramelo
ObV	79	Áspero e adstringente
ObA	80	Finalização seca, xícara limpa
Tupi	80	Finalização seca, xícara limpa
IAC125	79	Áspero e adstringente
Catiguá	82	Chocolate e caramelo, leve floral
Oeiras	81	Nozes
PBr	81,5	Nozes, chocolate
Sacr	80	Finalização seca, xícara limpa
IPR99	80	Finalização seca, xícara limpa
IPR100	81	Nozes
IPR103	81	Caramelo
Sabiá	81,5	Chocolate e caramelo

SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio.

A diversificação de cultivares em uma mesma propriedade, com potencial para produção de cafés com distintos perfis sensoriais possibilita a formação de microlotes de cafés especiais que agradem o paladar de diferentes públicos. Muitos produtores têm se interessado pela produção de lotes especiais e a participação em concursos de qualidade de bebida, para conseguirem agregar mais valor aos seus cafés (Matiello et al., 2020).

4.4 Conclusões

– As cultivares de café diferem quanto à resposta à poda de esqueletamento e decote em região de baixa altitude.

– IAC Catuaí SH3, IAC Ouro Verde, Obatã IAC 4739, Tupi IAC 1669-33, Catiguá MG1, Oeiras MG 6851, Pau-Brasil MG1, Sacramento MG1, IPR 99, IPR 103 e Sabiá Tardio apresentaram responsividade à poda.

– As cultivares Obatã IAC 4739, Tupi IAC 1669-33 e Catuaí SH3 se destacaram quanto à produtividade, com valores médios entre 40 a 50 sacas ha⁻¹, considerando o ano de “safra-zero”.

– A cultivar Obatã IAC 4739 também produziu grãos com maior massa de cem grãos e retenção de grãos na peneira 17.

– Todas as cultivares apresentam bebidas com notas de 79 a 82,5 na escala SCA.

4.5 Referências

Carvalho CHS, Bartelega L, Sera G, Matiello J, Almeida SR, Santinato F, Hotz A (2022b) **Catálogo de cultivares de café arábica**. 115 p.

Carvalho GR, Botelho CE, Rezende JCD, Ferreira AD, Cunha RLD, Pedro FC (2013) Performance of F4 arabic coffee progenies before and after framework pruning. **Coffee Science** 8:33–42. Disponível em: <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/323>. Acesso em: 9 nov. 2022.

Chalfoun SM, Pereira MC, Carvalho GR, Pereira AA, Savian TV, Santos Botelho DM (2013) Sensorial Characteristics of Coffee (*Coffea arabica* L.) varieties in the Alto Paranaíba region. **Coffee Science** 8:43–52. Disponível em: <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/330>. Acesso em: 9 nov. 2022.

Custódio AAP (2012) Influência de fatores bioclimáticos no desenvolvimento e produção do cafeeiro arábica e na qualidade dos grãos em Matão (SP). 131 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Damatta FM, Rena AB, Carvalho CD (2008) Aspectos fisiológicos do crescimento e da produção do cafeeiro. In: Cultivares de café: origem, características e recomendações. Brasília: Embrapa Café, p. 59-68.

Fazuoli LC, Braghini MT, Silvarolla MB, Gonçalves W, Mistro JC, Gallo PB, Guerreiro O (2019) IAC Catuaí SH3-a dwarf Arabica coffee cultivar with leaf rust resistance and drought tolerance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 19:356-359. <https://doi.org/10.1590/1984-70332019v19n3c48>

Hair JF, Black WC, Babin BJ, Anderson RE, Tatham RL (2009) **Análise Multivariada de Dados** (Multivariate Data Analysis) (6th ed.). Porto Alegre: Bookman, 536 p.

ICO – International Coffee Organization (2021) Trade Statistics Tables. World coffee consumption. Disponível em: https://www.ico.org/trade_statistics.asp. Acesso em: 24 ago. 2022.

Japiassú LB, Garcia ALA, Guimarães RJ, Padilha I, Carvalho CHS (2010) Pruning cycles and nitrogen fertilization of coffee fields conducted in the “safra zero” system. **Coffee Science** 5:28–37.

Krug CA, Malavolta E, Moraes FRP, Dias RA, Carvalho A, Monaco LC, Franco CM, Bergamin J, Heinrich WO, Abrahão J, Rigitano A, Souza OF, Fava JFM (1965) **Cultura e adubação do cafeeiro**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassa. 277 p.

Lage Maia P, Silva Nadaleti D, Botelho C, Botelho D, Moreira P, Carvalho G (2020) Agronomic performance of coffee in response to framework pruning in cycles of the “safra zero”. **Coffee Science** 15:e151629. <https://doi.org/10.25186/v15i.1629>

Matiello JB (2019) Em regiões cafeeiras mais quentes, podas precisam ser antecipadas e frequentes. In.: 45º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Poços de Caldas: Embrapa Café. **Anais...** p. 14-15.

Matiello JB, Santinato R, Garcia AWR, Almeida SR, Fernandes DR (2020) **Cultura do café no Brasil. Manual de Recomendações**. Rio de Janeiro/Varginha: MAPA/Fundação Procafé. 716 p.

Nadaleti DHS, Vilela DJM, Carvalho GR, Mendonça JMA, Botelho CE, Coelho LS, Fassio LO, Carvalho JPF (2018) Productivity and sensory quality of arabica coffee in response to pruning type “esqueletamento.” **Journal of Agricultural Science** 10:207–216. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n6p207>

OECD, 2020. The Observatory of Economic Complexity. (2017). **Coffee trade** [Online]. Disponível em: <https://oec.world/en/profile/hs/coffee?yearSelector2=tradeYear9&yearSelector5=tradeYear8#latest-trends> Acesso em: 07 jul. 2022.

Oliveira Fassio L, Malta MR, Carvalho GR, Liska, GR, Lima PM, Pimenta CJ (2016) Sensory description of cultivars (*Coffea arabica* L.) resistant to rust and its correlation with caffeine, trigonelline, and chlorogenic acid compounds. **Beverages** 2:1. <https://doi.org/10.3390/beverages2010001>

Pezzopane JRM, Pedro Júnior MJ, Thomaziello RA, Camargo MBP (2003) Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia** 62:499-505. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052003000300015>

Raij B, Fernandes DR, Oliveira EG, Malavolta E. (1997) Café. In: Raij B, Cantarella H, Quaggio JA, Furlani AMC (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, p. 97-101. (Boletim Técnico, 100).

Reis EAC, Freitas T, Carvalho MAF, Mendes ANG, Rezende TT, Carvalho JPF (2018) Characterization of coffee cultivars leaf rust-resistant subjected to framework pruning. **Coffee Science** 13:63–70. Disponível em: <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/1376>. Acesso em: 9 nov. 2022. <http://dx.doi.org/10.25186/cs.v13i1.1376>

Rena AB, Maestri, M (1987) Ecofisiologia do cafeeiro. In.: Castro PRC, Ferreira SO, Yamada T (Eds.) **Ecofisiologia da Produção Agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 119-147.

Rolim GS, Camargo MBPD, Lania DG, Moraes JFLD (2007) Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia** 66:711-720. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400022>

Romano LS, Giomo GS, Coelho AP, Filla VA, Lemos, LB (2022) Characterization of Yellow Bourbon coffee strains for the production of differentiated specialty coffees. **Bragantia** 81:e2222. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20210236>

Rosner B (1983) Percentage Points for a Generalized ESD Many-Outlier Procedure. **Technometrics** 25:165-172. <https://doi.org/10.2307/1268549>

Sakai E, Barbosa EAA, Carvalho Silveira JM, Matos Pires RC (2015) Coffee productivity and root systems in cultivation schemes with different population arrangements and with and without drip irrigation. **Agricultural Water Management** 148:16-23. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.08.020>

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbreras JF, Coelho MR, Cunha TJF (2018) **Sistema brasileiro de classificação de solo**, 5^a ed. Brasília, DF: Embrapa. 356 p.

Lingle TR (2011) **The coffee cupper's handbook**: systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor. 4. ed. Long Beach: Specialty Coffee Association of America, 66 p.

Silva VA, Rezende JC, Carvalho AM, Carvalho GR, Rezende TT, Ferreira, AD (2016) Recovery of coffee cultivars under the 'skeleton cut' pruning after 4.5 years of age. **Coffee Science** 11:55–64, 2016. Disponível em: <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/968>. Acesso em: 9 nov. 2022.

Thomaziello RA, Pereira SP (2008) **Poda e Condução do Cafeeiro Arábica**. Boletim Técnico IAC, 203.

Carvalho AM, Botelho CE, Ferreira AD, Teramoto ET, Lima AE, Junior FSM, Guerreiro Filho O (2022a). Initial vegetative and reproductive development of coffee cultivars in Vale do Ribeira Paulista. **Semina: Ciências Agrárias** 43:961-972. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n3p961>

Kathurima CW, Gichimu BM, Kenji GM, Muhoho SM, Boulanger R (2009) Evaluation of beverage quality and green bean physical characteristics of selected Arabica coffee genotypes in Kenya. **African Journal of Food Science** 3:365-371. Disponível em: <https://agritrop.cirad.fr/552843/>. Acesso em: 2 jan. 2023.

Waller JM, Bigger M, Hillocks RJ (2007) World coffee production. **Coffee pests, diseases and their management**. Wallingford: CABI. p. 17–33.

Pinto HS, Zullo Junior J, Assad ED, Brunini O, Alfonsi RR, Coral G (2001) Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia** 9:495-500.

Teixeira AL, Souza FDF, Pereira AA, Oliveira ACBD, Rocha RB (2015) Seleção de progênies de café arábica tolerantes ao calor. **Ciência Rural** 45:1228-1234. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130317>

Teles CRA, Behrens JH (2020) The waves of coffee and the emergence of the new Brazilian consumer. Almeida LF, Spers EE (Eds.) **Coffee Consumption and Industry Strategies in Brazil**, Sawston: Woodhead Publishing, p. 257-274. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814721-4.00009-3>

BRASIL (2011) **MAPA. Portaria Nº 78, de 25 de fevereiro de 2011.**

Matiello J (2008) Critérios para a escolha da cultivar de café. Cultivares de café: origem, características e recomendações. Brasília: EMBRAPA Café, 1, 157-226

Kaiser HF (1958) The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika** 23:187-200. <https://doi.org/10.1007/BF02289233>

SCAA, 2015. SCAA Protocols. **Cupping Specialty Coffee**. 10 p.

CAPÍTULO 5 - Considerações finais

A fim de facilitar a compreensão do desempenho das cultivares abarcando todas as safras avaliadas (2014/2015 ao ano agrícola 2020/2021), realizou-se análise multivariada, confeccionado o seguinte *biplot* (Figura 1), considerando as médias dos atributos agronômicos e qualitativos das seis safras.

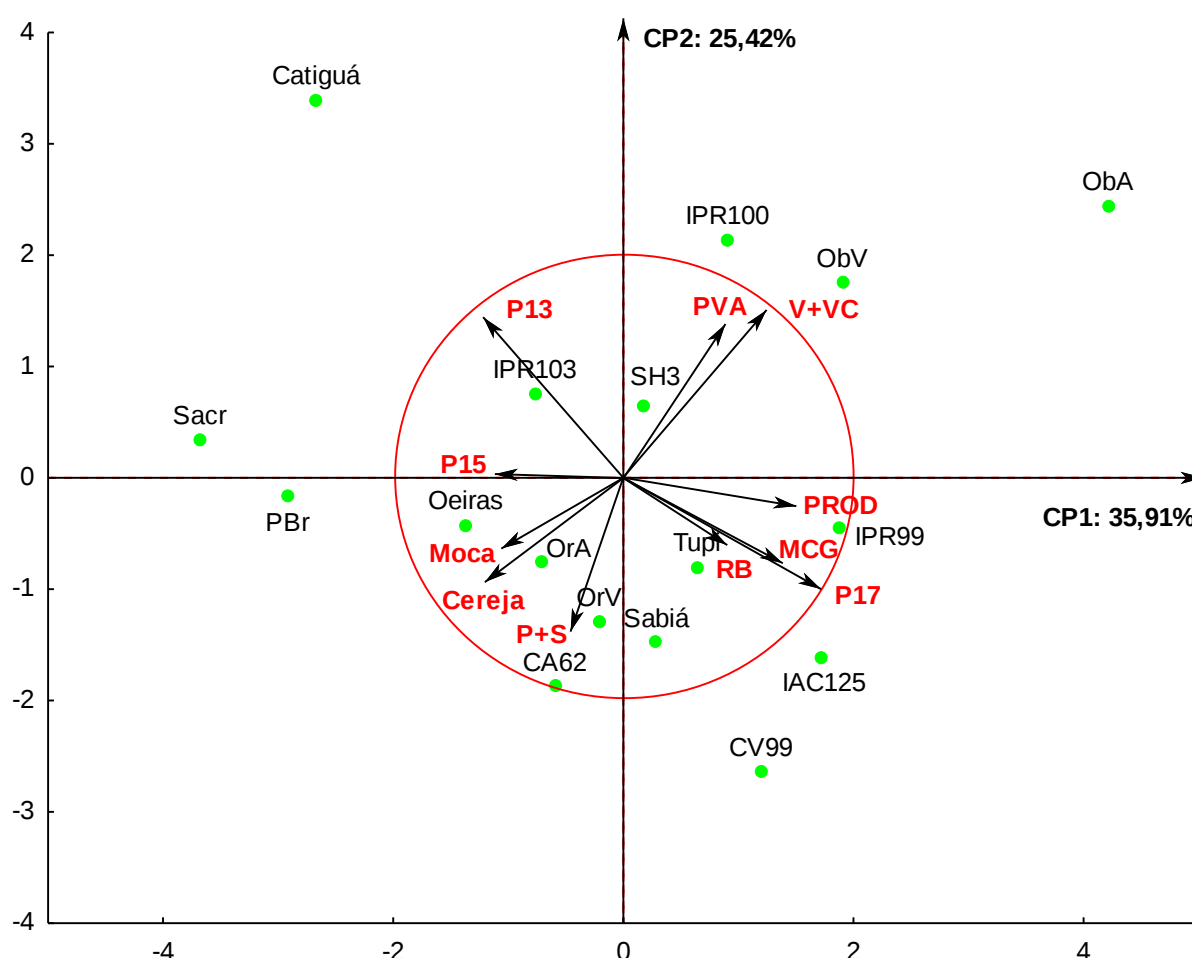


Figura 1. *Biplot* dos componentes principais para avaliar a dispersão dos atributos agronômicos e qualitativos médios das seis primeiras safras de 17 cultivares de café arábica. Jaboticabal, SP. SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio.

As cultivares com melhor desempenho foram distribuídas à direita do gráfico, sendo CV99, IAC125, IPR100, ObV e ObA. Esta última se destacou das demais,

localizando-se na extremidade da Figura 1. IPR100, ObV e ObA, possuem bom desempenho produtivo, porém também se destacaram quanto à elevada presença de grãos verdes por serem cultivares com ciclo mais tardio.

Em áreas marginais, como a do presente estudo, o uso de cultivares com ciclo tardio são vantajosas, pois possibilitam maior acúmulo de açúcares nos grãos. Isso é vantajoso especialmente em um ambiente com maiores temperaturas, pois estas ocasionam o encurtamento do período de maturação dos frutos. Porém, devido a ocorrência de várias floradas e a desuniformidade de maturação, o escalonamento da colheita dessas cultivares é indispensável a fim de reduzir a porcentagem de grãos imaturos colhidos.

Considerando a média da produtividade das 6 safras, foram separados estatisticamente quatro grupos (Tabela 1). As cultivares mais produtivas foram as pertencentes ao Instituto Agronômico de Campinas: ObA e a Tupi, as quais produziram acima de 55 sacas ha^{-1} . As demais cultivares do IAC também atingiram boas produtividades, com médias próximas das 50 sacas ha^{-1} , assim como a IPR99 e IPR100, do IAPAR. As cultivares Oeiras, PBr, IPR99 e Sabiá ficaram no terceiro grupo, com produtividades entre 40 a 45 sacas ha^{-1} . As cultivares com menor desempenho foram: Catiguá (36,6 sacas ha^{-1}) e Sacr (32,4 sacas ha^{-1}), indicando baixa adaptação ao ambiente de estudo.

Além do maior desempenho produtivo da ObA e Tupi, ambas cultivares apresentam resistência à ferrugem e potencial para obtenção de cafés especiais. Possuem diferentes graus de maturação dos frutos, sendo a Tupi de maturação precoce a média e ObA tardia. Apesar da ObA produzir grãos com maior potencial de obtenção de cafés diferenciados, devido a sua constituição genética e ciclo tardio, com maior valor de mercado, a diversificação de materiais com diferentes graus de maturação facilita a logística de colheita dentro da propriedade rural. Somando-se a isso, ambas cultivares apresentaram responsividade à poda de esqueletamento/decote, produzindo acima de 40 sacas ha^{-1} em 3 anos agrícolas e duas safras, mesmo considerando o ano de safra-zero, sem colheita.

Foi possível obter cafés do tipo especial (segundo a escala da SCAA) para todas as cultivares avaliadas. Porém, entre cultivares com melhor desempenho

agronômico, ObA, SH3 IAC125 e Tupi possuem maior potencial genético para obtenção de cafés diferenciados.

Tabela 1. Produtividade de grãos das cultivares de café arábica nas seis primeiras safras. Jaboticabal, SP.

Cultivar	Produtividade de Grãos (sacas ha ⁻¹)						Média	RB mil R\$
	1ª Safra	2ª Safra	3ª Safra	4ª Safra	5ª Safra	6ª Safra		
SH3	32,2 b	40,1 a	43,1 c	59,1 a	46,0 a	78,1 b	49,8 b	168
CA62	48,0 a	28,4 b	53,4 b	54,2 a	27,6 b	72,8 b	47,4 b	157
CV99	47,6 a	31,5 b	44,8 c	71,2 a	33,4 b	72 b	50,1 b	166
OrV	43,1 a	41,1 a	35,2 d	59,9 a	34,2 b	75,2 b	48,1 b	162
OrA	44,9 a	37,5 a	36,0 d	77,1 a	34,3 b	77,6 b	51,2 b	171
ObV	51,9 a	26,4 b	56,5 a	61,6 a	30,5 b	76,1 b	50,5 b	168
ObA	24,1 c	48,4 a	45,9 c	69,6 a	13,5 c	129 a	55,1 a	198
Tupi	42,0 a	45,6 a	50,3 b	62,8 a	55,5 a	76,8 b	55,5 a	185
IAC125	44,6 a	28,3 b	46,2 c	68,2 a	51,0 a	43,8 c	47,0 b	149
Catiguá	13,6 d	24,7 b	29,5 d	48,5 b	15,1 c	88,3 b	36,6 d	132
Oeiras	38,9 b	17,9 b	45,0 c	37,0 b	49,9 a	60,2 c	41,5 c	140
PBr	41,4 a	22,1 b	59,6 a	26,2 b	44,5 a	65,4 b	43,2 c	146
Sacr	16,3 d	23,4 b	33,2 d	33,9 b	30,1 b	57,7 c	32,4 d	112
IPR99	41,4 a	36,3 a	52,8 b	30,3 b	48,8 a	55,8 c	44,2 c	147
IPR100	45,5 a	53,0 a	52,4 b	55,7 a	45,3 a	41,6 c	48,9 b	155
IPR103	32,8 b	44,0 a	44,1 c	45,6 b	49,1 a	56,4 c	45,3 b	150
Sabiá	39,0 b	32,3 b	36,9 d	38,7 b	51,0 a	56,2 c	42,3 c	141
F	18,72**	6,00**	17,04**	7,89**	4,12**	8,16**	8,91**	-
CV	17,0	24,2	9,3	20,1	31,59	19,8	8,7	-
Média	38,1	34,2	45,0	52,9	38,8	69,6	46,4	-

SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. RB: receita bruta, determinada pelo valor médio anual da saca (Fonte: Cooxupé), multiplicado pela produtividade média anual. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5%. **Significativo a 1% de probabilidade.

Com relação à resistência às doenças, ObV, ObA e IAC125 possuem resistência à ferrugem, e IAC125 também possui resistência ao nematoide *Meloidogyne exigua*. Apesar da cultivar IPR100 ser suscetível à ferrugem, possui resistência aos principais nematoides que prejudicam as lavouras cafeeiras (*M. paranaenses*, *M. incognita* e *M. exigua*). CV99 possui bom desempenho agrônomo, porém não possui resistência a nematoides e nem à ferrugem, sendo necessário maior cuidado no manejo integrado de doenças a fim de evitar perdas de produção.

A receita bruta estimada (Tabela 1) variou entre 112 mil reais (Sacr) a 198 mil reais (ObA), correspondendo a uma diferença de 86 mil reais por hectare, e acréscimo de 77%. Apesar da média geral da Tupi ser numericamente superior à da ObA, esta produziu mais na 6ª safra, quando os preços da saca de café atingiram o maior valor dentro do período avaliado. Essa diferença reforça a importância da seleção de cultivares de café melhor adaptadas ao ambiente no retorno financeiro do produtor rural.

As médias dos dados climatológicos apresentadas (Tabelas 4A-5A) demonstraram a necessidade do uso de sistema de irrigação a fim de fornecer água em períodos de déficit hídrico e possibilitar a obtenção de altas produtividade na região. Além disso, o consórcio com braquiária-ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*) favorece a infiltração e armazenamento de água no solo, trazendo benefícios para a planta e maior eficiência no uso de água, além do benefício da ciclagem de nutrientes.

As temperaturas mais elevadas para o cultivo do café arábica trazem alguns desafios para o cultivo, pois, apesar de ser possível obter altas produtividades em uma região marginal, o estresse e o depauperamento das plantas é acelerando, sendo necessária a inclusão regular de práticas de manejo como a poda de esqueletamento/decote, inclusive mais precocemente que nas regiões de maior altitude, a depender do desempenho e expectativa de produção.

A principal dificuldade fitossanitária no cultivo do café arábica em regiões de maiores temperaturas é o controle do bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*), seguido do ácaro-vermelho (*Oligonychus ilicis*). As temperaturas mais elevadas e os períodos de estiagem favorecem o desenvolvimento e reprodução desta praga, sendo necessário monitoramento constante. Em relação às doenças, verificou-se a incidência de Mancha-de-Phoma (*Phoma costaricensis*) e Mancha-de-Ascochyta (*Ascochyta coffeae*), além da presença de ferrugem (*Hemileia vastatrix*) e cercosporiose (*Cercospora coffeella*), porém com baixa intensidade, e facilmente controladas pelo uso de fungicidas.

A elevada irradiação solar provoca danos foto-oxidativos nas folhas de café, conhecidos como “escaldadura”. Porém, há estratégias para mitigar esses danos, como a adubação equilibrada e o uso de irrigação. Assim, a escaldadura afeta apenas marginalmente a produção.

Uma alternativa para a mitigação do efeito da elevada irradiação, temperaturas desfavoráveis e depauperamento das plantas seria o consórcio com árvores no sistema de produção. Porém, seria necessário avaliar os benefícios da implementação do sistema de café arborizado em relação ao incremento produtividade e qualidade de bebida nesta região antes da recomendação aos produtores rurais.

A seca de ponteiros também é comum em safras com maior carga, como foi verificado na segunda safra após o esqueletamento, devido as altas temperaturas associadas ao depauperamento da planta. Devido ao estresse das plantas após a alta produção, foi verificada a necessidade de realizar a novamente a poda de esqueletamento/decote, sendo feita após a segunda safra, em agosto de 2021. Algumas cultivares apresentaram inclusive perda de ramos da “saia”, indicando que futuramente será necessária a realização da recepa para revigoração desses materiais.

APÊNDICE

Tabela 1A. Dados climatológicos médios de Jaboticabal (SP), do período de 1971 a 2014.

Mês	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Ins (h)
Janeiro	30,1	19,9	24,2	79,4	268,2	188,5
Fevereiro	30,8	19,8	24,3	77,8	201,8	193,5
Março	30,5	19,3	24	77,9	160,8	214,1
Abril	29,3	17,4	22,5	75	75,1	228,6
Maio	26,9	14,4	19,9	73,4	52,8	230,5
Junho	26,4	13	18,8	71	27,2	227,3
Julho	26,8	12,7	18,9	64,8	24,2	249,5
Agosto	29	14,1	20,8	57,8	24,6	253,1
Setembro	30	16,1	22,3	61,7	63,5	211,2
Outubro	31	18,1	23,8	64,3	112	225,1
Novembro	30,6	18,9	24	69,8	160,1	217,9
Dezembro	30,1	19,7	24,1	77,1	246,2	194,7
Média	29,3	17	22,3	70,8	1.416,5	

Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal.

Tabela 2A. Dados climatológicos mensais referentes ao período experimental de 2013 a 2021. Jaboticabal, SP.

2013	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Ins (h)
janeiro	30,2	19,9	24	79,4	384	189,4
fevereiro	31	20,1	24,3	78,8	145,2	191,4
março	30,1	19,5	23,8	80	141,6	193,5
abril	28,5	17,1	21,8	77,5	66,3	197
maio	28	15,3	20,6	72,9	93	230,3
junho	27,2	15,4	20,1	79,3	31,4	193,3
julho	26,3	12,4	18,2	72,5	33	240,1
agosto	29	12,3	19,8	57	0	273,8
setembro	30,3	15,9	22,3	59,5	66,5	229,7
outubro	30,2	17,4	23	65,6	90,8	229,4
novembro	30,5	19,3	24,1	71,4	161,7	213,5
dezembro	31,5	20,1	24,7	76,2	239,9	224,5
ano	29,4	17,1	22,2	72,5	1453,4	2605,9
2014	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Ins (h)
janeiro	32,6	19,9	25,5	69,1	99,8	294,1
fevereiro	32,5	19,9	25,5	67	83	233,9
março	30,9	19,5	24,1	76,8	106,8	238,4
abril	30,1	17,9	23	75,2	63,3	241,2
maio	28	14,6	20,2	70	6,7	237,4
junho	28,6	13,7	20	68	1,8	238,7
julho	27,1	13,1	19,1	67,6	30	212,2
agosto	31	13,9	21,7	52,5	0,2	292,7

setembro	32,1	17,2	23,7	56,1	45	223,2
outubro	34,2	18,4	25,6	49	46,8	271,5
novembro	31,1	19,8	24,4	72,4	180,9	182,2
dezembro	31	20,1	24,6	74	150,3	195,8
ano	30,8	17,3	23,1	66,5	814,6	2861,3
2015	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Ins (h)
janeiro	33,9	21,1	26,5	68,4	101,5	270,2
fevereiro	30,9	20	24,3	78,8	283,7	185
março	29,1	19,8	23,3	83,5	183,3	148,3
abril	30,1	18	22,9	76,9	86,4	234,5
maio	26,4	15,7	20	79,5	98	180,9
junho	27,2	14,2	19,7	73,5	11,6	239,3
julho	27	14,7	19,7	74,3	45	189,4
agosto	30,3	14	21,3	56	4,4	283,4
setembro	31,3	18,1	23,8	64,5	120,2	208,5
outubro	34,1	19,9	25,8	62,1	149,7	231,6
novembro	31,1	20,3	24,8	78	255,8	189,2
dezembro	31	20,9	24,8	78,6	372,3	155,8
ano	30,2	18	23,1	72,8	1711,9	2516,1
2016	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Ins (h)
janeiro	29,9	20,6	24,4	82	449,4	163,5
fevereiro	31,9	21,1	25,2	78,8	201	180,3
março	31,4	20,2	24,6	79,3	132,9	209
abril	31,5	18	24	65,6	9,1	267,6
maio	27,4	15	20,1	74,9	118,2	203,1
junho	25,7	12,9	18,1	75,3	115,8	220,1
julho	28,5	12,6	19,3	61,2	0	277,7
agosto	29,1	14	20,7	61,9	67,8	246,1
setembro	31,1	15,5	22,5	58,6	21,8	251,4
outubro	32,3	17,9	24,2	63,6	64	243,6
novembro	30,9	18,7	23,9	71,7	246,5	212,2
dezembro	31,5	20	24,7	74,3	184,4	223,4
ano	30,1	17,2	22,6	70,6	1610,9	2698
2017	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Ins (h)
janeiro	30,2	20,6	24,1	80,2	217,7	144,7
fevereiro	32	20	25	72,5	118,3	236,8
março	31,9	19,3	24,4	71,7	126,3	247,3
abril	30	17,9	22,8	74,7	135,7	217,1
maio	28	16,5	21,2	77,1	113,4	214,5
junho	26,7	13,2	19	71,3	4,7	238,1
julho	26,2	11,1	17,8	61,5	0	272,2
agosto	29	14,1	20,9	58,6	19,9	234,9
setembro	33,3	16,1	24,1	40,7	7	275,2
outubro	32,8	19,1	25,2	58,7	97,7	219,7

novembro	30,6	18,7	23,9	69,8	235,8	214
dezembro	30,9	20,4	24,7	74,2	130,7	204,1
ano	30,1	17,1	22,7	67,6	1206,5	2718,6
2018	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Ins (h)
janeiro	30,9	20,3	24,2	78,7	270,9	168,2
fevereiro	30,5	19,7	24,0	77,4	86,8	186,4
março	32,2	20,6	25,5	73,9	55,7	246,8
abril	30,8	17,3	23,2	65,9	11,0	238,2
maio	29,3	14,6	20,9	62,9	8,0	249,9
junho	29,1	15,1	21,1	63,6	0,0	201,8
julho	29,7	13,3	20,7	52,6	4,2	272,2
agosto	28,8	14,2	20,4	62,8	39,7	233,3
setembro	30,7	16,7	22,9	60,3	64,9	200,5
outubro	31,1	19,5	24,4	70,3	157,0	202
novembro	29,7	19,7	23,8	74,8	330,1	170,7
dezembro	32,0	20,2	25,2	70,0	88,2	243,8
ano	30,4	17,6	23,0	67,7	1116,5	2613,8
2019	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Ins (h)
janeiro	32,7	20,9	26,1	69,2	148,1	260,6
fevereiro	30,9	20,4	24,4	77,5	282,6	160,7
março	31,0	20,1	24,5	76,6	115,2	213,2
abril	30,6	19	23,9	73,4	97,6	228,2
maio	29,1	16,4	21,9	73,6	24,2	227,2
junho	27,9	13,9	20,3	65,5	11,5	255,1
julho	27,7	12,2	18,9	59,6	9,3	251,8
agosto	29,5	14,1	21,3	57,2	10,4	243,4
setembro	33,5	18,1	25,0	55,2	82,4	242,6
outubro	34,5	19,2	26,2	56,2	77	269,4
novembro	31,7	20,1	25,0	70,4	103,7	201,2
dezembro	30,6	20,5	24,8	76,7	167,7	169,1
ano	30,8	17,9	23,5	67,6	1129,7	2722,5
2020	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Ins (h)
janeiro	31,6	20,5	24,8	79,9	350,4	208
fevereiro	29,8	20,3	24,0	82,9	181,1	123,6
março	31,4	18,5	23,9	70,6	101,9	259,1
abril	30,1	16,1	22,5	67,2	32,6	257
maio	27,2	13,0	19,4	64,4	20,9	238,7
junho	28,4	14,9	20,7	67,7	10,5	222
julho	29,6	13,9	21,2	55,7	0	279
agosto	30,2	13,8	21,3	49,8	3,6	266,5
setembro	34,9	18,0	26,1	42,8	16,3	250,7
outubro	34,5	20,2	26,3	54,5	77	190,9
novembro	33,0	18,1	24,9	56,8	49,3	257,3
dezembro	31,4	20,2	24,5	76,7	312,4	165,9

ano	31,0	17,3	23,3	64,1	1156,0	2718,7
2021	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Ins (h)
janeiro	31,8	20,7	25,2	73,6	138,8	211,8
fevereiro	31,4	19,7	24,6	73,4	91,7	190,8
março	31,5	19,8	24,8	72,2	65,2	222,9
abril	30,1	16,2	22,5	65,2	32,3	262,8
maio	29,3	14,6	21,3	62,2	6,4	227,8
junho	27,8	14,0	19,8	64,1	22,5	232,6
julho	27,3	10,2	18,3	50,6	8,9	281,4
agosto	31,1	14,7	22,3	48,9	3,2	250,4
setembro	35,5	18,7	26,5	46,0	50,6	209,5
outubro	30,6	18,5	23,6	70,5	272,5	190,6
novembro	31,5	19,0	25,0	62,4	147,9	249,2
dezembro	30,6	19,1	24,3	70,1	210,9	233,9
ano	30,7	17,1	23,2	63,3	1050,9	2763,7

Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal.

Tabela 3A. Balanço hídrico climatológico de Jaboticabal (SP), do período de 1971 a 2000.

Mês	Temp °C	ETP	P	ARM mm	ETR	DEF	EXC
Janeiro	24,3	123	240	100	123	0	117
Fevereiro	24,3	107	202	100	107	0	95
Março	23,9	109	166	100	109	0	57
Abril	22,3	83	77	94	83	0	0
Maio	20,1	63	50	82	62	1	0
Junho	18,6	49	28	66	44	5	0
Julho	18,8	52	25	50	41	11	0
Agosto	20,8	70	27	32	45	25	0
Setembro	22,2	85	66	27	71	14	0
Outubro	23,6	108	122	41	108	0	0
Novembro	23,9	112	167	96	112	0	0
Dezembro	24	120	255	100	120	0	131
Ano	22,2	1081	1425		1025	56	400

Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal.

Tabela 4A. Balanço hídrico climatológico médio de Jaboticabal (SP), do período de estudo (2013 a 2021).

Meses	ETP	P	ARM	ETR	DEF	EXC
Janeiro	133	240	91	131	3	117
Fevereiro	113	164	90	110	2	54
Março	116	114	79	110	6	15
Abril	91	58	57	71	20	5
Maio	69	54	58	47	21	9
Junho	58	23	42	32	26	7
Julho	55	14	30	27	28	0
Agosto	72	16	19	27	45	0
Setembro	103	53	14	57	47	0
Outubro	122	115	29	92	30	8
Novembro	117	190	72	107	10	41
Dezembro	129	206	88	128	1	62
Ano	1179	1248	669	939	240	318

Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal.

Tabela 5A. Balanço hídrico climatológico sequencial de Jaboticabal (SP), do período de estudo (2013 a 2021).

2013	ETP	P	ARM	ETR	DEF	EXC
Janeiro	120	384	100	120	0	264
Fevereiro	109	145	100	109	0	36
Março	110	142	100	110	0	31
Abril	81	66	87	80	1	0
Maio	69	93	100	69	0	11
Junho	60	31	75	56	4	0
Julho	48	33	65	43	4	0
Agosto	61	0	35	30	31	0
Setembro	84	66	30	72	12	0
Outubro	99	91	27	93	6	0
Novembro	113	162	75	113	0	0
Dezembro	129	240	100	129	0	87
Ano	1083	1453	-	1024	58	429
2014	ETP	P	ARM	ETR	DEF	EXC
Janeiro	140	100	67	133	7	0
Fevereiro	124	83	44	105	18	0
Março	114	107	41	110	4	0
Abril	93	63	31	74	19	0
Maio	65	7	17	20	45	0
Junho	59	2	10	9	50	0
Julho	54	30	8	32	22	0
Agosto	77	0	4	4	73	0
Setembro	98	45	2	47	52	0

Outubro	130	47	1	48	82	0
Novembro	117	181	65	117	0	0
Dezembro	127	150	88	127	0	0
Ano	1198	815	-	826	372	0
2015	ETP	P	ARM	ETR	DEF	EXC
Janeiro	155	101	51	138	17	0
Fevereiro	109	284	100	109	0	126
Março	104	183	100	104	0	79
Abril	91	86	95	91	0	0
Maio	63	98	100	63	0	29
Junho	57	12	63	48	9	0
Julho	58	45	55	53	5	0
Agosto	74	4	28	32	41	0
Setembro	99	120	49	99	0	0
Outubro	133	150	65	133	0	0
Novembro	122	256	100	122	0	99
Dezembro	130	372	100	130	0	242
Ano	1195	1711	-	1122	72	575
2016	ETP	P	ARM	ETR	DEF	EXC
Janeiro	125	449	100	125	0	324
Fevereiro	120	201	100	120	0	81
Março	120	133	100	120	0	13
Abril	103	9	39	70	33	0
Maio	64	118	93	64	0	0
Junho	46	116	100	46	0	63
Julho	55	0	57	43	13	0
Agosto	68	62	54	65	3	0
Setembro	86	22	28	47	39	0
Outubro	113	64	17	75	38	0
Novembro	111	246	100	111	0	53
Dezembro	129	184	100	129	0	56
Ano	1140	1604	-	1015	126	590
2017	ETP	P	ARM	ETR	DEF	EXC
Janeiro	121	218	100	121	0	96
Fevereiro	117	118	100	117	0	1
Março	117	126	100	117	0	9
Abril	91	136	100	91	0	45
Maio	74	113	100	74	0	40
Junho	52	5	62	42	10	0
Julho	40	0	42	21	19	0
Agosto	70	20	25	36	34	0
Setembro	103	7	9	22	81	0
Outubro	125	98	7	100	25	0
Novembro	111	236	100	111	0	32

Dezembro	129	131	100	129	0	2
Ano	1150	1208	-	981	169	225
2018	ETP	P	ARM	ETR	DEF	EXC
Janeiro	123	271	100	123	0	148
Fevereiro	106	87	83	104	2	0
Março	131	56	39	100	32	0
Abril	95	11	17	33	62	0
Maio	71	8	9	16	55	0
Junho	68	0	5	5	63	0
Julho	66	4	2	6	60	0
Agosto	66	40	2	40	25	0
Setembro	90	65	1	65	25	0
Outubro	115	157	43	115	0	0
Novembro	110	330	100	110	0	163
Dezembro	135	88	62	126	10	0
Ano	1176	1117	-	843	334	311
2019	ETP	P	ARM	ETR	DEF	EXC
Janeiro	149	148	99	149	0	0
Fevereiro	110	283	100	110	0	171
Março	119	115	97	119	0	0
Abril	102	89	92	102	0	0
Maio	80	24	53	64	16	0
Junho	61	11	32	32	29	0
Julho	53	9	21	21	32	0
Agosto	73	10	11	20	53	0
Setembro	113	82	8	85	27	0
Outubro	138	77	4	81	58	0
Novembro	125	104	4	104	20	0
Dezembro	130	168	41	130	0	0
Ano	1253	1129	-	1017	235	171
2020	ETP	P	ARM	ETR	DEF	EXC
Janeiro	131	350	100	131	0	220
Fevereiro	106	181	100	106	0	75
Março	111	102	91	111	0	0
Abril	80	33	30	47	33	0
Maio	59	21	36	37	21	0
Junho	65	11	21	26	39	0
Julho	71	0	10	11	60	0
Agosto	73	4	5	9	65	0
Setembro	126	16	2	20	106	0
Outubro	140	77	1	78	62	0
Novembro	123	49	0	50	74	0
Dezembro	126	312	100	126	0	87
Ano	1211	1156	-	752	460	382

2021	ETP	P	ARM	ETR	DEF	EXC
Janeiro	136	139	100	136	0	3
Fevereiro	113	92	81	111	2	0
Março	122	65	46	100	22	0
Abril	87	32	26	52	36	0
Maió	72	6	13	19	55	0
Junho	58	22	9	26	31	0
Julho	48	9	6	12	36	0
Agosto	83	3	3	7	76	0
Setembro	131	51	1	52	79	0
Outubro	106	272	100	106	0	68
Novembro	125	148	100	125	0	23
Dezembro	123	211	100	123	0	87
Ano	1207	1050	-	869	337	181

Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal.

Tabela 6A. Herbicidas, inseticidas e fungicidas aplicados no experimento para controle de plantas daninhas, pragas e doenças durante a condução do experimento. Jaboticabal, SP.

Nome Comercial	Classe	Princípio ativo	Concentração	Dose (p.c./ha)
Goal BR	Herbicida	Oxifluorfem	240 g/L	2-6 L ha ⁻¹
Galigan 240 EC		Oxifluorfem	240 g/L	3 L ha ⁻¹
Zapp QI 620		Glifosato potássico	620 g/L	3 L ha ⁻¹
Select 240 EC		Cletodim	240 g/L	0,45 L ha ⁻¹
Heat		Saflufenacil	700 g/kg	20-200 g ha ⁻¹
Verdadero 600 WG	Inseticida	Tiametoxan + Ciproconazol	300 g/kg	0,7-1 kg ha ⁻¹
Actara 250 WG		Tiametoxan	250 g/kg	2 kg ha ⁻¹
Benevia		Ciantraniliprole	100 g/L	0,7-1,5 kg ha ⁻¹
Nomolt 150		Teflubenzurom	150 g/kg	0,25 L ha ⁻¹
Sivanto Prime 200 SL		Flupiradifurona	200 g/L	1,5 - 3 L ha ⁻¹
Rimon 100 EC		Novalurom	100 g/L	0,25-0,3 L ha ⁻¹
Mustang 350 EC		Zeta-cipermetrina	350 g/L	0,05 L ha ⁻¹
Altacor		Clorantraniliprole	350 g/kg	90 g ha ⁻¹
Vertimec 84 SC		Abamectina	84 g/L	0,085 L ha ⁻¹
Opera	Fungicida	Piraclostrobina + Epoxiconazol	133 g/L + 50 g/L	1,5 L ha ⁻¹
Priori Xtra		Azoxistrobina + Ciproconazol	200 g/L + 80 g/L	0,5 - 0,75 L ha ⁻¹
Cantus		Boscalida	500 g/kg	0,15 L ha ⁻¹
Kocide WDG Bioactive		Hidróxido de cobre	538 g/kg	1,75-2,0 kg ha ⁻¹
Supera		Hidróxido de cobre	537,44	2-3 L ha ⁻¹

Tabela 7A. Fertilizantes químicos utilizados no experimento de café durante o ciclo de cultivo. Jaboticabal, SP.

Fertilizantes	Garantias
Nitrato de cálcio	15% N + 18% Ca
Nitrabor	15,4% N + 18,3% Ca + 0,3% B
Kimcoat N	44% N
Kimcoat K	60% K ₂ O
Ureia	45% N
Superfosfato triplo	46% P ₂ O ₅ + 22% Ca
MAP	9% N + 44% P ₂ O ₅
Haya Phós	4% N + 28% P ₂ O ₅ + 10% K ₂ O + 4% Ca + 5% S + 0,3% B + 1,2% Zn
Cloreto de potássio	60% K ₂ O
08-28-16 + micronutrientes	8% N + 28% P ₂ O ₅ + 16% K ₂ O + 0,2% Mn + 0,5% Zn + 0,1% B
20-0-20	20% N + 20% K ₂ O
30-0-10	30% N + 10% K ₂ O
Boromag	30% Mg + 3,2% S + 2% B
MIB 245	10% Zn + 10% Mn + 5% B + 5% Cu + 3% S

Tabela 8A. Dados climatológicos diários referentes ao período de florescimento e crescimento inicial dos frutos do experimental de 2019 a 2021. As datas das anteses foram destacadas em negrito Jaboticabal, SP.

2019 Dia	Temperatura (°C)			UR(%)			Chuva (mm)
	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	
01/set	33,3	17,2	22,3	91	26,1	67,8	14,5
02/set	30,2	16,7	22,8	96,7	40,9	72,2	0
03/set	28,2	19,5	22,3	90,7	47	78	2,5
04/set	33,1	18,5	24,5	91,2	28,5	64,1	0
05/set	31,4	16,1	22	88,7	37,1	66,3	0
06/set	32,8	16,1	22,8	89,5	30,9	65,4	9
07/set	32,5	16,8	24,3	92,7	31,2	63	0
08/set	34,1	19,5	26,8	77,4	23,8	44,7	0
09/set	34,1	19,1	26,5	71,2	19,2	42,1	0
10/set	36,3	19,5	27,7	59	19,4	36,9	0
11/set	36,4	21,4	28,8	55,1	16,3	34,4	0
12/set	38	20,4	29	59,3	12,6	31,5	0
13/set	37,7	20,2	27,9	67,6	12,9	38,1	0
14/set	36,9	17,7	26,6	80,8	17,2	47,8	0
15/set	35,8	20	27,7	70,6	17,7	41,8	0
16/set	35,5	20,8	27,7	60,3	18,7	37,2	0
17/set	36,5	20,1	28,3	57,3	15,1	32,3	0
18/set	37,8	18,4	28,2	59,9	13,1	32,2	0
19/set	37,2	20,5	28,6	56,4	16,1	32,7	0
20/set	35,1	21,4	26,8	68,6	18,4	43,1	0
21/set	34,6	20,8	26,4	81,5	29,9	58,1	0
22/set	33,5	16,9	23,5	87,3	34	62,4	0

23/set	31,1	15,1	22	74	31,2	54,1	0
24/set	33,4	14,7	23,8	79,1	28,7	53,5	9,2
25/set	23	17,4	18,5	97,6	57,6	93,4	43,8
26/set	20,5	16,2	17,9	97,9	80,7	94,4	0,8
27/set	27,9	13,7	20,3	98,3	36,2	71,4	0
28/set	30,5	14,2	21,9	86,9	30	59,7	0
29/set	31,6	14,5	22,7	89,1	20,3	54,5	0
30/set	33,1	16,4	24,7	71,8	22,8	47,4	0
2019	Temperatura (°C)			UR(%)			Chuva (mm)
Dia	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	
01/out	36,1	17,4	26,8	74,1	18	44,6	0
02/out	36,1	20,1	28,6	70,9	22,4	43,3	0
03/out	36	20,2	28	69,3	12,3	39,6	0
04/out	35,2	15,2	25,4	78,2	14,7	40,6	0
05/out	35,1	18,8	27,3	60,1	19,3	38,3	0
06/out	34	19,4	26,1	89,8	30,3	52,2	0
07/out	31,6	17,8	23,9	90,7	36,9	67,9	0
08/out	27,2	18,9	22,2	93,7	55,7	76,4	1,8
09/out	29,8	19,4	22,7	95,9	49,6	81,8	1,1
10/out	29,9	18,7	23,2	92,1	43,7	71,7	0
11/out	33,8	17,7	25,2	92,9	28,6	59,5	0
12/out	35	20,1	27,5	79,3	26,3	49,7	0
13/out	36,8	21,2	20	67,9	19,2	40,5	0
14/out	36,6	20,1	29	75,1	18,9	40	0
15/out	35,4	19,8	26,5	77,9	23,4	52,7	0
16/out	35,1	18,7	26,7	81,8	26	51,8	0
17/out	36	19,7	28	81,2	24,6	47,5	0
18/out	37,3	21,3	29,5	71,7	19,2	38,6	0
19/out	36,1	20,7	27,6	84,7	23,2	52,6	0
20/out	33,5	19,6	26	82,7	30,3	55,2	0,8
21/out	30,6	15,5	21,4	96,3	39,1	72,7	9,1
22/out	27,6	18,1	21,8	94,4	47,7	76,1	0
23/out	32,5	17,8	24,7	94,1	33	62,1	0
24/out	34,5	18,5	26,5	84	30,6	54,9	0
25/out	36,7	18,5	27,7	84	18,2	46,6	0
26/out	36,5	21,4	28,3	65,1	19,5	42,6	0
27/out	36,7	20,4	27,8	85,1	23,6	48,7	54,2
28/out	32,1	18,2	24,1	97,4	33,3	70	0
29/out	33,6	18,7	25,8	86,3	32	63,8	10
30/out	34,3	19,4	26,2	91,2	28,4	60,5	0
31/out	33,6	19,8	25,9	83,2	30,1	59,9	0
2020	Temperatura (°C)			UR(%)			Chuva (mm)
Dia	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	
01/ago	28,7	13,8	20,3	87,2	27,4	56,3	0

02/ago	28,3	12,4	19,7	85,7	25,5	51,6	0
03/ago	27,1	11,8	19,3	76,1	21,6	44,3	0
04/ago	27,7	11,2	19,3	68,6	20,4	41,7	0
05/ago	28,5	11,4	19,7	69,4	20,3	42,4	0
06/ago	27,8	11,2	19,3	71,1	19,4	44,7	0
07/ago	28	10,7	19,5	73,6	20,7	43,1	0
08/ago	28	14,3	20,7	61,8	29,1	44,4	0
09/ago	29,2	15,6	22,1	66,9	19,4	39,8	0
10/ago	29,8	13,5	21,5	70,3	20,8	42,3	0
11/ago	30	14,2	22,2	68,5	21,2	41,1	0
12/ago	31,9	14,3	23,4	65,9	18,9	38,4	0
13/ago	33,4	17,3	24,3	62,4	21,3	41,8	0
14/ago	33,4	17,4	24,9	63,2	22,3	42,4	0
15/ago	33,8	17,9	25,2	66,1	21,5	43,6	0
16/ago	27,6	19	22,5	74,7	38,8	57,2	0
17/ago	27,6	17,4	21	81,4	39	64,8	0
18/ago	32,1	16,8	23,3	83,6	29,7	58,2	0
19/ago	35,1	17,8	25,2	79,3	20,3	54,2	0
20/ago	28,5	15,3	19,8	94	31,8	66,8	0
21/ago	17	10,5	14,3	96,3	61,4	78,7	3,6
22/ago	22,2	8,1	14,4	95,4	36,8	71,4	0
23/ago	26,3	10,5	17,3	85	32	58	0
24/ago	27,6	11,3	17	81,7	22,1	43,9	0
25/ago	28,1	9,8	18,5	76,8	15,4	44,5	0
26/ago	30,3	10,5	19,8	76,7	8,6	38,6	0
27/ago	31,3	12,7	21,8	60,6	17,3	36,2	0
28/ago	32,9	14,5	23,8	65,1	14,7	37,2	0
29/ago	33,1	15,2	24,7	67,8	19,1	38,9	0
30/ago	34,6	17,7	25,9	57	16,7	34,7	0
31/ago	34,4	17,7	26	61,2	17,5	36,2	0

2020 Dia	Temperatura (°C)			UR(%)			Chuva (mm)
	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	
01/set	34,3	17,1	25,1	82,1	20,6	49,4	0
02/set	32	17	23,7	76,1	24,7	49,9	0
03/set	33,3	17,4	25	60,3	17,2	35,5	0
04/set	35,3	17,6	26	59	14,4	33,2	0
05/set	35,2	16	26,4	56,6	11,4	27,2	0
06/set	34	14,4	25,8	57	14,8	27	0
07/set	35,1	17,3	26,1	53,4	11,9	27,7	0
08/set	36,1	17,2	26,9	48,8	13	27	0
09/set	36,7	17,8	27,8	58,2	13,1	30	0
10/set	36,8	19,4	27,8	51,5	13,1	28	0
11/set	36,8	18,8	27,8	54,4	12,4	22,3	0
12/set	36,8	21	28,4	42,3	11,8	23,9	0

13/set	35,5	19,5	27	42,2	13,8	26	0
14/set	34,2	16,9	26	49,4	15,9	29,8	0
15/set	34	18,4	25,3	76,8	17,8	42,1	0
16/set	34,5	17	26,1	75,4	15	40,2	0
17/set	36,9	20,9	28,7	46	13,7	26,9	0
18/set	36,7	17,8	27,4	80	14	40,4	0
19/set	32,5	21,7	25,9	57,9	25,4	42,7	0,9
20/set	24,4	19	20,6	94,7	47,3	77,7	7
21/set	28	16,4	20,9	91,7	46,1	72,5	2,4
22/set	26,2	14,4	19,4	95,6	52,4	74,5	0
23/set	28,4	15,6	21,5	88,5	41,8	65,4	0
24/set	32,3	15,2	23,6	89,3	23,6	53,4	0
25/set	34,5	17,8	26,2	72,9	17,1	40,2	0
26/set	36,6	18,9	27,6	62,3	12,7	33,6	0
27/set	38,3	18	28,5	53,6	13,5	28,8	0
28/set	38,3	18	28,5	53,6	13,5	28,8	6
29/set	39,4	18,7	28,6	79,1	13,8	44,9	0
30/set	39,4	21,1	30,2	63,1	13,3	33,5	0
2020	Temperatura (°C)			UR(%)			Chuva (mm)
Dia	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	
01/out	39,5	23,3	31,1	50	15	30,3	0
02/out	39,3	22,5	31,3	49,8	13,2	28	0
03/out	40,2	21,6	31,6	65,8	13,7	30,9	0
04/out	39,4	20,7	29,1	79,7	13,6	48,6	0
05/out	40,6	20,1	29,7	80,7	11,1	42,4	0
06/out	39,8	24,2	30,7	48	24	34	0
07/out	41,2	24,2	31,8	52,4	12,4	31,1	0
08/out	32,9	23,5	27,8	64,8	22,7	43	0
09/out	38,8	21,2	26	79,5	20,3	58,9	0,4



Figura 1A. Sulcamento, adubação orgânica e incorporação/fechamento dos sulcos de plantio da área experimental. Jaboticabal/SP.



Figura 2A. Mudas de café em viveiro na Fazenda Bela Época. Ribeirão Corrente/SP.



Figura 3A. Transplântio e crescimento das mudas de café arábica em consórcio com braquiária-ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*). Jaboticabal, SP.



Figura 4A. Crescimento inicial das cultivares de café arábica.



Figura 5A. Antese, frutos no estágio cereja e secagem ao sol dos frutos de café arábica da primeira safra (2014/2015). Jaboticabal/SP.



Figura 6A. Plantas de café arábica e vista aérea da área experimental no 4^a ano agrícola (2017/2018). Jaboticabal/SP.



Figura 7A. Plantas de café após poda de esqueletamento e decote. Jaboticabal, SP.



Figura 8A. Plantas de café na fase durante a 5ª safra (março/2020) e antese da florada principal da 5ª safra. Jaboticabal, SP.



Figura 9A. Derrça manual dos frutos de café na 5ª safra e frutos no estágio cereja. Jaboticabal/SP.



Figura 10A. Colheita semi-mecanizada com o auxílio de derriçadora de café na 6^a safra (maio/2021). Jaboticabal/SP.



Figura 11A. Avaliação do grau de maturação dos frutos de café e amostras de grãos crus para a avaliação da qualidade de bebida.