



LUANA DE JESUS SARTORI

**ANATOMIA COMPARADA DE DUAS VARIEDADES DE
CAFEEIRO EM MINAS GERAIS**

**LAVRAS-MG
2023**

LUANA DE JESUS SARTORI

**ANATOMIA COMPARADA DE DUAS VARIEDADES DE CAFEIEIRO EM MINAS
GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada, área de concentração em Botânica Aplicada, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Fábio Akira Mori
Orientador

**LAVRAS-MG
2023**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Sartori, Luana de Jesus.

Anatomia comparada de duas variedades de cafeeiro em Minas
Gerais / Luana de Jesus Sartori. - 2023.

42 p. : il.

Orientador(a): Fábio Akira Mori.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Plasticidade anatômica. 2. Coffea arabica. 3. Catiguá MG3. I.
Mori, Fábio Akira. II. Título.

LUANA DE JESUS SARTORI

**ANATOMIA COMPARADA DE DUAS VARIEDADES DE CAFEIEIRO EM MINAS
GERAIS**

COMPARATIVE ANATOMY OF TWO COFFEE VARIETIES IN MINAS GERAIS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada, área de concentração em Botânica Aplicada, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 17 de janeiro de 2023

Dra. Vanessa Cristina Stein - UFLA

Dra. Alessandra de Oliveira Ribeiro- UNILAVRAS

Dra. Graciene da Silva Mota- UFSJ

Prof. Dr. Fábio Akira Mori
Orientador

**LAVRAS-MG
2023**

Aos meus pais, José Luiz Sartori e Ana Rosa de Jesus Sartori, por todo apoio, confiança e carinho ao longo desta jornada.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À minha família, que sempre me apoiou e incentivou. Por todo carinho, ensinamento e suporte para que eu chegasse até aqui.

Ao Pedro, por todo amor, companheirismo e apoio.

Aos meus amigos, em especial Thiago e Michelle, que sempre me incentivaram a seguir meus objetivos.

À Jéfyne e Orivaldo, que tanto me ajudaram nesta etapa.

À Letícia, técnica do Laboratório de Anatomia Vegetal, por todo o auxílio.

Ao professor Fábio Akira Mori, pela orientação e confiança.

Ao Programa de Botânica Aplicada e a todos os professores que contribuíram para a minha formação profissional.

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade e pelas condições oferecidas para minha formação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pela concessão da bolsa de estudos.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, pela viabilização do projeto.

A todos que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui.

RESUMO

O conhecimento da anatomia foliar de cafeeiros de diferentes locais é importante para compreender os mecanismos de adaptação das variedades às condições ambientais. Visto que a folha apresenta grande plasticidade, esta atua como um indicador das condições edafoclimáticas, conferindo mais respostas do que a raiz e o caule. Entender a anatomia pode auxiliar produtores a realizar o plantio de determinadas variedades em locais mais apropriados, além de contribuir na criação de cultivares mais tolerantes a estresses ambientais. O experimento foi conduzido nas Unidades Experimentais da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) nas cidades de Patrocínio e Monte Carmelo. Cada local possui lavouras de café com as variedades “Catiguá MG3” e “Sarchimor”, implantadas em 2017, porém, em Monte Carmelo ocorre irrigação por gotejamento enquanto Patrocínio é conduzido em sequeiro. O presente trabalho teve como objetivo verificar a plasticidade estrutural foliar entre uma mesma variedade de café cultivada em diferentes locais, e entre as duas variedades ocorrentes num mesmo local. Para tanto, coletou-se folhas completamente expandidas do terceiro nó para a avaliação da anatomia foliar no Laboratório de Anatomia Vegetal (DBI) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Por meio deste, verificou-se que as variedades dos dois locais apresentaram características que conferem tolerância a altas temperaturas. Em Monte Carmelo os indivíduos apresentaram maior espessamento da cutícula, já em Patrocínio, maior espessamento do parênquima paliçádico. Em Monte Carmelo também foi observado maior diâmetro de vaso e do poro estomático, indicando uma maior transpiração e translocação de água e sais minerais, sendo a irrigação uma possível resposta.

Palavras-chave: Plasticidade anatômica. *Coffea arabica*. Catiguá MG3. Sarchimor.

ABSTRACT

The study of leaf anatomy of coffee trees from different locations is important to understand the adaptation mechanisms of varieties to environmental conditions. Since leaves have great plasticity, they act as indicators of edaphoclimatic conditions, as they provide more responses than the root and stem. Understanding the anatomy can help producers to choose certain varieties in the most appropriate places, in addition to contributing to the creation of cultivars that are more tolerant to environmental stress. The experiment was conducted at the Experimental Units of the Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) in the cities of Patrocínio and Monte Carmelo. Each location has coffee plantations with the “Catiguá MG3” and “Sarchimor” varieties, implanted in 2017. However, in Monte Carmelo drip irrigation is used while Patrocínio is conducted in dryland. This work aimed to verify changes in leaf anatomy between the same variety of coffee from different locations, and between the two varieties from the same location. For this purpose, completely expanded leaves from the third node were collected for the assessment of leaf anatomy at the Laboratório de Anatomia Vegetal (DBI) of the Universidade Federal de Lavras (UFLA). Through this, it was verified that the varieties of the two places presented characteristics that confer tolerance to high temperatures. In Monte Carmelo, the individuals presented greater thickening of the cuticle, while in Patrocínio, greater thickening of the palisade parenchyma. In Monte Carmelo, a larger vessel and stomatal pore diameter was also observed, indicating greater transpiration and translocation of water and minerals, with irrigation being a possible explanation for the differences found.

Key words: Anatomical plasticity. *Coffea arabica*. Catiguá MG3. Sarchimor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de Minas Gerais, com a localização dos Municípios Monte Carmelo e Patrocínio.....	23
Figura 2- Médias anuais de temperatura e precipitação pluviométrica, referentes ao período de janeiro de 2017 a 15 de agosto de 2022.....	24
Figura 3- Esquema de coleta.....	25
Figura 4- Precipitação pluviométrica em Monte Carmelo e Patrocínio, referentes ao período de 01 de janeiro a 15 de agosto de 2022.....	26
Figura 5- Resultados do Teste de Mann-Whitney e Teste T (com intervalo de confiança de 0,95%), comparando uma mesma variedade em diferentes locais.....	29
Figura 6- Resultados do Teste de Mann-Whitney e Teste T (com intervalo de confiança de 0,95%), comparando variedades diferentes em um mesmo local.....	32
Figura 7- Fotomicrografias de secções transversais em folhas de cafeeiro.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resultados do Teste de Mann-Whitney e Teste T (com intervalo de confiança de 0,95%) comparando uma mesma variedade de diferentes locais.....	28
Tabela 2- Resultados do Teste de Mann-Whitney e Teste T (com intervalo de confiança de 0,95%) comparando variedades diferentes em um mesmo local.....	31

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	11
1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Descrição da espécie	11
2.2 Origem e importância econômica	13
2.3 Produtividade.....	14
2.4 Anatomia foliar	15
REFERÊNCIAS	18
SEGUNDA PARTE- ARTIGO.....	20
ARTIGO 1- ANATOMIA COMPARADA DE DUAS VARIEDADES DE CAFEIEIRO EM MINAS GERAIS	20
1. INTRODUÇÃO	22
2. MATERIAL E MÉTODOS	23
2.1 Área de estudo e coleta.....	23
2.2 Preparo do material e análises	25
3. RESULTADOS	26
4. DISCUSSÃO	35
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
REFERÊNCIAS	39

PRIMEIRA PARTE

1. INTRODUÇÃO

O café é uma das culturas mais importantes economicamente no Brasil, visto que o país é o seu maior produtor e exportador (DA MATTA *et al.*, 2017), sendo estimada uma colheita de 50,38 milhões de sacas de café no ano de 2022, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022).

De acordo com Queiroz-Voltan e colaboradores (2014), o cafeeiro pode ter a sua anatomia afetada por meio das condições abióticas às quais são submetidos, como a disponibilidade hídrica, radiação solar e temperatura, fazendo com que as plantas modifiquem suas estruturas para um ótimo desenvolvimento.

Estudos que abordam a anatomia vegetal têm sido realizados para a obtenção de novas cultivares de café, subsidiando programas de melhoramento genético, já que variações anatômicas podem indicar características que conferem tolerâncias e adaptação às diversas condições de cultivo (ZITO *et al.*, 2018). Os fatores ambientais influenciam de forma direta na anatomia foliar, sendo a disponibilidade hídrica um dos mais importantes para o desenvolvimento foliar (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009). Por apresentar uma alta plasticidade, a folha pode atuar como um indicador das condições do ambiente (QUEIROZ-VOLTAN *et al.*, 2014).

Para a expansão da cafeicultura no Brasil, é importante a identificação de cultivares mais tolerantes ao estresse hídrico e demais condições que possam acarretar prejuízos à cultura (BATISTA *et al.*, 2010). O presente trabalho, portanto, buscou verificar a plasticidade estrutural de duas variedades de café (Catiguá MG3 e Sarchimor) cultivadas em duas regiões produtoras de Minas Gerais, de modo a verificar variações na anatomia entre as variedades da mesma e de diferentes localidades.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Descrição da espécie

O cafeeiro é uma planta perene pertencente à família Rubiaceae que atinge até 10 m de altura, possuindo um ramo principal denominado ortotrópico e ramos laterais chamados de plagiotrópicos (BARROS, 1997). A copa possui um formato cilíndrico, apresenta apenas um

ramo vertical, denominado ortotrópico, do qual partem ramificações horizontais, chamadas de ramos plagiotrópicos. As folhas adultas, que variam de 12 a 24 cm, são brilhantes, de coloração verde-escura e formato elíptico, com bordas onduladas e com nervuras secundárias de pequena profundidade, ainda, apresentam domácias glabras e desenvolvidas parcialmente. Suas inflorescências desenvolvem-se na axila foliar e dão origem a até quatro flores. Os frutos apresentam formato oblongo, com coloração amarela ou vermelha, e estes possuem duas sementes envolvidas por uma membrana chamada pergaminho (ALVES, 2008).

No Brasil a cafeicultura apresenta fenologia bem definida, visto que o florescimento ocorre na primavera, formação dos frutos no verão e o amadurecimento destes no outono/inverno. Segundo Camargo e Camargo (2001), o cafeeiro apresenta seis fases fenológicas e leva dois anos para completar o ciclo. O primeiro ano corresponde ao desenvolvimento vegetativo e o segundo ao reprodutivo. A primeira fase é a de vegetação e formação das gemas foliares, com duração de cerca de sete meses (de setembro a março); a segunda corresponde à de indução e maturação das gemas florais (abril a agosto); a terceira fase, de florada, é induzida após aumento do potencial hídrico das gemas (setembro a dezembro); a quarta fase corresponde à de granação dos frutos (janeiro a março); na quinta fase ocorre a maturação dos frutos (abril a junho); e a sexta fase é caracterizada pelo repouso e senescência dos ramos terciários e quaternários (julho e agosto).

O cafeeiro é uma planta que facilmente se adapta a alterações ambientais, como, por exemplo, os espaçamentos entre linhas e das plantas nas linhas. A eficiência do cafeeiro é determinada por um dossel extenso e iluminado, o que garante uma alta taxa fotossintética e, conseqüentemente, uma maior produtividade (PEREIRA, 2007). A fotossíntese ocorre nas folhas (fonte) e a seiva elaborada é distribuída para o resto do vegetal (dreno). O produto da fotossíntese nos cafeeiros é utilizado tanto para a produção de frutos quanto para o crescimento vegetativo. Dessa forma, no ano em que a taxa de produtividade é alta, a de crescimento é reduzida, invertendo esse quadro no ano seguinte.

Esse processo de alternância é denominado bienalidade (BARROS, 1997). Segundo Cannel (1983), para que a demanda energética de cada fruto seja suprida, de modo a não desestabilizar o crescimento vegetativo, são necessários 20 cm² de folha. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2021), o ano de 2021 foi de baixa bienalidade, sendo assim, ocorreu um maior manejo nas lavouras. Já em ano de 2022 a bienalidade foi positiva, retornando a ser negativa em 2023.

Segundo Silva e colaboradores (2007), “a cultivar Catiguá MG3 é resultante da hibridação artificial entre Catuaí Amarelo IAC 86 (UFV 2154-344 EL7) e uma planta da seleção de Híbrido de Timor UFV 440-10”. Já a Sarchimor originou-se do cruzamento das variedades Villa Sarchi CIFIC 971/10 com o híbrido Timor CIFIC 832/2 (FLORES; LUCIO, 2019).

2.2 Origem e importância econômica

A família Rubiaceae, à qual o café pertence, é da Ordem Gentianales e é uma das maiores famílias entre as angiospermas, ocupando a quarta colocação (LARA, 2012; JUDD *et al.*, 2009). Dentre os gêneros de Rubiaceae, *Coffea* é um dos mais importantes, devido ao seu valor econômico e social, visto que é fonte de renda para milhares de pessoas.

Originário da África, o café era consumido inicialmente na forma de fruto, dos quais os etíopes alimentavam-se de sua polpa ou produziam um suco fermentado que se transformava em bebida alcoólica, entretanto, técnicas de plantio e a preparação do produto como conhecemos atualmente, foram realizadas pelos árabes (MARTINS, 2012).

Segundo Wellman (1961), o café inicialmente era um produto muito caro, visto que os grãos, oriundos do Oriente Médio, passavam por um processo para que perdessem a capacidade germinativa, evitando que a cultura fosse inserida na Europa. Os canais pelos quais o café era transportado para a Europa eram problemáticos, o que tornava a importação do produto cara. Diversos países negociaram a obtenção de sementes e tentativas de plantios foram realizadas. Entretanto, condições climáticas, como as geadas da França, não permitiram que a cultura fosse implantada no país tão facilmente. Somente países de climas tropicais, como a Índia, obtiveram sucesso no plantio do cafeeiro, que então passou a ser difundido. Esse fato se deu por a família Rubiaceae ser original de regiões quentes, portanto, se adaptam melhor às temperaturas mais altas.

O processo de torrefação das sementes foi desenvolvido no século XIV, e somente a partir disso é que a bebida adquiriu o sabor que conhecemos hoje (MARTINS, 2012). A bebida se tornou muito apreciada pela nobreza a partir do século XV e, com a expansão da cultura, foi sendo difundida até as classes menos nobres. O sucesso se deu principalmente por apresentar um pseudoalcaloide estimulante, a cafeína (RAVEN *et al.*, 2014).

O cultivo do cafeeiro foi introduzido no Brasil em 1727, passando por diversos tipos de manejo, visando sempre melhora da produtividade (PEREIRA, 2007). Atualmente é uma

das principais culturas produzidas no Brasil, sendo o país o seu maior produtor e exportador no mundo (DAMATTA *et al.*, 2007).

2.3 Produtividade

Um dos fatores mais importantes na agricultura é a produtividade. Os produtores rurais visam sempre formas de melhorar a produtividade da lavoura, analisando quais as formas de manejo se adequam mais àquela determinada cultura, e tais análises vão desde a qualidade do solo, clima, disponibilidade hídrica às técnicas de manuseio. Essa melhoria da produtividade almeja não só o aumento da safra, mas que também a qualidade do produto seja mantida ou melhorada.

Desde o início da colonização do Brasil, as atividades econômicas dominantes do país sempre estiveram relacionadas com a produção agrícola ou extrativista, como, por exemplo, a cana-de-açúcar, pau-brasil, borracha e café (IBGE, 2016). O café, desde quando foi introduzido no país, por volta de 1727, assumiu grande destaque na economia nacional, visto que o país tornou-se o seu maior produtor e exportador, além de ser o segundo maior consumidor. Ainda que o consumo mundial de café seja elevado, e que vem crescendo cada vez mais, o preço da saca tem diminuído ao longo dos anos. Por se tratar de uma cultura que gera renda para milhares de pessoas, assumindo também um papel social, e com a redução da margem de lucro, tem sido cada vez mais necessária a melhoria da produtividade e a diminuição nos custos de produção (NAGUMO, 2005).

Dentre as mais de cem espécies pertencentes ao gênero *Coffea*, somente *C. arabica* e *C. canephora* são altamente exploradas. O Valor Bruto da Produção (VBP) dos cafés do Brasil previsto para 2022 foi calculado em R\$ 61,82 bilhões, sendo 47,48 bilhões para Arábica, o que corresponde a 77%, e 14,34 bilhões para Canephora (robusta e conilon) (EMBRAPA, 2022). Tais valores indicam que a cafeicultura será responsável por cerca de 7,4% do faturamento das lavouras brasileiras analisadas. Esses dados comprovam o maior interesse comercial em *C. arabica*, considerado um café mais refinado em comparação aos demais.

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), para 2022 foi estimada uma colheita de 50,38 milhões de sacas, sendo que a área destinada à cafeicultura é de 2,24 milhões de hectares. Em comparação à safra anterior, deve ocorrer um aumento da produtividade média de 3,7%, entretanto, tal aumento é menor do que o esperado para 2022, visto que se trata de um ano de bienalidade positiva (CONAB, 2022).

Tal diminuição na produção em 2022, em comparação à de 2020, ano em que a bionalidade também foi positiva, é resultado das condições climáticas registradas, principalmente entre os meses de julho e agosto de 2021, nos quais houve estiagem e geadas que prejudicaram as lavouras de café e diversas outras cultivares. Devido a essas condições foi necessário um manejo de poda mais intenso, levando a uma área significativa de café para produção apenas na safra de 2023 ou 2024 (CONAB, 2022).

De acordo com a EMBRAPA (2022), dentre as regiões brasileiras que mais irão faturar com a cafeicultura em 2022, destaca-se o Sudeste com cerca de 86,5% do faturamento total, seguido do Nordeste com 6,4% e Norte com 5%. Além disso, o estado de Minas Gerais lidera o ranking de faturamento, sendo responsável por aproximadamente 54% do faturamento nacional.

2.4 Anatomia foliar

De acordo com Queiroz-Voltan e colaboradores (2014), a anatomia foliar pode variar a depender das condições ambientais, tendo sua ultraestrutura afetada pela temperatura, luminosidade, disponibilidade hídrica, disponibilidade de nutrientes, dentre outros fatores, que conferem características adaptativas para a sobrevivência da planta. A partir disso, as folhas podem apresentar variação na espessura da cutícula, do parênquima paliçádico e na densidade estomática, que representam uma adaptação da planta à temperatura e radiação solar (BATISTA *et al.*, 2010).

A epiderme foliar, por seu contato direto com o ambiente, pode apresentar modificações estruturais em consequência dos fatores ambientais. Trata-se de um tecido formado a partir da protoderme e que pode apresentar vários tipos de células, as quais exercem diferentes funções no vegetal. Externa à epiderme encontra-se a cutícula, camada que protege o vegetal contra a perda excessiva de água (RODRIGUES; AMANO; DE ALMEIDA, 2015). A cutícula atua, ainda, na proteção contra danos mecânicos e, devido à sua natureza, pode dificultar a absorção de produtos utilizados na produção, como herbicidas e fungicidas (ALVES, 2008; OLIVEIRA, 2013) Plantas de locais com menor disponibilidade hídrica podem apresentar cutículas mais espessadas e que diminuem a perda de água, fazendo com que a planta sobreviva nesse ambiente (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

Um dos tipos celulares que compõem a epiderme é o estômato. Este é formado por duas células guardas, por um poro estomático ou ostíolo e por células subsidiárias. As folhas podem ser classificadas de acordo com a localização dos estômatos na epiderme, podendo ser epiestomática, hipostomática ou anfiestomática (RODRIGUES; AMANO; DE ALMEIDA,

2015). No caso do café, este é considerado hipoestomático, pois os estômatos estão presentes apenas na face abaxial da epiderme (OLIVEIRA, 2013). Isso pode ocorrer devido à má condução de calor pela folha, sendo que a face adaxial tende a aquecer mais do que a abaxial, fazendo com que ocorra um aumento da transpiração na face adaxial, que está exposta diretamente à radiação solar. Essa disposição fornece uma melhor adaptação à seca para o cafeeiro (ALVES, 2008).

O número de estômatos pode variar e depender da espécie, do indivíduo ou mesmo entre folhas de uma mesma planta, sendo que o habitat tem grande influência quanto a essa característica (RODRIGUES; AMANO; DE ALMEIDA, 2015). A densidade estomática é definida como o número de estômatos por unidade de área de uma face da folha. No cafeeiro, é comum uma maior densidade estomática em indivíduos sombreados do que naqueles cultivados a pleno sol (ALVES, 2008).

De acordo com Apezato-da-Glória e Carmello-Guerreiro (2006), o mesofilo abrange todos os tecidos localizados entre a epiderme e o sistema vascular da folha. O parênquima contém cloroplasto e, portanto, é um tecido fotossintetizante. No mesofilo de Eudicotiledôneas podem existir dois tipos de parênquima, o paliçádico e o esponjoso. O parênquima paliçádico localiza-se logo abaixo da epiderme e apresenta células alongadas, possuindo forma de barras dispostas em fileira, em seção transversal da folha, ou arredondadas e separadas em seção paradérmica. Em xerófitas, o parênquima paliçádico pode estar presente nas duas superfícies da folha. Nesse caso, ocorre apenas uma pequena faixa de parênquima esponjoso na porção central da lâmina foliar.

Folhas em que o parênquima paliçádico é presente nas duas superfícies são denominadas isolaterais ou isobilaterais, já quando o parênquima paliçádico apresenta-se de um lado e o esponjoso do outro, estas são denominadas bifaciais ou dorsiventrals. Quando não há distinção entre os dois tipos de parênquima, o mesofilo é uniforme ou homogêneo (APEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2006). No caso do cafeeiro, as folhas são organizadas em parênquima paliçádico na face adaxial e parênquima esponjoso na face abaxial (OLIVEIRA, 2013).

Em relação ao sistema vascular, este é um sistema vital para o desenvolvimento vegetal, visto que é por meio dele que irá chegar água necessária à fotossíntese no mesofilo, através do xilema, e os fotoassimilados transportados às demais partes vegetais, por meio do floema. Dessa forma, modificações nesse sistema, como o diâmetro e quantidade, irão influenciar significativamente a fotossíntese, o crescimento e o desenvolvimento do vegetal (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009; OLIVEIRA, 2013).

Devido à alta plasticidade, a estrutura foliar atua como um indicador da disponibilidade de água e de luz, por exemplo, visto que gera mais respostas do que o caule e a raiz (QUEIROZ-VOLTAN *et al.*, 2014). Portanto, a anatomia vegetal vem sendo estudada de modo a obter cultivares mais resistentes aos estresses ambientais, auxiliando programas de melhoramento vegetal.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J. D. Morfologia do cafeeiro. In: (CARVALHO, C. H. S. (Ed.). **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. p. 35-57.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia Vegetal**. 2ª Edição. Editora da Universidade Federal de Viçosa, 438p, 2006.
- BARROS, I. **Produção das variedades Caturra e Mundo Novo de café em função do espaçamento, número de plantas por cova e condução das plantas**. Dissertação (Agronomia). Universidade de São Paulo, 1997.
- BATISTA, L. A.; GUIMARÃES, R. J.; PEREIRA, F. J.; CARVALHO, G. R.; CASTRO, E. M. **Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico**. Revista Ciência Agronômica, v. 41, p. 475-481, 2010.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. **Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil**. Bragantia, v. 60, p. 65-68, 2001.
- CANNELL, M. G. R. **Exploited plants: Coffee**. *Biologist* 30 (5): 257-263, 1983.
- CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: Editora da Ufla, 2009.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 2, maio. 2021.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira – Terceiro levantamento de café – Safra 2022**: Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2022.
- DAMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. **Ecophysiology of coffee growth and production**. Brazilian journal of plant physiology, v. 19, n. 4, p. 485-510, 2007.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Valor bruto da produção – Agosto/ 2022**. Consórcio Pesquisa Café. Brasília, 2022.
- FLORES, G. K. H.; LUCIO, A. V. **Comportamiento morfológico del café (Coffea arábica L.) sarchimor 4260 en etapa de crecimiento con fertilizantes químicos y orgánicos**. Universidad Estatal Del Sur De Manabí, 2019.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **A geografia do café**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv99002.pdf>>. Acesso em: dezembro, 2022.
- JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. **Sistemática Vegetal: Um Enfoque Filogenético**. Artmed Editora, 2009.

LARA, N. O. T. **Sistema vascular e atividade cambial em *Alibertia concolor* (Cham.) K. Schum. (Rubiaceae).** – Botucatu: [s.n.], 2012.

MARTINS, A. L. **História do café.** Editora contexto, 2012.

NAGUMO, G. K. **Desdobramento da função qualidade (QFD) aplicado à produção de mudas de café (*Coffea arabica* L.).** Dissertação (Agronomia). Universidade de São Paulo, 2005.

NOVAIS, G. T.; ASSUNÇÃO, W. L. **Caracterização climática da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e do entorno da Serra da Canastra (MG).** Dissertação (Geografia). Universidade Federal de Uberlândia, 2011.

OLIVEIRA, N. K. **Características de anatomia foliar de cafeeiros implantados com o uso de polímero hidrorretentor.** Dissertação (Agronomia/Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, 2013.

PEREIRA, S. P.; GUIMARÃES, R. J.; BARTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVES, J. D. **Crescimento vegetativo e produção de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) recepados em duas épocas, conduzidos em espaçamentos crescentes.** Ciência e agrotecnologia, v. 31, n. 3, p. 643-649, 2007.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; NARDIN, C. F.; FAZUOLI, L. C.; BRAGHINI, M. T. **Caracterização da anatomia foliar de cafeeiros arábica em diferentes períodos sazonais.** Biotemas, v. 27, n. 4, p. 1-10, 2014.

RAVEN, P. H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal.** 8.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 876p, 2014.

REIS, A. M. **Caracterização morfofisiológica de genótipos de *Coffea arabica* sob déficit hídrico.** Dissertação (Agronomia/Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, 2014.

RODRIGUES, A. C; AMANO, E.; DE ALMEIDA, S. L. **Anatomia vegetal.** – Florianópolis: Biologia/EAD/UFSC, 152 p. 2015.

SILVA, R. V.; SARAIVA, D. C.; OLIVEIRA, R. D.; PEREIRA, A. A.; FERREIRA, P. S. **Reação de progênies de cafeeiro da cultivar Catiguá MG 3 a quatro populações de *Meloidogyne exigua*.** Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 5., Águas de Lindóia. Brasília-DF: Embrapa Café, 2007.

WELLMAN, F. L. **Coffee: Botany, Cultivation and Utilization.** Leonard Hill (Books), London, 1961.

ZITO, P. C.; AZEVEDO, H. P. A.; CARVALHO, M. A. F.; VIANA, M. T. R.; BRANDÃO, I. R.; GARCIA, A. L. A.; CARVALHO, C. G. S. **Anatomia foliar de café relacionados aos estádios e a face de exposição da planta ao sol.** In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 44., França, SP. Brasília, DF: Embrapa Café, 2018.

SEGUNDA PARTE- ARTIGO
Norma NBR 6022 (ABNT 2018)

**ARTIGO 1- ANATOMIA COMPARADA DE DUAS VARIEDADES DE CAFEIEIRO
EM MINAS GERAIS**

Luana de Jesus Sartori; Jéfyne Campos Carréra; Fábio Akira Mori

RESUMO: Compreender os mecanismos de adaptação das variedades de café às condições ambientais contribui na criação de cultivares mais tolerantes. A anatomia foliar é uma ferramenta largamente utilizada para verificar as mudanças sofridas pela planta para se adaptar a determinadas condições. O experimento foi conduzido nas Unidades Experimentais da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) nas cidades de Patrocínio e Monte Carmelo. O presente trabalho teve como objetivo verificar a plasticidade estrutural foliar entre uma mesma variedade de café cultivada em diferentes locais, e entre as duas variedades ocorrentes num mesmo local. Para tanto, folhas do terceiro nó e completamente expandidas foram coletadas para a avaliação da anatomia foliar conduzida no Laboratório de Anatomia Vegetal (DBI) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). As variedades dos dois locais apresentaram características que conferem tolerância a altas temperaturas. Em Monte Carmelo os indivíduos apresentaram maior espessamento da cutícula, já em Patrocínio, maior espessamento do parênquima paliçádico. Em Monte Carmelo também foi verificado um maior diâmetro de vaso e do poro estomático, o que indica maior transpiração e translocação de água, sendo a irrigação realizada nesse local uma possível explicação.

Palavra-chave: Plasticidade anatômica; *Coffea arabica*; Catiguá MG3; Sarchimor.

COMPARATIVE ANATOMY OF TWO COFFEE VARIETIES IN MINAS GERAIS

ABSTRACT: Understanding the adaptation mechanisms of coffee varieties to environmental conditions contributes to the creation of more tolerant cultivars. Leaf anatomy is a widely used tool to verify the changes undergone by the plant to adapt to certain conditions. The experiment was carried out in the Experimental Units of the Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) in the cities of Patrocínio and Monte Carmelo. The current work aimed to verify changes in leaf anatomy of the Sarchimor and Catiguá MG3 varieties occurring in both locations. For this purpose, completely expanded leaves from the third node were collected for the assessment of leaf anatomy conducted at the Laboratório de Anatomia Vegetal (DBI) of the Universidade Federal da Lavras (UFLA). Varieties from both locations showed characteristics that confer tolerance to high temperatures. In Monte Carmelo, the individuals presented greater thickening of the cuticle, while in Patrocínio, greater thickening of the palisade parenchyma. In Monte Carmelo, a larger vessel and stomatal pore diameter was also verified, with irrigation performed in that location being a possible explanation for the differences found.

Key words: Anatomical plasticity; *Coffea arabica*; Catiguá MG3; Sarchimor.

1. INTRODUÇÃO

O café está entre as cultivares mais comercializadas no mundo e o Brasil é o seu maior produtor e exportador, seguido do Vietnã e Colômbia (DAMATTA *et al.*, 2007). De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), para o ano de 2022 foi estimada uma colheita de 50,38 milhões de sacas de café, representando um aumento de 5,6% em comparação à colheita de 2021 (CONAB, 2022).

De acordo com Novais e Assunção (2011), o Triângulo Mineiro é reconhecido internacionalmente por seu café de alta qualidade. Na região, o município de Patrocínio é o que detém a maior área de plantio, destacando-se desde a década de 90 e ficando entre os 10 mais influentes municípios da produção familiar de café arábica de todo o Brasil. O município de Monte Carmelo também se destaca por sua alta produção nas áreas do cerrado mineiro (IBGE, 2022).

Estudos que abordam a anatomia vegetal têm sido realizados para a obtenção de novas cultivares de café, subsidiando programas de melhoramento genético, já que variações anatômicas podem indicar características que conferem tolerâncias e adaptação às diversas condições de cultivo (ZITO *et al.*, 2018). De acordo com Dias *et al.* (2005), a variação na estrutura foliar está amplamente relacionada com o hábitat, o que configura uma importante resposta plástica das plantas às condições do ambiente, em especial à disponibilidade hídrica.

A anatomia do cafeeiro pode ser afetada pelas condições abióticas às quais está exposto, como a disponibilidade hídrica, radiação solar e temperatura, fazendo com que as plantas ajustem suas estruturas para um ótimo desenvolvimento. Por apresentar uma alta plasticidade, a folha pode atuar como um indicador das condições ambientais (QUEIROZ-VOLTAN *et al.*, 2014).

O presente trabalho buscou realizar a caracterização anatômica foliar de duas variedades de café (Catiguá MG3 e Sarchimor) cultivadas em duas regiões produtoras no estado de Minas Gerais, de modo a verificar variações na anatomia entre as variedades de um mesmo local e de locais distintos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

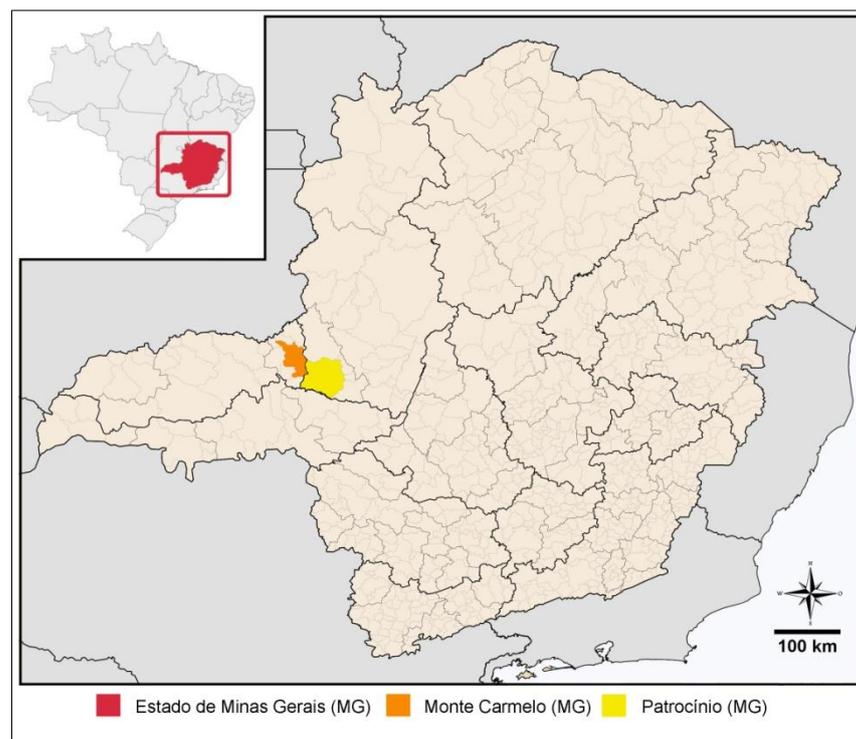
2.1 Área de estudo e coleta

O estudo foi conduzido em campo, nas Unidades Experimentais da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), localizadas nas cidades de Monte Carmelo ($18^{\circ}56'12.6''\text{S } 47^{\circ}22'31.0''\text{O}$ e altitude de aproximadamente 900 m) e Patrocínio ($18^{\circ}59'49.0''\text{S } 46^{\circ}59'01.0''\text{O}$ e altitude de aproximadamente 1,000 m), ambas no estado de Minas Gerais, Brasil.

As duas cidades estão localizadas na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, sendo Patrocínio a cidade com maior área de plantio de café da região, seguido por Monte Carmelo (NOVAIS; ASSUNÇÃO, 2011). De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região do Alto Paranaíba é do tipo Aw, sendo assim, possui inverno seco e verão chuvoso (MALVINO; SILVA, 2005).

O tipo de solo de Patrocínio é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (SANTOS *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2022), enquanto que de Monte Carmelo é Latossolo Vermelho Distroférrico Típico, sendo ambos de textura argilosa e de relevo plano (SISEMA, 2021).

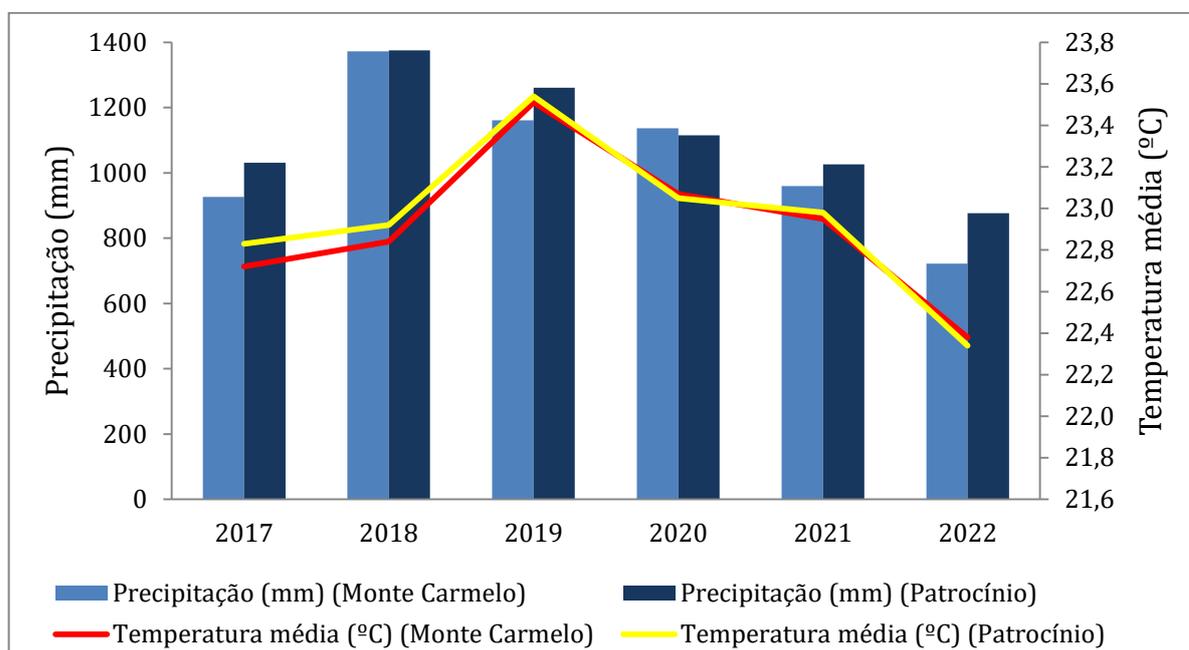
Figura 1: Mapa de Minas Gerais, com a localização dos Municípios Monte Carmelo e Patrocínio.



Fonte: adaptado de Abreu (2006).

As temperaturas e precipitações dos locais, no período de janeiro de 2017 a 15 de agosto de 2022, dia em que foi realizada a coleta, foram obtidas através do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo, 2022) (FIGURA 2). No ano de 2021, a temperatura mínima em Patrocínio e Monte Carmelo foram, respectivamente, 14,11 °C e 13,79 °C, enquanto que a máxima foi de 31,78 °C e 31,88 °C, respectivamente. A precipitação anual foi de 959,8 mm em Monte Carmelo e 1026,3 mm em Patrocínio.

Figura 2: Médias anuais de temperatura e precipitação pluviométrica, referentes ao período de janeiro de 2017 a 15 de agosto de 2022.



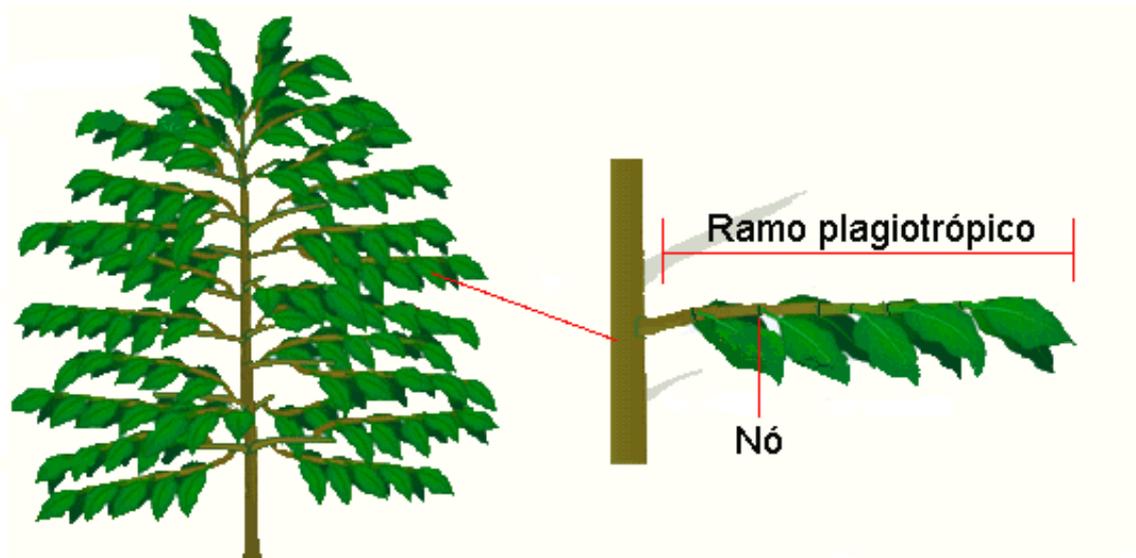
Fonte: dos autores (2023).

Em ambos locais, no ano de 2017, foi realizado o plantio das variedades Sarchimor (SC) e Catiguá MG3 (MG3). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, o espaçamento foi de 3,5 x 1,0 m entre linhas, respectivamente. O cultivo seguiu as recomendações técnicas usuais para a cafeicultura da região (SANTOS *et al.*, 2022). Em Monte Carmelo as plantas foram irrigadas por gotejamento, enquanto que em Patrocínio não houve irrigação.

Em 15 de agosto de 2022 realizou-se a coleta de folhas de cinco árvores de cada variedade cultivada nos dois locais, totalizando 20 árvores. Para cada árvore foram coletadas três folhas dos ramos plagiotrópicos, localizadas no terceiro nó e que estavam completamente expandidas (FIGURA 3). Estas foram armazenadas em álcool 70% (JOHANSEN, 1940) para

posteriores análises no Laboratório de Anatomia Vegetal do Departamento de Biologia (DBI) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Figura 3: Esquema de coleta.



Fonte: adaptado de Fagundes (2011).

2.2 Preparo do material e análises

Para as análises anatômicas, foram realizados cortes transversais e paradérmicos nas folhas coletadas. Para o transversal, foram realizados cortes a mão livre na região central da folha, incluindo a nervura principal. Após, os cortes foram clarificados com hipoclorito de sódio, lavados com álcool 70% e água destilada, corados com uma mistura de azul de astra e safranina (KRAUS; ARDUIN, 1997), e, por fim, montados em lâminas com água glicerinada.

As seções paradérmicas foram obtidas através da região do limbo foliar. Estas foram colocadas em microtubos com hipoclorito de sódio e mantidas em estufa até que as faces adaxial e abaxial se dissociassem. Após, foram lavadas em álcool 70% e, com auxílio de pincel, as faces foram separadas, coradas com solução de safranina 1% (MELO *et al.*, 2007) e montadas em lâminas com glicerina 50%.

As lâminas foram observadas em microscópio óptico (Nykon Eclipse E100) com câmera acoplada (Lumenera Infinity 13.1 mp) e as estruturas foram medidas através do *software* ImageJ.

Os parâmetros analisados foram: espessura da folha (μm), área foliar específica ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$), área da nervura central (mm), espessura da cutícula (μm), espessura do mesofilo

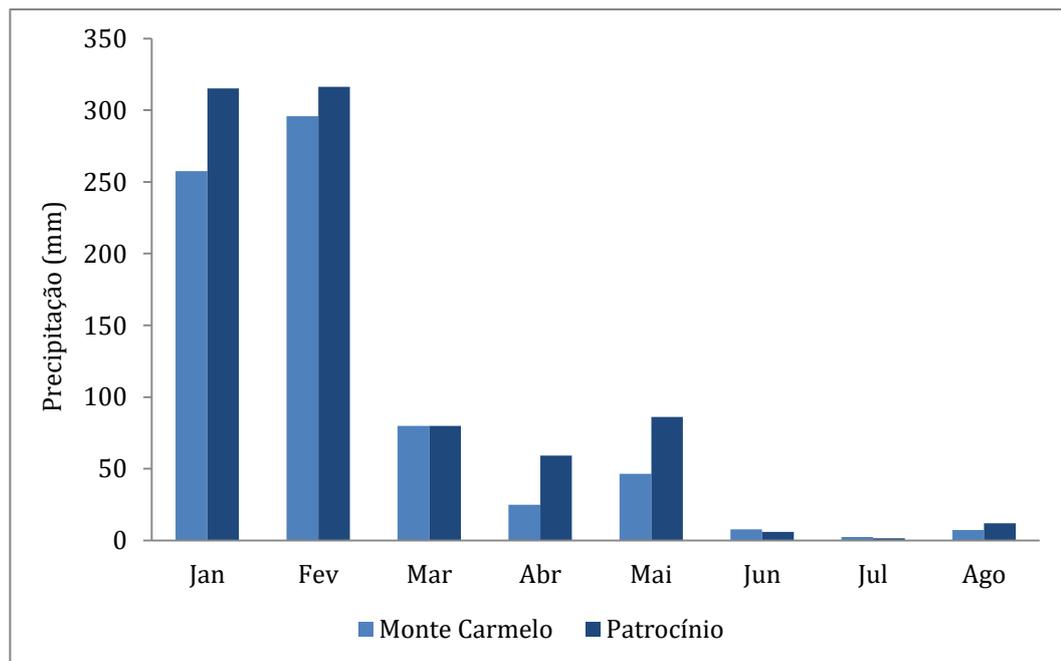
(μm), espessura do parênquima paliçádico (μm), espessura do parênquima esponjoso (μm), área do xilema (mm), área do floema (mm), diâmetro dos vasos (μm) e frequência de vasos (mm^2), para a seção transversal. Para a seção paradérmica, os parâmetros analisados foram: área do poro estomático (μm), diâmetro polar (μm), diâmetro equatorial (μm), frequência de células epidérmicas (mm^2), densidade estomática (mm^2) e índice estomático (mm^2).

Para as análises estatísticas utilizou-se o *software* R 4.2 (R Core Team 2021). Para tanto, realizou-se teste de normalidade Shapiro-Wilk seguido de teste de Mann-Whitney, quando não-paramétrico, e de Teste T, quando paramétrico.

3. RESULTADOS

Não houve diferenças significativas entre as variáveis climáticas dos municípios de Patrocínio e Monte Carmelo. Entretanto, quando comparada a pluviosidade de janeiro a agosto de 2022, em Patrocínio houve um maior volume (876,36 mm) do que em Monte Carmelo (721,85 mm) (FIGURA 4). Apesar disso, é preciso salientar que em Monte Carmelo o plantio é irrigado por gotejamento, suprimindo a necessidade de água em períodos de menor disponibilidade.

Figura 4: Precipitação pluviométrica em Monte Carmelo e Patrocínio, referentes ao período de 01 de janeiro a 15 de agosto de 2022.



Fonte: dos autores (2023).

Quando comparada uma mesma variedade ocorrente nos dois municípios, de acordo com a análise de variância, as variedades apresentaram diferenças significativas para dez características entre as dezessete analisadas. Dessas características, tanto Sarchimor, quanto Catiguá MG3 apresentaram diferenças significativas para área foliar específica, espessura da cutícula, espessura do parênquima paliçádico, área do xilema, área do poro estomático e diâmetro polar (TABELA 1).

Para Sarchimor, dentre as dez características que apresentaram diferenças significativas, cinco delas foram maiores em Patrocínio. Já para Catiguá MG3, sete, entre as dez características com diferenças significativas, foram maiores em Patrocínio. Dessa forma, para Catiguá MG3, apenas três características apresentaram maiores valores em Monte Carmelo, sendo elas: área foliar específica, espessura da cutícula e espessura do parênquima esponjoso.

Foi verificada uma maior área do poro estomático e um maior diâmetro polar nos indivíduos de Sarchimor (56,22 μm e 24,29 μm , respectivamente) de Monte Carmelo, e em Catiguá MG3 (56,06 μm e 24,83 μm , respectivamente), de Patrocínio.

Em relação às frequências, foram observadas diferenças significativas apenas em Sarchimor para o número de células epidérmicas, sendo verificado um maior valor nos indivíduos de Patrocínio. Dessa forma, frequência de vasos e densidade estomática não diferiram significativamente.

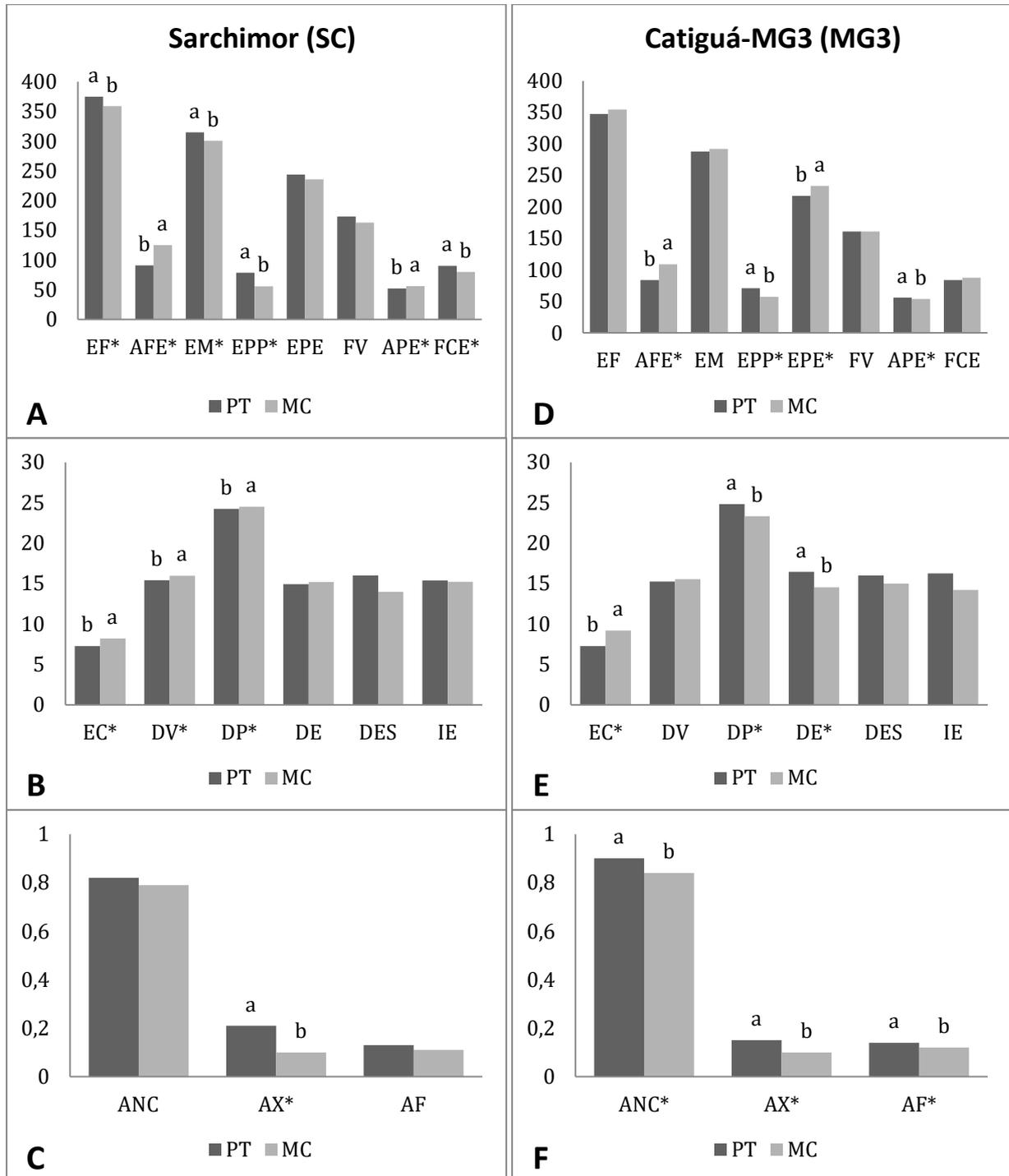
Tabela 1: Resultados do Teste de Mann-Whitney e Teste T (com intervalo de confiança de 0,95%) comparando uma mesma variedade de diferentes locais.

Características	Patrocínio	Monte Carmelo	Patrocínio	Monte Carmelo
	SC	SC	MG3	MG3
Espessura da folha (μm)	374,83 \pm 33,27 A	358,80 \pm 48,01 B	347,30 \pm 37,09 a	354,27 \pm 37,37 a
Área foliar específica (μm)	90,73 \pm 12,88 B	125,06 \pm 9,14 A	83,76 \pm 6,03 b	108,94 \pm 9,07 a
Área da nervura central (mm)	0,82 \pm 0,20 A	0,79 \pm 0,28 A	0,90 \pm 0,08 a	0,84 \pm 0,12 b
Espessura da cutícula (μm)	7,27 \pm 1,78 B	8,22 \pm 2,17 A	7,27 \pm 1,63 b	9,18 \pm 2,29 a
Espessura do mesofilo (μm)	314,62 \pm 30,76 A	300,77 \pm 38,04 B	288,00 \pm 36,00 a	291,97 \pm 38,31 a
Espessura do parênquima paliádico (μm)	78,69 \pm 16,89 A	55,47 \pm 13,08 B	70,78 \pm 13,20 a	57,28 \pm 12,79 b
Espessura do parênquima esponjoso (μm)	243,71 \pm 31,55 A	235,70 \pm 35,13 A	217,65 \pm 32,52 b	233,25 \pm 33,81 a
Área do xilema (mm)	0,21 \pm 0,08 A	0,10 \pm 0,04 B	0,15 \pm 0,06 a	0,10 \pm 0,02 b
Área do floema (mm)	0,13 \pm 0,05 A	0,11 \pm 0,02 A	0,14 \pm 0,03 a	0,12 \pm 0,02 b
Diâmetro de vaso (μm)	15,43 \pm 2,18 B	15,96 \pm 2,62 A	15,25 \pm 2,45 a	15,56 \pm 2,24 a
Frequência de vasos (mm^2)	173 \pm 26,59 A	163 \pm 23,14 A	161 \pm 22,34 a	161 \pm 15,64 a
Área do poro estomático (μm)	51,98 \pm 14,17 B	56,22 \pm 14,49 A	56,06 \pm 14,12 a	53,89 \pm 13,58 b
Diâmetro polar (μm)	24,24 \pm 2,51 B	24,49 \pm 2,26 A	24,83 \pm 2,31 a	23,33 \pm 2,28 b
Diâmetro equatorial (μm)	14,93 \pm 1,75 A	15,18 \pm 1,51 A	16,44 \pm 1,67 a	14,54 \pm 1,56 b
Frequência de células epidérmicas (mm^2)	90 \pm 12,51 A	80 \pm 8,58 B	84 \pm 4,83 a	87,5 \pm 8,04 a
Densidade estomática (mm^2)	16 \pm 4,28 A	14 \pm 2,29 A	16 \pm 2,85 a	15 \pm 1,74 a
Índice estomático (mm^2)	15,38 \pm 2,40 A	15,22 \pm 2,07 A	16,25 \pm 2,78 a	14,21 \pm 1,72 a

Médias seguidas por letras diferentes apresentaram diferenças significativas pelo teste de Mann-Whitney e Teste T (com intervalo de confiança de 0,95%).

Ao comparar a variedade Sarchimor nas duas localidades, o número de caracteres com diferenças significativas foi o mesmo nos dois municípios (cinco em Monte Carmelo e cinco em Patrocínio). Já a variedade Catiguá MG3 apresentou 70% de suas características, com diferenças significativas, maiores em Patrocínio.

Figura 5: Resultados do Teste de Mann-Whitney e Teste T (com intervalo de confiança de 0,95%), comparando uma mesma variedade entre diferentes locais.



(A-C) Sarchimor em Patrocínio (PT) e Monte Carmelo (MC); (D-F) Catiguá-MG3 em Patrocínio e Monte Carmelo. EF= espessura da folha; AFE= área foliar específica; EM= espessura do mesofilo; EPP= espessura do parênquima paliçádico; EPE= espessura do parênquima esponjoso; FV= frequência de vasos; APE= área do poro estomático; FCE= frequência de células epidérmicas; EC= espessura da cutícula; DV= diâmetro de vasos; DP= diâmetro polar; DE= diâmetro equatorial; DES= Densidade estomática; IE= índice estomático; ANC= área da nervura central; AX= área do xilema; AF= área do floema. (*= diferença significativa). Fonte: dos autores (2023).

Quando comparadas as duas variedades de um mesmo local, foram observadas diferenças significativas apenas para oito características em Patrocínio e seis em Monte Carmelo, entre as dezessete analisadas (TABELA 2).

Das oito características com diferenças significativas em Patrocínio, cinco delas foram superiores nos indivíduos da variedade Sarchimor (espessura da folha, espessura do mesofilo, espessura do parênquima paliçádico, espessura do parênquima esponjoso e área do xilema), Dessa forma, Catiguá apresentou maiores valores apenas em características referentes ao estômato, sendo elas: área do poro estomático, diâmetro polar e diâmetro equatorial.

Em Monte Carmelo, por sua vez, dentre as seis características com diferenças significativas, cinco foram maiores nos indivíduos da variedade Sarchimor (área foliar específica, diâmetro de vaso, diâmetro polar, diâmetro equatorial e frequência de células epidérmicas), sendo assim, Catiguá MG3 apresentou maior valor apenas para espessura da cutícula.

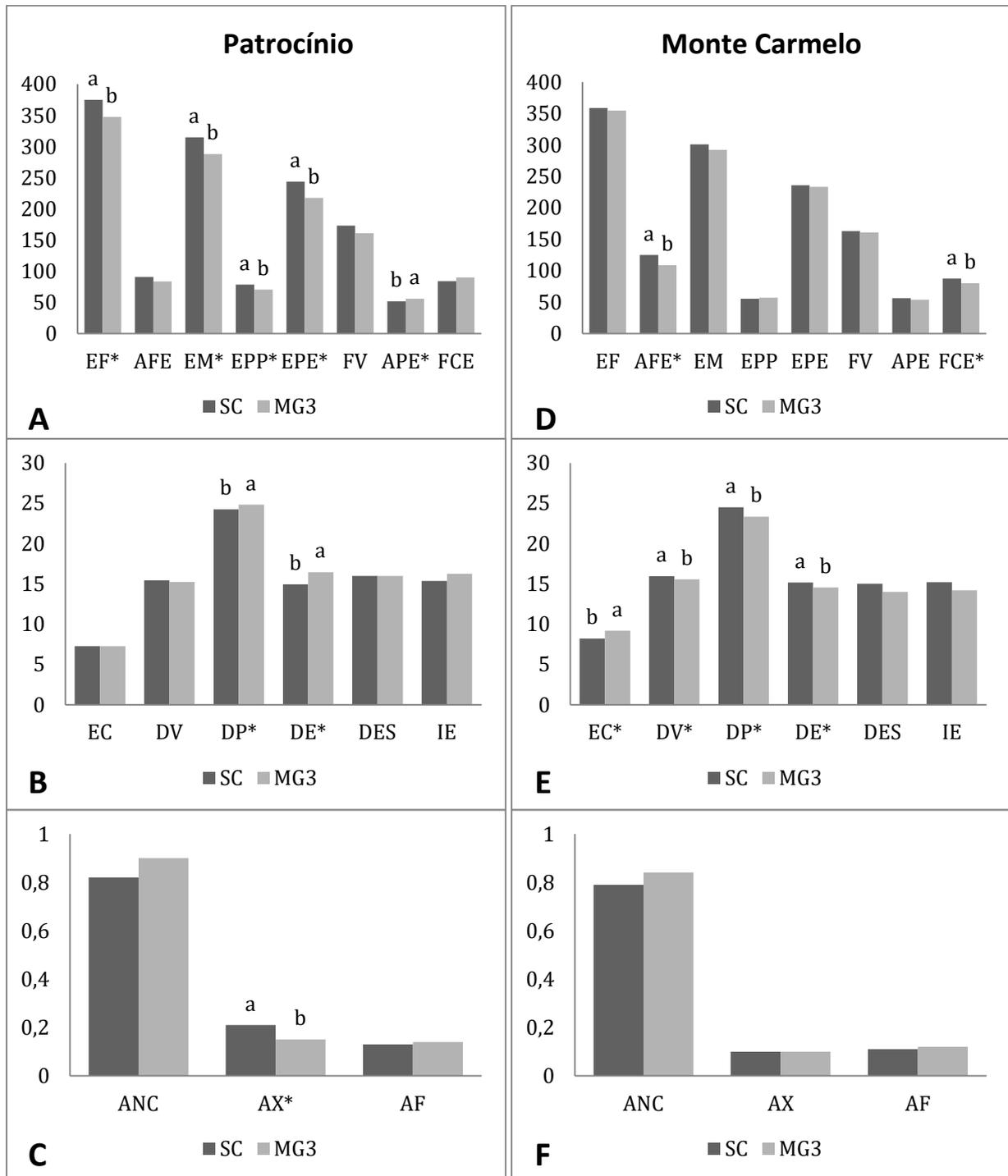
Dessa forma, pode-se observar que, comparando as variedades Sarchimor e Catiguá MG3 cultivadas em um mesmo local, maiores valores são encontrados em Sarchimor, em ambos locais.

Tabela 2: Resultados do Teste de Mann-Whitney e Teste T (com intervalo de confiança de 0,95%) comparando variedades diferentes em um mesmo local.

Características	Patrocínio		Monte Carmelo	
	SC	MG3	SC	MG3
Espessura da folha (μm)	374,83 \pm 33,27 A	347,30 \pm 37,09 B	358,80 \pm 48,01 a	354,27 \pm 37,37 a
Área foliar específica (μm)	90,73 \pm 12,88 A	83,76 \pm 6,03 A	125,06 \pm 9,14 a	108,94 \pm 9,07 b
Área da nervura central (mm)	0,82 \pm 0,20 A	0,90 \pm 0,08 A	0,79 \pm 0,28 a	0,84 \pm 0,12 a
Espessura da cutícula (μm)	7,27 \pm 1,78 A	7,27 \pm 1,63 A	8,22 \pm 2,17 b	9,18 \pm 2,29 a
Espessura do mesofilo (μm)	314,62 \pm 30,76 A	288,00 \pm 36,00 B	300,77 \pm 38,04 a	291,97 \pm 38,31 a
Espessura do parênquima paliádico (μm)	78,69 \pm 16,89 A	70,78 \pm 13,20 B	55,47 \pm 13,08 a	57,28 \pm 12,79 a
Espessura do parênquima esponjoso (μm)	243,71 \pm 31,55 A	217,65 \pm 32,52 B	235,70 \pm 35,13 a	233,25 \pm 33,81 a
Área do xilema (mm)	0,21 \pm 0,08 A	0,15 \pm 0,06 B	0,10 \pm 0,04 a	0,10 \pm 0,02 a
Área do floema (mm)	0,13 \pm 0,05 A	0,14 \pm 0,03 A	0,11 \pm 0,02 a	0,12 \pm 0,02 a
Diâmetro de vaso (μm)	15,43 \pm 2,18 A	15,25 \pm 2,45 A	15,96 \pm 2,62 a	15,56 \pm 2,24 b
Frequência de vasos (mm^2)	173 \pm 26,59 A	161 \pm 22,34 A	163 \pm 23,14 a	161 \pm 15,64 a
Área do poro estomático (μm)	51,98 \pm 14,17 B	56,06 \pm 14,12 A	56,22 \pm 14,49 a	53,89 \pm 13,58 a
Diâmetro polar (μm)	24,24 \pm 2,51 B	24,83 \pm 2,31 A	24,49 \pm 2,26 a	23,33 \pm 2,28 b
Diâmetro equatorial (μm)	14,93 \pm 1,75 B	16,44 \pm 1,67 A	15,18 \pm 1,51 a	14,54 \pm 1,56 b
Frequência de células epidérmicas (mm^2)	84 \pm 4,83 A	90 \pm 12,51 A	87,5 \pm 8,04 a	80 \pm 8,58 b
Densidade estomática (mm^2)	16 \pm 2,85 A	16 \pm 4,28 A	15 \pm 1,74 a	14 \pm 2,30 a
Índice estomático (mm^2)	15,38 \pm 2,40 A	16,25 \pm 2,78 A	15,22 \pm 2,07 a	14,21 \pm 1,72 a

Médias seguidas por letras diferentes apresentaram diferenças significativas pelo teste de Mann-Whitney e Teste T (com intervalo de confiança de 0,95%).

Figura 6: Resultados do Teste de Mann-Whitney e Teste T (com intervalo de confiança de 0,95%), comparando variedades diferentes em um mesmo local.

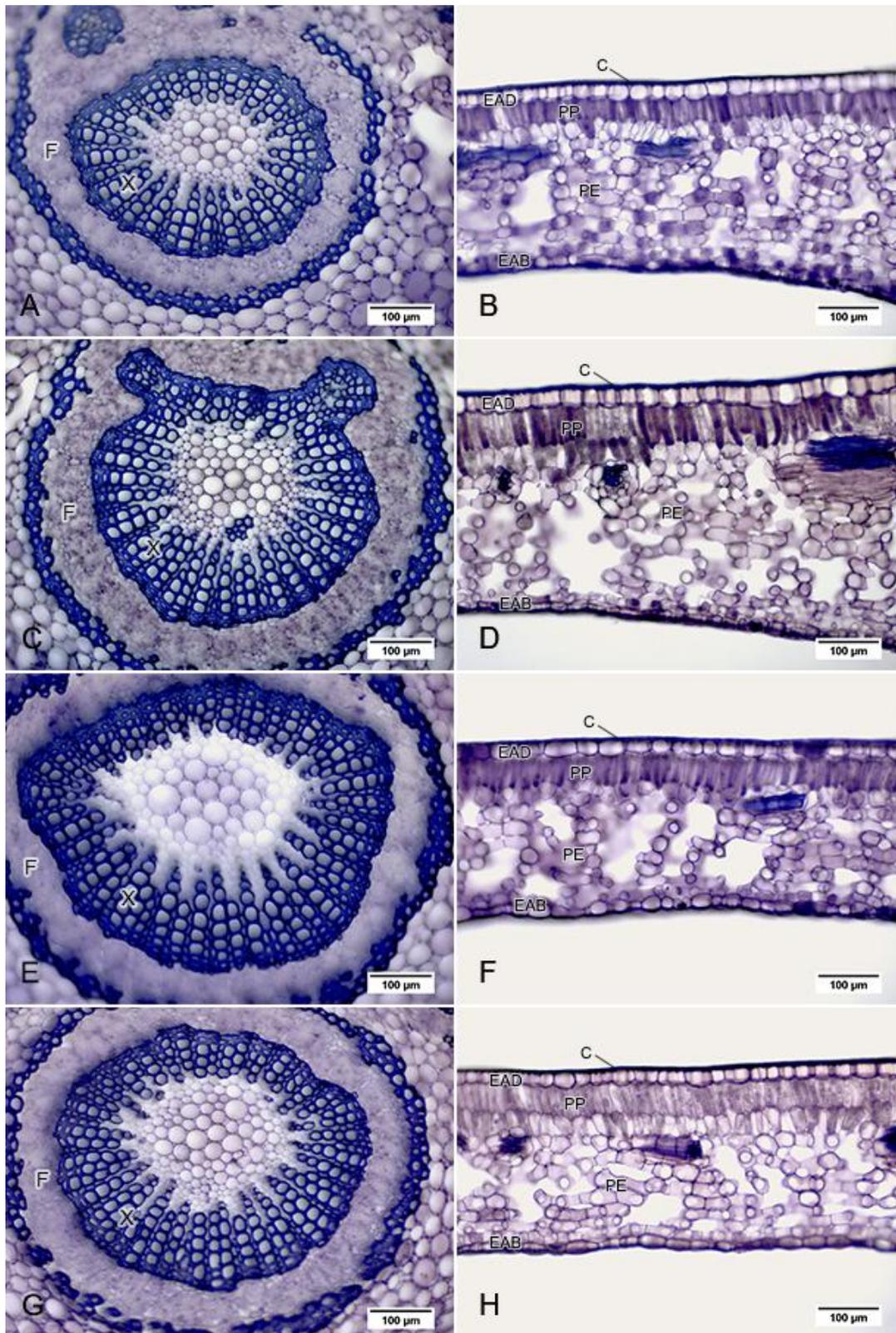


(A-C) Sarchimor (SC) e Catiguá MG3 (MG3) em Patrocínio; (D-F) Sarchimor (SC) e Catiguá MG3 (MG3) em Monte Carmelo. EF= espessura da folha; AFE= área foliar específica; EM= espessura do mesofilo; EPP= espessura do parênquima paliçádico; EPE= espessura do parênquima esponjoso; FV= frequência de vasos; APE= área do poro estomático; FCE= frequência de células epidérmicas; EC= espessura da cutícula; DV= diâmetro de vasos; DP= diâmetro polar; DE= diâmetro equatorial; DES= densidade estomática; IE= índice estomático; ANC= área da nervura central; AX= área do xilema; AF= área do floema. (*= diferença significativa). Fonte: dos autores (2023).

Quanto à densidade de estômatos, não foi verificada diferenças significativas entre as duas variedades de um mesmo local ou entre uma mesma variedade de locais diferentes, entretanto, maiores valores foram encontrados nas variedades de Patrocínio (TABELA 2). Em relação ao poro estomático, este foi maior nos indivíduos de Sarchimor, em Monte Carmelo, e Catiguá, em Patrocínio (56,22 μm e 56,06 μm respectivamente). O diâmetro polar e equatorial foram significativamente maiores nos indivíduos de Sarchimor, em Patrocínio, e Catiguá MG3, em Monte Carmelo, quando comparadas as duas variedades de um mesmo local.

Em relação à frequência de vasos (FIGURA 7), não houve diferenças significativas, apesar de ser observado um maior valor nos indivíduos de Sarchimor em Patrocínio (173/ mm^2). A área do xilema foi igual nas duas variedades ocorrentes em Monte Carmelo (0,10 mm), já em Patrocínio, Sarchimor apresentou maiores valores em comparação a Catiguá (0,21 mm e 0,15 mm, respectivamente). O diâmetro de vaso foi significativamente maior nos indivíduos de Sarchimor de Patrocínio. A área do floema, por sua vez, foi diferente apenas em Catiguá, apresentando maior valor em Patrocínio.

Figura 7: Fotomicrografias de secções transversais em folhas de cafeeiro.



(A-B) Catiguá MG3 em Monte Carmelo; (C-D) Catiguá MG3 em Patrocínio; (E-F) Sarchimor em Monte Carmelo; (G-H) Sarchimor em Patrocínio. X= xilema; F= floema; C= cutícula; EAD= epiderme adaxial; EAB= epiderme abaxial; PP= parênquima paliçádico; PE= parênquima esponjoso. Barra de escala= 100 µm. Fonte: dos autores (2023).

4. DISCUSSÃO

Um maior espessamento da cutícula foi observado nos indivíduos de Monte Carmelo, o que pode indicar uma maior tolerância ao estresse hídrico e uma maior adaptabilidade destes a tais condições. Entretanto, comparando as duas variedades de Monte Carmelo, maior espessamento da cutícula foi observado em Catiguá MG3, o que indica que tal variedade apresenta-se mais tolerante ao déficit hídrico do que Sarchimor.

Estudo conduzido por Batista e colaboradores (2010) demonstrou que a espessura da cutícula possui relação com o potencial hídrico da planta, sendo observado que quanto maior o potencial, maior a espessura da cutícula em ambas as faces da epiderme. A cutícula, por ser composta por lipídios, evita a perda excessiva de água através da transpiração, atuando como um importante mecanismo de tolerância ao déficit hídrico. Dessa forma, quanto mais espessa a cutícula, menor será a perda de água por transpiração (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

De acordo com Santos e colaboradores (2017) maior espessamento na cutícula reduz a perda de água, pois aumenta a reflexão da radiação e isola os tecidos internos. A maior espessura deste tecido nos indivíduos de Monte Carmelo, local que recebeu irrigação, pode estar relacionada a uma maior irradiação nesse local. Morais *et al.* (2003) verificou um maior espessamento da cutícula nas folhas dos cafeeiros cultivados a pleno sol, enquanto que nos de sombreamento, e que conseqüentemente recebem menor radiação, a espessura foi menor.

Outro caráter anatômico que permite inferir tendências explicativas para as variações na manutenção do *status* hídrico é a densidade estomática. Reis (2014) verificou que genótipos com cutícula mais espessa e que possuem boa manutenção do *status* hídrico, também apresentam uma alta densidade estomática. Tal característica pode estar relacionada com uma maior capacidade em capturar CO₂ em um menor espaço de tempo, possibilitando um controle estomático mais eficiente, e reduzindo, dessa forma, a transpiração e mantendo o *status* hídrico do vegetal.

Sarchimor e Catiguá MG3 não apresentaram diferenças significativas quanto à densidade estomática, o que indica um menor investimento da planta na produção de estômatos. Apesar disso, houve diferenças quanto à abertura do poro estomático, diâmetro polar e equatorial dos estômatos, que foram superiores em Sarchimor ocorrente em Patrocínio, e Catiguá, em Monte Carmelo. Em ambientes com menor disponibilidade hídrica, ocorre diminuição no tamanho dos estômatos, de modo a reduzir a perda de água da planta

para o ambiente através da transpiração, entretanto, quando isso ocorre, também é verificado um aumento na sua densidade, contribuindo para o equilíbrio das trocas gasosas (BATISTA *et al.*, 2010), o que não foi verificado no atual trabalho. No entanto, a habilidade de resposta dos estômatos às variáveis ambientais é mais importante do que sua densidade para a determinação da condutância estomática (GRISI *et al.*, 2008).

O aumento no diâmetro polar dos estômatos aponta uma modificação em busca de uma maior funcionalidade deste. Grisi *et al.* (2008), observou diferenças significativas entre variedades irrigadas e não irrigadas em relação ao diâmetro polar, sendo a variedade Siriema do tratamento não irrigado a qual apresentou maior valor. Quanto ao diâmetro equatorial, maiores valores foram verificados no tratamento irrigado.

O maior diâmetro de vasos observado nos indivíduos de Monte Carmelo pode ter favorecido o maior índice de área foliar específica, como verificado por Santos (2017), visto que a espessura desses tecidos contribuiu no transporte de água e sais minerais, otimizando a fotossíntese e o desenvolvimento da planta (SANTOS, 2017; QUEIROZ-VOLTAN *et al.*, 2014). Uma possível explicação para o maior diâmetro de vasos é a irrigação realizada no local. Por ser irrigada, é possível manejar as aplicações de água, a fim de suprir as necessidades da cultura nos períodos de menor disponibilidade hídrica, visto que o déficit hídrico é prejudicial ao desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do cafeeiro (GUERRA *et al.*, 2011).

Comparando a anatomia foliar de cafeeiros expostos a diferentes níveis de irradiância, Matos (2008), observou que sob baixa irradiância as folhas de plantas sombreados apresentaram parênquima paliçádico e esponjoso menos desenvolvidos do que as folhas de sol, além de mais espaços intercelulares, o que resulta em folhas mais finas e menos densas, apresentando, assim, uma maior área foliar específica. Um maior desenvolvimento do parênquima paliçádico permite uma maior fixação de CO₂ com uma abertura estomática em curto espaço de tempo, estando intimamente relacionado com a fotossíntese (MACHADO *et al.*, 2013; CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

No atual trabalho, verificou-se uma maior área foliar específica nos indivíduos de Monte Carmelo e menor espessura do parênquima paliçádico, o que indicaria uma menor irradiância nesse local. No entanto, o parênquima esponjoso apresentou menor valor nos indivíduos da variedade Catiguá MG3 de Patrocínio (217,65 µm) e maior valor em Sarchimor,

da mesma cidade (243,71 μm). Portanto, as variedades de Monte Carmelo apresentaram valores intermediários (Sarchimor com 235,70 μm e Catiguá com 233,25 μm).

Analisando a influência do potencial hídrico em cultivares de *Coffea arabica*, Batista e colaboradores (2010), verificaram que Bourbon Amarelo e Catimor, cultivares com maior potencial hídrico, apresentaram maiores resultados para a espessura do parênquima paliçádico. O parênquima esponjoso, por sua vez, aumentou sua espessura em cultivares com baixo potencial hídrico. Em trabalho analisando variedades irrigadas e não irrigadas, Grisi *et al.* (2008) verificou um maior espessamento do parênquima paliçádico em Siriema do tratamento irrigado.

De acordo com Baliza *et al.* (2012), cafeeiros cultivados em maior irradiância apresentam lâmina foliar e parênquima paliçádico mais espessos. Com base nisso, o parênquima paliçádico como tecido especializado para a fotossíntese, indica que as folhas das plantas cultivadas em níveis de radiação mais elevados desenvolvem estruturas com maior potencial para a fotossíntese, permitindo melhores condições para o desenvolvimento dessas plantas.

Sarchimor, tanto em Patrocínio quanto em Monte Carmelo, apresentou maiores espessuras da folha e do mesofilo. De acordo com Gondim e colaboradores (2008), a espessura do limbo diminui em plantas submetidas a menor irradiância. Plantas que recebem maior luminosidade tendem a possuir folhas menores e mais espessas, com aumento de mesofilo por unidade de área, menor densidade de espaços intercelulares e maior densidade de estômatos e nervuras. Tais variações possuem associação com a regulação da difusão luminosa e gasosa no interior da folha, o que maximiza a eficiência fotossintética (GONDIM *et al.*, 2008; YAMASHITA *et al.*, 2002). Além disso, cafeeiros submetidos a maior intensidade de radiação tendem a apresentar maiores médias da espessura do limbo, respondendo a uma limitação hídrica pelo excesso de temperatura. Tais características visam diminuir o aquecimento e evitar prejuízos às atividades foliares (BATISTA *et al.*, 2010; NASCIMENTO *et al.*, 2006).

Para a área da nervura central, foi observada diferença significativa apenas na variedade Catiguá ocorrente nos dois locais, apresentando maior valor nos indivíduos de Patrocínio. Entretanto, demais características que indicam maior translocação de água, como maior diâmetro de vasos, foi observado nas variedades cultivadas em Monte Carmelo, o que indica um maior potencial hídrico nesse local. Tal resultado corrobora com os verificados por

Batista (2010), em que foi verificado maior espessura da nervura central em cultivares de menor potencial hídrico, como IAC 379-19, Pau-Brasil MG1 e Topázio MG 1190. O aumento da espessura da nervura central pode estar relacionado a um maior fluxo de água e fotoassimilados, possibilitando a translocação de mais água para a manutenção da turgidez das células. Ainda, a maior área do floema, também verificado em Catiguá de Patrocínio, permite maior translocação de carboidratos importantes para manter o crescimento da planta e para o ótimo desenvolvimento dos frutos em uma relação fonte-dreno (BATISTA, 2010; CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

Com base nesse estudo, verificou-se que as variedades cultivadas tanto em Monte Carmelo, quanto em Patrocínio, apresentam variações em sua estrutura anatômica que indicam mudanças adaptativas que esses indivíduos sofreram devido às condições ambientais. As estruturas anatômicas das folhas e suas respectivas funções apresentam notável plasticidade a diferentes condições, como radiação e disponibilidade hídrica, para um melhor desenvolvimento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As variedades dos dois locais apresentaram características que conferem tolerância a altas temperaturas. Em Monte Carmelo os indivíduos apresentaram maior espessamento da cutícula, já em Patrocínio, maior espessamento do parênquima paliçádico.

Apesar da cutícula, foi verificado um maior diâmetro de vaso e do poro estomático nos indivíduos de Monte Carmelo, o que sugere maior transpiração e, possivelmente, maior potencial hídrico. Uma possível explicação pode ser o fato do plantio nesse local ser irrigado e assim suprir a necessidade de água em períodos de menor disponibilidade.

Os resultados de Sarchimor indicam uma maior adaptabilidade desta variedade em relação a Catiguá, porém, indivíduos da variedade Catiguá cultivados em Monte Carmelo também apresentaram maiores valores em características que conferem tolerância, indicando uma maior pressão de adaptação nesse local.

Com base nesses resultados, sugere-se fazer o levantamento de mais dados ambientais, como a irradiação, potencial hídrico e nutrientes presentes no solo, de modo a identificar mais variáveis ambientais responsáveis por tais modificações na anatomia. Sugere-se, também, a realização de estudo em locais com condições edafoclimáticas mais contrastantes, de modo a

visualizar com mais clareza as formas de adaptação das variedades cafeeiras. Além disso, é importante a coleta de dados sobre produtividade para verificar se ela é afetada por alterações na estrutura anatômica.

REFERÊNCIAS

ABREU, R. L. D. **Mapa do estado de Minas Gerais**, 2006.

AGRITEMPO. Agritempo: **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario?uf=RJ>> . Acesso em: dezembro, 2022.

BALIZA, D. P.; CUNHA, R. L. D.; CASTRO, E. M. D.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; PIRES, M. F.; GOMES, R. A. **Trocas gasosas e características estruturais adaptativas de cafeeiros cultivados em diferentes níveis de radiação**. *Coffee Science*, Lavras, v. 7, n. 3, p.250-258, 2012.

BATISTA, L. A. **Características morfofisiológicas de cafeeiros *Coffea arabica* L.** Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia)- Universidade Federal de Lavras, 2010.

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

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: Editora da Ufla, 2009.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira – **Terceiro levantamento de café – Safra 2022**: Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2022.

DAMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. **Ecophysiology of coffee growth and production**. *Brazilian journal of plant physiology*, v. 19, n. 4, p. 485-510, 2007.

DIAS, P. C.; ARAÚJO, W. L.; MORAES, G. A. B. K. D.; POMPELLI, M. F.; BATISTA, K. D.; CATEN, Â. T.; VENTRELLA, M. C.; DAMATTA, F. M. **Crescimento e alocação de biomassa de duas progênies de café submetidas a déficit hídrico moderado**. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 4., Londrina. Brasília: Embrapa Café, 2005.

FAGUNDES, A. V. **Análise foliar: comportamento do nitrogênio em folha, ramo e raiz do cafeeiro**. 2011.

GONDIM, A. R. O.; PUIATTI, M.; VENTRELLA, M. C.; CECON, P. R. **Plasticidade anatômica da folha de taro cultivado sob diferentes condições de sombreamento**. *Bragantia*, v. 67, p. 1037-1045, 2008.

GRISI, F. A.; ALVES, J. D.; CASTRO, E. M. D.; OLIVEIRA, C. D.; BIAGIOTTI, G.; MELO, L. A. D. **Avaliações anatômicas foliares em mudas de café ‘Catuaí’ e ‘Siriema’ submetidas ao estresse hídrico.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1730-1736, nov. 2008.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; SANZONOWICZ, C.; RODRIGUES, G. C.; BARTHOLO, G. F.; CORDEIRO, A.; SILVA, J. O.; JESUS, L. A. M.; LAVAGNINI, G. V. **Produtividade, floração e maturação do café arábica em função da intensidade e do período de estresse hídrico.** Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 7., Araxá. Brasília: Embrapa Café, 2011.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **A geografia do café.** Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv99002.pdf>>. Acesso em: dezembro, 2022.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique.** New York: McGraw-Hill, 1940.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal.** 1997.

MACHADO, J. L.; BALIZA, D. P.; FREITAS, T.; CASTRO, E. M. D.; BOTELHO, C. E.; PIRES, T. C.; GUIMARÃES, R. J. **Características anatômicas foliares das cultivares de cafeeiro desenvolvidas pela Epamig.** Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 8., Bahia. Brasília: Embrapa Café 2013.

MALVINO, S. S. A. B.; SILVA, E. M. D. **Análise climática do município de Patrocínio (MG).** Caminhos de Geografia, 10, p. 93-108. 2005.

MATOS, F. S. **Plasticidade anatômica e fisiológica de folhas de *Coffea arabica* L. em resposta à irradiância.** Dissertação (Fisiologia Vegetal). Universidade Federal de Viçosa, 2008.

MELO, H. C.; CASTRO, E. M. D.; SOARES, Â. M.; MELO, L. A. D.; ALVES, J. D. **Alterações anatômicas e fisiológicas em *Setaria anceps* Stapf ex Massey e *Paspalum paniculatum* L. sob condições de déficit hídrico.** Hoehnea, v. 34, n. 02, p. 145-153, 2007.

MORAIS, H.; MEDRI, M. E.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. D. A.; MARUR, C. J.; GOMES, J. C. **Avaliação da anatomia foliar de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol.** Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 3., Porto Seguro. Brasília: Embrapa Café, 2003.

NASCIMENTO, E. A.; OLIVEIRA, L. E. M. D.; CASTRO, E. M. D.; DELÚ FILHO, N.; MESQUITA, A. C. **Alterações morfofisiológicas em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.).** Ciência Rural, v. 36, n. 03, p. 852-857, 2006.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; NARDIN, C. F.; FAZUOLI, L. C.; BRAGHINI, M. T. **Caracterização da anatomia foliar de cafeeiros arábica em diferentes períodos sazonais.** Biotemas, v. 27, n. 4, p. 1-10, 2014.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: dezembro de 2022.

REIS, A. M. **Caracterização morfofisiológica de genótipos de *Coffea arabica* sob déficit hídrico**. Dissertação (Agronomia/Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, 2014.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

SANTOS, C. S.; MAURI, J.; VIANA, M. T. R.; PEREIRA, F. A. C.; MENDES, A. N. G.; VEIGA, A. D.; RODRIGUES, G. C.; BARTHOLO, G. F.; CARVALHO, M. A. F. **Anatomia foliar do genótipo Catimor UFV 386-105 em condições de cerrado do Planalto Central do Brasil**. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 43., Poços de Caldas. Novas tecnologias para um bom café produzir. Brasília, DF: Embrapa Café, 2017.

SANTOS, C. S. **Características anatômicas e fisiológicas de *Coffea arabica* em condições de cerrado**. Dissertação (Agronomia/Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, 2017.

SANTOS, C. S.; FREITAS, A. F. D.; SILVA, G. H. B. D.; CARVALHO, M. A. D. F.; SANTOS, M. D. O.; CARVALHO, G. R.; SILVA, V. A. **Adaptations to the drought season and impacts on the yield of ‘Híbrido de Timor’ coffee tree in the Minas Gerais State Cerrado (Brazilian Savanna)**. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 52, 2022.

SISEMA. **Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos**. Belo Horizonte: IDE-Sisema, 2021. Disponível em: idesisema.meioambiente.mg.gov.br. Acesso em: janeiro de 2023.

YAMASHITA, N.; KOIKE, N.; ISHIDA, A. **Leaf ontogenetic dependence of light acclimation in invasive and native subtropical trees of different successional status**. *Plant Cell and Environment*, Oxford, v. 25, n. 10, p. 1341-1356, Oct. 2002.

ZITO, P. C.; AZEVEDO, H. P. A.; CARVALHO, M. A. F.; VIANA, M. T. R.; BRANDÃO, I. R.; GARCIA, A. L. A.; CARVALHO, C. H. S. **Anatomia foliar de café relacionados aos estadios e a face de exposição da planta ao sol**. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 44., Franca, SP. Brasília, DF: Embrapa Café, 2018.