UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

GISELE RENATA DE CASTRO

DESEMPENHO DE GENÓTIPOS DE *Coffea arabica* L. CULTIVADOS SOB INFLUÊNCIA DO ECOSSISTEMA DO VALE DO JAMARI, RONDÔNIA

Ilha Solteira
2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

GISELE RENATA DE CASTRO

DESEMPENHO DE GENÓTIPOS DE *Coffea arabica* L. CULTIVADOS SOB INFLUÊNCIA DO ECOSSISTEMA DO VALE DO JAMARI, RONDÔNIA

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Enes Furlani Junior
Orientador

Alexsandro Lara Teixeira
Co-orientador

Ilha Solteira
2020

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Castro, Gisele Renata de.
C355d Desempenho de genótipos de *Coffea arabica* L. cultivados sob influência do ecossistema do Vale do Jamari, Rondônia / Gisele Renata de Castro. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2020
66 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2020

Orientador: Enes Furlani Junior
Coorientador: Alexsandro Lara Teixeira
Inclui bibliografia

1. Avaliação nutricional. 2. Caracteres morfológicos. 3. Produtividade.

Raiane da Silva Santos
Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Desempenho de linhagens de *Coffea arabica* L. cultivados sob a influência do Vale do Jamari, Rondônia

AUTORA: GISELE RENATA DE CASTRO
ORIENTADOR: ENES FURLANI JUNIOR
COORIENTADOR: ALEXSANDRO LARA TEIXEIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ENES FURLANI JUNIOR
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. SAMUEL FERRARI
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - UNESP

Profª. Drª. SIMONE SILVA HIRAKI
Campus de Três Lagoas / Instituto Federal de Mato Grosso do Sul - IFMS

Ilha Solteira, 13 de agosto de 2020.

DEDICATÓRIA

Dedico essa conquista à meu filho, João Antônio Castro Almeida, razão para a qual realizo todas as coisas nessa vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, que me manteve forte para vencer esse desafio.

Aos meus pais que sempre confiaram na minha capacidade.

Meu esposo Edielsom Almeida que sempre me apoiou e cuidou do meu experimento. Ao meu filho, João Antônio, para quem devo ser exemplo e por isso não me permito desistir.

Ao Dr. Enes Furlani Junior, pela dedicação e confiança no trabalho desenvolvido.

Aos meus colegas e professores do programa, que contribuíram para o meu crescimento profissional.

Ao Dr. Alexsandro Lara Teixeira, que permitiu que eu continuasse com o experimento realizado em parceria com a EMBRAPA.

Aos alunos do Ensino Médio Integrado em Agropecuária e da Bacharelado em Ciências Agronômicas do IFRO *Campus* Ariquemes que nos auxiliou na colheita do café.

Aos “meus meninos” da Licenciatura em Ciências Biológicas do IFRO, que sempre me deram força, até mesmo nos dias mais difíceis desses 4 anos.

Aos gestores do IFRO que permitiram meu processo de capacitação, visando à melhoria da qualidade do ensino e o aumento no nível de qualificação de seus docentes.

Aos membros da Comissão Examinadora da Qualificação e da Tese, que se dispuseram a contribuir com meu trabalho.

Meus agradecimentos mais sinceros a vocês.

“Em certos momentos, uma xícara de café e um sorriso cura qualquer dor!” (Lis M. Pinheiro)

RESUMO

A cafeicultura é uma das atividades que mais tem contribuído para a sustentabilidade da atividade agrícola no Brasil, nas dimensões ambiental, econômica e social. Essa atividade gera e distribui renda para aproximadamente 30 mil produtores rondonienses, principalmente da agricultura familiar, que alcança em média 80-85 % de toda a produção. Com a busca de opções que ultrapassem as fronteiras agrícolas, é importante o desenvolvimento de cultivares de café arábica adaptados às condições edafoclimáticas de regiões quentes como o estado de Rondônia, que poderá melhorar a geração de renda, oportunizando os agricultores familiares a diversificação de seus produtos. O ensaio foi instalado em novembro de 2012 no campo experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) *Campus* Ariquemes, pertencente ao Vale do Jamari, região amazônica, e possui solo tipo Latossolo Vermelho Amarelo com textura argilosa, clima tropical úmido com estação seca bem definida entre junho e setembro. O experimento foi composto por 25 progênies da espécie *Coffea arabica* L. com delineamento em blocos casualizados, com três repetições de oito plantas por parcela. Foram avaliados, em 2015 e 2016, a produtividade, o rendimento e o ciclo de maturação das plantas jovens (duas primeiras colheitas), e o desempenho morfológico e nutricional das plantas adultas (72 meses) e a produtividade da quinta colheita (2019). Na safra de 2015 a produtividade média do café beneficiado foi menor que a safra de 2016 (239,15 kg/ha < 345,73 kg/ha). A progênie UFV 8710, em 2015, teve produtividade média de 542,48 kg/ha e a Catucai Amarelo, 622,16 kg/ha em 2016.A média do rendimento de grãos, em 2015, foi superior ao rendimento de 2016 (12,85% > 12,33%); a média geral dos tratamentos foi 12,58%. Na avaliação da safra de 2019, a progênie H419-10-6-2-3-21 foi o tratamento que se destacou quanto a produtividade (1.580,33 kg/ha) e rendimento industrial (21,20%). H514-7-10-6-29, H514-7-10-6-25, H514-7-10-6-9 e Catucai Amarelo 2SL apresentaram todas as características morfológicas acima da média, aos 72 meses. A característica morfológica que apresentou correlação com a produtividade foi o vigor vegetativo, altura da planta e comprimento do quarto par de folhas. A concentração de N, P e S nas folhas de cafeeiro aos 72 meses foram normais, enquanto que K, Ca e Mg abaixo da faixa crítica.

Palavras-chave: Avaliação nutricional. Caracteres morfológicos. Produtividade.

ABSTRACT

Coffee farming is one of the activities that have most contributed to the sustainability of agriculture in Brazil, considering environmental, economic, and social dimensions. This agricultural activity generates income to approximately 30,000 producers in the state of Rondonia, Brazil. These producers are mainly family farmers, which are responsible for 80% to 85% of all coffee produced in the state. In the context of searching for alternatives beyond the agricultural frontier, the development of arabica coffee cultivars adapted to edaphoclimatic conditions of hot regions such as the state of Rondonia is important; it can improve income generation and enable the diversification of products of family farmers. An experiment was implemented in November 2012 at the experimental field of the Federal Institute of Education, Science, and Technology of Rondonia (IFRO), Ariquemes *Campus*, Jamari River Valley, Amazon region of Brazil. The soil of the area was classified as a Typic Hapludox (Latossolo Vermelho Amarelo) of clayey texture. The region presents a tropical humid climate with a well-defined dry season from June to September. Twenty-five *Coffea arabica* genotypes were evaluated in a randomized block design with three replications and eight plants per plot. The coffee plants were evaluated for production, bean yield, and maturation cycle of young plants (first two harvests; 2015 and 2016); morphological and nutritional performance of adult plants (after 72 months); and bean yield of the fifth harvest (2019). The mean yield of processed coffee beans in 2015 (239.15 kg ha^{-1}) was lower than that in 2016 (345.73 kg ha^{-1}). The genotype UFV-8710 had mean bean yield of 542.48 kg ha^{-1} in 2015, and the genotype Catucai-Amarelo had mean yield of 622.16 kg ha^{-1} in 2016.The mean coffee bean yield in 2015 (12.85%) was higher than that in 2016 (12.33%); the overall mean of the treatments was 12.58%. The genotype H419-10-6-2-3-21 had the highest bean yield (1,580.33 kg ha^{-1}) and industrial yield (21.20%) in the fifth harvest (2019). The genotypes H514-7-10-6-29, H514-7-10-6-25, H514-7-10-6-9, and Catucai-Amarelo-2SL presented above average results for all morphological characteristics at 72 months. The morphological characteristics with higher correlation to bean yield were: vegetative vigor, plant height, and fourth leaf pair length. N, P, and S concentrations in the coffee leaves at 72 months were normal, whereas K, Ca, and Mg presented concentrations below the critical range.

Keywords: Nutritional assessment. Morphological characters. Productivity.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - REFERENCIAL TEÓRICO 10
1.1 A HISTÓRIA DO CAFÉ NO BRASIL E NO MUNDO 10
1.2 CAFEICULTURA EM RONDÔNIA 11
1.2.1 Melhoramento genético do cafeeiro 12
1.2.2 Seleção para produtividade 15
1.2.3 Características dos grãos e qualidade da bebida 17
1.2.4 Aspectos fisiológicos do cafeeiro em resposta às altas temperaturas e ao estresse hídrico 19
1.2.4.1 A redutase do nitrato 19
1.2.4.2 A ação das altas temperaturas no cafeeiro 20
1.2.4.3 A rubisco e a fotorrespiração 22
1.2.4.4 O cafeeiro e o estresse hídrico 23
1.2.4.5 O cultivo do café e o aquecimento global 25
1.3 VALE DO JAMARI, RONDÔNIA 26
REFERÊNCIAS **27**
CAPÍTULO 2: PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE *Coffea arabica* L. CULTIVADAS NO ECOSSISTEMA DO VALE DO JAMARI, RONDÔNIA 35
2.1 INTRODUÇÃO **36**
2.2 MATERIAL E MÉTODOS **37**
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO **40**
2.4 CONCLUSÃO **45**
REFERÊNCIAS **46**
CAPÍTULO 3: PRODUTIVIDADE, RESPOSTAS MORFOLÓGICAS E NUTRICIONAIS DE PROGÊNIES DE *Coffea arabica* L. CULTIVADAS NO ECOSSISTEMA DO VALE DO JAMARI, RONDÔNIA 49
3.1 INTRODUÇÃO **50**
3.2 MATERIAL E MÉTODOS **51**
3.3 MATERIAL GENÉTICO 51
3.3.1 Dados climatológicos 52
3.3.3 Avaliações das características morfológicas 54
3.3.4 Avaliação das características nutricionais das plantas 54

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 55
3.5 CONCLUSÃO 62
REFERÊNCIAS 63

CAPÍTULO 1 - REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 A HISTÓRIA DO CAFÉ NO BRASIL E NO MUNDO

Os botânicos consideram como planta de café todas aquelas da família Rubiaceae, originadas nas florestas do continente africano (SANDALJI; ECCARDI, 2003). Abrange mais de 100 espécies, mas somente duas são conhecidas e cultivadas para fins comerciais: *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre.

Estudos indicam que o café é uma planta originária da Etiópia, centro da África. Sua propagação se deu a partir dos árabes, que coletaram suas sementes e passaram a cultivá-las, ingerindo o fruto *in natura* e fazendo a infusão com as sementes, em meados do século XV (CARVALHO, 2007).

Os holandeses foram os primeiros europeus a cultivar o café, a partir de um exemplar levado ao jardim botânico de Amsterdã, onde se desenvolveu, gerando as primeiras mudas, que foram plantadas em colônias holandesas. Quando frutificou, o governo holandês deu ao rei da França, como presente, uma das mudas obtidas, a qual foi plantada no “Jardim das Plantas” de Paris (CARVALHO, 2007).

Após o sucesso no desenvolvimento da bebida a partir da semente do café, seu cultivo foi levado para outras colônias europeias. Da Holanda, sementes e mudas foram enviadas para o Suriname, de onde sementes foram levadas para a Guiana, anos depois (MARTINS, 2012).

Foi por meio da Guiana Francesa que chegaram no Pará, em 1727, as primeiras mudas e sementes de café no Brasil. Essa planta se adaptou bem ao clima e solo brasileiro e em quatro anos já havia se espalhado por várias localidades próximas a Belém. No seu auge, o Pará chegou a exportar 4.835 arrobas de café, porém o baixo preço pago pelo produto e a extração da borracha no início do século XIX contribuiram para a decadência do cultivo do café na região Norte do país (TAUNAY, 1939 citado por CARVALHO, 2007).

Em sua trajetória pelo Brasil o café passou pelo Maranhão, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Minas Gerais. Num espaço de tempo relativamente curto, o café passou de uma posição secundária para a de produto-base da economia brasileira (MARTINS, 2012).

Durante o século XIX houve a ascensão do café no Brasil, principalmente nos estados de São Paulo, Minas Gerais e norte do Paraná, possibilitando o surgimento de cidades, substituindo o transporte animal por ferrovias e impulsionando a economia do país. As grandes fazendas produtoras de café mantinham seus escravos trabalhando nas lavouras. Com a abolição da escravatura, os escravos foram, em sua grande maioria, substituídos por imigrantes europeus que vieram ao Brasil (CARVALHO, 2007).

Em 1870, uma grande geada atingiu os cafezais do oeste de São Paulo, provocando prejuízos incalculáveis. Após uma longa crise, o setor cafeeiro se reergueu, voltando a prosperar (CARVALHO, 2007). A busca pela região ideal para a cultura do café se estendeu por todo o país, se firmando em regiões do Estado de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Espírito Santo, Bahia e Rondônia.

O café continua sendo um dos produtos mais importantes para o Brasil e é, sem dúvida, o mais brasileiro de todos. O Brasil é considerado o maior produtor de café mundial, com a produção de quase 50 milhões de sacas de 60 kg de café beneficiado em 2018, equivalendo a 36,97% de toda produção mundial desse grão (CONAB, 2018).

1.2 CAFEICULTURA EM RONDÔNIA

Em Rondônia, a produção de café teve início na década de 1970, com a chegada de agricultores, principalmente do Espírito Santo, que chegaram ao estado graças ao projeto de colonização implantado pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), que estimulava o povoamento em torno da BR 364. Estes implantaram suas lavouras de café na região central e norte do Estado (MACEDO; BINSZTOK, 2007).

As cultivares plantadas em Rondônia eram o Conilon, da espécie *C. canephora*, Catuaí e Mundo Novo, da espécie *C. arabica* (VENEZIANO, 1996), culturas implantadas com mudas e/ou sementes trazidas da região sudeste do país, com pouca adaptabilidade às condições edafoclimáticas de Rondônia, apresentando assim, menor produtividade.

Com o passar dos anos, a baixa competitividade tornou a cultura economicamente inviável, sendo substituída, em sua maioria, por pastagem (ARAÚJO; ROSA NETO, 2017). Os fatores que contribuíram para a baixa

competitividade foram: baixa produtividade, má qualidade do produto, dificuldades de comercialização e custo de produção relativamente elevado (VENEZIANO, 1996).

Em 2012, a EMBRAPA Rondônia (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) lançou a cultivar clonal Conilon 'BRS Ouro Preto', da espécie *C. canephora*, composta pelo agrupamento de 15 clones com características agronômicas compatíveis com as condições edafoclimáticas da Amazônia Ocidental (RAMALHO *et al*., 2014).

No ano de 2019 a EMBRAPA Rondônia lançou mais 10 cultivares clonais adaptadas às condições climáticas da região Amazônica (TEIXEIRA, 2019). Com isso a cafeicultura em Rondônia passou por transformações: a área destinada a produção de café reduziu de 153.391 ha em 2011, para 62.729 ha em 2019, e a produtividade cresceu de 9,31 sc/ha em 2011, para 35,05 sc/ha em 2019, um aumento de 376,47%.

Rondônia, em 2020, é o quinto estado no *ranking* dos maiores produtores de café do Brasil, sendo o segundo maior produtor de *café canéfora,* com 2.198,7 mil sacas de café beneficiado em 2019, ficando atrás somente do Espírito Santo, com 10.814,2 mil sacas de café beneficiado no mesmo ano (CONAB, 2020). Não existem dados que indiquem a produção de café arábica no estado.

1.2.1 Melhoramento genético do cafeeiro

A proposta de melhoramento genético de uma espécie de planta requer planejamento, senso crítico e principalmente pesquisa de demanda futura, pois um projeto dessa natureza requer um tempo médio de no mínimo dez anos de duração.

No decorrer do trabalho alguns obstáculos podem dificultar o programa de melhoramento, como recursos econômicos escassos, falta de campo experimental e mudanças nas normas e requerimentos para lançamento de novas variedades (BORÉM; MIRANDA; FRITSCHE-NETO, 2017). O local utilizado como campo experimental deve ter as mesmas condições ambientais do local na qual se espera desenvolver a variedade em estudo, para avaliar a interação entre genótipos e ambientes.

De acordo com Borém, Miranda e Fritsche-Neto (2017), melhoramento é definido como "a arte e a ciência que visa modificação gênica das plantas para torná-las mais úteis ao homem". Esse melhoramento pode ter vários objetivos: aumento da produtividade de grãos, resistência à doenças, melhoria na qualidade nutricional,

obtenção de uma variedade adaptada à colheita mecânica e a novas fronteiras agrícolas.

O trabalho de melhoramento genético de uma planta só é possível mediante a existência de uma variabilidade genética na população em questão e a hibridação é uma das técnicas mais adotadas. Os melhoristas geralmente utilizam toda sua habilidade e conhecimento científico para escolher genitores a serem cruzados para a obtenção de uma população segregante. Outra característica importante a ser trabalhada é a obtenção de variedades adaptadas ao aumento da temperatura, ampliando as fronteiras agrícolas.

O melhoramento do cafeeiro no Brasil teve início com a introdução da cultivar Arábica em 1727. Os cafeicultores utilizavam plantas recombinantes ou até mesmo materiais exóticos de outras regiões para obter exemplares mais produtivos e resistentes (MENDES *et al*., 2007). A partir de 1933 até os dias atuais, o conhecimento científico favoreceu o melhoramento genético, introduzindo diversas cultivares vindas de outros países, realizando a hibridação, buscando uma progênie resistente a patógenos e pragas.

Estudos indicam que o café tem seu centro de origem no continente africano (BICHO *et al*., 2011), e as condições ambientais daquele local determina a morfologia e fisiologia dessas plantas.

O *Coffea arabica* L. é uma espécie originária das florestas tropicais da Etiópia, centro da África, onde ainda hoje crescem de forma selvagem nas montanhas acima do nível do mar, entre 1600 m à 2800 m de altitude (DaMATTA; RAMALHO, 2006). Essa região possui pequenas flutuações sazonais, com temperatura média de 20 °C e precipitações variando ente 1600 mm à mais de 2000 mm distribuídas entre 3-4 meses (DaMATTA; RAMALHO, 2006; CAMARGO *et al*., 2010). É uma espécie tetraploide (2n=4x=44), autógama, com capacidade de autofecundação, mais adaptadas a temperaturas médias entre 18 ºC e 22 ºC, com dificuldades de adaptação a ambientes com temperaturas abaixo de 17 ºC e acima de 23 ºC (CAMARGO, 1985).

Coffea canephora Pierre é uma planta nativa das florestas de planícies da bacia do rio Congo, Uganda, com altitude média de 1200 m e temperaturas variando entre 24 °C e 26,8 °C, e precipitações superiores à 2000 mm por um período de 9-10 meses (DaMATTA; RAMALHO, 2006). É uma espécie diploide (2n= 2x= 22), alógama, com fecundação cruzada (FERRÃO *et al*., 2007), mais adaptada a regiões de baixa

latitude, com temperaturas médias anuais elevadas, entre 22 ºC e 26 °C, porém são susceptível ao estresse hídrico.

Como as duas espécies possuem centro de origem com temperaturas e índices pluviais distintas, elas possuem estratégias adaptativas diferentes. O café arábica, de regiões mais altas, com menor ocorrência de chuva e temperaturas brandas, tem capacidade de regulação estomática, se adaptando bem ao estresse hídrico, porém possui dificuldades em realizar suas atividades metabólicas em regiões onde a temperatura média é acima de 23 ºC. Já o café canéfora, de região com altitude menor, consegue se instalar em regiões mais quentes, mas tem preferência por maior índice de precipitação, pois tem dificuldade de regulação estomática, não conseguindo superar o estresse hídrico (ALVARENGA *et al*., 2004).

A dificuldade de adaptação a ambientes mais quentes pelo *C. arabica* está justamente relacionado à sua região originária, as florestas tropicais da Etiópia, onde a temperatura média anual é próxima a 20 °C (DAMATTA; RAMALHO, 2006). Por essa razão essa espécie se desenvolve melhor em regiões onde a temperatura não ultrapassa 23 °C (TEIXEIRA *et al*, 2013). A Região Norte do Brasil possui duas estações do ano bem características, uma chuvosa, que compreende entre setembro e maio, e uma seca entre junho e agosto, e de modo geral, temperaturas elevadas o ano todo, alcançando médias de 28 ºC (INMEP, 2019) sendo desfavorável para o desenvolvimento do café arábica.

Em todos os casos estudados, o aumento de temperatura é prejudicial ao bom desenvolvimento do cafeeiro. Sediyama *et al*. (2001) salientam que temperaturas iguais ou superiores a 34 °C diminuem consideravelmente a produtividade, por favorecer o abortamento floral dos cafeeiros. Temperaturas elevadas também influenciam no metabolismo fotossintético da planta, gerando alteração nos tilacóides ou nas enzimas fotossintéticas. Como a produção do café está relacionada à qualidade das folhas e dos frutos, um aumento da temperatura entre 28 ºC e 33 °C provoca uma redução na produção de folhas e na atividade fotossintética do cafeeiro (DRINNAN; MENZEL, 1995).

Na produção do café arábica, o Brasil é o país que possui menor custo, o qual, aliado à produtividade, tem garantido a manutenção e o crescimento da participação no mercado internacional (SAES; NAKAZONE, 2004). Com o desenvolvimento das pesquisas, o desenvolvimento de cultivares da espécie *C. arabica* adaptadas à temperatura acima de 25 ºC para serem recomendadas para Rondônia poderá

aumentar a produção desse grão no estado, aumentando assim a sua participação no mercado local e regional.

1.2.2 Seleção para produtividade

De acordo Ferreira e Santos (2019), a demanda mundial, em 2018, foi de 164,64 milhões de sacas de café e estimam que, em 2030, essa demanda alcançará entre 196,84 a 208,80 milhões de sacas desse grão.

No Brasil, o consumo alcançou 21 milhões de sacas em 2018 e cada habitante utilizou, em média, 6 quilos de café em grão cru ou 4,8 quilos de café torrado, o que corresponde a quase 82 litros (ABIC, 2019).

A cafeicultura no Brasil tem passado por inúmeras transformações visando o aumento da produtividade, a melhoria da qualidade do produto e a ampliação das divisas agrícolas. As lavouras cafeeiras do Brasil são dominadas pelo café arábica, que produz grãos de boa qualidade e de melhor aceitação por parte dos consumidores.

Para avaliar o rendimento de grãos costuma-se converter em peso de café beneficiado, o volume ou o peso do café cereja (café da roça) por planta, aplicando-se um índice de conversão. Em virtude da grande variação genética existente nas espécies *Coffea* spp., recomenda-se que esse índice seja calculado individualmente para cada genótipo. Em geral, as estimativas de conversão para as variedades arábica variam entre 16-24%, e canéfora 22-26% (MEDINA FILHO; BORDIGNON, 2003). As produtividades podem variar, dependendo do genótipo da planta avaliada e da maturação dos frutos, com diferenças de duas a quatro vezes entre o menor e maior rendimento, e essas diferenças podem ser minimizadas se o experimento for conduzidos sob condições ideais de cultivo, como temperatura e adubação.

A avaliação do vigor vegetativo do cafeeiro acontece a partir dos 12 meses de idade, com as plantas em campo ainda em estágio juvenil, avaliando os caracteres morfológicos como altura da planta, diâmetro do caule, número de pares de ramos plagiotrópicos, comprimento do primeiro ramo plagiotrópico, número de nós do primeiro ramo plagiotrópico, além de avaliações visuais, atribuindo notas arbitrárias de 1 a 10, em que 1 = sem vigor e 10 = muito vigorosa (SEVERINO *et al*., 2002).

O vigor vegetativo pode ser um bom indicador para correlacionar com o rendimento da planta. Severino *et al*. (2002) detectaram que, além da alta correlação,

um grande efeito direto positivo entre o vigor vegetativo e a produção de grãos. Esse fato explica porque o vigor vegetativo está entre as características mais utilizadas para estimação da capacidade produtiva de cafeeiros (CARVALHO *et al*., 2010). Segundo Teixeira *et al*. (2012), os caracteres comprimento do primeiro ramo plagiotrópico e vigor vegetativo, aos 12 meses de idade, podem ser utilizados na seleção precoce de genótipos promissores à produção de grãos em café arábica.

Os programas de melhoramento visam a seleção de genótipos com baixa altura, que viabilizem o plantio em altas densidades, facilitando o manejo e a colheita mecanizada. O emprego das avaliações de vigor auxilia na identificação desse tipo de genótipo, já que as plantas já expressam as carcterísticas porte baixo e compactas na fase juvenil.

A interação genótipos x ambientes é sem dúvida o principal complicador na atividade dos melhoristas, pois o valor genotípico não se manifesta nos diferentes ambientes, sendo necessário a avaliação desses materiais em diferentes ambientes, maximizando as chances de sucesso na seleção de genótipos e lançamento de cultivares. O recomendado é que os ambientes escolhidos possuam características edafoclimáticas semelhantes, a fim de validar determinada cultivar para aquela região (BORÉM; MIRANDA; FRITSCHE-NETO, 2017).

A bienalidade do cafeeiro é outra característica a ser observada e que, de acordo com Silva *et al*. (2010) se caracteriza pelo fenômeno da alternância de grandes e pequenas produções ao longo do tempo. Esse fenômeno é mais evidente no café arábica, mas ocorre no café canéfora, normalmente com menor intensidade devido às características genéticas da plantas associadas a técnicas de desbrota, uso intensivo da irrigação, entre outros.

Diversos fatores podem influenciar a bienalidade produtiva do café. A principal é a diminuição das reservas das plantas em anos de safra com altas produtividades, ocasionando menor crescimento dos ramos plagiotrópicos, consequentemente a produção no ano seguinte será reduzida (DAMATTA *et al*., 2006; SILVA; TEODORO; MELO, 2008).

Outra característica que influencia a bienalidade da produção das espécies *C. arabica* e *C. canephora* é a variabilidade genotípica, pois alguns genótipos possuem variadas características de vigor vegetativo com diferentes capacidades de recuperação de uma safra para outra. Alguns genótipos apresentam bienalidade acentuada, com menor carga de produção, enquanto outros demonstram alta

estabilidade. Diante disso os programas de melhoramento estudam essa diversidade genética, buscando desenvolver cultivares altamente produtivas e estáveis ao longo dos anos.

1.2.3 Características dos grãos e qualidade da bebida

A produtividade é um fator importante a ser avaliado, mas outros caracteres devem ser utilizados no processo seletivo como, tamanho de peneira, o grão e porcentagem de moca e grãos chochos. O tamanho dos grãos é avaliado pela classificação em peneiras pelo cálculo médio de 100 grãos. Grãos moca são sementes arredondadas, resultante da polinização deficiente em que apenas um dos lóculos é fecundado. Isso ocorre devido a condições ambientais desfavoráveis ou problemas genéticos. Geralmente, o café arábica apresenta em média 10 % de grãos moca. No caso do canéfora esse percentual é significativamente maior (30-60 %), provavelmente devido ao seu sistema de reprodução por alogamia, proporcionado pela autoincompatibilidade (MEDINA FILHO; BORDIGNON, 2003).

A qualidade do café pode ser afetada por diversos fatores, tais como pelo material genético utilizado, condições ambientais, tratos culturais e manejo pós-colheita. As características sensoriais do café são quantificadas com base nas regras de competição nacionais e internacionais da Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA). Essas avaliações tem como critério a quantificação dos seguintes atributos: aroma, doçura, acidez, corpo, sabor e bebida limpa, realizadas por provadores credenciados pelo Ministério da Agricultura, que fornecem um laudo para as xícaras de café analisadas (MAPA, 2003).

Em ordem decrescente, e de acordo com a tabela oficial de classificação pela bebida, o café é classificado, de acordo com a Instrução Normativa nº 8 (11/06/2003) do Ministério da Agricultura, como: estritamente mole, bebida com os requisitos de aroma e sabor “mole”, porém mais acentuado; mole, aroma e sabor agradável, brando e adocicado; apenas mole, sabor levemente doce e suave, mas sem adstringência ou aspereza de paladar; duro, bebida com sabor acre, adstringente e áspero; riado, café com leve sabor típico de iodofórmio; rio, com sabor típico e acentuado de iodofórmio; rio zona: café com aroma e sabor muito acentuado, assemelhado ao iodofórmio ou ao ácido fênico, sendo repugnante ao paladar (MAPA, 2003).

Os cafés classificados como de alta qualidade de bebida são produzidos a partir das variedades Catuaí e Mundo Novo, ambos da espécie *Coffea arabica*. Apesar da espécie *C. arabica* apresentar qualidade superior, com mais aroma e sabor, a espécie *C. canephora* é a principal matéria-prima na indústria de cafés solúveis, e muito utilizada na composição de *blends*. O café arábica apresenta concentrações mais elevadas de carboidratos, lipídeos, trigonelina, dentre outros compostos. Já o canéfora é considerado como de bebida neutra, com maiores teores de polifenóis e cafeína (FERNANDES *et al*., 2003; LEROY *et al*., 2006).

Dos diversos componentes alelopáticos presentes nas sementes do cafeeiro, a cafeína é encontrada em maior quantidade e sua influência está bem documentada na literatura, seja inibindo a germinação de sementes ou o crescimento de plântulas, ou mesmo, agindo como agente pesticida natural (PEREIRA *et al*., 2002).

Existem inúmeros trabalhos com o objetivo de se obter uma cultivar de café com teores reduzidos de cafeína (MAZZAFERA; CARVALHO, 1991; NAGAI *et al*., 2008; SILVAROLLA; MAZZAFERA; FAZUOLI, 2004). Entretanto, todos esses genótipos obtidos até agora possuem baixa produtividade e qualidade de bebida inferior àquela exigida no mercado. O trabalho mais promissor foi à introdução realizada pelo IAC de 3000 genótipos selvagens de *Coffea arabica*, coletados na Etiópia. Destes, foram identificadas três plantas mutantes com teores muito reduzidos de cafeína, próximos de 0,076% (SILVAROLLA; MAZZAFERA; FAZUOLI, 2004). Todavia, esses genótipos não apresentaram produtividade satisfatória nas condições edafoclimáticas da região cafeeira do Brasil.

Em *C. canephora* os trabalhos realizados com o objetivo de selecionar plantas com teores reduzidos desse alcalóide. O cruzamento entre clones pode ser a melhor estratégia para a redução do teor de cafeína na espécie, visto que a mesma apresenta grande variabilidade para essa característica, com teores entre 2% e 4% (FERRÃO *et al*., 2007). O Incaper (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural) lançou, em 2013, três novas variedades clonais de café conilon, sendo que a qualidade superior de bebida foi um dos critérios utilizados na seleção dessas cultivares. Quanto maior a qualidade dos grãos ou da bebida, maior será o valor agregado à comercialização dos grãos para o mercado nacional e internacional.

1.2.4 Aspectos fisiológicos do cafeeiro em resposta às altas temperaturas e ao estresse hídrico

1.2.4.1 A redutase do nitrato

O nitrogênio (N), elemento químico essencial para o desenvolvimento das plantas, entra na constituição química de monômeros como os aminoácidos e nucleotídeos, que irão compor as proteínas e os ácidos nucleicos, respectivamente. Compõem também as biomoléculas adenosina trifosfato (ATP), nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD), nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADP) (MIFLIN; LEA, 1977; LEHNINGER; NELSON; COX, 2011).

As plantas geralmente assimilam o N presente no solo sob a forma de nitrato, que é convertido em nitrito, pela enzima redutase do nitrato, e posteriormente em íons amônios, pela nitrito redutase (REIS *et al*., 2005). Os íons amônio são utilizados como fonte para a produção de aminoácidos glutamina e glutamato (CRUZAT; PETRY; TIRAPEGUI, 2009; LAM *et al*.,1996; TAIZ; ZEIGER, 2017), das quais serão produzidos os demais aminoácidos. Sem aminoácidos não se produz proteínas, logo não terá a clorofila responsável pela absorção de energia luminosa utilizada durante o processo de fotossíntese, essencial para a produção de moléculas de carboidratos, que serão utilizados como componente estrutural ou convertidos em ATP. Com isso a taxa fotossintética reduzirá e influenciará diretamente no desenvolvimento da planta.

Para Bredemeier e Mundstock (2000); Viana e Kiehl (2010), a disponibilidade de nitrogênio em certos sistemas de produção é um fator limitante para o crescimento da planta, se comparado aos demais nutrientes. A redutase do nitrato é considerada a principal enzima responsável pelo processo de assimilação do N dentro da planta (SILVA *et al*., 2011). Ela está presente principalmente no citosol das células corticais da epiderme da raiz e nas células mesofílicas da parte aérea (TAIZ; ZEIGER, 2017).

A atividade da redutase do nitrato é influenciada por fatores ambientais, como nutrição mineral, intensidade de luz, temperatura do ambiente, disponibilidade de água para a planta. Plantas sob condições ótimas de crescimento apresentam o dobro da capacidade de redução do nitrato necessário para a planta (ANDRADE NETTO, 2005).

As plântulas do cafeeiro se desenvolvem melhor à sombra, já que a redutase do nitrato metaboliza melhor na ausência de luz incidente. Estudos realizados por

Carelli (1987) demonstraram que mudas de cafeeiro apresentaram maior atividade da enzima redutase do nitrato nos horários com ausência de luz. Andrade Netto (2005) testou a atividade dessa enzima em plantas parcialmente sombreadas (50% de luz) e em pleno sol e concluíram que a atividade desta enzima é mais elevada à 50% de luz.

Meguro e Magalhães (1982) testaram a atividade da redutase do nitrato no cafeeiro, em diversas temperaturas, e concluíram que esta enzima atinge sua máxima atividade a 33°C e, acima dessa, possivelmente sofre desnaturação térmica em virtude da diminuição da atividade enzimática. Para Reis *et al*. (2005), a "atividade da enzima redutase do nitrato é um bom parâmetro para se estimar a produtividade do cafeeiro".

1.2.4.2 A ação das altas temperaturas no cafeeiro

A tolerância ao calor é definida pela capacidade da planta de se desenvolver e manter seu rendimento econômico mesmo em altas temperaturas (WAHID *et al*., 2007). As plantas são adaptadas a ambientes específicos e alterações de temperatura podem provocar um aumento ou redução da sua biodiversidade (ASSAD *et al*., 2004; DAVIS *et al*., 2012). A elevação de temperatura causa lesões à planta, aumentando a fluidez dos lipídios das membranas, desnaturando, agregando ou aumentando a degradação proteica, levando à perda da integridade da membrana e alterações na parede celular (LIMA; CUSTÓDIO; GOMES, 2008), o que perturba a homeostase da célula, levando-a à privação de nutrientes, inibição do crescimento, redução no fluxo de íons e produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), ocasionando a inibição do crescimento da planta (WAHID *et al*., 2007).

O café arábica, em virtude de seu ponto de origem, se desenvolve melhor em regiões onde a temperatura média não ultrapassa 23°C (TEIXEIRA *et al*., 2013). Altas temperaturas afetam diretamente o desenvolvimento vegetativo da planta (DRINNAN; MENZEL, 1995), levando-a à uma redução severa do crescimento e desenvolvimento, podendo causar a morte da planta (LIMA *et al*, 2013). Temperaturas acima de 30 °C e 35 °C provocam, principalmente no café arábica, o amadurecimento precoce dos frutos, amarelecimento das folhas e formação de tumores na base do caule (FRANCO, 1956; BATISTA, 2010). Se essa elevação da temperatura acontece no período da florada pode acarretar em abortamento das flores (CAMARGO, 1985; CAMARGO, 2010), formação de flores estéreis (CAMARGO; CAMARGO, 2001), queima das flores

antes da antese (CUSTÓDIO *et al*., 2014) e, consequentemente, reduzindo a produção de frutos e aumentando a perda da qualidade da bebida (BATISTA, 2010).

As alterações da célula influenciam diretamente no metabolismo fotossintético da planta, gerando alteração nos tilacóides ou inativando as enzimas fotossintéticas. De acordo com Drinnan e Menzel (1995), a temperatura entre 28 °C e 33 °C leva à diminuição na produção de carboidratos pela redução da atividade fotossintética do cafeeiro, afetando diretamente no crescimento da parte aérea. Temperaturas nas folhas próximas a 40 °C reduzem gradualmente a fotossíntese em plantas C3 (PINTO *et al*., 2007), denominação dada à todas as plantas que produzem, como produto inicial da fotossíntese, o ácido 3-fosfoglicérico (3-PGA), com três carbonos (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Nesse sentido, uma estratégia a ser adotada para amenizar as altas temperaturas é a arborização da lavoura cafeeira, com sombreamento parcial, para proporcionar a sustentabilidade dos sistemas (PEZZOPANE; PEDRO JR; GALLO, 2007). Para Alvarenga *et al*. (2004, p. 197), “arborização significa o sombreamento ralo dos cafezais, correspondente à cobertura de um quarto a um oitavo da superfície do terreno”.

Estudos realizados com o cafeeiro indicam que esta cultura apresenta maior taxa fotossintética em condições de baixa luminosidade do que à luz solar plena (ALVARENGA *et al*., 2004).

O café consorciado busca “proteger” as plantas da incidência excessiva dos raios solares, além de fornecer uma fonte de renda extra, principalmente quando se trata de agricultores familiares (PEZZOPANE; PEDRO JR; GALLO, 2007). Porém, a densidade do consórcio precisa ser levada em consideração para, ao invés de favorecer a produtividade do cafeeiro, prejudicar o desenvolvimento da planta. Miranda, Pereira e Bergo (1999) constataram que linhagens de café arábica cultivadas em pleno sol, apresentaram melhor rendimento que as mesmas linhagens mantidas sob sombreamento de bananeiras e ingazeiros, em altas densidade, e que, quando rareado a sombra, houve melhoria do desempenho, indicando que sombra excessiva prejudica o desenvolvimento do cafeeiro.

1.2.4.3 A rubisco e a fotorrespiração

A rubisco (ribulose 1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase) é a enzima responsável pela fixação do CO_2 durante a fotossíntese. Essa enzima pode reagir com o O_2 (oxigenação) ou com o CO_2 (carboxilação) em uma reação de competição, ambos ocorrem no mesmo sítio ativo (TAIZ; ZEIGER, 2017). Quando reage com o CO_2 a fotossíntese transcorre normalmente, mas quando reage com O_2, esse processo é interrompido.

Durante a fotossíntese, ocorre a carboxilação, combinação da rubisco com o CO_2, produzindo duas moléculas de 3-fosfoglicerato (3C), que vai entrar no ciclo de Calvin-Benson, no cloroplasto, para produzir carboidrato; na oxigenação, combinação da rubisco com o O_2, produz-se uma molécula de 3-fosfoglicerato e uma de 2-fosfoglicolato (2C), com perda parcial de um carbono, que será recuperado no ciclo fotossintético oxidativo C2, ou fotorrespiração, onde o 2-fosfoglicolato é metabolizado num ciclo que passa pelo cloroplasto, peroxissomo e mitocôndria, processo muito dispendioso para a planta (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Alguns fatores ambientais favorecem a oxigenação da rubisco: a redução da concentração de água no solo provoca o fechamento dos estômatos, cortando o suprimento de CO_2 na planta, acumulando o O_2 produzido durante a fotossíntese; elevadas temperaturas favorecem a compatibilidade da rubisco pelo O_2 (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2007). Outro fator que pode favorecer a oxigenação da rubisco está relacionada à densidade da lavoura: se houver pouco espaço entre as plantas, a concentração de ar em volta das folhas podem ser reduzidas, dificultando as trocas gasosas e, consequentemente, a entrada de CO_2.

O café canéfora apresenta menor eficiência da regulação dos estômatos, pela ausência da produção do ácido abscísico, e mantém seus estômatos abertos, realizando maior absorção cumulativa de CO_2, consequentemente, realizando mais fotossíntese que o café arábica (RONCHI; DaMATTA, 2007), porém está mais susceptível a realizar fotorrespiração, quando exposto a altas temperaturas, pois eleva-se a relação O_2/CO_2 no cloroplasto e a rubisco irá fixar o oxigênio, realizando a fotorrespiração (MARENCO *et al*, 2014), processo de dissipação do excesso de energia de excitação (SILVA, 2014).

A fotorrespiração acontece quando a folha está fortemente iluminada, aumentando o ponto de compensação de CO_2, que no cafeeiro já é alto, elevando a temperatura foliar, sendo esta uma das razões pela qual o cafeeiro se adapta melhor em regiões de temperatura menos elevadas e baixa luminosidade (ALVARENGA *et al*., 2004).

O café arábica possui controle estomático, fechando-os quando há muita luminosidade ou pouca água no solo. Com a fechada dos estômatos, há uma redução na entrada de CO_2 nas células, consequentemente, uma limitada taxa fotossintética (RIBEIRO; MACHADO; OLIVEIRA, 2006).

1.2.4.4 O cafeeiro e o estresse hídrico

Para DaMatta e Ramalho (2006), a seca é, do ponto de vista metereológico, o período em que o índice de chuvas não acompanha o potencial de evapotranspiração, provocando déficit hídrico nas plantas, que obtém baixo desenvolvimento em virtude, entre outros, do baixo turgor celular.

Ambientes quentes e secos favorecem o fechamento dos estômatos, até mesmo pela manhã, período ideal para a realização da etapa fotoquímica da fotossíntese. Com isso, a taxa fotossintética é reduzida, influenciando diretamente nos processos de desenvolvimento da planta, como crescimento e reprodução (BELAN *et al*., 2011).

Estômatos, do grego “*stoma*”, “boca”, são fendas microscópicas que permitem a comunicação entre o interior da planta e o ambiente externo, presente nos órgãos aéreos (TAIZ; ZEIGER, 2017). Eles mantém o equilíbrio da planta ao regular as trocas entre o CO_2 e H_2O (CRAPARO *et al*., 2017). Ao abrir, vapores de água são eliminados e o CO_2 adentra por estas estruturas, que são direcionados aos cloroplastos, para realização da fotossíntese.

O café canéfora possui superfície foliar ampla, com uma quantidade de estômatos maior que o café arábica. No café arábica predomina estômatos do tipo paracítico e no café canéfora, actinocítico (CARVALHO *et al*., 2001). Estômatos paracíticos são aqueles que possuem uma ou mais células subsidiárias posicionadas com o eixo longitudinal paralelo à fenda estomática, os estômatos actinocíticos, as células subsidiárias se dispõem radialmente (ALQUINI *et al*., 2013).

Os estômatos abrem-se quando os níveis de luz que chegam à superfície da folha aumentam, e fecham-se à medida que a luz diminui (TAIZ; ZEIGER, 2017). À noite, como não ocorre fotossíntese, os estômatos permanecem fechados. Fecham-se também, quando a quantidade de água no solo é limitante, evitando a perda excessiva de água para o ambiente (CRAPARO *et al*., 2017).

A fotossíntese é influenciada negativamente, pela falta de água, quando os estômatos se fecham, como resposta à fatores climáticos, reduzindo a produtividade (CAMARGO, 2010). O estresse hídrico é um dos fatores que determinam o fechamento dos estômatos. Períodos prolongados de seca irão prejudicar o desenvolvimento das plantas. Para o cafeeiro, quanto maior o período de seca, mais a produtividade será afetada negativamente (DaMATTA; RAMALHO, 2006).

O café canéfora, por possuir controle estomático limitado (BELAN *et al*., 2011), busca aprofundar seu sistema radicular como estratégias para manter potenciais hídricos foliares adequados (SILVA *et al*., 2010).

Para reduzir riscos de perda da produtividade, em virtude da má distribuição de chuvas e a deficiência hídrica no período da seca, parecem evidenciar a necessidade de irrigação, visando reduzir riscos (NAZARENO *et al*. 2003). Para Oliveira *et al*. (2010), a irrigação das lavouras de café proporciona menos riscos, aumenta a eficiência na utilização e aplicação de insumos, com maior produtividade, além de garantir a qualidade do produto.

No trabalho desenvolvido por Lima, Custódio e Gomes (2008), com *Coffea arabica* L. cv. Rubi, foi constatado que a irrigação promoveu um acréscimo na produtividade quando comparado com tratamentos não irrigados, concluindo que a irrigação pode ser uma medida paliativa para manter a produtividade.

Nazareno *et al* (2003) afirmam que “a irrigação do cafeeiro favorece o crescimento da parte aérea da planta”, consequentemente, induz a formação de botões florais, garantindo boa produtividade. Gomes, Lima e Custódio (2007) afirmam que o cafeeiro irrigado durante o período seco tem melhor desenvolvimento vegetativo e maior produtividade, se comparado com plantas mantidas sem irrigação.

Com as mudanças climáticas que tem acometido as regiões agrícolas, a irrigação tem sido uma estratégia adotada pelos agricultores, mesmo em regiões em que os índices pluviais ainda são favoráveis ao desenvolvimento da cultura (LIMA; CUSTÓDIO; GOMES, 2008; OLIVEIRA *et al*., 2010).

1.2.4.5 O cultivo do café e o aquecimento global

Apesar da demanda mundial por café esteja aumentando, a produtividade tende a reduzir em virtude das intempéries ambientais, como a seca, salinidade, frio e a alta temperatura, chegando à uma redução de 80 % (DaMATTA; RAMALHO, 2006; DINH *et al*, 2016).

O aquecimento global se tornou uma grande preocupação mundial nos últimos anos. Esse fenômeno, impulsionado por causas naturais e pelas ações antrópicas, acarretará em um aumento da temperatura global entre 1,4 °C e 5,8 °C até o final do século XXI, usando as médias de 1961-1990 como referência (IPCC, 2007).

Diante dessa adversidade climática é necessário a criação de políticas que planejem estratégias para amenizar os danos em todas as áreas, principalmente na agricultura, pois a tendência é reduzir em 30% e 40% a precipitação, predomindando, assim, o estresse hidrico. O aumento da temperatura influenciará diretamente no ciclo de vida das culturas, induzindo a floração precoce, encurtando o período para o preenchimento dos grãos, reduzindo seu rendimento (EASWAR RAO *et al*., 2017).

É possível constatar o aumento da temperatura global com a perda de áreas agricultáveis em virtude da seca e do calor (KOTAK *et al*., 2007). Qualquer aumento de temperatura no planeta levará à alterações do comportamento agrícola e as culturas mais adaptadas às altas temperaturas serão beneficiadas (PINTO *et al*., 2007).

De acordo com estudos realizados por Assad *et al*. (2004); Pinto *et al*. (2007), caso a temperatura aumente 1 °C, o Brasil perderá cerca de 23 % da área apta ao cultivo do café arábica; se aumentar 3 °C, 58 %; se for 5,8 ºC, perderá 92 % da produção.

Diante da necessidade de buscar plantas tolerantes ao estresse térmico e hídrico para aumentar ou minimamente manter a produtividade do café atual, os trabalhos de melhoramento genético dessas plantas. Para o cultivo que ambientes atualmente desfavoráveis, é necessário que as cultivares atuais sejam selecionadas com base em características morfológicas, bioquímicas e fisiológicas tolerantes aos estresses hídrico e de alta temperatura (ALVARENGA *et al*, 2004). Redução da área foliar, extensão do sistema radicular, capacidade de manutenção do índice hídrico das folhas e da estabilidade da membrana celular, aumento o teor de clorofila e da eficiência fotossintética (JEENA; PHUKAN; SHUKLA, 2017) são algumas das

características que as cultivares precisam apresentar para se tornarem tolerantes às mudanças climáticas atuais.

1.3 VALE DO JAMARI, RONDÔNIA

O estado de Rondônia pertence a Amazônia Ocidental e é composto por 52 municípios e uma área de 237.765,240 km² (IBGE, 2010). Está dividido em oito microrregiões, entre elas está o Vale do Jamari, localizado no centro norte do estado, com área de 32.141,20 km², com nove municípios: Alto Paraíso, Ariquemes, Buritis, Cacaulândia, Campo Novo de Rondônia, Cujubim, Machadinho do Oeste, Monte Negro e Rio Crespo (ZAN *et al*., 2013).

A precipitação média anual varia entre 1.300 a 2.600 mm, temperatura média anual em torno de 24°C e 26º C, com temperatura máxima entre 30°C e 34°C, e mínima entre 17º C e 23°C, com clima do tipo 'Aw' pela classificação de Köppen (INMEP, 2019). De acordo com Oliveira; Oliveira (2007), os solos predominantes na região varia entre latossolos vermelho-amarelos, latossolos vermelhos e latossolos amarelos.

Pertence ao bioma Amazônico e está classificada como: floresta ombrófila densa e aberta das terras baixas; floresta ombrófila aluvial-floresta de várzea; floresta ombrófila fluvial e floresta de baixio; e buritizal. Está localizado nas terras baixas da Encosta Setentrional do Planalto Brasileiro, com altitude média entre 100 e 300 metros e a hidrografia é composta pelas bacias dos rios Jamari e Machado, e internamente tem as microbacias dos rios Branco, São Francisco, parte do Massangana e Candeias (MDA, 2014).

A economia dessa região é baseada em lavoura temporária e permanente, pecuária bovina, produção mista (lavoura branca e pecuária), horticultura e produtos de viveiro, silvicultura e exploração florestal, pesca e aquicultura (MDA, 2014).

O Vale do Jamari foi considerado, nos anos 80, a quarta maior região produtora de café do Estado, com área cultivada de 12,5 mil hectares e em 2008 era considerado uma das principais praças de negócios, moagem e torrefação de café canéfora, conhecido como "conilon" (MARCOLAN *et al*., 2009). Alto Paraíso é o município do Vale do Jamari que se destaca na produção deste café, utilizando o sistema tradicional de cultivo (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2007).

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDUSTRIA DE CAFÉ – ABIC. **Indicadores da Indústria de café no Brasil**. [*S. l.: s. n.*], 2019. Disponível em: https://www.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/. Acesso em: 10 jun. 2020.

ALQUINI, Y.; BONA, C.; BOEGER, M. R. T.; COSTA, C. G.; BARRA, C. F. Epiderme. *In*: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. (org.). **Anatomia vegetal.** 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013.

ALVARENGA, A. P.; VALE, R. S.; COUTO, L.; VALE, F. A. F.; VALE, A. B. Aspectos fisiológicos da cultura do café e seu potencial produtivo em sistemas agroflorestais. **Agrossilvicultura**, [*s. l.*], v. 1, n. 2, p. 195-202, 2004.

ANDRADE NETTO, J. F. **Atividade das enzimas redutase do nitrato e glutamina sintase em cafeeiro arábica.** 2005. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

ARAÚJO, L. V.; ROSA NETO, C. Boa rentabilidade ajuda na recuperação da cafeicultura em Rondônia: conhecimento de custos para minimizar perdas e aumentar os lucros. **Revista Cafés de Rondônia**, Porto Velho, 2017.

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JUNIOR, J.; ÁVILA, A. M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 11, p.1057-1064, nov. 2004.

BATISTA, L. A. **Características morfofisiológicas de cafeeiros *Coffea arabica* L. 2010.** 2010. 66 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

BELAN, L. L.; SILVA, K. G.; TOMAZ, M. A.; JESUS JUNIOR, W. C.; AMARAL, J. A. T.; AMARAL, J. F. T. Aspectos fisiológicos do cafeeiro conilon: uma abordagem sistemática. **Nucleus**, Ituverava, v. 8, n. 1, p. 225-240, 2011.

BICHO, N. C. C.; OLIVEIRA, J. F. S.; LINDON, F. J. C.; RAMALHO, J. C.; LEITÃO, A. E. **O café-origens, produção, processamento e definição de qualidade.** Lisboa: Escolar Editora, 2011.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHE-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. 7. ed. Viçosa, MG: UFV, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 8/2003.** Brasília: MAPA, 2003. Disponível em: http://www.codapar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/cafebenef008_03.pdf. Acesso em: 02 set. 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Plano territorial de desenvolvimento rural sustentável do território Vale do Jamari**. Porto Velho: MDA, 2014.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M.; Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

CAMARGO, A. P., Florescimento e frutificação de café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n.7, p. 831-839, 1985.

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

CAMARGO. A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definition and outline for the phenological phases of arabic coffee under brazilian tropical conditions. **Bragantia**, Campinas, v. 60, p. 65-68, 2001.

CARELLI, M. L. C. **Estudo do processo de redução de nitrato durante o desenvolvimento inicial e nos estádio reprodutivo de plantas de café (*Coffea arabica* L.)**. 1987. 122 f. (Doutorado em Ciências) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 1987.

CARVALHO, A. **Histórico do desenvolvimento do cultivo do café no Brasil**. Campinas: Instituto Agronômico, 2007 (Documento IAC, 34).

CARVALHO, A. M. D.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; GONÇALVES, F. M. A.; FERREIRA, A. D. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 3, p. 269-275, mar. 2010.

CARVALHO, G. R.; REZENDE, J. C. D.; BOTELHO, C. E.; FERREIRA, A. D.; PEREIRA, A. A.; OLIVEIRA, A. C. B. D. Melhoramento Genético do Café visando à qualidade de bebida. In.: MALTA, M. R. **Produção de café**: opção pela qualidade. Belo Horizonte: Epamig, 2011. v. 32.

CARVALHO, L. M.; SILVA, E. A. M.; AZEVEDO, A. A.; MOSQUIM, P. R.; CECON, P. R., Aspectos morfofisiológicos das cultivares de cafeeiro Catuaí-Vermelho e Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 3, p. 411-416, mar. 2001.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira:** café. Brasília, DF: Conab, 2018. v. 5, n. 2.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**: café, v. 6, n.1. Brasília: Conab, 2020.

CRAPARO, A. C. W.; STEPPE, K.; VAN ASTEN, P. J. A.; LÄDERACH, P.; JASSOGNE, L. T. P.; GRAB, S. W. Application of thermography for monitoring stomatal conductance of *Coffea arabica* under different shading systems. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 609, p. 755-763, 2017.

CRUZAT, V. F.; PETRY, E. R.; TIRAPEGUI, J. Glutamina: aspectos bioquímicos, metabólicos, moleculares e suplementação. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 15, n. 5, p. 392-397, 2009.

CUSTÓDIO, A. A. P.; LEMOS, L. B.; MINGOTTE, F. L. C.; BARBOSA, J. C.; POLLO, G. Z.; SANTOS, H. M. Florescimento de cafeeiros sob manejos de irrigação faces de exposição solar e posições na planta. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 245-257, 2014.

DaMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: A review. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Campinas, v. 18, p. 55-81, 2006.

DAVIS, A. P.; GOLE, T. W.; BAENA, S.; MOAT, J. The impact of climate change on indigenous arabica coffee (Coffea arabica): predicting future trends and identifying priorities. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 7, n. 11, p. 47981, 2012.

DINH, S.; TUNSAI, T. Z.; NAWAZ, G.; LEE, K.; KANG, H. Abiotic stresses affect differently the intron splicing and expression of chloroplast genes in coffee plants (*Coffea arabica*) and rice (*Oryza sativa*). **Journal of Plant Physiology**, Netherlands, v. 20, p. 85-94, 2016.

DRINNAN, J. E.; MENZEL, C.M. Temperature affects vegetative growth and flowering of coffee (*Coffea arabica* L.) following water stress during flower initiation. **Journal of Horticultural Science**, United Kingdom, v. 69, p. 841-849, 1995.

EASWAR RAO, D.; DIVYA, K.; PRATHYUSHA, I. V. S. N.; RAMA KRISHNA, C.; CHAITANYA, K. V. Insect-resistant plants. *In*: DUBEY, S. K.; PANDEY, A.; SANGWAN, R. S. **Current developments in biotechnology and bioengineering**: crop modification, nutrition, and food Production. Amsterdam: Elsevier, 2017.

FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; PINTO, N. A. V. D.; NERY, M. C.; PÁDUA, F. R. M. Constituintes químicos e teor de extrato aquoso de cafés arábica (*Coffea arabica* L.) e conilon (*Coffea canephora* Pierre) torrados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 5, p. 1076-1081, 2003.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. (ed.) **Café Conilon**. Vitória-ES: Incaper, 2007.

FERREIRA, L. T.; SANTOS, J., **Taxa de crescimento do consumo mundial de café de 2% ao ano projeta 208 milhões de sacas até 2030**. Brasília: EMBRAPA, 2019.

FRANCO, C. M. Descoloração em folhas de cafeeiros, causada pelo frio. **Bragantia**, Campinas, v. 15, p. 131-135, 1956.

GOMES, N. M.; LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P.; Crescimento vegetativo e produtividade do cafeeiro irrigado no sul do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 6, p. 564–570, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades e Estados.** Brasília, DF, 2010. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ro.html. Acesso em: 20 ago. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMEP. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa.** Brasília, DF, 2019. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep. Acesso em: 21 mar. 2020.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC-. Climate Change 2007: the physical science basis. summary for policymakers: contribution of the working group i to the fourth assessment report. **World Meteorological Organization**, Geneva, p. 21, 2007.

JEENA, G. S.; PHUKAN, U. J.; SHUKLA, R. K. Drought-Tolerant Plants. IN: DUBEY, S. K.; PANDEY, A.; SANGWAN, R. S. **Current developments in biotechnology and bioengineering**: crop modification, nutrition, and food production. Amsterdam: Elsevier, 2017.

KOTAK, S.; LARKINDALE, J.; LEE, U.; VONKOSKULLDORING, P.; VIERLING, E.; SCHARF, K. Complexity of the heat stress response in plants. **Current Opinion in Plant Biology,** v. 10, p. 310-316, 2007.

LAM, H. M.; COSCHIGANO, K. T.; OLIVEIRA, I. C.; MELO-OLIVEIRA, R.; CORUZZI, G. M., The molecular-genetics of nitrogen assimilation into amino acids in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, New York, v. 47, p. 569-593, 1996.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 2011.

LEROY, T.; RIBEYRE, F.; BERTRAND, B.; CHARMETANT, P.; DUFOUR, M.; MONTAGNON, C.; MARRACCINI, P.; POT, D. **Genetics of coffee quality. Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 229-242, 2006.

LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P.; GOMES, N. M. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeiras safras irrigado por pivô central em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1832-1842, nov./dez. 2008.

LIMA, R. B.; SANTOS, T. B.; VIEIRA, L. G. E.; FERRARESE, M.L.L.; FERRARESE FILHO, O.; L. DONATTI; BOEGER, M. R. T.; PETKOWICZ, C. L. O. Heat stress causes alterations in the cell-wall polymers and anatomy of coffee leaves (*Coffea arabica* L.) Elsevier: **Carbohydrate Polymers**, United Kingdom , v. 93, p. 135-143, 2013.

MACEDO, G. R.; BINSZTOK, J. Associações dos agricultores familiares, cafeicultura orgânica e comércio justo na Amazônia: dilemas e perspectivas. **Revista Nera,** Presidente Prudente, ano 10, n. 10, p. 1-19, 2007.

MARCOLAN, A. L.; RAMALHO, A. R.; MENDES, A. M.; TEIXEIRA, C. A. D.; FERNANDES, C. F.; COSTA, J. N. M.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; S. J. M.; FERNANDES, S. R.; VENEZIANO, W. **Cultivo dos Cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia**. 3. ed. rev. atual. Porto Velho: Embrapa Rondônia: EMATER-RO, 2009.

MARENCO, R. A.; ANTEZANA-VERA, S. A.; GOUVÊA, P. R. S.; CAMARGO, M. A. B.; OLIVEIRA, M. F.; SANTOS, J. K. S. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 61, supl., p. 786-789, nov/dez, 2014.

MARTINS, A. L. **História do café**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2012.

MAZZAFERA, P.; CARVALHO, A. Breeding for low seed caffeine content of coffee (*Coffea* L.) by interspecific hybridization. **Euphytica**, Wageningen, v. 59, n. 1, p. 55-60, nov. 1991.

MEDINA FILHO, H. P.; BORDIGNON, R. Rendimento Intrínseco: um critério adicional para selecionar cafeeiros mais rentáveis. **O Agronômico**, Campinas, v. 5, n. 2, p. 24-26, 2003.

MEGURO, N. E.; MAGALHÃES, A. C. Atividade da redutase de nitrato em cultivares de café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 12: p. 1725-1731, dez. 1982.

MENDES, A. N. G.; CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; FAZUOLI, L. C.; SILVAROLLA, M. B. História das primeiras cultivares de café plantadas no Brasil. I*n*.: CARVALHO, C. H. S. **Cultivares de café.** Brasília, DF: EMBRAPA, 2007.

MIFLIN, B. J.; LEA, P. J. The pathway of nitrogen assimilation in plants. **Phytochemistry,** New York, v. 4, p. 873-885, 1977.

MIRANDA, E. M.; PEREIRA, R. C. A.; BERGO, C. L. Comportamento de seis linhagens de café (*Coffea arabica* L.) em condições de sombreamento e a pleno sol no estado do Acre, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 62-69, jan./mar., 1999.

NAGAI, C.; RAKOTOMALALA, J. J.; KATAHIRA, R.; LI, Y. Y.; YAMAGATA, K.; ASHIHARA, H. Production of a new low-caffeine hybrid coffee and the biochemical mechanism of low caffeine accumulation. **Euphytica**, Wageningen, v. 164, n. 1, p. 133-142, nov. 2008.

NAZARENO, R. B.; OLIVEIRA, C. A. D. da S.; SANZONOWICZ, C.; SAMPAIO, J. B. R.; SILVA, J. C. P. D.; GUERRA, A. F. Crescimento inicial do cafeeiro 'Rubi' em resposta a doses de nitrogênio, fósforo e potássio e a regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 8, p. 903-910, 2003.

OLIVEIRA, E.; FARIA, M.; REIS, R L. P.; SILVA, M. L. O. Manejo e viabilidade econômica da irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro acaiá, considerando seis safras. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 887-896, 2010.

OLIVEIRAS. J. M.; OLIVEIRA, V. B. V. Produção de café agroecológico no Município de Alto Paraíso-Rondônia. *In*: OLIVEIRA, V. B. V. (org.) **Perfil social e produtivo do território Vale do Jamari, Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2007.

PEREIRA, C. E.; PINHO, E. V. R.; OLIVEIRA, D. F.; KIKUTI, A. L. P. Determinação de inibidores da germinação no espermoderma de sementes de café (Coffea arabica L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 306-311, 2002.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JR., M. J.; GALLO, P. B. Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/banana. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 256-264, 2007.

PINTO, H. S.; ZULLO JUNIOR, J.; EDUARDO D. ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. **O aquecimento global e a cafeicultura brasileira.** Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia: Campinas, 2007.

RAMALHO, A. R.; ROCHA, R. B.; VENEZIANO, W.; SANTOS, M. M., Cultivar de cafeeiro Conilon BRS Ouro Preto: características agronômicas e agroindustriais. **Comunicado Técnico 396.** Porto Velho: EMBRAPA, 2014.

RAVEN, P. H.; EVERT, RAY. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

REIS, A. R.; FURLANI JUNIOR, E.; BENKE, F. M.; PERSEGIL, E. O.; FERRARI, S., Atividade da enzima redutase do nitrato de cafeeiro em produção cultivado em diferentes níveis e sistemas de aplicação de nitrogênio. In.: IV Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Brasília. **Anais** [...] Brasília, DF: Embrapa Café, 2005.

RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; OLIVEIRA, R. F. Temperature response of photosynthesis and its interaction with light intensity in sweet orange leaf discs under non photorespiratory condition. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 670-678, 2006.

RONCHI, C. P.; DaMATTA, F. M. Aspectos fisiológicos do café conilon. *In*: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. (org.). **Café Conilon**. 2. ed. Vitória: Incaper, 2017. p. 103-129.

SAES, M. S. M.; NAKAZONE, D. O agronegócio café do Brasil no mercado internacional. **Revista FAE BUSINESS**, Curitiba, n. 9, set. 2004.

SANDALJI, V.; ECCARDI, F., **O café**: ambiente e diversidade. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2003**.**

SEDIYAMA, G. C. MELO JUNIOR, J. C. F.; SANTOS, A. R.; RIBEIRO, A.; COSTA, M. H.; HAMAKAWA, P. J.; COSTA, J. M. N.; COSTA, L. C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia,** Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 501-509, 2001.

SEVERINO, L. S.; SAKIYAMA, N. S.; PEREIRA, A. A.; MIRANDA, G. V.; ZAMBOLIM, L.; BARROS, U. V. Associações da produtividade com outras características agronômicas de café (*Coffea arabica* L. “Catimor”). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1467-1471, dez. 2002.

SILVA, C. A.; TEODORO, R.E.F.; MELO, B. Productivity and yield of coffee plant under irrigation levels. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, p. 387-394, 2008.

SILVA, F. M.; ALVES, M. C.; SOUZA, J. C. S.; OLIVEIRA, M. S. Efeitos da colheita manual na bienalidade do cafeeiro em Ijaci, Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 625-632, 2010.

SILVA, F. M.; ALVES, M. C.; SOUZA, J. C.; OLIVEIRA, M. S.; Efeitos da colheita manual na bienalidade do cafeeiro em Ijaci, Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 625-632, maio/jun. 2010.

SILVA, P. E. M. **Aclimatação fisiológica e bioquímica a ciclos de deficiência hídrica em clones de *Coffea canephora.*** 2014. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.

SILVA, S. M.; OLIVEIRA, L. J.; FARIA, F. P.; REIS, E. F.; CARNEIRO, M. A. C.; SILVA, S. M. Atividade da enzima nitrato redutase em milho cultivado sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 11, p. 1931-1937, 2011.

SILVAROLLA, M. B.; MAZZAFERA, P.; FAZUOLI, L. C. A naturally decaffeinated arabica coffee. **Nature**, Filadélfia, v. 429, n. 6994, p. 826, jun. 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E., **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEIXEIRA, A. L.; GONÇALVES, F. M. A.; REZENDE, J. C. D.; CARVALHO, S. P. D.; PEREIRA, A. A.; MORAES, B. F. X. D.; TEIXEIRA, L. G. V. Seleção precoce para produção de grãos em café arábica pela avaliação de caracteres morfológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 8, p. 1110-1117, 2012.

TEIXEIRA, A. L.; ROCHA, R. B.; ESPINDULA, M. C.; RAMALHO, A. R.; VIEIRA JUNIOR, J. R.; ALVES, E. A.; FERRO, G. O.; DIOCLECIANO, J. M.; MORAES, M. S.; LOURENÇO, J. L. R.; 11, TELES, C. F. R., Robustas Amazônicos: novas cultivares híbridas de café canéfora para a Amazônia Ocidental. SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 10., 2019, Vitória. **Anais** [...] Brasília, DF: Embrapa Café, 2019.

TEIXEIRA, A. L.; SOUZA, F. D. F.; PEREIRA, A. A.; OLIVEIRA, A. C. B. D.; ROCHA, R. B. Performance of arabica coffee cultivars under high temperature conditions. **African Journal of Agricultural Research**, Nigéria, v. 8, n. 33, p. 4402-4407, 2013.

VENEZIANO, W., **Cafeicultura em Rondônia**: situação atual e perspectivas. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF-Rondônia, 1996.

VIANA, E. M.; KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 975-982, 2010.

WAHID, A.; GELANI, S.; ASHRAF, M.; FOOLAD, M. Heat tolerance in plants: An overview. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 61, n. 3, p. 199-223, 2007.

ZAN, R. A.; VIEIRA, F. G.; BAVARESCO, M. F.; MENEGUETTI, D. U. O., Avaliação da qualidade de águas minerais comercializadas nas cidades do Vale do Jamari, Amazônia Ocidental, Rondônia – Brasil. **Revista Saúde Pública**, Florianópolis, v. 6, n. 4, p. 19-26, out./dez. 2013.

CAPÍTULO 2: PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE *Coffea arabica* L. CULTIVADAS NO ECOSSISTEMA DO VALE DO JAMARI, RONDÔNIA

RESUMO: A temperatura é um fator limitante da expansão do café no mundo. A espécie *Coffea arabica* L. expressa seu potencial com temperaturas médias anuais variando entre 17 a 23 ºC. Acima de 23ºC, observa-se problemas de abortamento das flores e redução no desenvolvimento das plantas, resultando em perdas na produtividade. O experimento foi instalado no campo experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) *Campus* Ariquemes, localizado a 9°55'12" de latitude Sul, 62º56'59" de longitude Oeste e com altitude de 128 m. O experimento foi composto por 25 tratamentos, sendo 21 progênies e 4 testemunhas (Catucaí amarelo 2SLCAK, Acauã, Tupi e Obatã IAC 1669-20). As progênies sob avaliação foram oriundas de hibridações realizadas pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e Universidade Federal de Viçosa (UFV). O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições e oito plantas por parcelas. O objetivo foi avaliar a produtividade e o rendimento dos tratamentos na região do Vale do Jamari, no estado de Rondônia. Na safra de 2015 a produtividade média do café beneficiado foi menor que a safra de 2016 (239,15 kg/ha < 345,73 kg/ha). A progênie UFV 8710, em 2015, teve produtividade média de 542,48 kg/ha e a Catucai Amarelo, 622,16 kg/ha em 2016. A média do rendimento de grãos, em 2015, foi superior ao rendimento de 2016 (12,85% > 12,33%); a média geral dos tratamentos foi 12,58%.

Palavras-chave: Estresse térmico. Melhoramento genético. Rendimento industrial.

2.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de café, alcançando a produção de 58,04 milhões de sacas de 60 kg de café beneficiado em 2018 (CONAB, 2018). O café é uma das bebidas mais consumidas no Brasil e no mundo, sendo que em 2017, cada habitante consumiu, em média, 5,1 kg de café torrado, o que corresponde a 83 litros/habitante/ano (ABIC, 2017). Para atender a demanda, a cafeicultura brasileira busca aumentar a produtividade, melhorando a qualidade do produto e buscando plantas adaptadas à diferentes regiões agrícolas.

Apesar da família Rubiaceae abranger mais de 100 espécies, somente duas são conhecidas e cultivadas para fins comerciais: *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre, que à produção mundial de 70 e 30 %, respectivamente (LIMA *et al*., 2013). A espécie mais cultivada no Brasil é *Coffea arabica* L, inclusive com uma importância histórica, a qual foi determinante no desenvolvimento econômico da região sudeste do País.

O *Coffea arabica* L. é uma espécie originária das florestas tropicais da Etiópia, centro da África, onde crescem de forma selvagem nas montanhas acima do nível do mar, entre 1600 à 2800 m de altitude (DaMATTA; RAMALHO, 2006). Essa região possui pequenas flutuações sazonais, com temperatura média de 20 °C e precipitações variando ente 1600 à mais de 2000 mm distribuídas entre 3-4 meses (DaMATTA; RAMALHO, 2006; CAMARGO, 2010). Trata-se de uma espécie tetraploide (2n= 4x= 44), autógama, com capacidade cleistogâmica, mais adaptadas a temperaturas médias entre 17 ºC e 23 ºC, com dificuldades de adaptação a ambientes com temperaturas abaixo ou acima dessas (CAMARGO, 1977).

O cafeeiro apresenta respostas fisiológicas negativas quando submetidas as altas temperaturas do ar durante o florescimento, principalmente se associada a uma estação seca prolongada, resultando no abortamento floral (CAMARGO, 1985; CAMARGO, 2010), esterilidade (CAMARGO; CAMARGO, 2001), queima das flores antes da antese (CUSTÓDIO *et al*., 2014), reduzindo a produção de frutos e, consequentemente, a produtividade (FAZUOLI; THOMAZIELLO; CAMARGO, 2007; BERGO; ALVES PEREIRA; DE SALES, 2008), além da perda na qualidade da bebida (BATISTA, 2010).

Um dos grandes desafios dos melhoristas tem sido encontrar cultivares adaptadas às altas temperaturas, para ampliação das fronteiras agrícolas, garantindo

a produtividade da cultura, visto que as intempéries ambientais, como a seca, salinidade, frio e o aumento da temperatura, tendem a reduzir a produção desse grão (DaMATTA; RAMALHO, 2006; DINH *et al*, 2016).

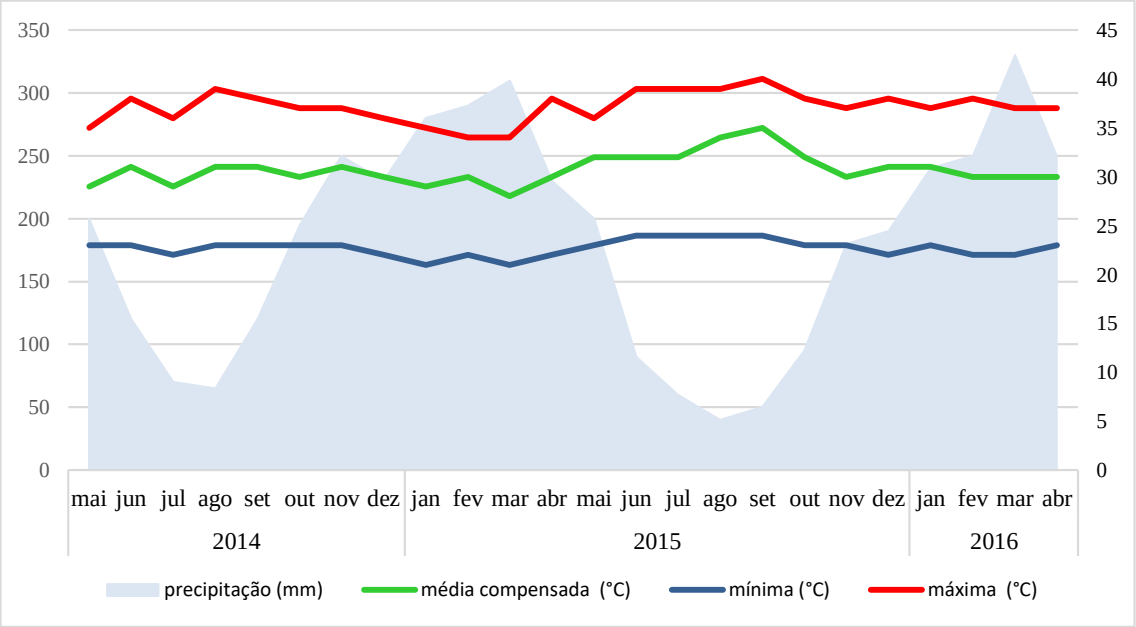
Diante das mudanças climáticas que o planeta vem sofrendo, os cafeicultores preocupam-se com a manutenção e ampliação das regiões agrícolas aptas ao cultivo, em virtude do aumento da temperatura e da mudança nos regimes pluviométricos. Considerando a importância dessa cultura para a economia brasileira, ao garantir a expansão das lavouras de café arábica, por meio do melhoramento genético das cultivares existentes, será possível o desenvolvimento de plantas adaptadas à temperatura elevada, como a Região Norte do país que, de acordo com dados do INMEP (2018), chegou a atingir temperatura média entre 26 ºC e 30 °C em 2017.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado em novembro de 2012, na área experimental do IFRO *Campus* Ariquemes, onde os dados climáticos foram obtidos na estação meteorológica Ariquemes-A940, e as coordenadas locais são 9°55’12” de latitude Sul e 62º56’59” de longitude Oeste, com altitude de 128 m.

O clima predominante da região é tropical úmido, com estação seca bem definida entre junho e setembro (Figura 1), tipo ‘Aw’ pela classificação de Köppen (INMEP, 2018). A área experimental tem solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (LIMA *et al*., 2017).

Figura 1- Gráfico constando as temperaturas mínimas, médias e máximas, e os índices pluviométricos mensais entre os meses de maio de 2014 e abril de 2016.



Fonte: Elaborada pela autora.

O experimento foi composto por 25 materiais genéticos da espécie *Coffea arabica* L., sendo 21 progênies e quatro cultivares distribuídas e delineamento em blocos casualizados, com três repetições de oito plantas por parcela. As progênies foram previamente selecionadas para tolerância ao calor, por Teixeira *et al*. (2014) e Teixeira *et al*. (2015), e o processo de seleção se encontra na geração F_4. Esses genótipos sob avaliação são oriundos de hibridações realizadas pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e Universidade Federal de Viçosa (UFV), tendo como foco a seleção de genótipos altamente produtivos.

A Tabela 1 apresenta as 21 progênies e suas respectivas instituições de origem, bem como as cultivares Acauã, Catucaí Amarelo 2SLCAK, Obatã IAC 1669-20 e Tupi, materiais indicados ao cultivo nas regiões sul e sudeste.

Tabela 1 - Relação de progênies e cultivares e suas respectivas instituições de origem.

	LINHAGEM	ORIGEM		LINHAGEM	ORIGEM
1	UFV 8710	Epamig/UFV	14	P27 - Planta n°2	IAC
2	H419-10-6-2-1-6	Epamig/UFV	15	P27 - Planta n° 4	IAC
3	H419-10-6-2-1-10	Epamig/UFV	16	P29 - Planta n° 5	IAC
4	H419-10-6-2-1-7	Epamig/UFV	17	P29 - Planta n°6	IAC
5	H419-10-6-2-1-8	Epamig/UFV	18	P94 - Planta n° 1	IAC
6	H419-10-6-2-3-21	Epamig/UFV	19	P94 - Planta n° 5	IAC
7	H419-6-2-5-3-17	Epamig/UFV	20	P109 - Planta n° 4	IAC
8	H514-7-10-6-17	Epamig/UFV	21	P109 - Planta n° 6	IAC
9	H514-7-10-6-12	Epamig/UFV	22	Acauã	-
10	H514-7-10-6-29	Epamig/UFV	23	Catucai Amarelo 2SL	-
11	H514-7-10-6-25	Epamig/UFV	24	Obatã IAC1669-20	-
12	H514-7-10-6-9	Epamig/UFV	25	Tupi	-
13	H514-7-10-6-2-3-9	Epamig/UFV			

Fonte: Elaborada pela autora.

A cultura foi plantada no espaçamento de 3 x 1 m, sem sistema de irrigação. A adubação, práticas de manejo, controle de plantas daninhas e demais tratos culturais foram conduzidos seguindo as orientações de Chaves (2002).

Foram avaliadas as seguintes variáveis, das duas primeiras safras (2015 e 2016):

a) Produtividade de grãos (kg/ha $^{-1}$): A colheita foi realizada separadamente por parcela e pesada na balança de precisão para a obtenção da produção de grãos em quilos de "café da roça". Para conversão dos dados de quilos de “café da roça” para produtividade de grãos beneficiados, utilizou-se a expressão abaixo, secagem:

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{prod. café roça}}{\text{nº plantas parcela}} \text{x} \frac{10.000}{3{,}0 \text{ x } 1{,}0} \text{ x redimento}$$

b) Rendimento industrial (%): Coletou-se uma amostra de 1 kg de cada parcela para realização da análise de rendimento industrial. Essas amostras foram secas em terreiro para obtenção de café em coco, e posteriormente beneficiadas para obtenção de café beneficiado. De posse dos resultados, utilizou-se a expressão abaixo para obtenção do rendimento industrial da parcela:

$$\text{Rendimento Industrial (\%)} = \frac{\text{Amostra beneficiada}}{\text{Amostra café da roça}} \text{x } 100$$

c) Ciclo de maturação: Foi definido pelo intervalo entre a floração e a colheita. O intervalo de 20 a 30 dias entre colheitas foi utilizado como critério para classificar os genótipos como precoce (P), intermediário (I) ou tardio (T). As primeiras parcelas foram colhidas em fevereiro e classificadas como precoce. Consequentemente, as parcelas colhidas em março e abril foram classificadas como de ciclo intermediário e tardio, respectivamente.

Os dados obtidos referentes à produtividade de café beneficiado e rendimento industrial foram submetidos à análise de variância, com a significância dos efeitos verificada pelo teste F, ao nível de 5% e 1% de probabilidade, utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2011). Para a comparação das médias foi utilizado o teste de comparações múltiplas de Scott-Knott (1974).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância demonstrou que na safra de 2015 observou-se diferença entre tratamentos ($p<0,05$). Já na safra de 2016 não houve diferença para produtividade de café beneficiado em nenhum dos fatores de variação analisado (Tabela 2). Os coeficientes de variação nas duas safras foram muito elevados, sendo que a de 2015 foi superior a de 2016 (57,16% > 51,71%). Para Ferrão *et al*. (2008) um dos fatores que podem influenciar e resultar no elevado coeficiente de variação são as inúmeras respostas de cada progênie e cultivar às altas temperaturas e secas prolongadas.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância para produção de café beneficiado (kg/ha), referente à safra de 2015 e 2016, no campo experimental do IFRO *Campus* Ariquemes. Rondônia, 2018.

FONTES DE VARIAÇÃO	2015		2016	
	GL	QM	GL	QM
TRATAMENTOS	24	34833,07*	24	38097,67ns
BLOCOS	2	67209,64	2	42720,97
RESÍDUOS	48	18679,15	48	31955,17
MÉDIA GERAL (kg/ha)		239,15		345,73
CV (%)		57,16		51,71

Nota: *Significativo à 5% pelo teste F; ns não significativo.
GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação.
Fonte: Elaborada pela autora.

Quando comparadas as médias da produtividade dos tratamentos das safras de 2015 e 2016, separadamente, não foram obtidos grupos promissores de tratamentos, mas ao analisar o desempenho das duas safras, foi possível observar diferença significativa entre as médias de quatorze tratamentos em relação aos demais (Tabela 3), indicando que estes são mais promissores no ambientes com altas temperaturas. Destaca-se, em 2015, a progênie UFV 8710, que apresentou produção de 542,48 kg/ha, seguida da testemunha Tupi, com 497,87 kg/ha; em 2016 o destaque foi para a testemunha Catucai Amarelo, que produziu 622,16 kg/ha, seguida da progênie P94-Planta n° 5 (486,17 kg/ha). O tratamento com menor produtividade, nas duas safras foi H419-10-6-2-1-10, e a diferença entre os tratamentos mais e menos produtivos foi de 451% em 2015 e 405%, em 2016.

A média geral da safra de 2016 (345,73 kg/ha) foi 44% maior que em relação à safra de 2015 (239,15 kg/ha). Essa diferença pode ser atribuída ao fato da safra de 2015 ser a primeira colheita da lavoura, que pode apresentar maior desuniformidade na produção dos frutos e, como afirmam Teixeira *et al*. (2015), as colheitas subsequentes costumam apresentar melhores resultados.

A produtividade média de café beneficiado no Brasil, nos anos em questão, foi 1.349,4 kg/ha em 2015 (CONAB, 2015) e 1.579,8 kg/ha em 2016 (CONAB, 2016). A diferença entre a produtividade nacional e a obtida no experimento é elevada, porém essa baixa média registrada no cafeeiro em teste é justificada pelas condições de temperaturas elevadas e chuvas irregulares que ocorreram em 2014, causando sérios danos aos cafezais, principalmente as lavouras novas e sem irrigação. Para Silva *et al*. (2009), a irrigação é um dos fatores que asseguram boa iniciação floral, consequentemente, na produtividade da lavoura. Lima, Custódio e Gomes (2008) recomendam a utilização de irrigação por gotejamento central ao menos nas primeiras cinco colheitas.

Tabela 3 - Produtividade de café beneficiado (kg/ha) dos 25 tratamentos das safras de 2015, 2016 e média geral 2015/2016, do campo experimental do IFRO *Campus* Ariquemes.

TRATAMENTOS	MÉDIA DAS SAFRAS		MÉDIA GERAL
	2015	2016	
UFV 8710	542,48	441,76	492,12[a]
Catucai Amarelo 2SL	237,31	622,16	429,73[a]
Tupi	497,87	328,08	412,97[a]
P94 - Planta n° 5	320,49	486,17	403,33[a]
Acauã	280,95	485,54	383,24[a]
H514-7-10-6-25	256,36	453,77	355,07[a]
H419-6-2-5-3-17	267,02	442,62	354,82[a]
H419-10-6-2-1-6	285,32	392,27	338,79[a]
H514-7-10-6-29	254,11	419,71	336,91[a]
P29 - Planta n° 5	237,61	411,71	324,66[a]
H514-7-10-6-9	246,60	400,37	323,48[a]
P27 - Planta n° 4	335,48	307,62	321,57[a]
H514-7-10-6-12	232,15	375,41	303,78[a]
P29 - Planta n°6	251,45	342,94	297,20[a]
P109 - Planta n° 4	261,11	274,96	268,04[b]
H514-7-10-6-17	181,91	335,77	258,84[b]
P27 - Planta n°2	214,95	268,62	241,78[b]
P94 - Planta n° 1	186,99	289,95	238,47[b]
Obatã IAC1669-20	116,10	323,41	219,76[b]
P109 - Planta n° 6	160,76	251,25	206,00[b]
H419-10-6-2-3-21	146,45	224,87	185,66[b]
H514-7-10-6-2-3-9	115,82	240,20	178,01[b]
H419-10-6-2-1-8	143,21	205,36	174,28[b]
H419-10-6-2-1-7	107,94	195,96	151,95[b]
H419-10-6-2-1-10	98,41	122,75	110,58[b]
MÉDIA	239,15	345,73	292,44

Nota: *Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.
Fonte: Elaborada pela autora.

Quanto ao rendimento industrial, a análise de variância da safra de 2015 apresentou diferença entre os tratamentos ($p<0,01$), indicando que existe ao menos uma cultivar que difere das demais (Tabela 4).

Analisando-se as médias do rendimento industrial dos tratamentos das safras de 2015 e 2016, separadamente, foi possível observar que, em 2015, foi observado quatro grupos de tratamentos com desempenho estatisticamente diferentes (Tabela 5).

Tabela 4 - Análise de variância do rendimento industrial (%) do café, referente às safras de 2015 e 2016 no campo experimental do IFRO *Campus* Ariquemes. Rondônia, 2018.

FV	2015		2016	
	GL	QM	GL	QM
TRATAMENTOS	24	0,0019**	24	0,0003ns
BLOCOS	2	0,0002	2	0,0005
RESÍDUO	48	0,0001	48	0,0003
MÉDIA GERAL (%)		12,85		12,33
CV (%)		8,85		13,21

Nota: **Significativo à 1% pelo teste F; ns não significativo. GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação.
Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 5 - Média do rendimento industrial (%) do café das safras de 2015, 2016 e o resultado da comparação múltipla de médias (2015/2016), do campo experimental do IFRO *Campus* Ariquemes.

TRATAMENTO	MÉDIAS DAS SAFRAS		MÉDIA GERAL
	2015	2016	
H514-7-10-6-9	16,00a	12,34	14,17a
H419-6-2-5-3-17	14,67a	13,34	14,00a
Catucai Amarelo 2SL	15,67a	12,34	14,00a
H419-10-6-2-1-6	14,34a	13,67	14,00a
P109 - Planta n° 4	15,00a	12,34	13,67a
Obatã IAC1669-20	15,00a	12,34	13,67a
H514-7-10-6-17	14,67a	12,34	13,50a
H419-10-6-2-1-7	15,00a	12,00	13,50a
H514-7-10-6-25	15,00a	11,67	13,34a
H514-7-10-6-29	14,67a	11,67	13,17a
H514-7-10-6-12	15,34a	10,67	13,00a
H419-10-6-2-3-21	14,00a	11,67	12,83a
P29 - Planta n° 5	12,00b	13,67	12,83a
P27 - Planta n° 4	12,00b	13,00	12,50b
H419-10-6-2-1-8	14,34a	10,34	12,33b
UFV 8710	12,00b	12,34	12,17b
P27 - Planta n°2	11,34b	12,67	12,00b
H419-10-6-2-1-10	12,67b	11,00	11,83b
P94 - Planta n° 1	10,34b	13,34	11,83b
P29 - Planta n°6	10,34b	13,33	11,83b
P94 - Planta n° 5	10,34b	13,00	11,67b
H514-7-10-6-2-3-9	10,67b	12,67	11,67b
Acauã	11,00b	12,34	11,33b
P109 - Planta n° 6	9,00c	13,34	11,17b
Tupi	6,00d	11,00	08,50c
MÉDIA GERAL	12,85	12,33	12,58

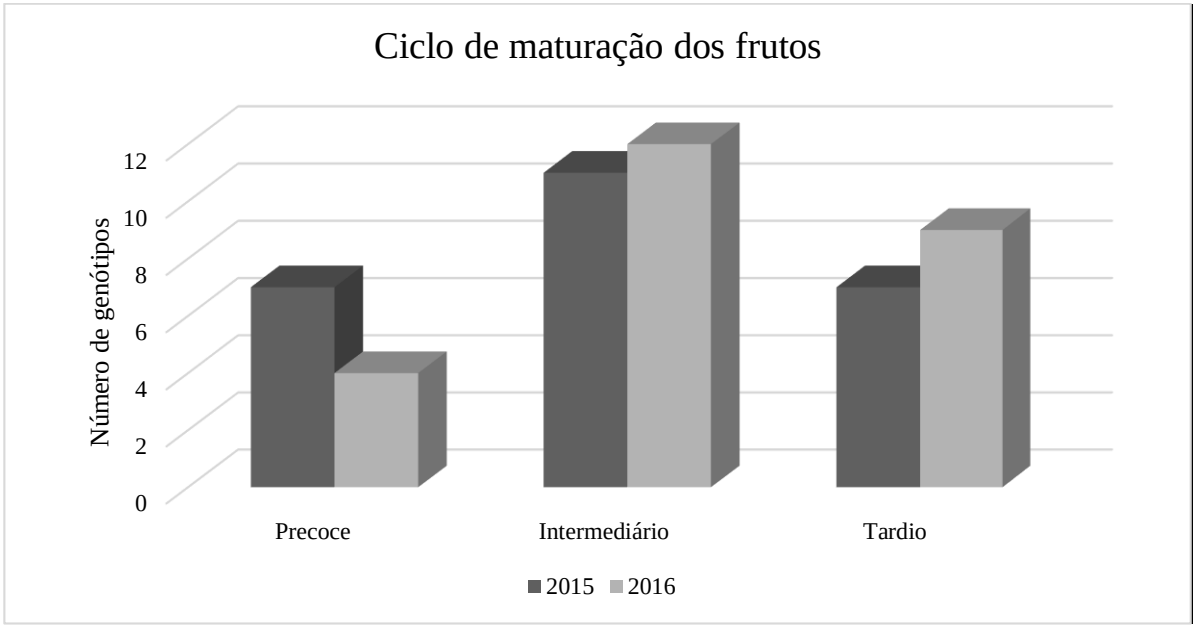
Nota: *Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.
Fonte: Elaborada pela autora.

A progênie H514-7-10-6-9, com 16% de rendimento, foi 166% maior que o rendimento da testemunha Tupi (6%). Da safra de 2016, as médias dos tratamentos obtidos não tiveram diferenças estatísticas, e a discrepância entre a média maior, H419-10-6-2-1-6 e P29-Planta n°5 (13,67%) e a média menor, H419-10-6-2-1-8 (10,34%), foi de 32%.

A análise da média geral de todos os tratamentos da safra conjunta 2015/2016, permitiu verificar a existência de dois grupos distintos. A média de rendimento geral das duas safras foi 12,58%. Para Medina Filho e Bordignon (2003), o rendimento do café arábica varia entre 16% e 24%. Rocha *et al*. (2015) recomendam que o rendimento seja calculado individualmente, pois há muita variação genética entre os genótipos. O ideal é que, para definir o potencial produtivo de um tratamento, o rendimento seja avaliado por, no mínimo, quatro safras, já que este caráter sofre ação direta do ambiente (MISTRO *et al*., 2008).

Quanto ao ciclo de maturação dos frutos, cada safra apresentou um comportamento distinto: em 2015, 28% dos tratamentos apresentaram ciclo precoce, 44% ciclo intermediário e 28% ciclo tardio; em 2016, 16% dos tratamentos apresentaram ciclo precoce, 48% ciclo intermediário e 36% ciclo tardio (Figura 2).

Figura 2 - Ciclo de maturação dos frutos dos tratamentos avaliados, classificados como precoce, intermediário e tardio, na média das safras de 2015 e 2016.



Fonte: Elaborada pela autora.

Os tratamentos H419-10-6-2-1-10, H419-10-6-2-1-7, H419-10-6-2-1-8, H419-10-6-2-3-21 apresentaram ciclo precoce nas duas safras; os tratamentos UFV 8710, H419-10-6-2-1-6, H419-6-2-5-3-17, H514-7-10-6-12, H514-7-10-6-29, H514-7-10-6-25, H514-7-10-6-9, P109-Planta n° 4, Acauã apresentaram ciclo intermediário; os tratamentos H514-7-10-6-2-3-9, P27-Planta n°2, P27 - Planta n° 4, P29 - Planta n°6, P94 - Planta n° 1, P94 - Planta n° 5, P109 - Planta n° 6 apresentaram ciclo tardio. Houve tratamentos que diferiram de uma safra à outra, quanto ao ciclo de maturação dos frutos: Catucai Amarelo 2SL, Tupi e Obatã IAC1669-20 que apresentaram ciclo precoce na safra de 2015 e ciclo intermediário na safra de 2016. Os tratamentos H514-7-10-6-17 e P29-Planta n° 5 apresentaram ciclo intermediário na safra de 2015 e ciclo tardio na safra de 2016.

De acordo com Bardin-Camparotto, Camargo e Soares (2012), o estresse térmico tende a acelerar o ciclo, podendo antecipar em até três meses de maturação dos frutos do café arábica. Pezzopane *et al*. (2008) afirmam que a temperatura do ar é o elemento climático que mais influencia no ciclo reprodutivo do cafeeiro, especialmente do *C. arabica*. Obter plantas com ciclo de maturação tardio possibilita a secagem dos frutos fora do período de intensas chuvas, que geralmente ocorrem, na região Norte, entre os meses de novembro à março, proporcionando melhorias na qualidade final dos grãos.

2.4 CONCLUSÃO

Na safra de 2015 a produtividade média do café beneficiado foi menor que a safra de 2016 (239,15 kg/ha < 345,73 kg/ha). A progênie UFV 8710, em 2015, teve produtividade média de 542,48 kg/ha e a Catucai Amarelo, 622,16 kg/ha em 2016.

A média do rendimento de grãos, em 2015, foi superior ao rendimento de 2016 (12,85% > 12,33%); a média geral dos tratamentos foi 12,58%.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDUSTRIA DE CAFÉ – ABIC. **Indicadores da Indústria de café no Brasil**. [*S. l.: s. n*.], 2017. Disponível em: http://abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2017/#consint2017. Acesso em: 22 maio 2018.

BARDIN-CAMPAROTTO, L.; CAMARGO, M. B. P.; MORAES, J. F. L. Época provável de maturação para diferentes cultivares de café arábica para o Estado de São Paulo. **Ciência Rural,** Santa Maria**,** v. 42, n. 4, p. 594-599, 2012.

BATISTA, L. A. **Características morfofisiológicas de cafeeiros *Coffea arabica* L. 2010.** 2010. 66 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

BERGO, C. L.; ALVES PEREIRA, R. D. C.; DE SALES, F. Evaluation of Arabica and Robusta coffee genotypes in the state of Acre. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 11-16, 2008.

CAMARGO, A. P. Zoneamento de aptidão climática para a cafeicultura de arábica e robusta no Brasil. *In*: FUNDAÇÃO IBGE. **Recursos naturais, meio ambiente e poluição:** contribuição de um ciclo de debates. Rio de Janeiro: [s. n.], 1977. v.1.

CAMARGO, A. P., Florescimento e frutificação de café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 7, p. 831-839, 1985.

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

CAMARGO. A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definition and outline for the phenological phases of arabic coffee under brazilian tropical conditions. **Bragantia**, Campinas, v. 60, p. 65-68, 2001.

CHAVES, J. C. D. **Manejo do solo:** adubação e calagem, antes e após a implantação da lavoura cafeeira. Londrina: IAPAR, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira:** café. Brasília, DF: Conab, 2016. v. 3, n.4.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira:** café. Brasília: Conab, 2018. v. 5, n. 2.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira:** café. Brasília: Conab, 2015. v. 2, n. 4.

CUSTÓDIO, A. A. P.; LEMOS, L. B.; MINGOTTE, F. L. C.; BARBOSA, J. C.; POLLO, G. Z.; SANTOS, H. M. Florescimento de cafeeiros sob manejos de irrigação faces de exposição solar e posições na planta. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 245-257, 2014.

DaMATTA, F.M.; RAMALHO, J.D.C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: A review. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Campinas, v. 18, p. 55-81, 2006.

DINH, S.; TUNSAI, T. Z.; NAWAZ, G.; LEE, K.; KANG, H. Abiotic stresses affect differently the intron splicing and expression of chloroplast genes in coffee plants (*Coffea arabica*) and rice (*Oryza sativa*). **Journal of Plant Physiology,** Netherlands, v. 20, p. 85-94, 2016.

FAZUOLI, L. C.; THOMAZIELLO, R. A.; CAMARGO, M. B. P. Aquecimento global, mudanças climáticas e a cafeicultura paulista. **O Agronômico**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 19-20, 2007.

FERRÃO, R. G.; CRUZ, C. D.; FERREIRA, A.; CECON, P. R.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; CARNEIRO, P. C. S.; SILVA, M. F.; Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 1, p. 61-69, jan. 2008.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMEP. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Brasília, Df, 2018. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep. Acesso em: 21 maio 2018.

LIMA, A. A.; VENTUROSO, L. R.; SILVA, B. A. A.; GOMES, NA F.; SCHMIDT, O. Eficiência da inoculação de Azospirillum brasilense associado com enraizador no crescimento e na produção de alface. **Revista Verde**, Pombal, v. 12, n. 2, p. 233-240, abr.-jun. 2017.

LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P.; GOMES, N. M. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeiras safras irrigado por pivô central em Lavras, MG. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1832-1842, nov./dez. 2008.

LIMA, R. B.; SANTOS, T. B.; VIEIRA, L. G. E.; FERRARESE, M.L.L.; FERRARESE-FILHO, O.; L. DONATTI; BOEGER, M. R. T.; PETKOWICZ, C. L. O. Heat stress causes alterations in the cell-wall polymers and anatomy of coffee leaves (*Coffea arabica* L.) Elsevier: **Carbohydrate Polymers**, United Kingdom, n. 93, p. 135-143, 2013.

MEDINA FILHO, H.P.; BORDIGNON, R. Rendimento Intrínseco: um critério adicional para selecionar cafeeiros mais rentáveis. **O Agronômico**, Campinas, v. 55, n. 2, p. 24-26, 2003.

MISTRO, J. C.; FAZUOLI, L. C.; FILHO, O. G.; SILVAROLLA, M. B.; TOMARAGHINI, M. Determination of the number of years in Arabic coffee progenies selection through repeatability. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 8, p. 79-84, 2008.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; CAMARGO, M. B. P.; FAZUOLI, L. C., Exigência térmica do café arábica cv. Mundo Novo no subperíodo florescimento-colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1781-1786, nov./dez. 2008.

ROCHA, R. B.; TEIXEIRA, A. L.; RAMALHO, A. R.; SOUZA, F. F. Melhoramento de Coffea canéfora: considerações e metodologias. *In*: MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. (ed.). **Café na Amazônia**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. Cap. 5, p. 99-126.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. Cluster analyses method for grouping means in the analyses of variance. **Biometrics**, Reino Unido, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

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

TEIXEIRA, A. L.; SOUZA, F. D. F.; FILHO, H. P. M.; BORDIGNON, R.; RAMALHO, A. R.; ROCHA, R. B. Yield, maturation, and beverage quality of arabica coffee progenies under selection in Rondonia state, Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, Nigéria, v. 9, n. 38, p. 2854-2861, 2014.

TEIXEIRA, A. L.; SOUZA, F. D. F.; PEREIRA, A. A.; OLIVEIRA, A. C. B. D.; ROCHA, R. B. Selection of arabica coffee progenies tolerant to heat stress. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, p. 1228-1234, 2015.

CAPÍTULO 3: PRODUTIVIDADE, RESPOSTAS MORFOLÓGICAS E NUTRICIONAIS DE PROGÊNIES DE *Coffea arabica* L. CULTIVADAS NO ECOSSISTEMA DO VALE DO JAMARI-RO DURANTE A QUINTA COLHEITA

RESUMO: A cafeicultura é uma cultura que tem destaque na economia do Brasil, sendo este o maior exportador mundial deste alimento. O ensaio foi instalado no setor de culturas anuais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia IFRO *Campus* Ariquemes, com o objetivo de avaliar o desenvolvimento morfológico e nutricional dos tratamentos de *C. arabica* L. submetidos ao ecossistema do Vale do Jamari-RO, pertencente à região amazônica. Foram realizadas avaliação morfológica das plantas aos 12 e 72 meses, avaliando: vigor vegetativo, altura da planta, diâmetro do caule, número de pares de ramos plagiotrópicos, comprimento do primeiro ramo plagiotrópico, número de nós do primeiro ramo plagiotrópico, comprimento do quarto par de folhas, largura do quarto par de folhas. Três tratamentos apresentaram todas as características morfológicas acima da média. A média do comprimento do 1º ramos plagiotrópico foi o caractere que mais se diferenciou entre os tratamentos. Foram coletadas dois pares de folhas centrais de ramos do terço médio da planta de cada parcela, para análise de macronutrientes e micronutrientes presente. A concentração de N, P e S encontrado nas folhas dos tratamentos foram normais, enquanto que K, Ca e Mg estão abaixo da faixa crítica, apesar de algumas plantas alcançarem a média.

Palavras-chave: Caracteres morfológicos. Macronutrientes. Micronutrientes.

3.1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura é um dos destaques do Brasil quando o assunto é exportação. Em 2019, o café foi o quinto maior produto de origem vegetal exportado (MAPA, 2020), com produção média de 49,30 milhões de sacas (CONAB, 2020). O país é o maior exportador desse alimento, seguido de Vietnam, Colômbia, Indonésia e Honduras, e juntos representaram cerca de 76% da exportação mundial (FERREIRA, 2020).

O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo, produzida com os grãos de uma planta perene, que possui sistema radicular que atinge entre 40-50 cm de profundidade, folhas ovaladas verde-escuras, frutos ovais com duas sementes achatadas, conhecida como cafeeiro (LIMA *et al*., 2013). Os botânicos consideram como pé de café todas as plantas da família Rubiaceae, originadas nas florestas do continente africano (SANDALJI; ECCARDI, 2003; DAVIS *et al*., 2006), local de temperaturas amenas e altitude elevada.

O crescimento aéreo do cafeeiro é resultado da ação de sua constituição genética e de fatores ambientais como temperatura, índice pluviométrico e nutrientes disponíveis no solo. Para Bragança *et al*. (2008), os macronutrientes exigidos e acumulados no cafeeiro são: nitrogênio (N), cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), enxofre (S) e fósforo (P), nesta ordem. O N é o mais acumulado, pois participa da constituição de componentes essenciais para a célula vegetal, como os ácidos nucleicos e proteínas (TAIZ; ZAIGER, 2017). A absorção dos micronutrientes, de acordo com Catani *et al*. (1989) segue a ordem: ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu), e participam da atividade de constituição enzimática nas plantas.

Um fator determinante da expansão da cafeicultura no Brasil é o clima. Para Borém *et al*. (2019) é necessário conhecer as características meteorológica da região para posterior implantação de cafeeiros. Camargo (2010) afirma que as condições ambientais, como a distribuição das chuvas e a temperatura do ar, afeta seu crescimento.

A região Norte do país é caracterizado por possuir temperaturas elevadas, com média próxima a 30 ºC, enquanto que o *C. arabica* L. se desenvolve melhor em ambientes com temperatura média de 23 ºC. Pensando na ampliação das divisas agrícolas dessa cultura, bem como no aquecimento global relatado nos últimos anos, os programas de melhoramento genético buscam obter progênies resistentes à temperaturas elevadas. Objetivou-se foi avaliar o desenvolvimento morfológico e

nutricional de genótipos de *C. arabica* L. submetidos ao ecossistema do Vale do Jamari-RO, pertencente à região amazônica.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado em novembro de 2012 no setor de culturas anuais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia IFRO *Campus* Ariquemes. De acordo com dados obtidos na estação meteorológica Ariquemes-A940, as coordenadas locais são 9°55'12" de latitude Sul e 62º56'59" de longitude Oeste, à altitude de 128 m.

O clima predominante da região é tropical úmido com estação seca bem definida entre junho e agosto, do tipo 'Aw' pela classificação de Köppen, registrando uma temperatura média em torno de 28 °C, variando de 37,7 °C e 18,6 °C entre maio/2017 à maio de 2018 (INMEP, 2020). A área experimental tem solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (LIMA *et al*., 2017).

3.3 MATERIAL GENÉTICO

O experimento foi composto por 25 tratamentos, sendo 21 progênies e quatro testemunhas. As progênies de café arábica foram previamente selecionadas para tolerância ao calor, por Teixeira *et al*. (2014) e Teixeira *et al*. (2015). O processo de seleção se encontra na geração F_4, conforme tabela 1.

Tabela 1 - Histórico das progênies testadas desde a primeira geração até a geração atual

GERAÇÃO	DURAÇÃO	OBJETIVO	LOCAL DO EXPERIMENTO
F_1	02 anos	Produção de sementes	Epamig, UFV, IAC
F_2	04 anos	Teste de progênies e avanço de geração	Ouro Preto do Oeste-RO
F_3	04 anos	Teste de progênies e avanço de geração	Ouro Preto do Oeste-RO
F_4	06 anos	Ensaios de cultivo e uso - VCU	Alta Floresta do Oeste, Ariquemes, Porto Velho e Rio Branco

Fonte: Elaborada pela autora.

Esses genótipos sob avaliação são oriundos de hibridações realizadas pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e Universidade Federal de Viçosa (UFV), tendo como foco a seleção de genótipos altamente produtivos. A tabela 2 relaciona as progênies com suas respectivas instituições de origem e cita as cultivares utilizadas como testemunhas.

As testemunhas utilizadas foram as cultivares de café arábica, Acauã, Catucaí Amarelo 2SLCAK, Obatã IAC 1669-20 e Tupi, indicadas para cultivo nas regiões sul e sudeste, que apresentam bom desempenho em altitudes acima de 600 metros.

Tabela 2 - Relação das progênies e suas respectivas instituições de origem, e das cultivares utilizadas como testemunhas

	LINHAGEM	ORIGEM		LINHAGEM	ORIGEM
1	UFV 8710	Epamig/UFV	14	P27 - Planta n°2	IAC
2	H419-10-6-2-1-6	Epamig/UFV	15	P27 - Planta n° 4	IAC
3	H419-10-6-2-1-10	Epamig/UFV	16	P29 - Planta n° 5	IAC
4	H419-10-6-2-1-7	Epamig/UFV	17	P29 - Planta n°6	IAC
5	H419-10-6-2-1-8	Epamig/UFV	18	P94 - Planta n° 1	IAC
6	H419-10-6-2-3-21	Epamig/UFV	19	P94 - Planta n° 5	IAC
7	H419-6-2-5-3-17	Epamig/UFV	20	P109 - Planta n° 4	IAC
8	H514-7-10-6-17	Epamig/UFV	21	P109 - Planta n° 6	IAC
9	H514-7-10-6-12	Epamig/UFV	22	Acauã	-
10	H514-7-10-6-29	Epamig/UFV	23	Catucai Amarelo 2SL	-
11	H514-7-10-6-25	Epamig/UFV	24	Obatã IAC1669-20	-
12	H514-7-10-6-9	Epamig/UFV	25	Tupi	-
13	H514-7-10-6-2-3-9	Epamig/UFV			

Fonte: Elaborada pelos autores.

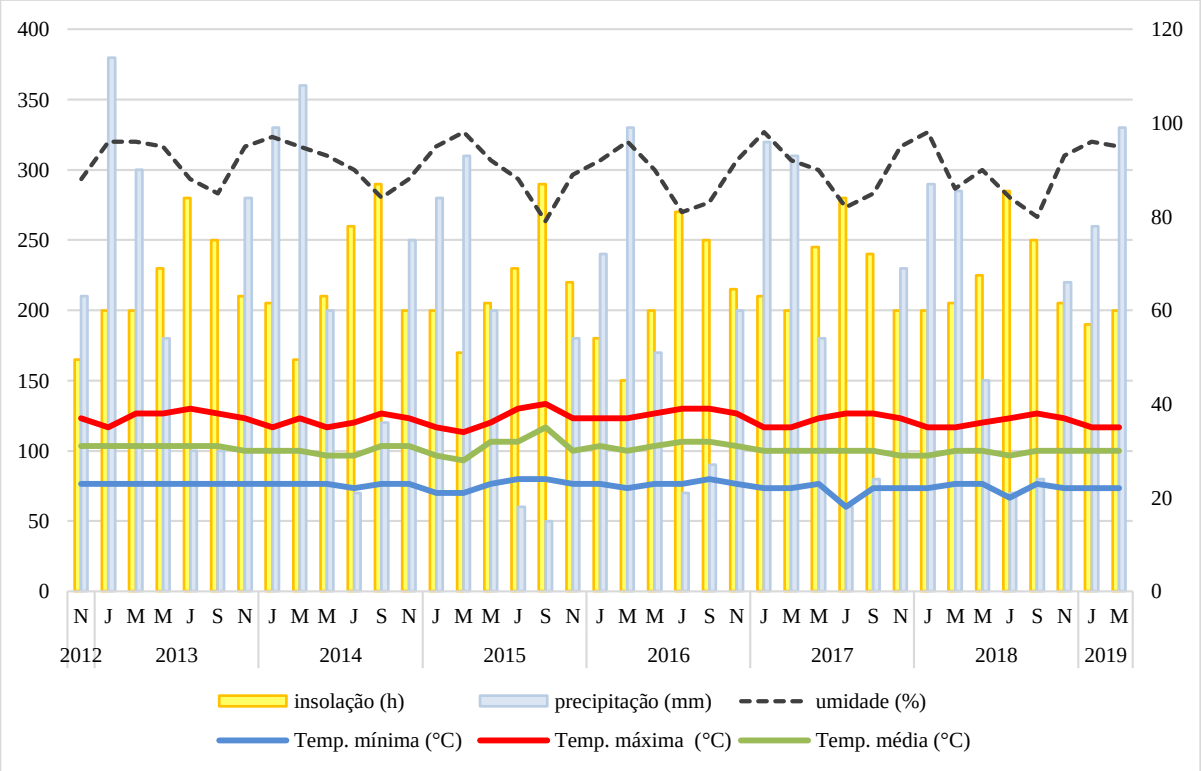
3.3.1 Dados climatológicos

As variáveis climáticas foram registradas, de novembro de 2012 a março de 2019 (Figura 1), por meio de uma estação meteorológica instalada no IFRO, em Ariquemes-RO. As principais variáveis registradas foram:

- Temperatura do ar (ºC) – Mínima, Média e Máxima;
- Umidade Relativa Média (%);
- Precipitação (mm) – Total mensal;

- Insolação (h) - Total mensal.
-

Figura 1 - Dados Climatológicos de Ariquemes-RO de novembro de 2012 a março de 2019



Fonte: INMET (2020).

3.3.2 Avaliações das características agronômicas

Foi utilizado delineamento em blocos casualizados, com três repetições, espaçamento de 3,0 x 1,0 metros e oito plantas por parcelas. Não foi utilizado sistema de irrigação e a adubação, práticas de manejo, controle de plantas daninhas e demais tratos culturais foram conduzidos seguindo as orientações de Chaves (2002).

Foram avaliadas as seguintes variáveis, da quinta safra (2019):

a) Produtividade de grãos (kg/ha): A colheita foi realizada separadamente por parcela e pesada na balança de precisão para a obtenção da produção de grãos em quilos de "café da roça". Para conversão dos dados de quilos de “café da roça” para produtividade de grãos beneficiados, utilizou-se a expressão abaixo, secagem:

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{prod. café roça}}{\text{nº plantas parcela}} \text{x} \frac{10.000}{3{,}0 \text{ x } 1{,}0} \text{ x redimento}$$

b) Rendimento industrial (%): Coletou-se uma amostra de 1 kg de cada parcela para realização da análise de rendimento industrial. Essas amostras foram secas em terreiro para obtenção do peso de café em coco, e posteriormente beneficiadas para obtenção do peso de café beneficiado. De posse dos resultados, utilizou-se a expressão abaixo para obtenção do rendimento industrial da parcela:

$$\text{Rendimento Industrial (\%)} = \frac{\text{Peso amostra beneficiada}}{\text{Peso amostra café da roça}} \text{x } 100$$

3.3.3 Avaliações das características morfológicas

Aos 72 meses de idade (novembro de 2018), anterior a 5ª colheita, avaliou-se os seguintes caracteres morfológicos: a) vigor vegetativo [VIGOR], atribuindo notas arbitrárias de 1 a 10, em que 1 = depauperada e 10 = muito vigorosa; b) altura da planta [ALT], medida do colo da planta até a gema apical do caule, em centímetros; c) Diâmetro do caule [DIAM], medida a 10 cm de distância do solo; d) número de pares de ramos plagiotrópicos [NP(RP)], avaliado por meio da contagem de todos os pares de ramos laterais primários que apresentaram comprimento superior a cinco centímetros; e) comprimento do primeiro ramo plagiotrópico [COMP(1ºRP)], avaliado por meio da medição do primeiro ramo plagiotrópico acima do colo da planta, em centímetros; f) número de nós do primeiro ramo plagiotrópico [NN(1ºPF)], obtido pela contagem de todos os nós do ramo; g) comprimento do quarto par de folhas [COMP(4ºPF)], em centímetros; h) largura do quarto par de folhas [LARG(4ºPF)], em centímetros.

3.3.4 Avaliação das características nutricionais das plantas

Foram coletadas dois pares de folhas centrais de ramos do terço médio da planta de cada parcela. Essas folhas foram armazenadas em saco de papel perfurado e identificados. As amostras foram secas em estufa de esterilização e secagem com circulação de ar, a 60 °C, até atingir massa constante, para posterior análise do estado nutricional da cultura, segundo a metodologia preconizada por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância da produtividade do café beneficiado da safra de 2019 demonstrou diferença entre tratamentos (p<0,01), com coeficiente de variação de 40,52% (Tabela 3). Quanto ao rendimento industrial, o coeficiente de variação foi de 23,33%, e os tratamentos não presentaram diferença entre eles.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para produtividade do café beneficiado (kg/ha) e do rendimento industrial (%) referente à safra de 2019 no campo experimental do IFRO *Campus* Ariquemes. Rondônia, 2020.

FONTES DE VARIAÇÃO	Produtividade (kg/ha)		Rendimento Industrial (%)	
	GL	QM	GL	QM
TRATAMENTOS	24	365102,97**	24	0,0013ns
BLOCOS	2	154860,82	2	0,00002
RESÍDUOS	48	80668,45	48	0,0015
MÉDIA GERAL		700,96		16,37
CV (%)		40,52		23,33

Nota: **Significativo à 1% pelo teste F; ns não significativo.
GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação.
Fonte: Elaborada pela autora.

A média geral da produtividade do café beneficiado foi de 700,96 kg/ha, com rendimento industrial médio de 16,37%. A tabela 4 mostra que as progênies avaliadas apresentaram médias de produtividades divididas em três grupos estatístico, destacando H419-10-6-2-3-21, H514-7-10-6-29 e H514-7-10-6-25.

A progênie H419-10-6-2-3-21 foi o tratamento que se destacou quanto a produtividade e rendimento industrial, com 1.580,33 kg/ha e 21,20%, respectivamente. Essa progênie apresentou resultado compatível com a produtividade do café arábica no país, que em 2019 foi de 1.419,6 kg/ha, ficando dentro da taxa de rendimento industrial que, de acordo com Medina Filho e Bordignon (2003), varia entre 16% e 24%. Teixeira *et al*. (2015), em experimento realizado no estado de Rondônia, obteve para a progênie H419-10-6-2-3-21 uma produtividade de 2.346 kg/ha de café verde.

A progênie P109 - Planta n° 6 apresentou a segunda menor produtividade, 289,90 kg/ha, e o pior rendimento industrial da safra, 12,82%. A P94 - Planta n° 1 teve produtividade de apenas 289,59 kg/ha.

Tabela 4 - Produtividade de café beneficiado (kg/ha) e o rendimento industrial (%) das 25 progênies da safra de 2019 do campo experimental do IFRO *Campus* Ariquemes.

TRATAMENTOS	MÉDIA DOS TRATAMENTOS	
	Produtividade (kg/ha)	Rendimento Industrial (%)
H419-10-6-2-3-21	1.580,33[a]	21,20
H514-7-10-6-29	1.303,69[a]	15,57
H514-7-10-6-25	1.242,36[a]	16,52
H514-7-10-6-9	1.118,80[b]	16,75
P109 - Planta n° 4	1.048,18[b]	17,48
Catucai Amarelo 2SL	917,37[b]	16,66
H514-7-10-6-12	908,12[b]	14,76
H419-10-6-2-1-8	899,02[b]	16,06
Acauã	811,76[b]	18,26
H514-7-10-6-17	775,00[b]	15,58
H419-6-2-5-3-17	618,41[c]	19,33
H419-10-6-2-1-7	586,51[c]	13,92
Obatã IAC1669-20	572,13[c]	18,88
H419-10-6-2-1-6	564,95[c]	17,88
H514-7-10-6-2-3-9	544,17[c]	17,50
Tupi	515,92[c]	12,99
P29 - Planta n°6	510,22[c]	15,98
H419-10-6-2-1-10	500,29[c]	14,57
P29 - Planta n° 5	475,84[c]	17,85
UFV 8710	446,64[c]	17,07
P27 - Planta n° 4	366,77[c]	14,23
P94 - Planta n° 5	347,90[c]	17,73
P27 - Planta n°2	290,02[c]	13,13
P109 - Planta n° 6	289,90[c]	12,82
P94 - Planta n° 1	289,59[c]	16,46
MÉDIA GERAL	700,96	16,37

Nota: *Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.
Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância dos oito caracteres morfológicos de *Coffea arabica* L. dos tratamentos cultivados em Ariquemes, Vale do Jamari-RO, avaliados aos 72 meses (2018).

FV	GL	Quadrado médio							
		Vigor	Altura	Diâmetro	NP (RP)	Comp (1ºRP)	NN (1ºRP)	Comp (4º PF)	Larg (4º PF)
Tratamentos	24	3,81**	1787,04**	25,02**	138,30**	257,39**	1,85**	2,50**	0,50**
Blocos	2	1,01	317,97	2,54	2,76	11,25	1,69	0,58	0,07
Resíduos	48	0,62	388,21	1,38	5,69	14,50	0,46	0,45	0,13
Média Geral		8,29	202,53	19,82	22,89	62,20	5,13	12,91	5,73
CV (%)		9,53	9,73	5,94	10,41	6,12	13,30	5,21	6,43

Nota: ** Significativo a 1% probabilidade pelo teste F, respectivamente.
VIGOR: vigor vegetativo (nota de 1-10); ALT: altura da planta (cm); Diâmetro do caule [DIAM], medida a 10cm de distância do solo; NP(RP): número de pares de ramos plagiotrópicos (unid); COMP(1ºRP): comprimento do primeiro ramo plagiotrópico (cm); NN(1ºPF): número de nós do primeiro ramo plagiotrópico (unid); COMP(4ºPF): comprimento do quarto par de folhas (cm); LARG(4ºPF): largura do quarto par de folhas (cm).
Fonte: Elaborada pela autora.

A avaliação morfológica realizada no cafeeiro aos cinco anos de implantação (72 meses) apresentou, para todos os caracteres, diferenças a 1% pelo teste F e coeficiente de variação baixo. A média do comprimento do 1º ramos plagiotrópico foi o caractere que mais se diferenciou entre os tratamentos.

Tabela 6 - Resultados da avaliação dos oito caracteres morfológicos de *Coffea arabica* L. dos tratamentos cultivados em Ariquemes, Vale do Jamari-RO, realizado aos 72 meses de implantação do experimento (2018).

TRATAMENTOS	CARACTERES MORFOLÓGICOS							
	Vigor	Altura	Diâm.	NP (RP)	Comp (1ºRP)	NN (1ºRP)	Comp (4º PF)	Larg (4º PF)
UFV 8710	8,6^{a}	206,00^{b}	20,22^{a}	24,34^{c}	55,67^{d}	4,78^{b}	13,88^{a}	6,00^{a}
H419-10-6-2-1-6	7,0^{b}	180,34^{b}	20,22^{a}	15,67^{e}	65,78^{c}	4,89^{b}	12,89^{a}	5,44^{b}
H419-10-6-2-1-10	8,6^{a}	197,78^{b}	23,22^{a}	26,23^{b}	52,56^{e}	4,34^{b}	13,67^{a}	5,44^{b}
H419-10-6-2-1-7	7,6^{b}	185,34^{b}	19,01^{b}	21,22^{c}	50,45^{e}	4,00^{b}	13,89^{a}	5,12^{b}
H419-10-6-2-1-8	8,6^{a}	187,00^{b}	18,45^{b}	17,11^{d}	65,11^{c}	4,44^{b}	12,01^{b}	5,27^{b}
H419-10-6-2-3-21	8,6^{a}	192,67^{b}	21,11^{a}	20,56^{c}	59,34^{d}	5,11^{b}	13,33^{a}	5,50^{a}
H419-6-2-5-3-17	7,6^{b}	213,11^{a}	22,22^{a}	22,45^{c}	67,99^{c}	4,34^{b}	12,11^{b}	6,11^{a}
H514-7-10-6-17	9,6^{a}	239,12^{a}	25,00^{a}	31,00^{a}	71,67^{b}	5,33^{b}	13,22^{a}	5,44^{b}
H514-7-10-6-12	10,0^{a}	234,45^{a}	24,89^{a}	27,99^{b}	75,34^{b}	5,89^{a}	13,11^{a}	5,16^{b}
H514-7-10-6-29	10,0^{a}	236,67^{a}	22,45^{a}	29,34^{a}	72,34^{b}	6,33^{a}	13,11^{a}	6,11^{a}
H514-7-10-6-25	10,0^{a}	244,67^{a}	24,67^{a}	33,67^{a}	82,56^{a}	5,78^{a}	13,67^{a}	6,44^{a}
H514-7-10-6-9	9,0^{a}	222,67^{a}	21,34^{a}	31,23^{a}	72,45^{b}	5,77^{a}	13,55^{a}	6,44^{a}
H514-7-10-6-2-3-9	8,6^{a}	194,34^{b}	21,23^{a}	26,67^{b}	59,11^{d}	5,01^{b}	14,55^{a}	5,89^{a}
P27 - Planta n°2	7,3^{b}	165,99^{b}	16,56^{c}	14,23^{e}	57,23^{d}	4,34^{b}	11,86^{b}	5,11^{b}
P27 - Planta n° 4	7,6^{b}	180,56^{b}	14,34^{d}	12,23^{e}	41,78^{f}	4,77^{b}	12,33^{b}	5,89^{a}
P29 - Planta n° 5	7,0^{b}	190,00^{b}	18,12^{b}	24,78^{b}	63,12^{c}	4,89^{b}	11,33^{c}	5,67^{b}
P29 - Planta n°6	7,6^{b}	199,00^{b}	17,78^{b}	16,56^{d}	52,22^{e}	4,89^{b}	13,00^{a}	6,11^{a}
P94 - Planta n° 1	7,0^{b}	169,23^{b}	16,67^{c}	11,34^{e}	47,78^{e}	4,34^{b}	10,55^{c}	5,11^{b}
P94 - Planta n° 5	7,6^{b}	200,89^{b}	16,33^{c}	17,67^{d}	62,34^{c}	5,89^{a}	13,00^{a}	5,77^{a}
P109 - Planta n° 4	9,0^{a}	224,00^{a}	18,89^{b}	32,45^{a}	58,89^{d}	5,33^{b}	12,89^{a}	5,67^{b}
P109 - Planta n° 6	5,6^{b}	165,89^{b}	16,89^{c}	18,77^{d}	61,89^{c}	4,89^{b}	13,00^{a}	6,22^{a}
Catucai Amarelo 2SL	9,6^{a}	228,89^{a}	21,45^{a}	33,78^{a}	62,23^{c}	6,67^{a}	14,33^{a}	6,23^{a}
Acauã	9,0^{a}	234,57^{a}	19,00^{b}	25,89^{b}	69,89^{b}	4,11^{b}	12,67^{b}	5,66^{b}
Tupi	8,0^{b}	188,11^{b}	18,00^{b}	18,45^{d}	65,00^{c}	6,89^{a}	12,33^{b}	5,66^{b}
Obatã IAC1669-20	7,3^{b}	181,99^{b}	17,56^{b}	18,78^{d}	62,56^{c}	5,22^{b}	12,56^{b}	5,78^{a}
MÉDIA	8,29	202,53	19,82	22,89	62,20	5,13	12,91	5,73

Nota: *Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Elaborada pelos autores.
VIGOR: vigor vegetativo (nota de 1-10); ALT: altura da planta (cm); Diâmetro do caule [DIAM], medida a 10cm de distância do solo; NP(RP): número de pares de ramos plagiotrópicos (unid); COMP(1ºRP): comprimento do primeiro ramo plagiotrópico (cm); NN(1ºPF): número de nós do primeiro ramo plagiotrópico (unid); COMP(4ºPF): comprimento do quarto par de folhas (cm); LARG(4ºPF): largura do quarto par de folhas (cm).
Fonte: Elaborada pela autora.

Os tratamentos, de modo geral, apresentaram resultados acima da média do experimento (Tabela 6), com destaque os H514-7-10-6-29, H514-7-10-6-25 e H514-7-10-6-9. Catucai Amarelo 2SL e H514-7-10-6-12, apesar de não se destacarem em todos os caracteres, o comprimento do 1º ramo plagiotrópico, vigor, diâmetro do caule e o número de nós do 1º ramo plagiotrópico teve bom desenvolvimento, e estas são as características morfológicas que, de acordo com Teixeira *et al*. (2013), definem a eficiência para a produtividade em plantas juvenis.

Os tratamentos P27-Planta n°2, P27-Planta n°4 e P94-Planta n°1 apresentaram as características morfológicas abaixo ou na média obtida do experimento.

Tabela 7 - Análise da correlação entre os caracteres morfológicos, avaliado aos 72 meses de implantação da lavoura e a produtividade (kg/ha) da quinta safra do café arábica implantado no campo experimental do IFRO *Campus* Ariquemes (2018/2019).

VARIÁVEIS	CORRELAÇÃO FENOTÍPICA
VIGOR x ALT	0,79
VIGOR x DIAM	0,62
VIGOR x NP(RP)	0,65
VIGOR x PROD	0,57
ALT x DIAM	0,68
ALT x NP(RP)	0,76
ALT x PROD	0,55
DIAM x NP(RP)	0,72
COMP (4º PF) x PROD	0,50

Nota: Refere-se aos 25 tratamentos avaliados no campo experimental do IFRO *Campus* Ariquemes. VIGOR: vigor vegetativo (nota de 1-10); ALT: altura da planta (cm); Diâmetro do caule [DIAM], medida a 10 cm de distância do solo; NP(RP): número de pares de ramos plagiotrópicos (unid); PROD: produtividade de grão beneficiados (kg/ha); COMP(4ºPF): comprimento do quarto par de folhas (cm). Fonte: Elaborada pela autora.

A análise da correlação fenotípicas entre os oito caracteres morfológicos e a produtividade das progênies apresentou resultados significativos entre nove característica (Tabela 7). As variáveis correlacionadas com a produtividade de grãos foram o vigor vegetativo (0,57), a altura da planta (0,55) e o comprimento do quarto par de folhas (0,50). Essas informações podem auxiliar os programas de melhoramento, já que possibilita uma seleção indireta de produtividade, baseando-se na seleção de plantas mais altas e vigorosas.

No trabalho com progênies de *C. arabica* “Catimor” e Catuaí Vermelho IAC-15 desenvolvido por Severino *et al*. (2002) não houve correlação entre a produtividade do cafeeiro e o diâmetro da copa, altura da planta ou curvatura dos ramos plagiotrópicos. De acordo com Martinez *et al*. (2007), cafeeiros mais altos tendem a produzir mais grãos quando o espaçamento entre as plantas seja próximo a 2,5 metros.

Foram avaliados a concentração de macronutrientes e micronutrientes presentes nas folhas dos tratamentos. A análise e a de variância demonstrou que S, Ca e Mg nas folhas foram significativas entre tratamentos ($p<0,05$). Quanto aos micronutrientes, somente o Zn apresentou diferença em relação aos tratamentos (tabela 8). Os coeficientes de variação dos macronutrientes variaram entre 5,79% (P) e 38,64% (Ca), e dos micronutrientes entre 23,40% (Zn) e 36,70% (Cu).

Tabela 8 - Análise de variância do acúmulo de macronutrientes e micronutrientes em folhas de cafeeiros cultivados no campo experimental do IFRO *Campus* Ariquemes. Rondônia, 2018.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO									
		Macronutrientes (g/kg^{-1})						Micronutrientes (mg/kg^{-1})			
		N	P	K	S	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
Tratamentos	24	32,26^{ns}	2,95^{ns}	14,73^{ns}	0,66*	20,73*	1,25*	0,26^{ns}	352,44^{ns}	28,66*	6653,27^{ns}
Blocos	2	306,88	0,25	01,08	0,32	33,55	0,76	0,14	410,09	21,00	2850,97
Resíduos	48	40,27	0,16	11,50	0,33	9,77	0,45	0,29	365,61	14,65	4282,19
Média Geral		38,93	6,97	16,92	5,45	8,09	2,67	1,47	59,38	16,36	223,97
CV (%)		16,30	5,79	20,05	10,65	38,64	25,09	36,70	32,20	23,40	29,22

Nota: *Significativo à 5% pelo teste F; ^{ns} não significativo.
Fonte: Elaborada pela autora.

A média de N encontrado nas folhas dos tratamentos analisados foi de 38,93 g/kg, superior a faixa crítica de 29 a 32 g/kg encontrada por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Em seus trabalhos, Clemente *et al*. (2008) obtiveram, em lavoura cafeeira de um ano de plantio, uma faixa de 19,24 a 23,16 g/kg de N nas folhas, e Gonçalves *et al*. (2009) obtiveram a faixa de 22,6 a 26,2 g/kg na folhas de mudas.

O P apresentou média de 6,97 g/kg, superior a faixa crítica de 1,6-1,9 g/kg determinado por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e dos valores encontrados por Clemente *et al*. (2008) e Gonçalves *et al*. (2009), de 1,14 a 1,21 g/kg e 2,2 a 2,5 g/kg, respectivamente. O S obtido foi de 5,45 g/kg, superior a 1,5- 2,0 g/kg determinado por Malavolta *et al*. (1997).

As médias de K (16,92 g/kg), Ca (8,09) e Mg (2,67 g/kg) obtidos entre os tratamentos foram inferiores a taxa crítica de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) (22-25 g/kg para K; 13-15 g/kg para Ca; 4-4,5 g/kg para Mg), porém a progênie P29 Planta N°5 apresentou 23,52 g/kg de K e a testemunha Acauã apresentou 14,60 g/kg de Ca e 4,30 g/kg de Mg. Ao analisar a tabela 7 é possível notar que alguns tratamentos apresentaram diferença entre a concentração de Ca e Mg.

Tabela 9 - Resultado da análise de macronutrientes (g/kg) e micronutrientes (mg/kg) foliar dos 25 tratamentos de *C. arabica* cultivados em Ariquemes, Vale do Jamari-RO.

TRATAMENTOS	Macronutrientes (g/kg)						Micronutrientes (mg/kg)			
	N	P	K	S	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
UFV 8710	38,40	6,81	18,34	5,67	3,73^{b}	1,77^{b}	1,43	51,00	15,33	156,00
H419.10.6.2.1.6	40,43	70,4	18,53	5,67	8,60^{b}	2,91^{a}	2,00	57,00	17,33	256,00

H419.10.6.2.1.10	35,53	7,00	15,30	5,54	10,41[a]	1,49[b]	1,73	56,00	13,33	178,66
H419.10.6.2.1.7	31,60	7,29	18,13	5,84	8,16[b]	2,97[a]	1,23	69,66	14,00	230,66
H419.10.6.2.1.8	44,90	6,98	17,32	5,46	7,09[b]	2,46[b]	1,53	59,00	14,00	195,66
H419.10.6.2.3.21	41,33	6,98	16,28	5,58	7,21[b]	2,79[a]	1,46	51,00	16,33	217,33
H419.6.2.5.3.17	39,33	6,24	16,85	4,61	9,15[a]	2,86[a]	1,36	57,33	16,33	274,66
H514.7.10.6.17	40,23	7,10	14,02	5,49	6,08[b]	2,49[b]	1,73	48,33	16,00	153,33
H514.7.10.6.12	40,26	7,00	17,31	5,26	10,49[a]	3,07[a]	1,50	55,66	16,66	316,66
H514.7.10.6.29	35,03	7,07	13,68	5,63	6,74[b]	2,27[b]	1,36	47,33	12,33	232,00
H514.7.10.6.25	37,96	6,85	13,77	5,24	11,51[a]	3,09[a]	1,63	67,00	19,00	269,66
H514.7.10.6.9	37,70	6,65	16,23	3,77	9,95[a]	3,39[a]	2,10	76,00	18,66	253,00
H514.7.10.6.2.3.9	41,03	6,79	15,24	5,07	10,42[a]	2,84[a]	1,46	71,00	14,33	218,00
P27 Planta N°2	38,46	6,86	19,14	5,63	6,52[b]	2,23[b]	1,46	46,66	16,00	208,00
P27 Planta N°4	37,80	7,17	17,26	5,50	5,76[b]	1,92[b]	0,90	55,66	16,00	233,33
P29 Planta N°5	37,03	7,26	23,52	5,88	3,80[b]	2,07[b]	1,46	70,33	16,33	227,00
P29 Planta N°6	41,96	6,62	16,01	5,40	7,13[b]	2,71[a]	1,13	52,00	13,33	168,33
P94 Planta N°1	39,16	7,11	16,50	5,76	7,03[b]	2,54[b]	1,13	60,66	18,33	206,33
P94 Planta N°5	35,46	7,16	17,71	5,81	6,21[b]	2,34[b]	1,33	56,66	15,33	186,00
P109 Planta N°4	38,23	7,10	13,27	5,39	8,19[b]	2,47[b]	1,60	53,66	12,66	225,33
P109 Planta N°6	36,20	7,40	17,09	6,25	5,93[b]	1,99[b]	1,10	91,66	18,00	211,33
Catucai Amarelo 25 L	43,20	6,70	17,14	5,22	10,45[a]	3,83[a]	1,90	49,00	20,33	285,33
Acauã	45,96	6,98	20,11	5,71	14,60[a]	4,30[a]	1,73	73,66	27,33	296,66
Tupi	41,50	7,08	18,22	5,39	5,25[b]	2,39[b]	1,40	55,00	14,00	129,66
Obatã IAC 1669.20	35,56	7,17	15,97	5,55	11,76[a]	3,52[a]	1,03	53,33	17,66	270,33
MÉDIA	38,93	6,97	16,92	5,45	8,09	2,67	1,47	59,38	16,36	223,97

Nota: *Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.
Fonte: Elaborada pela autora.

O tratamento que apresentou a menor taxa de Mg foi a testemunha Tupi, com 129,66 mg/kg, superior a faixa crítica determinada por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), que varia entre 80 e 100 mg/kg. Gonçalves *et al*. (2009) obtiveram valores elevados, 127,17 a 178,67 mg/kg, mas nada comparado aos resultados obtidos por Clemente *et al*. (2008), que alcançaram valores entre 225,14 e 253,60 de Mn. Em contrapartida, Gontijo *et al*. (2007), ao analisar as folhas de mudas de cafeeiros, obtiveram taxas bem abaixa (31,24 a 38,29 mg/kg).

A média para teores de Zn foi de 16,36 mg/kg, ficando dentro da faixa crítica de 15 a 20 mg/kg (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). As médias de Cu (1,47 mg/kg) e Fe (59,38 mg/kg), foram inferiores a 11-14 mg/kg e 100-130 mg/kg determinados por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

3.5 CONCLUSÃO

A progênie H419-10-6-2-3-21 foi o tratamento que se destacou quanto a produtividade (1.580,33 kg/ha) e rendimento industrial (21,20%).

H514-7-10-6-29, H514-7-10-6-25, H514-7-10-6-9 e Catucai Amarelo 2SL apresentaram todas as características morfológicas acima da média. A característica morfológica que apresentou correlação com a produtividade foi o vigor vegetativo, altura da planta e comprimento do quarto par de folhas.

A concentração de N, P e S nas folhas de cafeeiro aos 72 meses foram normais, enquanto que K, Ca e Mg abaixo da faixa crítica.

REFERÊNCIAS

BORÉM, F. M.; LUZ, M. P. S.; SÁFADI, T.; VOLPATO, M. M. L.; ALVES, H. M. R.; BORÉM, R. A. T.; MACIEL, D. A. Meteorological variables and sensorial quality of coffee in the mantiqueira region of Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 14, n. 1, p. 38 - 47, jan./mar. 2019.

BRAGANÇA, S. M.; MARTINEZ, H. E. P.; LEITE, H. G.; SANTOS, L. P.; SEDIYAMA, C. S.; ALVAREZ V., V. H.; LANI, J. A. Acumulation off macronutrients for the conilon coffee tree. **Journal of Plant Nutrition**, Londres, v. 31 n. 1, p. 103- 120, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balança Comercial do Agronegócio:** Dezembro de 2019. Brasília, DF: MAPA, 2019. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/vendas-externas-do-agronegocio-somam-us-96-8-bilhoes-em-2019/copy_of_NotaaimprensaDezembro20191.pdf. Acesso em: 31 mar. 2020.

CAMARGO, M. B. P. Impacto da variabilidade e da mudança climática na produção de café arábica no Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 239-247, 2010.

CATANI, R. A.; PELLEGRINO, D.; BITTENCOURT, V. C.; JACINTHO, A. O.; GRANER, C. A. F. A concentração e a quantidade de micronutrientes e de alumínio no cafeeiro aos dez anos de idade. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 46, n. 2, p. 403-431, 1989.

CHAVES, J. C. D. **Manejo do solo:** adubação e calagem, antes e após a implantação da lavoura cafeeira. Londrina: IAPAR, 2002.

CLEMENTE, F. M. V. T.; CARVALHO, J. G.; GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes no cafeeiro em pós-plantio - primeiro ano. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 47-57, jan./jun. 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**: café. Brasília, DF: Conab, 2020. v. 6, n. 1.

DAVIS, A. P.; GOVAERTS, R.; BRIDSON, D. M.; STOFFELEN, P. An annotated taxonomic conspectus of genus *Coffea* (Rubiaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 152, p. 465-512, 2006.

FERREIRA, L. T. **Exportação mundial de café**. Brasília, DF: EMBRAPA Café: 2020.

GONÇALVES, S. M.; GUIMARÃES, R. J.; CARVALHO, J. G.; BOTREL, E. P. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) produzidas em tubetes. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 743-752, 2009.

GONTIJO, R. A. N.; CARVALHO, J. G.; GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; ANDRADE, W. E. B. Faixas críticas de teores foliares de micronutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 135-141, jul./dez. 2007.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Amostragem de solo para análise química**: plantio direto e convencional, culturas perenes, várzeas, pastagens e capineiras. Londrina, 1996. (IAPAR. Circular, 90). Disponível em: http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/CT90.pdf. Acesso em: 10 mar. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMEP: **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa.** Brasília, DF, 2020. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep. Acesso em: 20 fev. 2020.

LIMA, R. B.; SANTOS, T. B.; VIEIRA, L. G. E.; FERRARESE, M.L.L.; FERRARESE FILHO, O.; L. DONATTI; BOEGER, M. R. T.; PETKOWICZ, C. L. O. Heat stress causes alterations in the cell-wall polymers and anatomy of coffee leaves (*Coffea arabica* L.) Elsevier**: Carbohydrate Polymers**, United Kingdom*,* v. 93, p. 135-143, 2013.

LIMA, A. A.; VENTUROSO, L. R.; SILVA, B. A. A.; GOMES, NA F.; SCHMIDT, O. Eficiência da inoculação de Azospirillum brasilense associado com enraizador no crescimento e na produção de alface. **Revista Verde**, Pombal, v. 12, n.2, p. 233-240, abr.-jun. 2017.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. rev. e atual. Piracicaba: POTAFÓS, 1997.

MARTINEZ, H. E. P.; AUGUSTO, H. S.; CRUZ, C. D.; PEDROSA, A. W.; SAMPAIO, N. F. Crescimento vegetativo de cultivares de café (Coffea arabica L.) e sua correlação com a produção em espaçamentos adensados. **Acta Scientiarum Agronomy,** Maringá, v. 29, p. 481-489, 2007.

MEDINA FILHO, H.P.; BORDIGNON, R. Rendimento Intrínseco: um critério adicional para selecionar cafeeiros mais rentáveis. **O Agronômico**, Campinas, v. 55, n. 2, p. 2426, 2003.

SANDALJI, V.; ECCARDI, F. **O café:** ambiente e diversidade. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2003.

SANTOS, H. G. (org.) **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SEVERINO, L. S.; SAKIYAMA, N. S.; PEREIRA, A. A.; MIRANDA, G. V.; ZAMBOLIM, L.; BARROS, U. V. Associações da produtividade com outras características agronômicas de café (Coffea arabica L. “Catimor”). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1467-1471, dez. 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEIXEIRA, A. L.; GONÇALVES, F. M. A.; REZENDE, J. C.; ROCHA, R. B.; PEREIRA, A. A. Análise de componentes principais em caracteres morfológicos de Café Arábica em estádio juvenil. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 205-210, abr./jun. 2013.

TEIXEIRA, A. L.; SOUZA, F. D. F.; FILHO, H. P. M.; BORDIGNON, R.; RAMALHO, A. R.; ROCHA, R. B. Yield, maturation, and beverage quality of arabica coffee progenies under selection in Rondonia state, Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, Nigéria, v. 9, n. 38, p. 2854-2861, 2014.

TEIXEIRA, A. L.; SOUZA, F. D. F.; PEREIRA, A. A.; OLIVEIRA, A. C. B. D.; ROCHA, R. B. Selection of arabica coffee progenies tolerant to heat stress. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, p. 1228-1234, 2015.