

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA PARA RECURSOS AMAZÔNICOS

FERNANDO CARLOS RIBEIRO SOLIMÕES

**Crescimento vegetativo sazonal de *Coffea canephora* associado a dois  
manejos hídricos na Amazônia Sul-Occidental**

ITACOATIARA

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA PARA RECURSOS AMAZÔNICOS

FERNANDO CARLOS RIBEIRO SOLIMÕES

**Crescimento vegetativo sazonal de *Coffea canephora* associado a dois  
manejos hídricos na Amazônia Sul-Occidental**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Medeiros Ferreira

ITACOATIARA

2022

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S686c Solimões, Fernando Carlos Ribeiro  
Crescimento vegetativo sazonal de Coffea canephora associado a dois manejos hídricos na Amazônia Sul-Occidental / Fernando Carlos Ribeiro Solimões . 2022  
35 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Fábio Medeiros Ferreira  
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Conilon. 2. Robusta. 3. Estresse hídrico. 4. Taxa de crescimento. 5. Ramos de café . I. Ferreira, Fábio Medeiros. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



FERNANDO CARLOS RIBEIRO SOLIMÕES

**Crescimento vegetativo sazonal de *Coffea canephora* associado a dois  
manejos hídricos na Amazônia Sul-Occidental**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos, área de concentração Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Recursos Amazônicos.

Aprovado em 31.10.2022.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Fábio Medeiros Ferreira (PPGCTRA-ICET) (Presidente)

Universidade Federal do Amazonas

Dr. Marcelo Curitiba Espindula

EMBRAPA - RONDÔNIA

Prof. Dr. Aristóteles de Jesus Teixeira Filho (ICET-UFAM)

Universidade Federal do Amazonas



Documento assinado eletronicamente por **Dominique Fernandes de Moura do Carmo**, Coordenadora de Curso, em 17/11/2022, às 11:19, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1249373** e o código CRC **49E80730**.

Processo nº 23105.020700/2022-61

SEI nº 1249373

Rua Nossa Senhora do Rosário, 3863, Tiradentes. CEP: 69103-128 – Itacoatiara/AM

Telefone: (92) 99271-8661 e-mail: [secretariappgctra@ufam.edu.br](mailto:secretariappgctra@ufam.edu.br)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus pela oportunidade de cada dia de vida, por cada novo desafio e novas conquistas.

A toda a minha família por sempre me apoiar.

Ao programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos (PPGCTRA) pela possibilidade de realizar o curso de mestrado.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, Rondônia) pela infraestrutura para o desenvolvimento da pesquisa e a Universidade Federal do Amazonas (UFAM) pelo apoio dado no trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM).

Ao meu orientador Prof. Dr. Fábio Medeiros Ferreira, por todo o direcionamento e apoio necessários para a conclusão desta dissertação.

Ao Dr. Marcelo Curitiba Espindula, pelo apoio e suas considerações fundamentais para execução deste trabalho.

*Porque há esperança para a árvore,  
que, se for cortada, ainda se renovará, e não  
cessarão os seus renovos. Se envelhecer na  
terra a sua raiz, e morrer o seu tronco no pó,  
ao cheiro das águas, brotará e dará ramos  
como a planta.*

*Jó 14:7-9*

## RESUMO

O crescimento vegetativo das hastes ortotrópicas e dos ramos plagiotrópicos de cafeeiros da espécie *Coffea canephora* variedades botânicas Conilon e Robusta foi avaliado em plantas irrigadas e não irrigadas, dentro das estações de chuva e estiagem. O experimento foi conduzido no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, Brasil, durante dois períodos, entre outubro de 2019 a outubro de 2021. As taxas de crescimentos (mm dia<sup>-1</sup>) foram medidas a cada quatorze dias e o crescimento sazonal dos ramos foi plotado em gráficos em série. As médias das taxas de crescimentos de cada tipo de ramo foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). O crescimento vegetativo foi sazonal durante os períodos de avaliação e estações do ano e, variou conforme o material genético e uso da irrigação. As taxas de crescimento foram superiores no período chuvoso, independente do manejo hídrico e da variedade botânica. A irrigação de cafeeiros realizada durante as épocas de altas temperaturas e forte déficit hídrico proporcionou maior crescimento em relação a plantas não irrigadas. O crescimento represado no período da estiagem foi compensado pelas altas taxas de crescimento no período das chuvas e, que, cafeeiros Robusta, em condições de disponibilidade hídrica, pela chuva ou irrigação, tendem a crescer mais do que a variedade botânica Conilon, nas condições climáticas da Amazônia Sul-Occidental.

**Palavras-chave:** conilon, robusta, estresse hídrico, taxa de crescimento, ramos de café

## ABSTRACT

The vegetative growth of orthotropic stems and plagiotropic branches of coffee trees of the species *Coffea canephora*, botanical varieties Conilon and Robusta, was evaluated in irrigated and non-irrigated plants, within the rainy and dry seasons. The experiment was conducted in the municipality of Ouro Preto do Oeste, Rondônia, Brazil, during two periods, from October 2019 to October 2021. Growth rates ( $\text{mm day}^{-1}$ ) were measured every fourteen days and seasonal growth of the branches was plotted in series graphs. Mean growth rates for each type of branch were compared using Tukey's test ( $p < 0.05$ ). The vegetative growth was seasonal during the evaluation periods and seasons and varied according to genetic material and irrigation use. Growth rates were higher in the rainy season, regardless of water management and botanical variety. The irrigation of coffee trees carried out during times of high temperatures and strong water deficit provided greater growth in relation to non-irrigated plants. The dammed growth in the dry season was compensated by the high growth rates in the rainy season and that Robusta coffee trees, in conditions of water availability, by rain or irrigation, tend to grow more than the Conilon botanical variety, in the climatic conditions of the South-Western Amazon.

**Key words:** conilon, robusta, water stress, growth rate, coffee branches

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Croqui da área do experimento.....15

**Figura 2.** Valores mensais da temperatura do ar máxima, média e mínima (A); precipitação, umidade relativa do ar e evapotranspiração potencial – ETP – (B) no experimento em Ouro Preto do Oeste – Rondônia, no período de outubro de 2019 a outubro de 2021.....16

**Figura 3.** Balanço hídrico climatológico sequencial – CAD = 100 mm – com o excedente durante a estação chuvosa (manejo irrigado e não irrigado), excedente sob irrigação e o déficit hídrico durante o manejo não irrigado (A), e déficit de pressão de vapor do ar (B) no experimento em Ouro Preto do Oeste – Rondônia, no período de outubro de 2019 a outubro de 2021.....18

**Figura 4.** Comparações de médias das taxas de crescimento ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) das hastes ortotrópicas (Orto), plagiotrópicas medidos entre outubro de 2019 a outubro de 2020 (Plag\_one) e de outubro de 2020 a outubro de 2021 (Plag\_two) em cafeeiros *Coffea canephora*, considerando as estações do ano (A); os manejos hídricos (B) e; as variedades botânicas (C), em Ouro Preto do Oeste, Rondônia. As médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). Os coeficientes de variação para Orto, Plag\_one e Plag\_two, foram 28,71, 17,92 e 27,28%, respectivamente. As análises estatísticas foram realizadas sobre os dados transformados, conforme descrito na metodologia, porém apresentados na forma original, resguardando a compreensão biológico dos valores.....20

**Figura 5.** Comparações de médias das taxas de crescimento ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) de hastes ortotrópicas (Orto), e ramos plagiotrópicas medidos entre outubro de 2019 a outubro de 2020 (Plag\_one) e de outubro de 2020 a outubro de 2021 (Plag\_two), em cafeeiros *Coffea canephora*, considerando os desdobramentos das interações entre os fatores: períodos de avaliação vs estações do ano (A);

períodos vs variedades botânicas (B); estações vs manejos hídricos (C); estações vs variedades (D) e; manejos vs variedades (E), em Ouro Preto do Oeste, Rondônia. As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na comparação de colunas justapostas e médias seguidas pela mesma letra minúscula na comparação de colunas de mesma cor, para um mesmo tipo de ramo, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). Os coeficientes de variação para Orto Plag\_one e Plag\_two, foram 28,71, 17,92 e 27,28%, respectivamente, para os dados transformados conforme as funções adotadas na metodologia.....23

**Figura 6.** Taxa de crescimento absoluto de hastes ortotrópicas (Orto) de *C. canephora* variedades botânicas Conilon e Robusta em função do manejo hídrico (irrigado e não irrigado) e, entre outubro de 2019 e outubro de 2021, no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia. O gráfico foi plotado utilizando a média  $\pm$  erro padrão da média.....26

**Figura 7.** Taxa de crescimento absoluto de ramos plagiotrópicos de *Coffea canephora*, e função do manejo hídrico (irrigado e não irrigado) e suas variedades botânicas Conilon e Robusta, de outubro de 2019 a outubro de 2020 – Plag\_one – (A) e outubro de 2020 a outubro de 2021 – Plag\_two – (B), no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia. O gráfico foi plotado utilizando a média  $\pm$  erro padrão da média.....27

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>29</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>29</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor de *Coffea canephora* ficando atrás apenas do Vietnã (USDA, 2022). Predominam no país as lavouras formadas por genótipos da variedade botânica Conilon, embora o tipo Robusta apresente, comparativamente, maior vigor, superioridade na qualidade dos grãos e resistência a doenças e pragas (Rocha et al., 2021). O uso do germoplasma Robusta, apesar de ser mais exigente em água, tem se mostrado promissor na Amazônia, diante do volume de chuvas bem distribuído na região, o que reduz a ocorrência de déficit hídrico acentuado (Souza et al., 2015; Oliveira et al., 2018).

Previsões futuras de mudanças climáticas globais apontam para aumentos da temperatura, maior prevalência de períodos com seca e aumento da frequência de eventos extremos, com consequências para a produtividade, alteração das áreas adequadas para o cultivo e extinção de diversas espécies selvagens de café, em seu centro de origem (Zargar et al., 2017). Isso implicará em novos desafios da gestão, de forma a garantir a viabilidade da cultura do café (Semedo et al., 2018).

Os componentes meteorológicos, principalmente a temperatura e a pluviosidade, influenciam a produtividade do café, pois interferem em todos os estádios fenológicos, notadamente na floração, frutificação e maturação dos frutos (Bongase, 2017)

O déficit hídrico aliado a altas temperaturas do ar (Partelli et al., 2010) promovem alterações fisiológicas e bioquímicas (DaMatta et al., 2018), pois há decréscimo da capacidade fotossintética e aumento da taxa respiratória (Vara Prasad et al., 2005), redução drástica no crescimento do cafeeiro, e interferência negativa na produção de grãos (Venancio et al., 2020).

No período de estiagem, plantas produtivas de *C. canephora* são capazes de manter potenciais hídricos foliares adequados ao combinar o aprofundamento das raízes com o aumento do controle estomático (Silva et al., 2010; Menezes-Silva et al., 2017). Sob déficits hídricos controlados o crescimento do cafeeiro é limitado, mas ao serem liberadas as tensões hídricas, estimula-se um

crescimento compensatório tardio (Browning & Fisher, 1975). Em plantas sensíveis ao déficit hídrico ocorre controle deficiente da transpiração, com estômatos respondendo de forma limitada à redução da disponibilidade de água e com baixa capacidade de absorvê-la, pois possuem sistemas radiculares mais superficiais (Martins et al., 2019).

Nos últimos anos, a cafeicultura tem se expandido para zonas com restrição hídrica. Por isso, a prática de irrigação em cafezais tem crescido muito na última década. Isso é reforçado pela variabilidade climática observada nas regiões cafeeiras e, ainda, em razão de mudanças nas temperaturas e distribuições pluviométricas, que torna o clima mais seco em regiões que, anteriormente, não apresentavam problemas significativos de suprimento de água (Silva & Reis, 2017). Com isso há um redesenho da distribuição geográfica do cultivo de café no Brasil, incorporando áreas antes não recomendadas para o plantio, transformando-as em novos polos de desenvolvimento da cultura e de regiões (Vicente et al., 2015).

A literatura tem relatado que os cafés conilon-robusta apresentam mais tolerância ao calor e ao aumento da temperatura, quando comparados a espécie *Coffea arabica*, em virtude de sua plasticidade fenotípica (DaMatta et al., 2019; Rodrigues et al., 2016), embora a produção do café robusta dependa da interação da precipitação, temperatura e estágio fenológico (Kath et al., 2020).

Diante do exposto, objetivou-se investigar as oscilações e diferenças do crescimento vegetativo de *C. canephora* das variedades Conilon e Robusta, sob manejo irrigado e não irrigado, em época de chuva e seca, na Amazônia Sul-Occidental.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

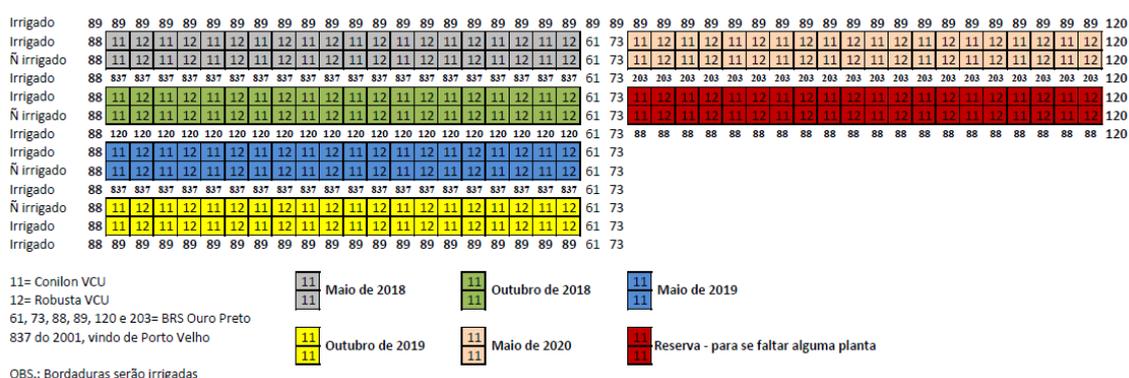
O experimento foi conduzido no campo experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia (10°43'55"S e 62°15'19"W, altitude 245 m), cujas características edafoclimáticas são típicas da Amazônia Sul Occidental. O clima do município é classificado como predominante tropical úmido chuvoso – Am (Köppen) – com temperatura média anual de 26°C e precipitação pluviométrica

média de 2.000 mm ano<sup>-1</sup> (Silva et al., 2015). O solo é um Latossolo Vermelho eutrófico com textura argilosa (Santos et al., 2018).

Foram utilizados dois genótipos clonais, não comerciais, oriundos do Programa de Melhoramento de Café da Embrapa Rondônia, um representante da variedade botânica Conilon e outro da variedade Robusta, escolhidos por representar satisfatoriamente os referidos tipos varietais quanto as características fenotípicas.

As mudas foram transplantadas em janeiro de 2017 com espaçamento de 3,0 x 1,5 m. As plantas foram mantidas com três hastes ortotrópicas e seus ramos plagiotrópicos (que produziram) foram podados logo após a colheita, em todos as safras.

O manejo hídrico não irrigado foi realizado com a suspensão da irrigação, a partir de novembro de 2017, para permitir que as plantas se aclimassem à condição imposta. No manejo irrigado, foi usado um sistema de gotejamento superficial, com uma linha de emissores por fileira, conforme FIGURA 1, foram utilizados gotejadores com vazão de 1,6 L h<sup>-1</sup>, com dois gotejadores equidistantes por planta, mantidos ligados diariamente por duas horas, totalizando 6,4 L dia<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>. A irrigação foi acionada somente no período de estiagem dos períodos avaliados.



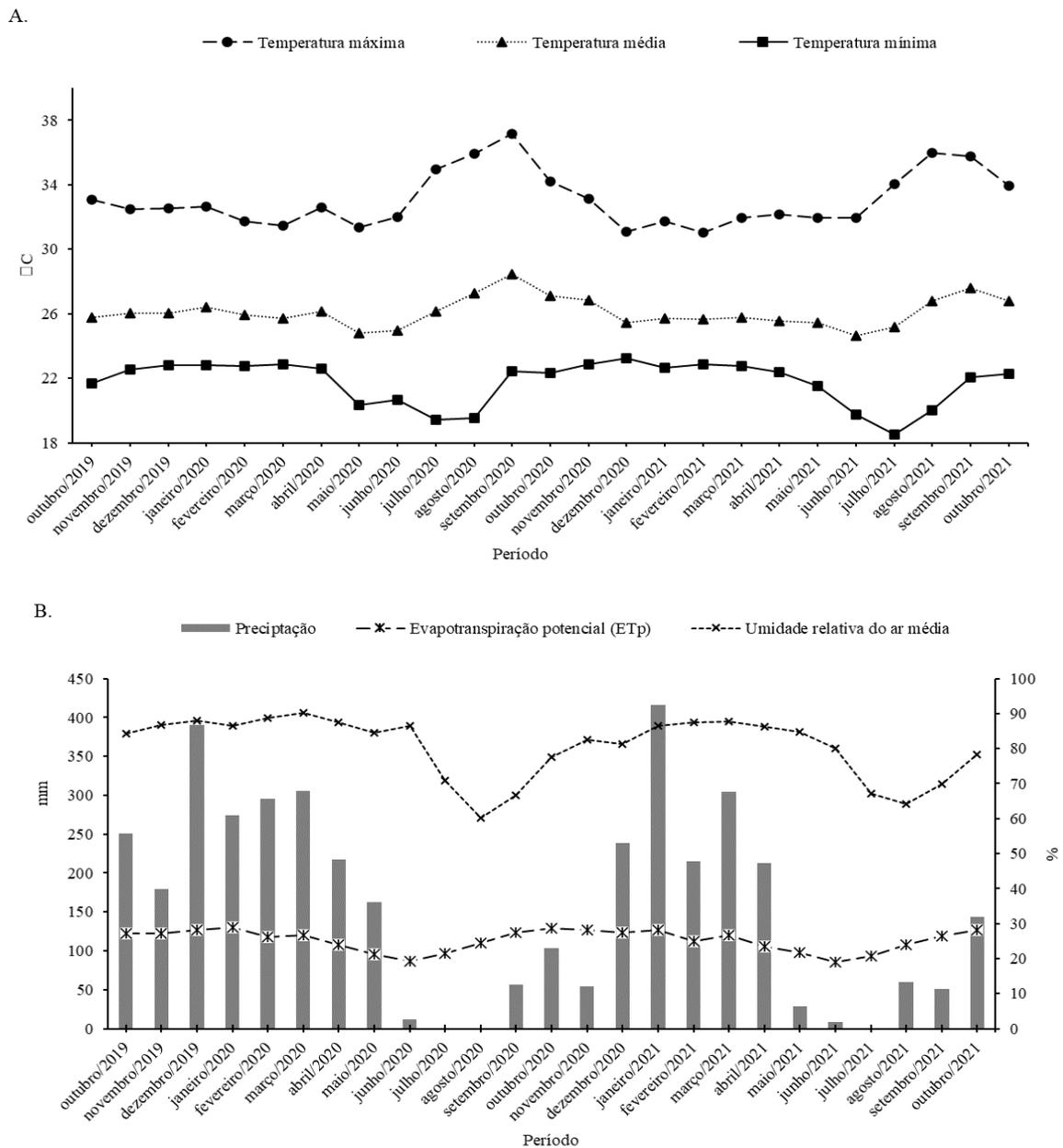
**Figura 1.** Croqui da área do experimento

Para ambos os manejos as adubações e todos os demais tratamentos culturais foram feitos de acordo com as necessidades de cada estágio fenológico do cafeeiro, seguiram as recomendações técnicas para cafezais conilon-robusta (Marcolan & Espindula, 2015).

Os dados de temperatura do ar mínima, média e máxima, precipitação e, umidade relativa do ar (FIGURA 2) foram coletadas no campo experimental por uma estação automática, marca/modelo Ambient Weather WS-2902C. A partir dos dados meteorológicos, calculou-se a evapotranspiração potencial (ETP) de acordo com o método de Camargo (1971) (FIGURA 2B), conforme os critérios de escolha definidos por Pereira et al. (2002), e obtida pela equação (1) a seguir:

$$ETP = 0,01 \times Q_0 \times T \times ND \quad (1)$$

em que:  $Q_0$  é a irradiância solar global extraterrestre, expressa em mm de evaporação equivalente por dia ( $\text{mm dia}^{-1}$ );  $T$  é temperatura média do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ), no período considerado e;  $ND$ , o número de dias do período considerado.



**Figura 2.** Valores mensais da temperatura do ar máxima, média e mínima (A); precipitação, umidade relativa do ar e evapotranspiração potencial – ETP – (B) no experimento em Ouro Preto do Oeste – Rondônia, no período de outubro de 2019 a outubro de 2021

Utilizou-se o balanço hídrico sequencial (FIGURA 3A) baseado na ETP e elaborada pelo roteiro de Camargo (1962). Para estimar a capacidade de água disponível (CAD) foi utilizado 100 mm, adotado para culturas perenes como o cafeeiro (Pereira et al., 2002). O déficit de pressão vapor (DPV) foi calculado por meio da metodologia descrita por Tetens (1930), a partir dos valores de temperatura do ar média, utilizados para determinar a pressão de saturação de vapor d'água no ar, conforme equação (2):

$$e_s = 0,6108 \cdot 10^{\left[\frac{7,5 \cdot T_{ar}}{T_{ar} + 237,3}\right]} \quad (2)$$

em que:  $e_s$  é a pressão de saturação de vapor d'água no ar (kPa) e;  $T_{ar}$  é a temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ).

A partir da umidade relativa e da pressão de saturação de vapor d'água no ar, determinou-se a pressão parcial de vapor d'água no ar (Equação 3):

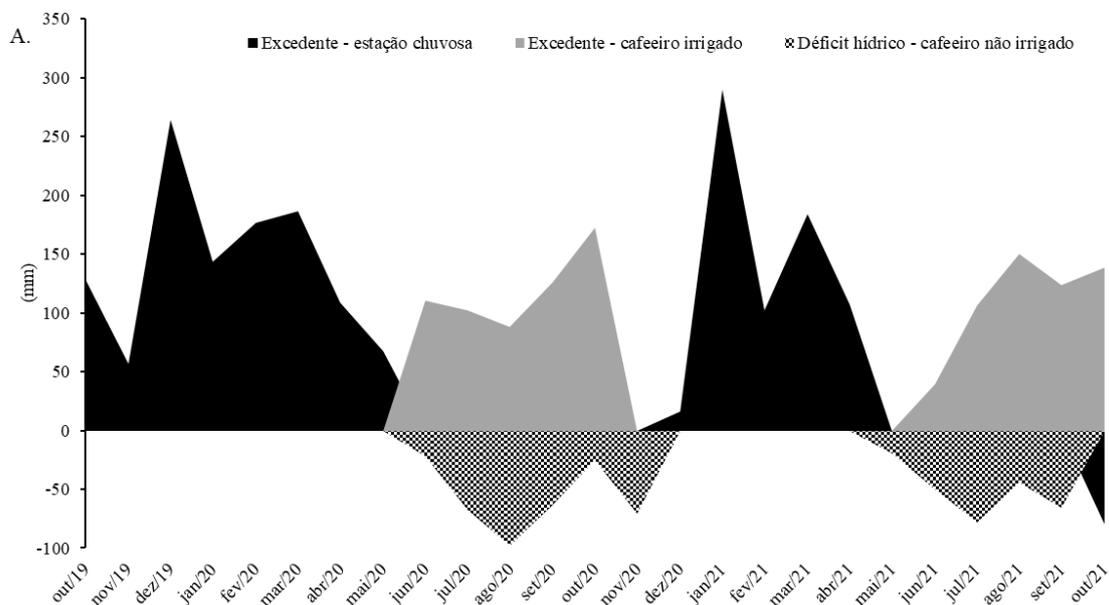
$$e_a = \frac{UR\% \cdot e_s}{100} \quad (3)$$

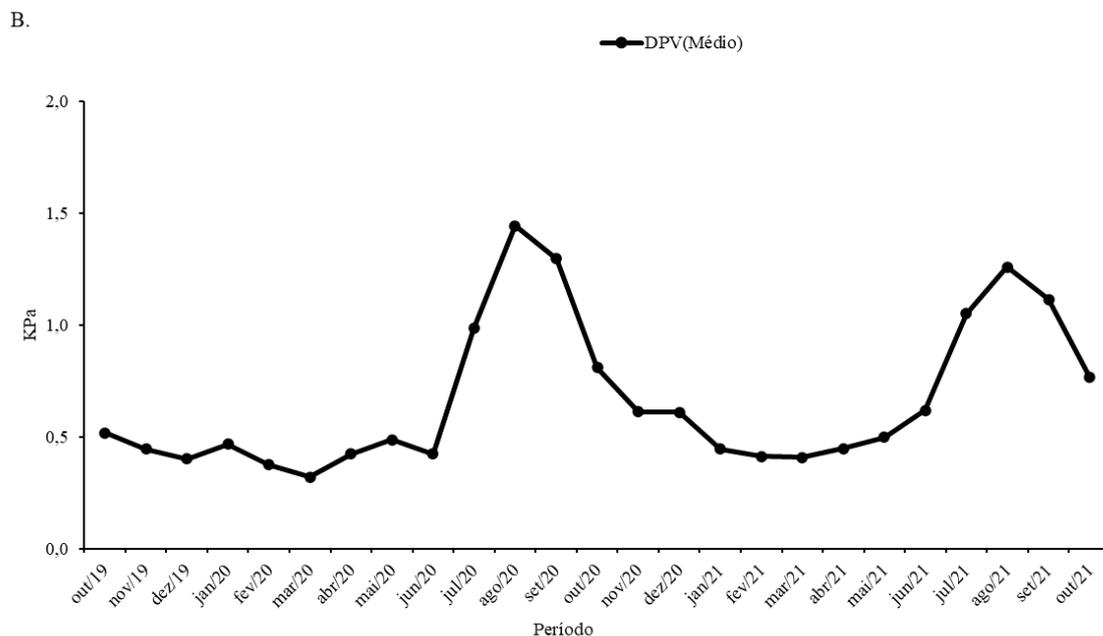
em que:  $e_a$  pressão parcial de vapor d' água (kPa); UR é a umidade relativa do ar (%).

O déficit de saturação de vapor do ar ( $\Delta e$ ) é obtido pela diferença entre a pressão de saturação ( $e_s$ ) e a pressão parcial de vapor d'água no ar ( $e_a$ ) (equação 4).

$$\Delta e = e_s - e_a \quad (4)$$

Em que:  $\Delta e$  é o déficit de pressão de vapor d'água no ar (kPa).





**Figura 3.** Balanço hídrico climatológico sequencial – CAD = 100 mm – com o excedente durante a estação chuvosa (manejo irrigado e não irrigado), excedente sob irrigação e o déficit hídrico durante o manejo não irrigado (A), e déficit de pressão de vapor do ar (B) no experimento em Ouro Preto do Oeste – Rondônia, no período de outubro de 2019 a outubro de 2021

Para analisar as diferenças entre os níveis dos fatores investigados e suas interações, considerou-se um arranjo fatorial 2 x 2 x 2 x 2, composto pelas combinações de dois períodos (2019/2020 e 2020/2021), duas estações (chuvosa e de estiagem), duas variedades botânicas (Conilon e Robusta) e dois manejos hídricos (irrigado e não irrigado). O delineamento foi inteiramente ao acaso com 15 repetições (medições de taxas de crescimento).

As avaliações iniciaram quando as plantas de café se encontravam com dois anos e oito meses, em 9 de outubro de 2019. Uma haste ortotrópica (Orto) e um ramo plagiotrópico (Plag\_one) recém lançado, foram marcados na planta. A haste foi medida em sua porção terminal, a partir da interseção com o ramo plagiotrópico até o seu ápice – meristema apical. O ramo plagiotrópico tratava-se daquele último emitido no ápice da haste ortotrópica. As mensurações foram feitas com uma trena, a cada 14 dias, medindo da base demarcada até o ápice dos ramos. Outro ramo plagiotrópico (Plag\_two) foi marcado e medido da mesma maneira a partir de 21 de outubro de 2020.

Para o primeiro ano de avaliação considerou-se o período chuvoso do começo de outubro de 2019 até o final de junho de 2020 e o período de estiagem

junho a outubro de 2020. Para a segunda época, o período chuvoso foi definido do início de outubro de 2020 até o final de maio de 2021 e, o período de estiagem do começo de junho até 14 de outubro de 2021.

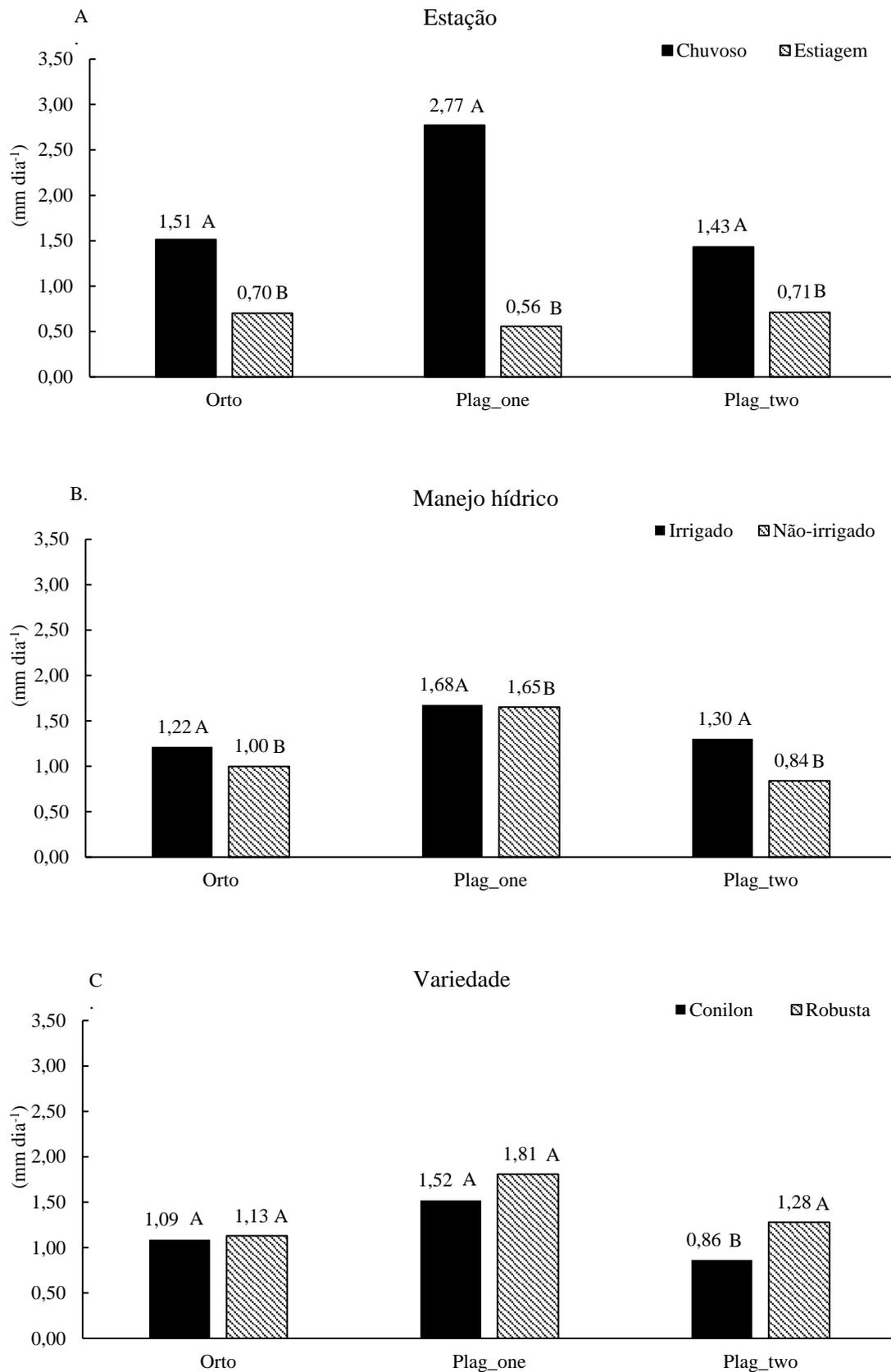
De posse dos comprimentos das hastes ortotrópicas e dos ramos plagiotrópicos foram calculadas as taxas de crescimento diárias ( $\text{mm dia}^{-1}$ ), baseada na diferença entre a última medida feita no ramo e a anterior, dividida pelo intervalo de dias entre elas.

Para atender as pressuposições de normalidade e homogeneidade das variâncias dos erros, os dados das taxas de crescimento das hastes ortotrópicas passou por transformação, com uso da função  $Y_{ijkl}^* = \sqrt{Y_{ijkl}}$ , em que  $Y_{ijkl}^*$  representa o valor da taxa diária transformado, para o ano  $i$ , na estação  $j$ , no sistema hídrico  $k$ , da variedade  $l$ . Para o ramo Plag\_one e Plag\_two foram usadas as funções  $Y_{jkl}^* = \sqrt[3]{Y_{jkl} + 0,03}$  e  $Y_{jkl}^* = \sqrt[3]{Y_{jkl}}$ , respectivamente.

Os dados foram submetidos à análise de variância ( $p < 0,05$ ). Para os fatores individuais e interações significativas, realizou-se a comparação de médias nos desdobramentos, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As análises estatísticas foram feitas com o software Genes versão 1990.2022.23 (CRUZ, 2016).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Independentemente do genótipo e do ano de avaliação, as taxas de crescimentos das hastes ortotrópicas e dos ramos plagiotrópicos na estação chuvosa foram maiores que no período de estiagem (FIGURA 4A). Esses resultados corroboram os relatados para *C. canephora* var. conilon (Partelli et al., 2013) e para *Coffea arabica* (Ferreira et al., 2013) e estão associados às condições ambientais adequadas, especialmente precipitação e temperatura.



**Figura 4.** Comparações de médias das taxas de crescimento ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) de hastas ortotrópicas (Orto), e ramos plagiotrópicos medidos entre outubro de 2019 a outubro de 2020 (Plag\_one) e

de outubro de 2020 a outubro de 2021 (Plag\_two) em cafeeiros *Coffea canephora*, considerando as estações do ano (A); os manejos hídricos (B) e; as variedades botânicas (C), em Ouro Preto do Oeste, Rondônia. As médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). Os coeficientes de variação para Orto, Plag\_one e Plag\_two, foram 28,71, 17,92 e 27,28%, respectivamente. As análises estatísticas foram realizadas sobre os dados transformados, conforme descrito na metodologia, porém apresentados na forma original, resguardando a compreensão biológico dos valores.

O estresse causado pelo déficit hídrico durante a estiagem reduz a pressão de turgor e, conseqüentemente, o fluxo de seiva pelos vasos condutores (Taiz & Zeiger, 2017). Tendendo a diminuir o alongamento celular e, assim, reduzir a taxa de crescimento das hastes ortotrópicas e ramos plagiotrópicos do cafeeiro. Além disso, as menores temperaturas observadas na estação chuvosa, em comparação ao período de estiagem (FIGURA 2), podem ser determinantes para esse maior crescimento, já que o excesso de temperatura pode resultar em menor crescimento durante o período de estiagem da região (Dubberstein et al., 2017).

Sob irrigação, as plantas exibiram crescimento médio superior em relação ao manejo não irrigado (FIGURA 4B). Na estação chuvosa optou-se por não realizar irrigação, em razão do volume pluviométrico costumeiramente ser elevado nesta época (FIGURA 2B), diferentemente do manejo realizado no sul da Bahia, em *C. canephora* (COVRE et al., 2016) e no cerrado goiano, em *C. arabica* (Ferreira et al., 2013), cujas plantas submetidas ao tratamento irrigado receberam água durante o ano todo. Em locais cuja deficiência hídrica anual supera 200 mm, recomenda-se a aplicação de irrigação para o cultivo do cafeeiro, pois, do contrário, a atividade pode ser inapta para região (Silva et al., 2015).

À medida que a disponibilidade de água no solo diminui, a taxa de transpiração decresce, como resultado do fechamento dos estômatos. Esse é um dos importantes mecanismos de defesa que as plantas apresentam contra as perdas exageradas de água e eventual morte por déficit hídrico (Larcher, 2004; Martins et al., 2019), com isso a irrigação proporcionou aos cafeeiros recurso hídrico para que houvesse incremento no crescimento da haste Orto e ramos Plag\_one e Plag\_two.

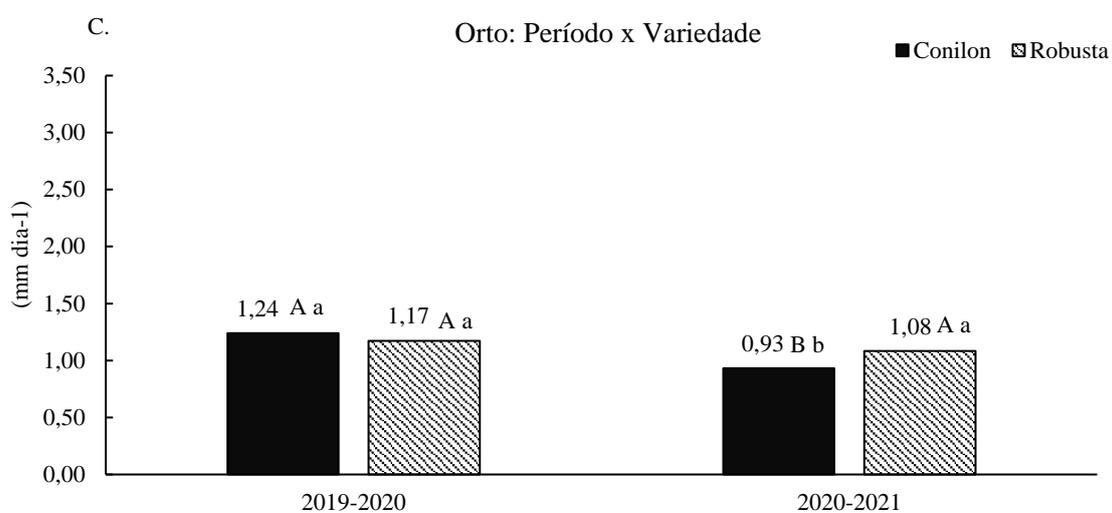
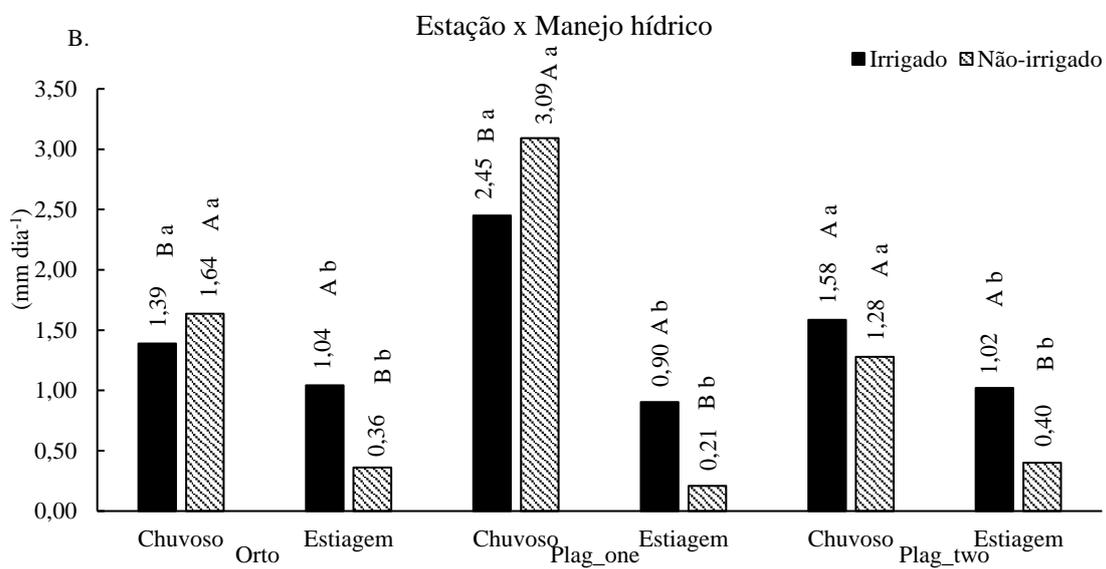
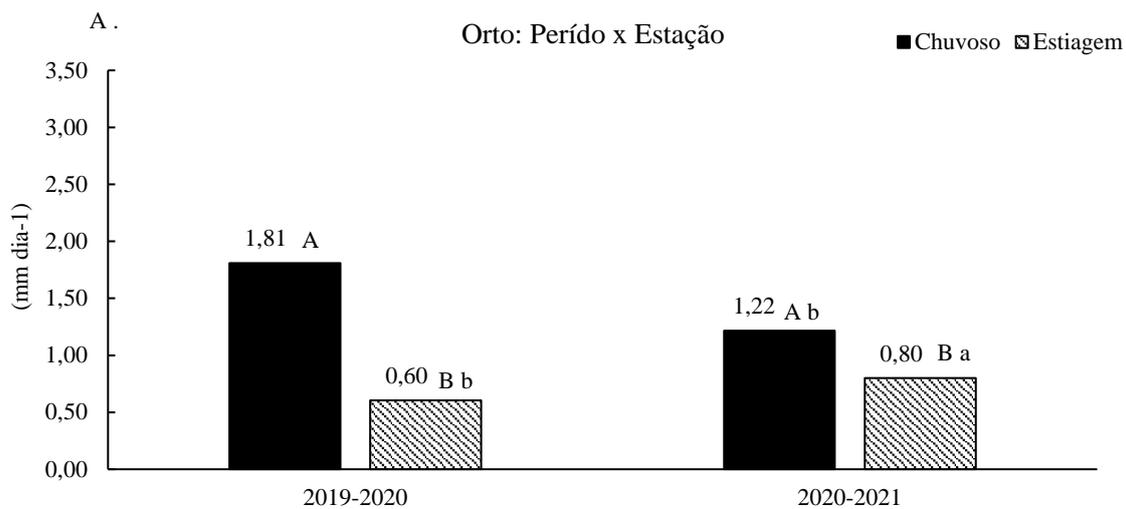
A variedade botânica Robusta exibiu maior taxa de crescimento médio diário em comparação à variedade Conilon apenas nos ramos plagiotrópicos medidos no segundo período do estudo (Plag\_two) (FIGURA 4C).

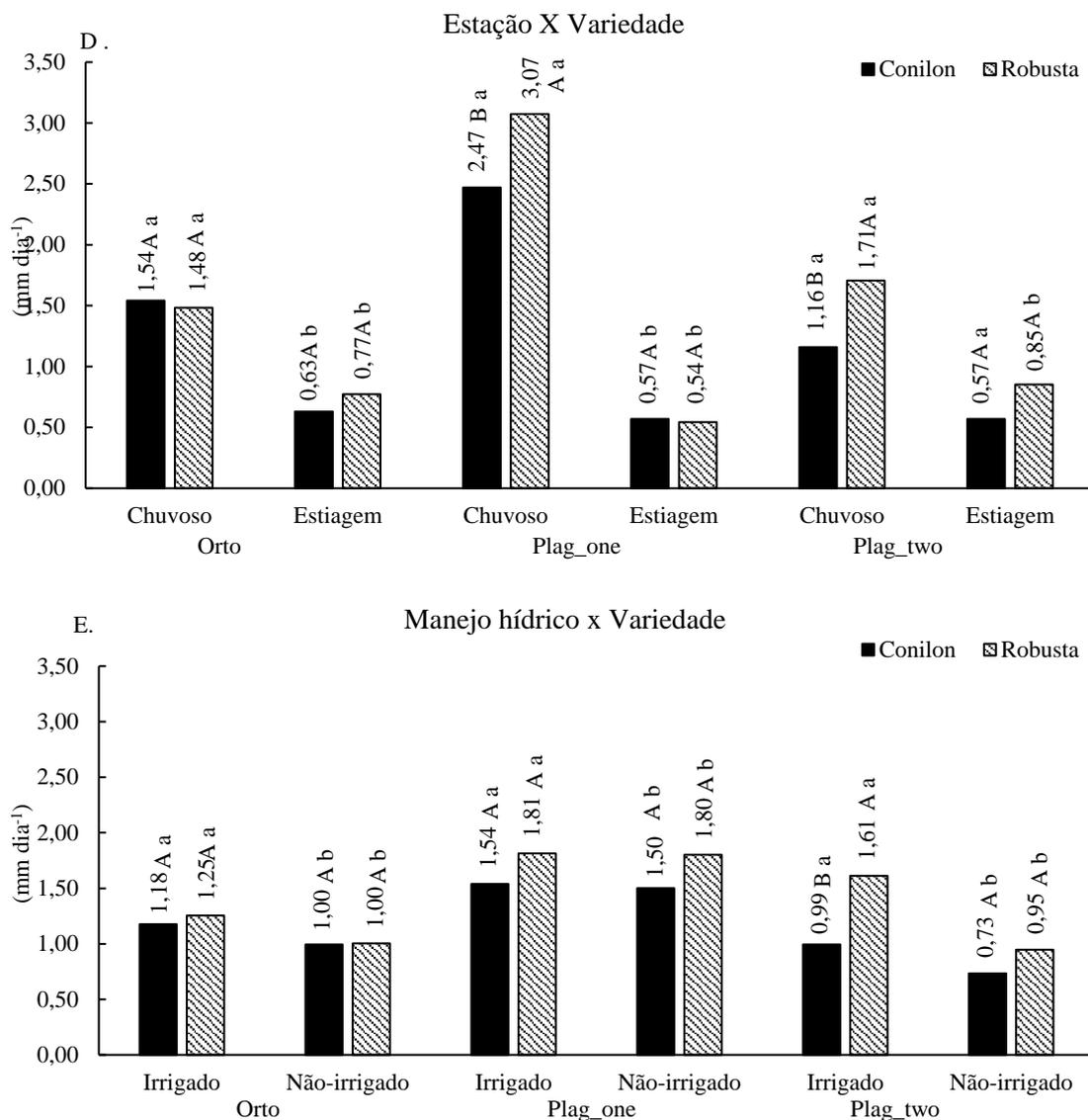
Como as duas variedades possuem centro de origem distintas, dentro do continente africano, elas possuem estratégias adaptativas diferentes (Souza et al., 2015). A variedade botânica Robusta tem seu centro de origem em regiões de floresta tropical úmida, do continente africano, e o Conilon tem seu centro de origem em regiões de baixas altitudes e altas temperaturas do continente africano (Dalazen et al., 2019). Cafeeiros do tipo Robusta comumente são mais altos e vigorosos, com folhas maiores que os genótipos Conilon (Rocha et al., 2021; Silva et al., 2022).

Durante a estiagem, as hastes Orto cresceram mais no segundo momento da avaliação – 2021-2020 – do que no primeiro momento – 2019-2020 – (FIGURA 5A). O déficit hídrico calculado para a estiagem no primeiro período – de 346 mm – foi maior do que no segundo período – de 257 mm – (FIGURA 3A). Também no primeiro ano de avaliação, o mês mais quente – setembro – atingiu a maior média da temperatura máxima, com 37,1 °C em 2020, superando em 1,41 °C o mesmo mês em 2021 (FIGURA 2A), de modo a se considerar que a estiagem no segundo período de avaliação foi menos severa aos cafeeiros.

Em *C. arabica* as altas temperaturas foliares, temperatura do ar e radiação, provocam redução na taxa fotossintética, condutância estomática e transpiração independentemente do genótipo avaliado. Quando esses fatores ocorrem simultaneamente junto a restrição hídrica, a inibição fotossintética é completa (Almeida et al., 2020).

Na estação chuvosa de 2019-2020 as hastes ortotrópicas (Orto) dos cafeeiros cresceram mais do que no segundo período chuvoso 2020-2021 (FIGURA 5A). Sugere-se que parte do desenvolvimento normal do cafeeiro, corresponde ao envelhecimento e perda de vigor ao passar de um período para o outro. Ademais no primeiro período de avaliação a precipitação atingiu a marca de 2075 mm, enquanto no segundo momento foi de apenas 1387 mm (FIGURA 2B).





**Figura 5.** Comparações de médias das taxas de crescimento (mm dia<sup>-1</sup>) de hastes ortotrópicas (Orto), e ramos plagiotrópicos medidos entre outubro de 2019 a outubro de 2020 (Plag\_one) e de outubro de 2020 a outubro de 2021 (Plag\_two), em cafeeiros *Coffea canephora*, considerando os desdobramentos das interações entre os fatores: períodos de avaliação vs estações do ano (A); períodos vs variedades botânicas (B); estações vs manejos hídricos (C); estações vs variedades (D) e; manejos vs variedades (E), em Ouro Preto do Oeste, Rondônia. As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na comparação de colunas justapostas e médias seguidas pela mesma letra minúscula na comparação de colunas de mesma cor, para um mesmo tipo de ramo, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). Os coeficientes de variação para Orto Plag\_one e Plag\_two, foram 28,71, 17,92 e 27,28%, respectivamente, para os dados transformados conforme as funções adotadas na metodologia

Com destaque as comparações dentro da estação de seca (FIGURA 5B), durante a época das águas, observou-se que os cafeeiros submetidos ao manejo

não irrigado apresentaram crescimento similar ou superior dos ramos Orto e Plag\_one em relação àqueles cafeeiros “irrigados”, que receberam água de fato na estação de seca, anterior ao período das chuvas.

O fenômeno de crescimento equiparado ou superior de plantas não irrigadas pode ser explicado por um efeito compensatório do crescimento represado no período da estiagem que foi compensado pela disponibilidade hídrica, e não a temperatura do ar no período das chuvas (DaMatta et al., 2007). Cafeeiros submetidos a ciclos anuais contínuos de estresse hídrico controlado, apresentaram maior altura, número de ramos produtivos e número de nós dos ramos, quando comparadas às plantas irrigadas durante todo o ano (Guerra et al., 2005).

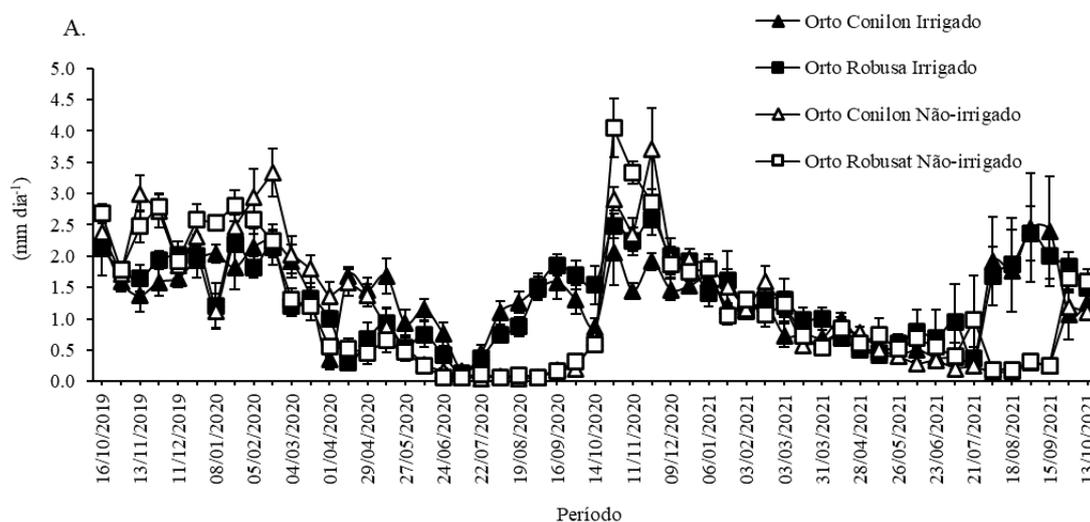
Lavouras de café bem conduzidas não só resistem satisfatoriamente a longos períodos de estiagem, como também se recuperam muito rapidamente, após o fim de um período seco (Ferreira et al., 2013; Covre et al., 2015; Martins et al., 2019). Cafeeiros conilon não irrigados apresentaram maior área superficial, comprimento e volume de raízes por volume de solo na camada superior e subsuperficiais, em comparação às plantas irrigadas (Covre et al., 2015). Portanto, sugere-se que as plantas que sofreram o estresse hídrico, provavelmente, tiveram aumento de raízes e, durante a estação chuvosa, essa compensação radicular promoveu melhor absorção e aproveitamento de água e nutrientes, de maneira a interferir diretamente no crescimento desses cafeeiros no período chuvoso.

No primeiro período, de maior precipitação anual (FIGURA 2B), as plantas conilon tiveram maior crescimento médio de ramos Orto, em relação ao segundo período (FIGURA 5C), enquanto robusta não houve diferença estatística de crescimento entre os anos avaliados. Entretanto, a variedade Robusta exibiu estatisticamente média superior de crescimento ao cafeeiro conilon no segundo período (FIGURA 5C).

Os cafeeiros robusta exibiram crescimento superior em relação as plantas conilon nos ramos plagiotrópicos em época de chuva. As variedades botânicas não diferiram o crescimento nos períodos de estiagem, para todos os tipos de ramos (FIGURA 5D).

Em manejo irrigado, também plantas robustas exibiram crescimento superior em relação aos clones conilon, para o ramo Plag\_two (FIGURA 5E). A condição não irrigada não diferenciou o crescimento entre conilon e robusta (FIGURA 5E). Assim, os ramos de cafeeiros robusta, condicionados a disponibilidade hídrica, se desenvolveram mais do que os das plantas conilon, sobre as mesmas condições.

As maiores taxas de crescimento das hastes Orto foram registradas ente o mês de outubro até março em ambos os anos. Durante a estiagem, cresceram mais no segundo momento da avaliação – de maio a setembro 2021 – do que no primeiro momento – de junho a outubro de 2020 (FIGURA 6).



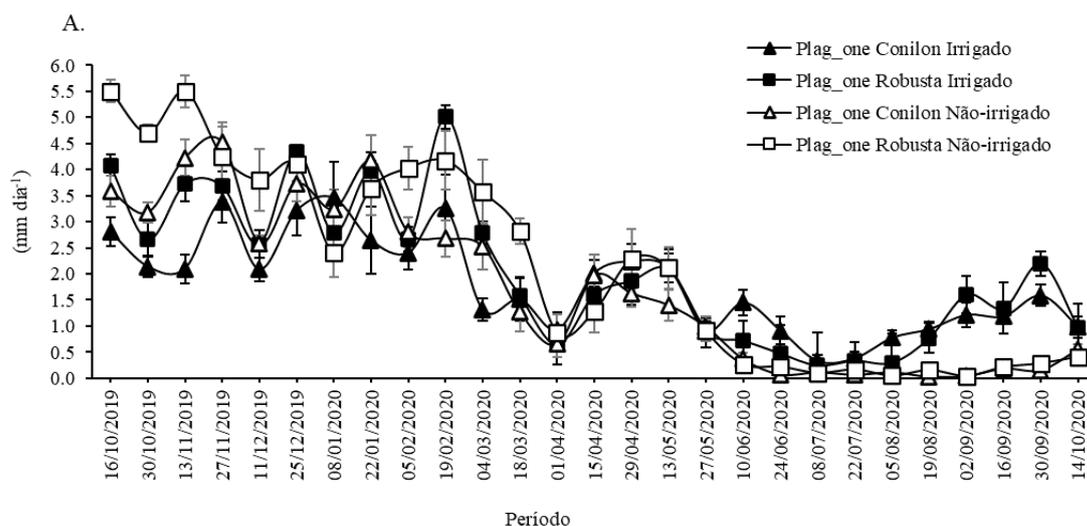
**Figura 6.** Taxa de crescimento absoluto de hastes ortotrópicas (Orto) de *C. canephora* variedades botânicas Conilon e Robusta em função do manejo hídrico (irrigado e não irrigado) e, entre outubro de 2019 e outubro de 2021, no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia. O gráfico foi plotado utilizando a média  $\pm$  erro padrão da média.

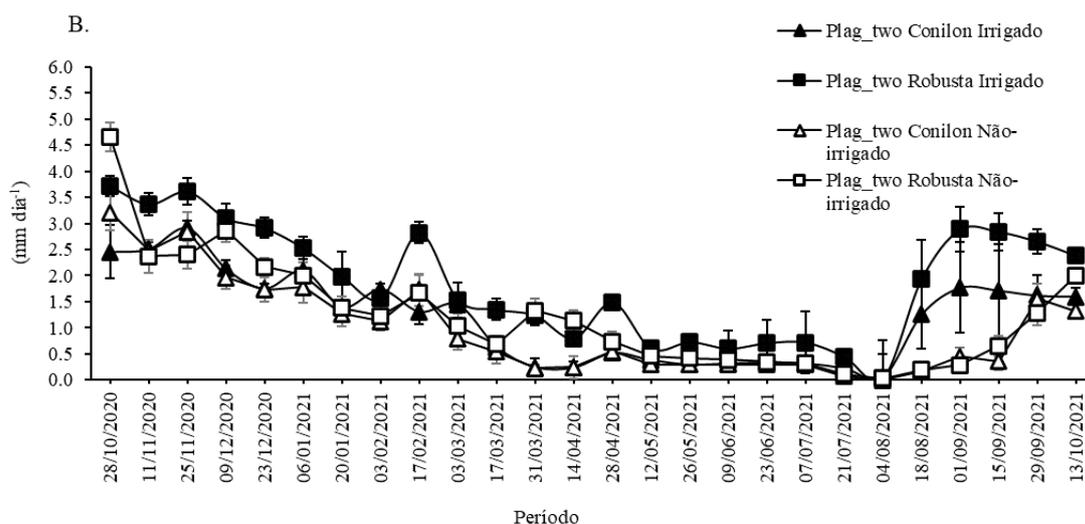
O aumento da temperatura (FIGURA 2A) resultou em maior evapotranspiração (FIGURA 2B) e maior déficit de pressão de vapor na atmosfera (FIGURA 3B). Na estação da estiagem houve aumento na demanda evaporativa da atmosfera, associado à redução da precipitação, proporcionando uma drástica redução no armazenamento de água no solo em relação a estação chuvosa (FIGURA 3A), chegando a ser nulo nos meses de julho e agosto de 2020 e menores de 10mm em junho e julho de 2021.

Em condições de campo, o aumento da temperatura pode aumentar o déficit de pressão de vapor do ar (FIGURA 3B) e resultar em diminuição da condutância estomática e do dossel de plantas *Coffea* spp., devido à alta sensibilidade dos estômatos (Thioune et al., 2017).

Em ambos os períodos avaliados tanto para haste Orto (FIGURA 6) enquanto para os ramos Plag\_one e Plag\_two (FIGURA 7 A e B), nos dois manejos hídricos, há uma queda gradativa a partir do mês janeiro, esses resultados se justificam, pois as plantas do cafeeiro encontram-se na fase de frutificação (MARCOLAN et al., 2009). Nesta fase há uma grande demanda de nutrientes para formação dos frutos, assim estes podem importar assimilados das partes vegetativas, restringindo o crescimento da planta (PARTELLI et al., 2014)

No estado de Goiás, também caracterizado por estações bem definidas de chuva (início em setembro/outubro) e seca (início em abril/maio), os ramos de cafeeiros *C. arabica* não irrigados apresentaram redução acentuada no crescimento durante a seca, quando comparados a outras plantas irrigadas ou que sofreram apenas déficit hídrico de 30 dias. Entretanto, com o retorno do período chuvoso, as plantas apresentaram rápido ganho na taxa de crescimento (Ferreira et al., 2013), à semelhança do que ocorreu no presente estudo, tanto nas hastes Orto (FIGURA 6) quanto nos ramos Plag\_one (FIGURA 7A), quando a precipitação atingiu em outubro e novembro de 2019, patamares de 250 e 180 mm (FIGURA 2B).





**Figura 7.** Taxa de crescimento absoluto de ramos plagiotrópicos de *Coffea canephora*, e função do manejo hídrico (irrigado e não irrigado) e suas variedades botânicas Conilon e Robusta, de outubro de 2019 a outubro de 2020 – Plag\_one – (A) e outubro de 2020 a outubro de 2021 – Plag\_two – (B), no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia. O gráfico foi plotado utilizando a média  $\pm$  erro padrão da média.

No presente trabalho, as maiores temperaturas do ar média, máximas mensais e a redução da umidade relativa foram durante os meses de agosto e setembro em ambos os anos, com temperaturas máximas mensais acima de 35,76°C (FIGURA 2A), com a umidade relativa do ar variando de 60,1 a 69,81%, nos dois anos de avaliação (FIGURA 2B). Em tal período as plantas de cafeeiros nas hastes Orto (FIGURA 6) e ramos Plag\_one e Plag\_two (FIGURAS 7A e B), sobre manejo não irrigado teve seu crescimento quase nulo, com maior destaque para a estação da seca em 2020, com maior déficit hídrico (FIGURA 2A).

Com o início das irrigações em junho de 2020 e 2021, observou-se que o crescimento vegetativo dos ramos dos cafeeiros não respondeu imediatamente. A resposta de alongamento das hastes e ramos foi observada após 45 dias, inclusive nos meses mais quente e seco, setembro e outubro (FIGURAS 6 e 7).

De maneira geral, as taxas de crescimento dos cafeeiros robusta e conilon avaliados em Ouro Preto d'Oeste, Rondônia, Brasil, apresentaram valores e amplitudes maiores (FIGURA 6 e FIGURA 7) do que aquelas encontradas em outros estudos de diferentes regiões do Brasil (Amaral et al., 2007; Covre et al., 2013; Ferreira et al., 2013; Partelli et al., 2010). Porém foram similares em

magnitude àquelas taxas de crescimento obtidas no Espírito Santo, Brasil, com diferentes genótipos conilon (Partelli et al., 2013).

As taxas de crescimento da haste Orto e dos ramos Plag\_one e Plag\_two apresentaram um padrão no período avaliado, cujas maiores taxas de crescimento foram observadas na estação chuvosa, entre o início de outubro e o final de março (FIGURAS 6 e 7). Os menores valores de crescimento foram registrados entre início de junho e início de agosto, com menores volumes de precipitação (FIGURA 2B) e, conseqüentemente, maior déficit hídrico (FIGURA 3A), aumento da temperatura do ar (FIGURA 2A) e do déficit de pressão de vapor (FIGURA 3B), e queda da umidade relativa (FIGURA 2B), podendo estar associados aos efeitos conjuntos desses elementos climáticos.

O presente trabalho auxiliará no manejo da irrigação e na melhor condução dos programas de nutrição do cafeeiro para o germoplasma utilizado na região sudoeste da Amazônia. Estudos futuros devem agregar informações sobre o quanto a deficiência hídrica interfere na produtividade do plantio de *C. canephora* na região e os custos e benefícios da implantação da irrigação complementar nos períodos mais críticos.

#### **4. CONCLUSÃO**

Sob as condições da Amazônia Sul Ocidental brasileira os cafeeiros *Coffea canephora* apresentam padrão de crescimento sazonal ao longo do ano, maiores taxas de crescimento na estação chuvosa e menores no período de estiagem.

A sazonalidade de crescimento dos cafeeiros *C. canephora* é atenuada pelo uso de irrigação suplementar durante o período de estiagem típico da Amazônia Sul Ocidental.

A sazonalidade de crescimento dos cafeeiros *C. canephora* é acentuada em lavouras não irrigadas devido a existência de crescimento compensatório, no qual plantas estressadas durante a o período de estiagem apresentam picos de crescimento no início da estação chuvosa.

Plantas da variedade botânica Robusta em condições de disponibilidade hídrica, pela chuva ou irrigação tendem a ter maior crescimento vegetativo em relação a variedade Conilon.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao considerar a resposta do cafeeiro *C. canephora* em relação a disponibilidade e escassez hídrica é possível afirmar que em períodos mais quentes e secos, o produtor na região sul ocidental da Amazônia pode optar em fazer uso da irrigação em sua lavoura, pois a planta é capaz de responder ao crescimento vegetativo nas hastes e ramos e, conseqüentemente, traduzir este crescimento em maior produção. Contudo, diante do efeito compensatório plantas não irrigadas, após a estiagem, demonstraram uma boa recuperação do seu crescimento ao retornar a época das chuvas. Em geral, as plantas robusta crescem mais que do que as plantas conilon em condições de maior disponibilidade hídrica

Estudos futuros devem acrescentar informações sobre o quanto a deficiência hídrica interfere na produtividade do plantio de *C. canephora* e os custos e benefícios com a implementação da irrigação complementar nos períodos mais críticos, a fim de auxiliar no crescimento como também nas demais fases fenológicas.

## 6. REFERÊNCIAS

- Almeida, V. G., Sousa, C. M., dos Santos, S. G. F., Sarti, J. K., da Silva, D. P., & Pereira, W. Trocas gasosas de cafeeiros (*Coffea arabica*) em altas temperaturas no Cerrado goiano. **Research, Society and Development**, 9(11), 2020. <http://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9973>.
- Amaral, J. A. T; et al. Crescimento vegetativo e produtividade de cafeeiros conilon propagados por estacas em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.6, p.1624- 1629, nov/dez 2007. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000600004>
- Bongase, E. D. Impacts of climate change on global coffee production industry: Review. **African Journal of Agricultural Research**, 12(19):1607-1611, 2017.
- Browning, G.; Fisher, N.M. Shoot growth in *Coffea arabica* L., II Growth flushing stimulated by irrigation, **Journal of Horticultural Science**, (1975). 50:3, 207-218, <https://doi.org/10.1080/00221589.1975.11514625>

Camargo, A.P. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. Boletim Técnico n.116, 1971, IAC. 24p.

Covre, A. M., F. L. Partelli, A. L., Mauri, M., A. Dias. Initial growth and development of Conilon coffee genotypes **Rev. Agroambiente**. 7: 193-202, 2013. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v7i2.944>

Covre, A. M.; partelli, F.L.; bonomo, R.; Braum, H.; Ronchi, P.A. Vegetative growth of Conilon coffee plants under two water conditions in the Atlantic region of Bahia State, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**. V. 38, n. 4, p. 535-545, Oct-Dec. Maringá, 2016. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i4.30627>

Covre, A.M.; Partelli, F.L.; Gontijo, I.; Zucoloto, M. Distribuição do manejo radicular de cafeeiro conilon irrigado e não irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 50, 1006-1016. 2015. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015001100003>

Cruz, C. D. Genes Software-extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 38, 547-552, 2016.

Dalazen, J.R.; Rocha, R.B.; Espindula, M.C.; Dias, J.R.M.; Dalazen, J.R. Base genética da cafeicultura e caracterização dos principais clones cultivados no estado de Rondônia. In: Partelli, F.L. e Espindula, M. C. Café conilon: conhecimento para superar desafios. – Alegre, ES: CAUFES, 2019. Cap.11, p.165-178.

DaMatta, F.M.; Avila, R.T.; Cardoso, A.A.; Martins, S.C.V.; Ramalho, J.C. Physiological and Agronomic Performance of the Coffee Crop in the Context of Climate Change and Global Warming: A Review. **J Agric Food Chem**. 2018 30;66(21):5264-5274. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04537>

DaMatta, F.M., Rahn, E., Läderach, P., Ghini, R., Ramalho, J.C. Why could the coffee crop endure climate change and global warming to a greater extent than previously estimated? **Climate Change**, 152:167-178, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2346-4>

DaMatta, F. M.; Ronchi, C.P.; Maestri, M.; Barros, R.S. Ecophysiology of coffee growth and production. *Bra. J. Plant Physiol.*, v.19, n.4, p. 485-510, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400014>

Ferreira, E. P. B. et al. Crescimento Vegetativo De *Coffea Arabica* L. Influenciado Por Irrigação E Fatores Climáticos No Cerrado Goiano. *Semina: Ciências*

**Agrárias**, Londrina v. 34, n. 6, p. 3235-3244, 2013. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6Supl1p3235>

Guerra, A.F.; Rocha, O.C; Rodrigues, G.C; Sanzonowick, C.; Sampaio, J.B.R.; Helon, C.S.; Araújo, M.C. (2005). Irrigação do Cafeeiro no Cerrado: estratégia de manejo de água para uniformização de florada. Planaltina: Embrapa Cerrados. 4p. (Embrapa Cerrados. Comunicado técnico, 122).

Kath, J. et al. Not so robust: Robusta coffee production is highly sensitive to temperature. **Glob. Change Biol.** 26, 3677–3688, 2020. <https://doi.org/10.1111/gcb.15097>

Larcher, W. Ecofisiologia vegetal. Traduzido por Prado, C. H. B. A. RiMa Artes e textos, São Carlos. 2004.

Marcolan, A.L.; Espindula, M.C. Café na Amazônia. – Brasília, DF: Embrapa, 2015. Cap. 1, p. 27-37.

Marcolan, A. L.; Espindula, M. C.; Mendes, A. M.; Souza, K. W. de; Schindwein, L. A. Manejo Nutricional. In: Marcolan, A. R.; Espindula, M. C. Café na Amazônia. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2015. Cap.8, p.175-194.

Marcolan, A. L.; Ramalho, A. R.; Mendes, A. M.; Teixeira, C. A. D.; Fernandes, C. De F.; Costa, J. N. M.; Vieira Júnior, J. R.; Oliveira, S. J. De 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. 67 p. (Embrapa Rondônia. Sistema de produção, 33).

Martins, S.C.V., Sanglard, M.L., Morais, L.E. et al. How do coffee trees deal with severe natural droughts? An analysis of hydraulic, diffusive and biochemical components at the leaf level. **Trees** 33, 1679–1693, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00468-019-01889-4>

Menezes-Silva, P. E. et al. Photosynthetic and metabolic acclimation to repeated drought events play key roles in drought tolerance in coffee. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 15, p. 4309–4322, 2017. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx211>

Oliveira, L.N.L.; Rocha, R.B.; Ferreira, F.M.; Spinelli, V.M.; Ramalho, A.R.; Texeira, A.L. Selection of *Coffea canephora* parents from the botanical varieties Conilon and Robusta for the production of intervarietal hybrids. **Ciência Rural**, v.48, n.4, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20170444>

Pereira, A. R.; Angelocci, L. R.; Sentelhas, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

Partelli, F.L.; Espíndula, M.C.; Marré, W.B.; Vieira, H.D. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of conilon coffee with different ripening cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.1, p.214-222, 2014.

Partelli, F. L. et al. Seasonal vegetative growth in genotypes of *Coffea Canephora*, as related to climatic factors. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 5, n. 8, p. 108-116, 2013. <https://doi.org/10.5539/jas.v5n8p108>

Partelli, F. L. et al. Seasonal vegetative growth of different age branches of conilon coffee tree. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 619-626, 2010. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n3p619>

Rocha, R. B. et al. *Coffea canephora* breeding: estimated and achieved gains from selection in the Western Amazon, Brazil. **Ciência Rural**, 51(5):e20200713, 2021. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200713>

Rodrigues WP, Martins MQ, Fortunato AS, Rodrigues AP, Semedo JN, Simões-Costa MC, Pais IP, Leitão AE, Colwell F, Goulao L, Máguas C, Maia R, Partelli FL, Campostrini E, Scotti-Campos P, Ribeiro-Barros AI, Lidon FC, DaMatta FM, Ramalho JC. Long-term elevated air [CO<sub>2</sub>] strengthens photosynthetic functioning and mitigates the 32rábica32f supra-optimal temperatures in tropical *Coffea 32rábica* and *C. canephora* species. **Glob Chang Biol**. Jan;22(1):415-31, 2016. <https://doi.org/10.1111/qcb.13088>

Santos, H.G. et al. Manejo Brasileiro de Classificação de Solos. 5. Ed., rev. e ampl. – Brasília, Embrapa, 2018.

Semedo, J. N.; Rodrigues, W. P.; Dubberstein, D.; Martins, M. Q.; Martins, L. D.; Pais, I. P.; Rodrigues, A. P.; Leitão, A. E.; Partelli, F. L.; Campostrini, E.; Tomaz, M. A.; Reboredo, F. H.; Scotti-Campos, P.; Ribeiro-Barros, A. I.; Lidon, F. C.; Damatta, F. M.; Ramalho, J.C. Coffee Responses to Drought, Warming and High [CO<sub>2</sub>] in a Context of Future Climate Change Scenarios. In: Alves, F.; Leal Filho, W.; Azeiteiro, U. (Ed.). **Climate Change Management**. Theory and Practice of Climate Adaptation. Springer, Cap. 26, p. 465-477, 2018.

Silva, J.G.F. Da.; Reis, E.F. Irrigação e Manejo da Água no Café Conilon. In: Ferrão, R. G.; Fonseca, A.F.A. Da.; Ferrão, M.A.G.; Muner, L.H. de. (ed). **Café**

Conilon 2 ed. Atual. E ampl. 2ª reimpressão – Vitória, ES: Incaper, 2017. Cap. 15. 383 – 394

Silva, M.J.G. da; Saraiva, F.A.M.; Silva, A.A.G. Da; Neto, L.A.S.; Querino, C.A.S. Clima. In: Marcolan, A. L. e Espindula, M. C. Café na Amazônia. Rondônia. 1ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015. P. 40-54.

Silva, V.A. da.; et al. Resposta fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** [online]. v. 45, n. 5, 2010. Acessado 26 Set 2022 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000500004>

Souza, F. De F.; Ferrão, L. F. S.; Caixeta, E. T.; Sakiyama, N. S.; Pereira, A. A.; Oliveira, A. C. Aspectos gerais da biologia e da diversidade genética de *Coffea canephora*. In: MARCOLAN, A. L. & ESPINDULA, M. C. Café na Amazônia. 1ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 83-98.

Silva, G.N.; Barroso, L.M.A.; Cruz, C.D.; Rocha, R.B.; Ferreira, F.M. Factor analysis for plant and production variables in *Coffea canephora* in the Western Amazon. **Coffee Science**, 17:e171981, 2022. <https://doi.org/10.25186/v17i.1985>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MAX, I.; ANGUS, M. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

Thioune, E.H.; McCarthy, J.; Gallagher, T.; Osborne, B.A. Humidity shock leads to rapid, temperature dependent changes in coffee leaf physiology and gene expression. **Tree Physiology**. 2017. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpw129>

USDA - United States Department Of Agriculture. Brazil: Coffee Semi-annual. São Paulo, Brasil, 2021. Disponível em: [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Coffee%20Semi-annual\\_Sao%20Paulo%20ATO\\_Brazil\\_11-15-2021.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Coffee%20Semi-annual_Sao%20Paulo%20ATO_Brazil_11-15-2021.pdf). Acessado em Mar 06, 2022.

Vara Prasad, P.V.; Allen Jr, L.H.; Boote, K.J. Crop responses to elevated carbon dioxide and interaction with temperature. **Journal of Crop Improvement**, v. 13, n. 1, p. 113-155, 2005. [https://doi.org/10.1300/J411v13n01\\_07](https://doi.org/10.1300/J411v13n01_07)

Venancio, L.P.; Filgueiras, R.; Mantovani, E.C.; Amaral, C.H. Do.; Cunha, F.F. Da; Silva, F.C. Dos; Althoff, D.; Santos, R.A Dos; Cavatte, P.C. Impact of drought associated with high temperatures on *Coffea canephora* plantations: a case study

in Espírito Santo State, Brazil. **Sci Rep** 10, 19719, 2020.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-76713-y>

Vicente, M. R.; Mantovani, E. C.; Fernandes, A. L. T.; Delazari, F. T.; Figueiredo, E. M. Efeito de diferentes lâminas de irrigação nas variáveis de desenvolvimento e produção do cafeeiro irrigado por pivô central. **Irriga**, v. 20, n. 3, p. 528-543, 2015.

Zargar, S. M.; Gupta, N.; Nazir, M.; Mahajan, R.; Malik, F. A.; Sof, N. R.; Shikari, A. B.; Salgotra, R. K. Impact of drought on photosynthesis: Molecular perspective. **Plant gene** 11:154-159, 2017.