

**Trocas gasosas de cafeeiros (*Coffea arabica*) em altas temperaturas no Cerrado goiano**  
**Gas exchange of coffee trees (*Coffea arabica*) at high temperatures in the Cerrado of**  
**Goiás**

**Intercambio de gases de cafetos (*Coffea arabica*) a altas temperaturas en el Cerrado de**  
**Goiás**

Recebido: 05/11/2020 | Revisado: 14/11/2020 | Aceito: 17/11/2020 | Publicado: 22/11/2020

**Vinícius Gonçalves Almeida**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9183-1149>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: [almeidaagropec@gmail.com](mailto:almeidaagropec@gmail.com)

**Cleiton Mateus Sousa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8616-4580>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: [cleiton.sousa@ifgoiano.edu.br](mailto:cleiton.sousa@ifgoiano.edu.br)

**Samuel Gonçalves Ferreira dos Santos**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1618-6877>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: [samuel-2100@hotmail.com](mailto:samuel-2100@hotmail.com)

**Jefferson Kran Sarti**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8073-4324>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: [jeffersonkran@hotmail.com](mailto:jeffersonkran@hotmail.com)

**Daniel Pereira da Silva**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7217-2886>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: [danielsilva.agron@gmail.com](mailto:danielsilva.agron@gmail.com)

**Wellington Pereira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6334-3604>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Café, Brasil

E-mail: [wellpe2@gmail.com](mailto:wellpe2@gmail.com)

## Resumo

Áreas do Cerrado goiano podem se tornar inaptas ao cultivo de café devido ao aumento da temperatura. Estudos precisam ser realizados para identificar cultivares aptas às condições climáticas futuras, sendo a avaliação fisiológica imprescindível nessa busca. Ao todo se têm 133 cultivares registradas no Brasil pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), implicando dessa forma dúvidas ao produtor sobre o melhor material para sua região. Sabendo disso, objetivou-se avaliar as trocas gasosas de três genótipos de cafeeiros em sua terceira safra, durante as épocas do ano em que se tem maior temperatura do ar nas condições edafoclimáticas de Ceres-GO. O experimento foi em esquema fatorial 4x3, sendo quatro estádios fenológicos (Indução Floral, Floração, Expansão I e Expansão II), e três genótipos (Obatã Vermelho IAC 1669-20, Paraíso MG 419-1 e IBC-Palma II), os quais foram selecionados levando em consideração a produtividade na safra anterior, sendo o de maior, média e menor respectivamente. As variáveis consistiram na taxa fotossintética líquida ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) e condutância estomática ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ). Foi monitorado a radiação fotossinteticamente ativa ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), temperatura foliar ( $^{\circ}\text{C}$ ) e temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ). Os dados foram submetidos à ANOVA e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Altas temperaturas aliadas ao déficit hídrico resultam em inibição fotossintética. Temperaturas foliares e do ar elevadas acarretam em redução fotossintética e na abertura estomática. As cultivares Paraíso MG 419-1 e Obatã Vermelho IAC 1669-20 expressam maiores taxas fotossintéticas nas fases de Expansão, enquanto o IBC Palma II obteve maior atividade na Floração.

**Palavras-chave:** Temperatura foliar; Temperatura do ar; Fotossíntese líquida; Condutância estomática; Transpiração.

## Abstract

Cerrado areas of Goiás may become unfit for coffee cultivation due to the increase in temperature. Studies need to be carried out to identify cultivars suitable for future climatic conditions, and a physiological assessment is essential in this search. Altogether there are 133 cultivars registered with the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA), thus implying doubts to the producer about the best material for his region. Knowing this, the objective was to evaluate gas exchange of three coffee cultivars in their third harvest, during the times of the year when the air temperature is higher in the edaphoclimatic conditions of Ceres-GO. The experiment was in a 4x3 factorial scheme, with four phenological stages (Floral Induction, Flowering, Expansion I and Expansion II), and three genotypes (Obatã

Vermelho IAC 1669-20, Paraíso MG 419-1 and IBC-Palma II), which were selected taking into account the productivity in the previous harvest, being the highest, average and lowest respectively. The variables consisted of the liquid photosynthetic rate ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), transpiration ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) and stomatal conductance ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ). Photosynthetically active radiation ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), leaf temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) and air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) were monitored. The data were submitted to ANOVA and compared by Tukey's test at 5% probability. High temperatures combined with water deficit result in photosynthetic inhibition. High leaf and air temperatures lead to photosynthetic reduction and stomatal opening. The cultivars Paraíso MG 419-1 and Obatã Vermelho IAC 1669-20 express higher photosynthetic rates in the Expansion phases, while IBC Palma II obtained greater activity in Flowering.

**Keywords:** Leaf temperature; Air temperature; Liquid photosynthesis; Stomatal conductance; Transpiration.

### Resumen

Es necesario realizar estudios para identificar cultivares adecuados para las condiciones climáticas futuras. En total existen 133 cultivares registrados en el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento, lo que implica dudas al productor sobre el mejor material para su región. El objetivo fue evaluar el intercambio de gases de tres cultivares de café en su tercera cosecha, durante las épocas del año en que la temperatura del aire es mayor en las condiciones edafoclimáticas de Ceres-GO. El experimento fue en un esquema factorial 4x3, con cuatro estadios fenológicos (Inducción Floral, Floración, Expansión I y Expansión II), y tres genotipos (Obatã Vermelho IAC 1669-20, Paraíso MG 419-1 e IBC-Palma II), que se seleccionaron teniendo en cuenta la productividad de la zafra anterior, siendo la más alta, la media y la más baja respectivamente. Las variables consistieron en la tasa fotosintética líquida ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), la transpiración ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) y la conductancia estomática ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ). Se monitoreó la radiación fotosintéticamente activa ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), la temperatura de la hoja ( $^{\circ}\text{C}$ ) y la temperatura del aire ( $^{\circ}\text{C}$ ). Los datos se enviaron a ANOVA y se compararon mediante la prueba de Tukey con un 5% de probabilidad. Las altas temperaturas combinadas con el déficit de agua dan como resultado una inhibición fotosintética. Las altas temperaturas de las hojas y del aire provocan la reducción fotosintética y la apertura de los estomas. Los cultivares Paraíso MG 419-1 y Obatã Vermelho IAC 1669-20 expresan mayores tasas fotosintéticas en las fases de Expansión, mientras que IBC Palma II obtuvo mayor actividad en Floración.

**Palabras clave:** Temperatura de la hoja; Temperatura del aire; Fotosíntesis líquida; Conductancia estomática; Transpiración.

## 1. Introdução

O Brasil é o maior produtor e exportador de café arábica mundial, tendo produção total de 34.296,3 mil sacas de café beneficiado. A média da cafeicultura goiana, no ano de 2019, situou-se numa área produtiva de 6.932 há, sendo, 17,4 % maior que ao ano anterior. A produção total foi de 249,3 mil sacas de café beneficiado, um aumento de 27,6 % em comparação com a safra de 2018, produção essa baixa quando comparado com o estado de Minas Gerais, o qual obteve cerca de 24 milhões de sacas. Entretanto, a produtividade média goiana foi de 35,96 sacas de café beneficiado por hectare, sendo esta a maior no cenário nacional, devido basicamente ao maior uso da irrigação na cafeicultura estadual (CONAB, 2019).

O planeta Terra tende a aumentar a temperatura média devido ao aquecimento global, sendo este um empecilho para a cafeicultura, a qual possui como temperatura média ideal para seu desenvolvimento 18 a 21 °C, sendo assim alternativas como desenvolvimento de cultivares adaptadas vem sendo estudado (Camargo, 2010). Sabendo desse cenário, foi levantado um estudo de riscos climáticos a cafeicultura nos próximos 100 anos. Os resultados apontam que o aumento de 1°C, acarretará em 85,9% das áreas inaptas a cultura, e o mais surpreendente é o aumento de 3 a 5,8°C, o qual acarretará em 99,9% de áreas inaptas ao cultivo de café arábica para o estado de Goiás (Assad et al., 2004).

Apesar da previsão de um cenário pessimista para a cafeicultura nas regiões de maior produção, trabalhos recentes mostram que a cafeicultura pode ser beneficiada com o aumento de CO<sub>2</sub> atmosférico, o qual poderá implicar em maior resistência a seca e ao aumento da temperatura, além de estimular maior fotossíntese com produção de fotoassimilados destinados para formação do fruto (DaMatta et al., 2018).

Diversos estudos focam na adaptabilidade de cafeeiros a determinadas regiões, com base em seu crescimento vegetativo e produtividade, no intuito de promover o crescimento e expansão da cafeicultura (Bergo et al., 2008; Carvalho et al., 2010; Rodrigues et al., 2012; Carvalho et al., 2017; Almeida et al., 2020), porém as avaliações fisiológicas também são fundamentais para analisar o comportamento dos materiais genéticos, pois assim, é possível entender a importância de fatores como temperatura do ar, radiação e umidade relativa sob a cultura (DaMatta et al., 2008).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2020), o Brasil possui 133 cultivares de café arábica (*Coffea arábica* L.) registrada junto ao Registro Nacional de Cultivares (RNC). Isso implica em dificuldades para a escolha do agricultor por uma cultivar adequada à sua região, a qual muitas vezes ainda não apresenta estudos específicos sobre a adaptabilidade do cafeeiro às condições edafoclimáticas locais.

Visto que a cafeicultura brasileira exerce grande atividade econômica, e que há necessidade de obter cultivares adaptadas a climas quentes, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar as trocas gasosas de três materiais genéticos de café arábica, nas condições climáticas de Ceres-GO, em épocas e horário de maior temperatura do ar.

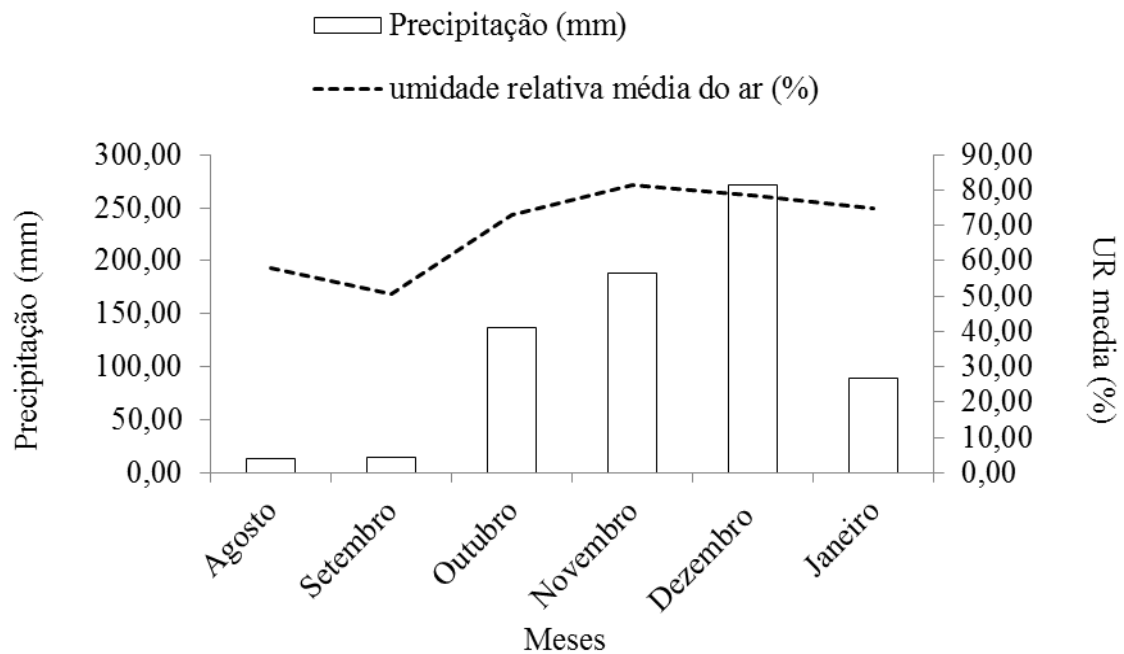
## 2. Metodologia

O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres – GO, localizado no Vale São Patrício, altitude de 556 m. O ensaio experimental foi implantado em 08/04/2015 em um delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições e parcelas compostas de dez plantas no espaçamento de 3,5 x 0,75 metros. Ao todo são 35 materiais genéticos, dos quais foram escolhidos três para avaliação das trocas gasosas. O critério de seleção foi baseado na maior (36,6 sacas.ha<sup>-1</sup>), média (15,2 sacas.ha<sup>-1</sup>) e menor (3,62 sacas.ha<sup>-1</sup>) produtividade da safra anterior 2017/2018, tendo como cultivares a Obatã Vermelho IAC 1669-20, Paraíso MG 419-1 e IBC-Palma II respectivamente.

Os cafeeiros foram submetidos à irrigação localizada por gotejamento, não diferindo lâminas entre as cultivares. O turno de rega foi dividido em três dias (segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira), sendo baseado na evapotranspiração da cultura para determinar o período de irrigação. Os dados de evaporação foram coletados diariamente no Tanque Classe A da Instituição e o coeficiente da cultura (Kc) determinado de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta. Mensalmente foram tabulados os dados climatológicos da estação meteorológica de Itapaci – GO, para o acompanhamento da temperatura (Figura 1), além da umidade relativa do ar e precipitação mensal (Figura 2).

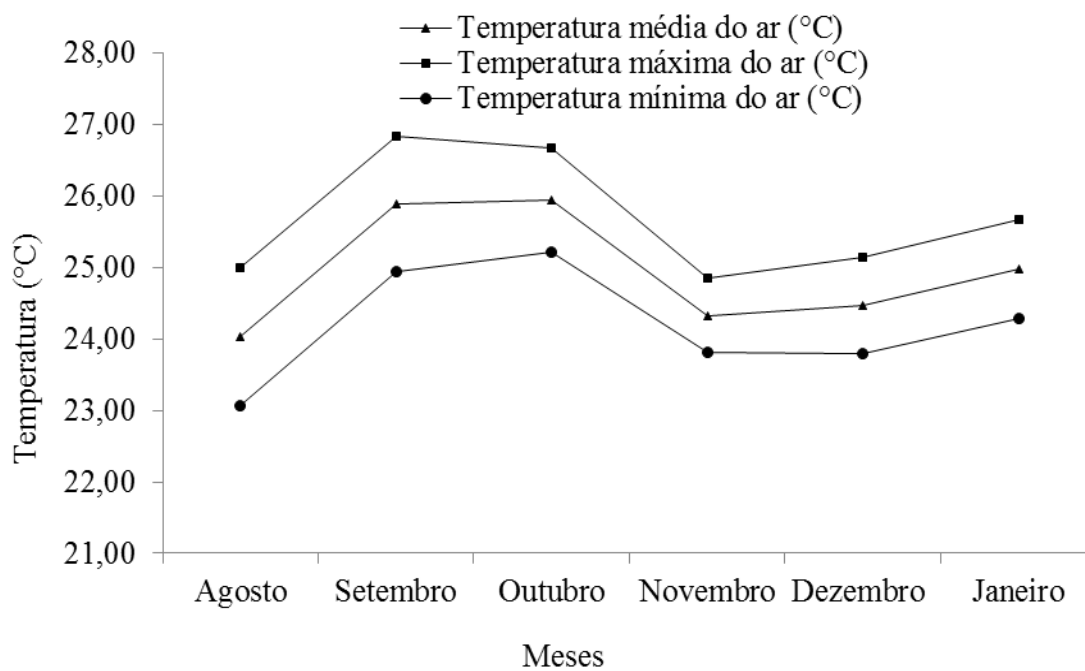
Os cafeeiros passaram por déficit hídrico controlado durante 21/06/2018 a 20/08/2018 (totalizando 60 dias) para sincronizar o desenvolvimento dos botões florais e consequentemente uniformizar a floração. Usou-se como referência o trabalho de Silva et al. (2009), em que concluíram que o déficit hídrico controlado por 60 dias nos meses de julho e agosto proporcionam maior produção e uniformização da florada.

**Figura 1.** Médias mensais da precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar (%) referente aos anos de 2018 e 2019.



Fonte: Autores.

**Figura 2.** Médias mensais da temperatura do ar (°C) e as temperaturas máximas e mínimas mensais (°C) referentes aos anos de 2018 e 2019.



Fonte: Autores.

A adubação de correção foi baseada na análise de solo da safra de 2017/2018, aplicando 150 kg de superfosfato simples (fonte de fósforo), logo após 30 dias ao retorno da irrigação, além de 700 kg de sulfato de amônio (fonte de nitrogênio) e 200 kg de cloreto de potássio (fonte de potássio), divididas em três aplicações.

As respostas fisiológicas foram realizadas nos meses de agosto, setembro, dezembro e janeiro sendo épocas relacionadas às fases de indução floral, floração, expansão I e expansão II respectivamente. As leituras foram realizadas às 12 horas, devido este ser o horário com maior temperatura do ar. O delineamento experimental foi em esquema fatorial 4x3 (quatro fases fenológicas e três genótipos).

Foi selecionado de uma planta um ramo saudável e uma folha totalmente expandida (terceiro par de folhas) do terço médio, para avaliação da taxa fotossintética líquida (A), transpiração (E) e condutância estomática (C). Também foi monitorada a temperatura foliar, temperatura do ar e radiação. As leituras foram determinadas com o analisador de gases portátil, modelo Bio CID-340 (Ultra-Light Portable Photosynthesis System) e os dados submetidos à ANOVA, para comparação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade no programa estatístico Sisvar 5.6.

### **3. Resultados e Discussão**

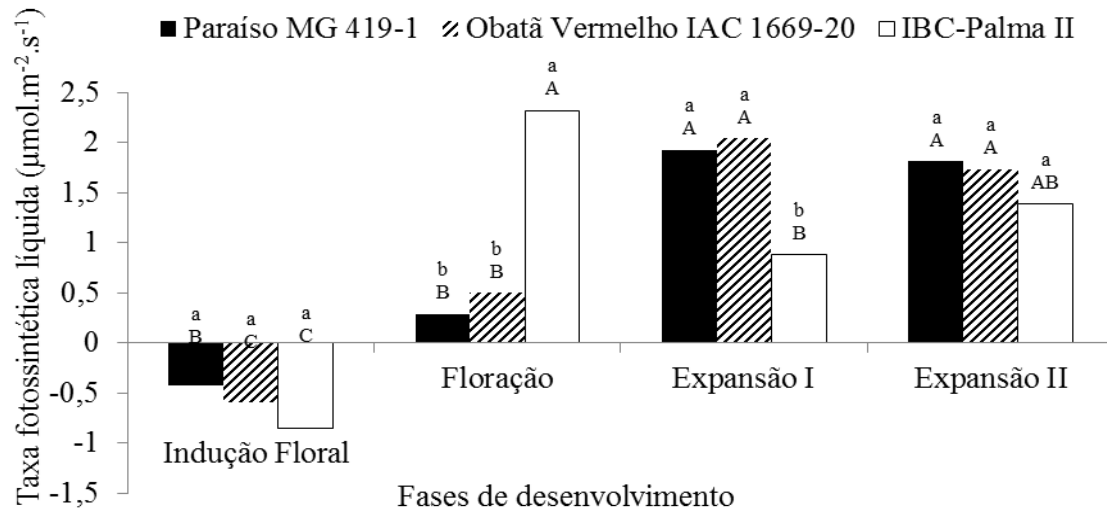
Os dados obtidos na taxa fotossintética líquida (Figura 3) apresentaram diferença entre os genótipos no mesmo estágio fenológico e também em relação ao mesmo genótipo nos diferentes estágios. Isso deve ao fato de serem materiais genéticos diferentes, os quais corresponderam de forma distinta às condições edafoclimáticas em que estão expostos. De acordo com Dubberstein et al. (2017) cada fase fenológica do cafeeiro apresenta suas peculiaridades, exigindo de forma específica a produção e distribuição dos fotoassimilados na planta. Essa especificidade torna então diferentes genótipos mais aptos ou não a diferentes condições climáticas impostas em cada região de cultivo, onde a produção fotossintética maior ou menor terá diferentes porcentagens de destino dos fotoassimilados, os quais podem ser realocados para o desenvolvimento vegetativo ou produtivo.

A fase de indução e maturação das gemas florais ocorre nos meses de abril a agosto (Camargo & Camargo 2001). A indução floral no presente estudo teve como auxílio o déficit hídrico, que ocorreu entre 21 de junho e 20 de agosto, sendo assim, a avaliação das trocas gasosas realizada no mês de agosto foi caracterizada pela restrição hídrica no solo e pelas altas temperaturas foliar e do ar (Tabela 1), os quais segundo Martins et al. (2015) são os



elementos meteorológicos que mais influenciam na produtividade cafeeira.

**Figura 3.** Taxa fotossintética líquida de três genótipos de café em quatro fases fenológicas. As letras maiúsculas indicam interação de um genótipo com as fases de desenvolvimento e as letras minúsculas indicam interação entre os genótipos em uma mesma fase.



Fonte: Autores.

**Tabela 1.** Temperatura do ar e foliar, em quatro fases fenológicas de cafeeiros cultivados no Cerrado.

Fases	Temperatura foliar °C			Temperatura do ar °C		
	Paraíso MG 419-1	Obatã Vermelho IAC 1669-20	IBC-Palma II	Paraíso MG 419-1	Obatã Vermelho IAC 1669-20	IBC-Palma II
Indução Floral	53,81 aA	54,66 aA	53,76 aA	48,27 aA	49,11 aA	47,95 aA
Floração	47,54 bB	51,65aAB	45,1 bB	45,08 bB	47,97 Aa	44,51 bB
Expansão I	47,75 bB	45,8 bC	52,54 aA	44,31 bB	43,72 Bb	48,32 aA
Expansão II	49,88 aB	50,9 aB	50,61 aA	45,35aAB	47,76 Aa	46,18aAB

Legenda: As letras minúsculas comparam os genótipos dentro de cada fase e as letras maiúsculas comparam as fases dentro de cada genótipo. Fonte: Autores.

O déficit hídrico controlado em região de bioma Cerrado apresenta sucesso na sincronização da maturação dos frutos, não causando perdas produtivas em relação ao uso contínuo da irrigação (Miranda et al., 2020). A adoção desse manejo em vários ciclos consecutivos pode ocasionar em uma maior adaptação das cultivares, quando comparado a apenas um ciclo de déficit hídrico, pois assim, as cultivares apresentam maior atividade da

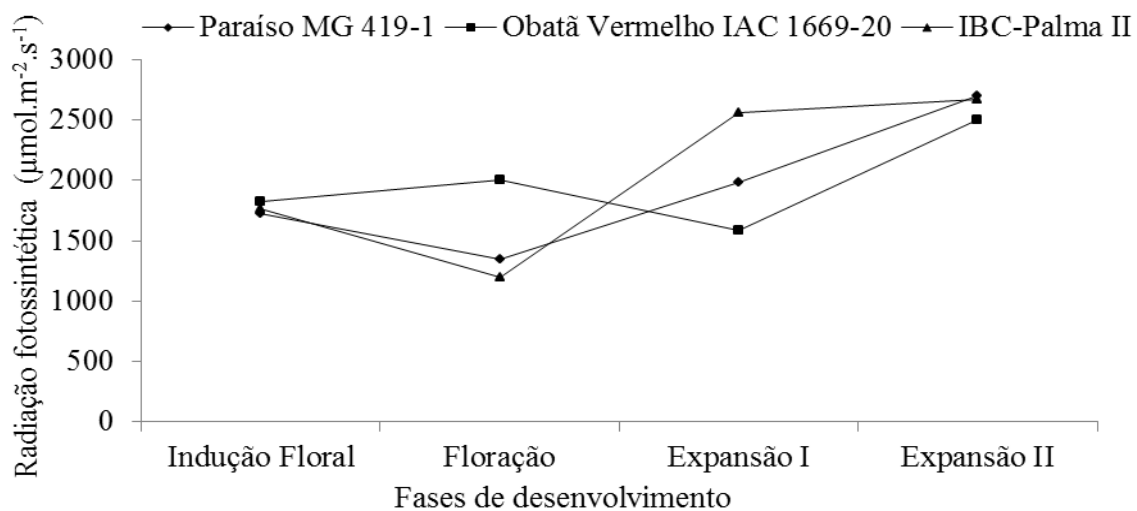


Rubisco e de enzimas antioxidantes, desencadeando um alerta no sistema de defesa da planta, o qual gera uma ‘memória seca’ (Menezes-Silva et al., 2017).

As condições ambientais foram então os principais fatores responsáveis pela baixa taxa fotossintética, pois a baixa umidade no solo diminui o teor de água nos tecidos vegetais e acarreta em resistência à condutividade estomática, a qual infringe no fechamento dos estômatos, não havendo assim assimilação de carbono da planta com o meio ambiente (Tatagiba et al., 2015). Esses dados corroboram com o trabalho de Peloso et al. (2017), os quais observaram que o cafeeiro submetido a 30% de água disponível, expressou baixa taxa fotossintética, condutância estomática e transpiração.

Outro fator importante a ser abordado, é a radiação fotossinteticamente (Figura 4) ativa, a qual em todas as avaliações apresentou valores superiores ao ponto de saturação luminosa do cafeeiro, que segundo Silva et al. (2004) é de  $600 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Os valores mínimos foram de 1300 a  $1900 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  nas fases de indução floral e floração e os máximos de 2000 a  $2600 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  nos períodos de expansão I e expansão II.

**Figura 4.** Radiação fotossinteticamente ativa em quatro fases fenológicas.



Fonte: Autores.

Ainda analisando o estágio de indução floral, nota-se que os três genótipos apresentaram valores negativos para a taxa fotossintética líquida, não diferindo nesse estágio e também, sendo esse, o que apresentou os piores valores fotossintéticos em relação aos demais estádios. O motivo pode ter sido ocasionado pela fotorrespiração, a qual ocorre devido à irradiância excessiva aliada à alta temperatura foliar, reduzindo assim a assimilação de

dióxido de carbono (DaMatta & Alemar, 2002; Ronquim & Ronquim, 2014).

A baixa taxa fotossintética no período de indução floral às 12 horas, também foi observada por Ávila et al. (2020), os quais relataram que as três cultivares avaliadas (Sarchimor MG 8840, Catucaí Amarelo 2SL e IBC Palma II) não diferiram sua taxa fotossintética líquida e que essa fase também desempenhou menores valores em comparação com as demais. Em estudo realizado Menezes-Silva et al. (2017), também foi possível observar a redução na taxa fotossintética líquida, transpiração e condutância estomática de cultivares submetidas ao déficit hídrico.

As temperaturas foliares e do ar no momento de cada avaliação superaram valores de 45,1 °C e 43,72 °C além de alcançarem máxima de 53,81 °C e 49,11 °C respectivamente. Nota-se que essas são temperaturas extremamente altas para que o cafeeiro possa obter máximo potencial fotossintético, pois o aumento da temperatura altera de forma significativa o comportamento dos estômatos e conseqüentemente a taxa fotossintética, sendo que temperaturas foliares acima de 40 °C causam inibição gradual na fotossíntese (Pinto et al., 2007). Essa redução pode chegar a 33% em folhas com temperatura de 40 °C em comparação a outras da mesma cultivar em temperatura de 36 °C (Nagashima et al., 2019).

A maior taxa fotossintética foi expressa pelo genótipo IBC Palma II no estágio de floração ( $2,32 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), tendo nesse mesmo estágio as cultivares Obatã Vermelho IAC 1669-20 e Paraíso MG 419-1 com valores de 0,5 e  $0,29 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  respectivamente. Esses números corroboram com a condutância estomática apresentada por cada cultivar na floração (Figura 5), a qual, a IBC Palma II apresentou maiores valores.

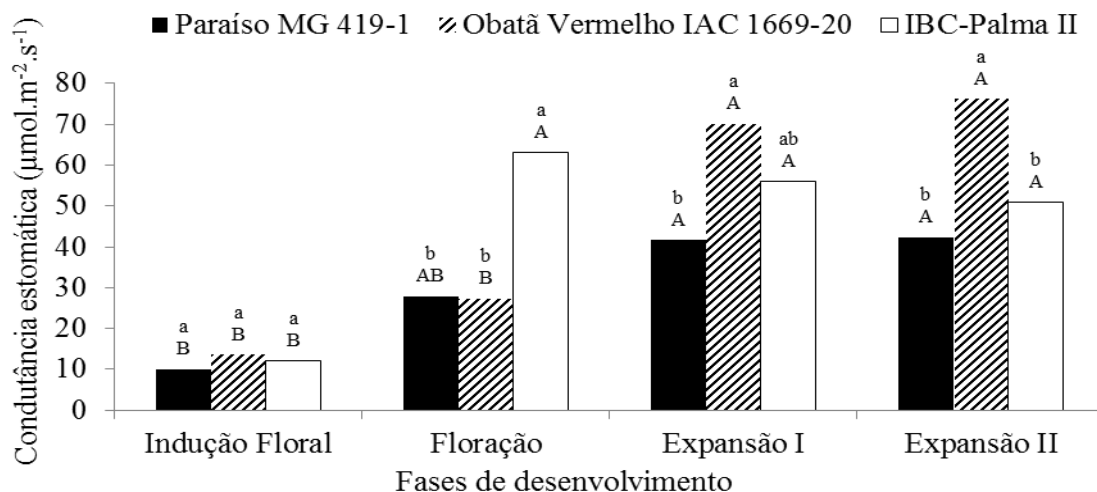
Os valores fotossintéticos em todos os estádios fenológicos estão abaixo da média cafeeira que é de 4 a  $11 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , assim como a condutância estomática, a qual apresentou valor máximo de  $76,18 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , sendo que a média é de  $108 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (DaMatta 2008). Isso se deve às altas temperaturas foliares e do ar (Tabela 1) presentes no período de avaliação. Valores de baixa condutância estomática às 12 horas, também foi observado por Ávila et al. (2020), os quais relataram que os maiores valores foram na fase de formação do fruto ( $84,41 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) e o menor na fase vegetativa ( $15,94 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ).

Nas fases de expansão (Expansão I e Expansão II), os genótipos Obatã Vermelho IAC 1669-20 e Paraíso MG 419-1 apresentaram os maiores valores fotossintéticos (2,02; 1,93 e 1,73;  $1,81 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) respectivamente. Essa fase é caracterizada por iniciar o acúmulo de matéria seca no fruto e pela grande expansão celular, a qual acarreta em 50 a 80% do tamanho final do fruto (Dubberstein et al., 2016). Sendo assim, materiais genéticos que desempenham altas taxa fotossintética nesse período, podem atingir maior produtividade, como é o caso das

duas cultivares citadas acima, as quais foram responsáveis por uma produtividade alta. Já a IBC Palma II foi escolhida por ter baixa produtividade e consequentemente não atingiu grande produção de fotoassimilados nesse período essencial.

A condutância estomática (Figura 5) diferiu estatisticamente entre os estádios fenológicos e entre os genótipos em um mesmo estágio, com exceção na indução floral, onde os três materiais genéticos desempenharam baixos valores. É notório que os valores de cada cultivar em todos os estádios fenológicos são proporcionais aos valores da taxa fotossintética líquida, pois com a abertura estomática ocorre assimilação de CO<sub>2</sub> e início ao processo fotossintético. Em relação à transpiração (Figura 6), também houve diferença entre estádios fenológicos e genótipos em um mesmo estágio. Os valores também correlacionam com a abertura estomática, pois tanto a assimilação de CO<sub>2</sub> para realização da fotossíntese quanto a perda de água por transpiração do cafeeiro, ocorre pelos estômatos. Sendo assim a abertura estomática influencia diretamente no metabolismo fisiológico do cafeeiro.

**Figura 5.** Condutância estomática de três genótipos de café arábica em quatro fases fenológicas. As letras maiúsculas indicam interação de um genótipo com as fases de desenvolvimento e as letras minúsculas indicam interação entre os genótipos em uma mesma fase.

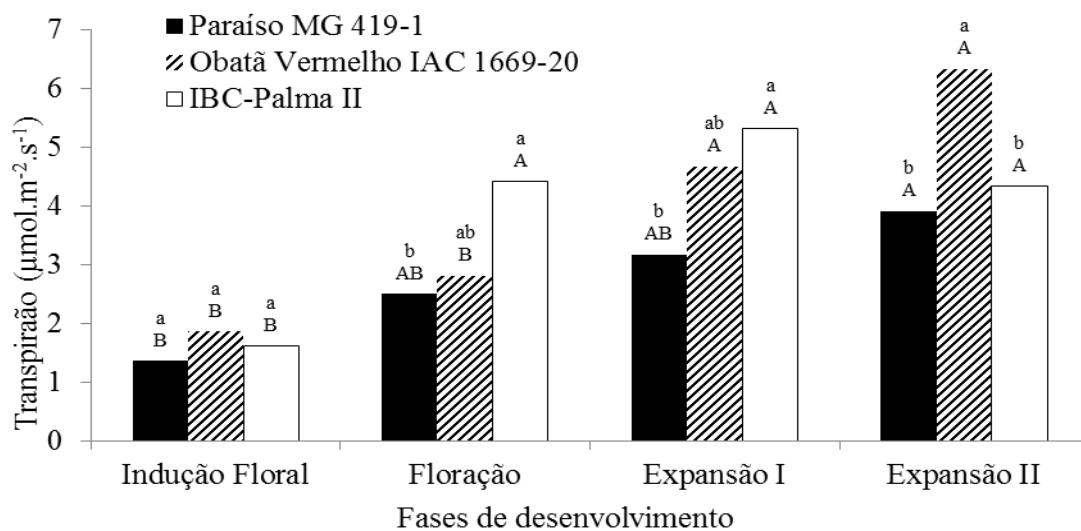


Fonte: Autores.

A taxa transpiratória corresponde proporcionalmente com a condutância estomática, sendo que quando a transpiração apresentava alto valor a condutância também desempenhava e vice versa. A abertura estomática provoca perda de água da planta para o meio externo, com isso em períodos quentes os estômatos permanecem fechados e a taxa fotossintética diminui.

Segundo Kumar & Tieszen (1980), o período de 11 às 15 horas é caracterizado por maior demanda evaporativa da atmosfera, o qual contribui para a redução da fotossíntese líquida.

**Figura 6.** Transpiração de três genótipos de café arábica em quatro fases fenológicas. As letras maiúsculas indicam interação de um genótipo com as fases de desenvolvimento e as letras minúsculas indicam interação entre os genótipos em uma mesma fase.



Fonte: Autores.

De acordo com Oren et al. (1999) nos horários mais quentes do dia a condutância estomática diminui para evitar que o potencial hídrico da folha desça abaixo de níveis considerados críticos para a estabilidade do sistema de transporte de água. Conseqüentemente a fotossíntese líquida também é baixa. Araújo & Demicinis (2009) ressaltam que a baixa condutância estomática diminui a perda de água pelos estômatos, porém também há restrição à entrada de CO<sub>2</sub>, provocando a redução da fotossíntese.

#### 4. Considerações Finais

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 à restrição hídrica, a inibição fotossintética é completa.

Em condições de alta temperatura, os genótipos Obatã Vermelho IAC 1669-20 e Paraíso MG 419-1 desempenham maior atividade fotossintética nas fases de expansão do

fruto, enquanto o IBC Palma II concentra maior atividade na fase de floração.

## Referências

Almeida, V. G., Sarti, J. K., Sousa, C. M., Ávila, E. A. S., Pereira, W., Almeida Filho, J. B. (2020). Crescimento de cafeeiros irrigados no Cerrado. *Brazilian Journal of Development*, 6(2), 9146-9152.

Araújo, S. A. C. & Demicinis, B. B. (2009). Fotoinibição da fotossíntese. *Revista Brasileira de Biociências*, 7(4), 463-472.

Assad, E. D., Pinto, H. S., Junior, J. Z., Ávila, A. M. H. (2004). Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(11), 1057-1064.

Ávila, E. A. S., Sousa, C. M., Pereira, W., Almeida, V. G., Sarti, J. K., Silva, D. P. (2020). Relationship of gas exchanges in different phenological phases with coffee productivity in the Cerrado. *Research, Society and Development*, 12(2), 138-150.

Bergo, C. L., Pereira, R. C. A., Sales, F. (2008). Avaliação de genótipos de cafeeiros arábica e robusta no estado do Acre. *Ciência e Agrotecnologia*, 32(1), 11-16.

Camargo, A. P. & Camargo, M. B. P. (2001). Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. *Bragantia*, 60(1), 65-68.

Camargo, M. B. P. (2010). The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. *Bragantia*, 69(1), 239-247.

Carvalho, A. M., Mendes, A. N. G., Carvalho, G. R., Botelho, C. E., Gonçalves, F. M. A., Ferreira, A. D. (2010). Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 45(3), 269-275.

Carvalho, F. G., Sera, G. H., Andreazi, E., Sera, T., Fonseca, I. C. B., Carducci, F. C., Shigueoca, L. H., Holderbaum, M. M., Costa, K. C. (2017). Tolerância ao déficit hídrico em

mudas de genótipos de café portadores de genes de diferentes espécies. *Coffee Science*, 12(2), 156-163.

Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: café – v. 5 – safra 2019, n. 4, Brasília, p. 1-44, 2019.

DaMatta, F. M & Rena, A. B. (2002). Relações hídricas no cafeeiro. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (1. : 2000 : Poços de Caldas, MG). Palestras. Brasília, D.F. : Embrapa Café, (374p.), p. 9-44.

DaMatta, F. M., Ronchi, C. P., Maestri, M., Barros, R. S. (2008). Ecophysiology of coffee growth and production. *Brazilian journal of plant physiology*, 19(4), 485-510.

DaMatta, F. M., Rahn, E., Laderach, P., Ghini, R., Ramalho, J. C. (2018). Why could the coffee crop endure climate change and global warming to a greater extent than previously estimated?. *Climatic Change*, 152(1), 167-178.

Dubberstein, D., Partelli, F. L., Schmidt, R., Dias, J. R. M., Covre, A. M. (2017). Matéria seca em frutos, folhas e ramos plagiotrópicos de cafeeiros cultivados na Amazônia Ocidental. *Coffee Science*, 12(1), 74-81.

Kumar, D & Tieszen, L. L. (1980). Photosynthesis in *Coffea Arabica*. II. Effects of water stress. *Experimental Agricultura*, 16(1), 21-27.

Martins, E., Aparecido, L. E. O., Santos, L. P. S., Mendonça, J. M. A., Souza, P. S. (2015). Influencia das condições climáticas na produtividade e qualidade do cafeeiro produzido na região do Sul de Minas Gerais. *Coffee Science*, 10(4), 499-506.

Menezes-Silva, P. E., Sanglard, L. M. V. P., Ávila, R. T., Morais, L. E., Martins, S. C. V., Nobres, P., Patreze, C. M., Ferreira, M. A., Araújo, W. L., Fernie, A. R., DaMatta, F. M. (2017). Photosynthetic and metabolic acclimation to repeated drought events play key roles in drought tolerance in coffee. *Journal of Experimental Botany*, 68(15), 4309-4322.

MIRANDA, F. R., Drumond, L. C. D., Ronchi, C. P. (2020). Synchronizing coffee blossoming and fruit ripening in irrigated crops of the Brazilian Cerrado Mineiro Region. *Australian Journal of Crop Science*, 14(4), 605-613.

Nagashima, G. T., Oliveira, C. M. G., Sera, G. H., Bagatin, A. K., Pereira, N. A. N., Carducci, F. (2019). Trocas gasosas em cultivares e genótipos de café arábica com genes de *Coffea racemosa*, *C. liberica* e *C. canephora* submetidos a temperatura alta. X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil.

Oren, R., Sperry, J. S., Katul, G. G., Pataki, D. E., Ewers, B. E., Philips, N., Schafer, K. V. R. (1999). Survey and synthesis of intra and interspecific variation in stomatal sensitivity to vapour pressure deficit. *Plant, Cell and Environment*, 22, 1515-1526.

Peloso, A. F., Tatagiba, S. D., Reis, E. F., Pezzopane, J. E. M., Amaral, J. F. T. (2017). Limitações fotossintéticas em folhas de cafeeiro arábica promovidas pelo déficit hídrico. *Coffee Science*, 12(3), 389-399.

Pinto, H. S., Junior, J. Z., Assad, E. D., Evangelista, B. A. (2007). O aquecimento global e a cafeicultura brasileira. Embrapa Informática Agropecuária-Artigo em periódico indexado (ALICE).

Rodrigues, W. P., Vieira, H. D., Barbosa, D. H. S. G., Vittorazzi, C. (2012). Growth and yield of coffee arabica I. In northwest fluminense: 2nd harvest. *Revista Ceres*, 59(6), 809-815.

Ronquim, C. C & Ronquim, J. C. (2014). Concentração de CO<sub>2</sub> e potencial hídrico foliar em *Coffea arabica*. II Inovagri International Meeting, 1067-1075.

Silva, E. A., Brunini, O., Sakai, E., Arruda, F. B., Pires, R. C. M. (2009). Influência de déficits hídricos controlados na uniformização do florescimento e produção do cafeeiro em três diferentes condições edafoclimáticas do estado de São Paulo. *Bragantia*, 68(2), 493-501.

Silva, E. A., DaMatta, F. M., Ducatti, C., Regazzi, A. J., Barros, R. S. (2004). Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. *Field Crops Research*, 89(2-3), 349-357.



Tatagiba, S. D., Pezzopane, J. E. M., Reis, E. F. (2015). Fotossíntese em Eucalyptus sob diferentes condições edafoclimáticas. Revista Engenharia na Agricultura, 23(4), 336-345.

Colocar espaço entre uma referência e outra. Lembre que usamos APA.

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Vinícius Gonçalves Almeida – 35%

Cleiton Mateus Sousa – 20%

Samuel Gonçalves Ferreira dos Santos – 10%

Jefferson Kran Sarti – 10%

Daniel Pereira da Silva – 10%

Welington Pereira – 15%