



**CÁSSIO PEREIRA HONDA FILHO**

**“DINÂMICA DO CRESCIMENTO VEGETATIVO E  
REPRODUTIVO DO CAFEIEIRO”**

**Lavras - MG**

**2018**

**CÁSSIO PEREIRA HONDA FILHO**

**DINÂMICA DO CRESCIMENTO VEGETATIVO E REPRODUTIVO DO  
CAFEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fisiologia Vegetal para obtenção do título de mestre.

Prof. Dr. Jose Donizeti Alves

Orientador

**Lavras - MG**

**2018**

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

Filho, Cássio Pereira Honda.

Dinâmica do crescimento vegetativo e reprodutivo do cafeeiro /  
Cássio Pereira Honda Filho. - 2018.

49 p. : il.

Orientador(a): José Donizeti Alves.

.  
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Coffea arabica. 2. Dinâmica de desenvolvimento. 3. Relação  
fonte-dreno. I. Alves, José Donizeti. . II. Título.

**DINÂMICA DO CRESCIMENTO VEGETATIVO E REPRODUTIVO DO  
CAFEIRO**

**DYNAMICS OF VEGETATIVE AND REPRODUCTIVE GROWTH OF A  
COFFEE TREE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fisiologia Vegetal para obtenção do título de mestre.

**APROVADA** em 17 de Agosto de 2018

Dra. Vânia Aparecida Silva EPAMIG

PhD Carlos Henrique Siqueira Carvalho EMBRAPA CAFÉ

Prof. Dr. Jose Donizeti Alves

Orientador

**Lavras – MG**

2018

*À minha amada família, em especial a meu avô Nélio (in memoriam)*

*Meu maior exemplo de vida*

***Dedico***

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo dom da vida.

Aos meus pais Lúcia Helena e Cássio, e meus avós Maria Lúcia e Nélio (in memoriam), por todo apoio, carinho e amor incondicional proporcionados durante toda a minha vida.

À minha irmã Camila, pela confiança, companheirismo e por partilhar comigo as alegrias da vida.

À minha namorada Mariana, por todo o amor, carinho e apoio incondicional neste árduo fim de ciclo.

Aos meus amigos e irmãos da República Terra Roxa, por toda união, amizade e suporte durante todos esses anos de caminhada.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de iniciar os estudos na Pós-Graduação e estrutura oferecida para minha formação.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fisiologia Vegetal pelos ensinamentos e crescimento profissional fornecido.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Jose Donizeti Alves pela oportunidade de orientação, confiança no projeto que me foi me dado, e a todos os ensinamentos repassados ao longo desses 2 anos.

Ao professor Paulo Eduardo Ribeiro Marchiori, por toda a amizade, conselhos e ensinamentos.

Às colegas Lissa, Bárbara, Beatriz, Ludmila e Kamila ,do Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Molecular de Plantas, por todo o apoio e por tornar as centenas de horas de trabalho bastante leves e divertidas.

Aos colegas de sala, Mário e Vinícius, por todo o companheirismo e amizade durante as disciplinas e no dia-a-dia no Setor.

Aos funcionários do setor de Fisiologia Vegetal, Barrinha, Joel, Odorêncio, Tanham e Salete, pela atenção e pronta disponibilidade para ajudar.

A todos os que, de alguma maneira, contribuíram para esse trabalho...

Muito Obrigado!

## RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi analisar a dinâmica do crescimento vegetativo e reprodutivo de um cafeeiro adulto em produção. Para isso, as avaliações foram realizadas em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) da cultivar Arara, adotando um padrão de altura média por coleta que foi aumentando ao longo das coletas. Estabeleceu-se um gradiente vertical (do ápice das plantas até a base da saia) para todas as análises. Assim, no sentido vertical foram analisadas três terços em uma planta: superior, mediano e inferior. As coletas foram realizadas sempre no intervalo de 1 mês e, após a finalização do experimento os dados foram organizados em estações meteorológicas. Foram analisados dados de crescimento vegetativo e reprodutivo. Estes dados foram: comprimento dos ramos plagiotrópicos, número de folhas, área foliar, número de rosetas com fruto, número de botões florais, número de frutos e, a partir destes dados foram feitas razões para elucidar a dinâmica. Também foram coletados os dados de temperatura foliar, temperatura no interior do dossel, taxa de radiação fotossinteticamente ativa e, índice de precipitação média e temperatura média da área experimental. A partir de tais dados foram identificados padrões comportamentais e pode-se concluir que no ano de bienalidade positiva, os ramos do terço médio foram mais eficientes na produção de frutos, com menores razões de frutos por área foliar média, número constante de folhas e maior presença de frutos nas rosetas. O terço superior, apesar de receber mais radiação, tem a competição de fotoassimilados entre os frutos e folhas e ramos novos produzidos a cada ciclo. Já no terço inferior o cafeeiro apresenta altas taxas de sombreamento, fazendo com que haja um maior investimento em folhas e ramificações secundárias e terciárias a fim de maior captação de luz.

Palavras-chave: *Coffea arabica*. Relação fonte-dreno. Dinâmica de desenvolvimento



## ABSTRACT

The objective of the present work was to analyze the dynamics of vegetative and reproductive growth of an adult coffee tree in production. For this, the evaluations were carried out in an adult coffee tree (*Coffea arabica* L.) of the Arara cultivar, adopting a mean height pattern by collection that was increasing throughout the collections. A vertical gradient (from the apex of the plants to the base of the skirt) was established for all analyzes. Thus, in the vertical direction, three thirds were analyzed in a plant: upper, median and lower. The data were collected at 1-month intervals, and after the end of the experiment the data were organized in meteorological stations. Data on vegetative and reproductive growth were analyzed. These data were: length of plagiotropic branches, number of leaves, leaf area, number of rosettes with fruit, number of flower buds, number of fruits, and from these data reasons were made to elucidate the dynamics. Leaf temperature, canopy temperature, photosynthetically active radiation rate, and mean rainfall index and average temperature of the experimental area were also collected. From these data, behavioral patterns were identified, and it can be concluded that in the year of positive bienniality, the branches of the middle third were more efficient in fruit production, with lower fruit ratios by mean leaf area, presence of fruits on the rosettes. The upper third, despite receiving more radiation, has the photo-assimilates competition between the fruits and new leaves and new shoots produced each cycle. In the lower third, the coffee tree presents high shading rates, causing a greater investment in leaves and secondary and tertiary branches in order to obtain an increase in light uptake.

Keywords: *Coffea arabica*. Source-drain relationship. Dynamics of development

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Aspectos fisiológicos e fitotécnicos do cafeeiro.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Ciclo fenológico do cafeeiro .....</b>	<b>15</b>
<b>Fenologia .....</b>	<b>15</b>
<b>Bienalidade do cafeeiro .....</b>	<b>19</b>
<b>Cultivar Arara .....</b>	<b>20</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Local de realização do experimento.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 Condução do experimento .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3 Varáveis analisadas .....</b>	<b>22</b>
<b>Comprimento dos ramos.....</b>	<b>24</b>
<b>Número de frutos e caracterização de estágio de maturação.....</b>	<b>24</b>
<b>Número de folhas e Área foliar .....</b>	<b>25</b>
<b>Pesagem de matéria seca.....</b>	<b>25</b>
<b>Avaliação da radiação incidente.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Temperatura foliar e do interior da copa.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Dados meteorológicos.....</b>	<b>25</b>
<b>3.4 Análises estatísticas .....</b>	<b>26</b>
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1 Crescimento vegetativo .....</b>	<b>26</b>
<b>4.2 Crescimento reprodutivo .....</b>	<b>29</b>

<b>4.3</b>	<b>Razões entre o crescimento vegetativo e reprodutivo .....</b>	<b>33</b>
<b>4.4</b>	<b>Acúmulo de matéria seca .....</b>	<b>37</b>
<b>4.5</b>	<b>Temperatura do dossel e valores de radiação ..Error! Bookmark not defined.</b>	
<b>4.6</b>	<b>Dados meteorológicos .....</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>44</b>
	<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>44</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O café é a commodity mais importante para o comércio agrícola internacional, gerando mais de 90 bilhões de dólares e, envolvendo por volta de 80 milhões de pessoas, considerando a cadeia produtiva desde o plantio, cultivo, processamento, transporte e comércio (SANTOS et al. 2015). Os principais países produtores de café, com aproximadamente 66% da produção mundial são, respectivamente: Brasil, Vietnam, Colômbia e Indonésia (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION – 2018). A produção brasileira representa um terço de todo o café produzido no mundo e uma fatia considerável dos grãos de qualidade é absorvida pelo mercado interno, devido ao aumento da demanda do consumidor brasileiro que busca cada vez mais grãos especiais (BUREAU DE INTELIGÊNCIA COMPETITIVA DO CAFÉ, 2016).

Em relação ao cenário da cadeia produtiva da cafeicultura nacional, planta-se café nas mais variadas condições edafoclimáticas. Os estados de Minas Gerais, Bahia, Espírito Santo, São Paulo, Rondônia e Paraná são os principais produtores, sendo responsáveis por mais de 98% da produção nacional (CONAB, 2018).

Minas Gerais se destaca como o principal produtor e, considerando um ano de bialidade negativa apresentou uma produtividade na safra de 2016/2017 de aproximadamente 24,92 sacas/ha superando a média nacional de 24,1 sacas/ha, totalizando uma produção de 24,44 milhões de sacas beneficiadas de 60kg, com uma representatividade de 54% de todo o café brasileiro (CONAB, 2017). Já para a safra 2017/2018, ano de bialidade positiva, a segunda estimativa (Maio) indica um aumento de 29,1% na produção nacional cafeeira, totalizando 58,04 milhões de sacas (CONAB, 2018).

O ciclo bial do café consiste na alternância de um ano com grande carga de frutos nos cafeeiros, seguido por outro ano com carga menos intensa. Isso é uma característica natural dessa cultura perene, ocasionada pelo esgotamento da planta, uma vez que no ano negativo ela se recupera para produzir melhor no ano subsequente.

Devido à grande extensão territorial utilizada para o cultivo do café, os problemas ligados às adversidades edafoclimáticas são os mais variáveis, e se relacionam a diferentes elementos, entre eles a disponibilidade hídrica e amplitudes térmicas consideráveis.

De acordo com Alves e Livramento (2003) o êxito e sucesso da expansão da cafeicultura no Brasil deve-se, em parte, às pesquisas no campo do manejo da irrigação, melhoramento genético, solos e nutrição mineral das plantas, fitopatologia e fisiologia vegetal. Como resultados dessas pesquisas, hoje são cultivados no Brasil um grande número de cultivares adaptadas as diferentes regiões e climas.

Embora as variações climáticas que vem afetando o desenvolvimento e a produção de cafezais pelo território brasileiro estejam ficando cada vez mais evidentes ao longo dos últimos anos, estudos fisiológicos que mapeiem por completo a copa e a dinâmica de crescimento vegetativo e reprodutivo, correlacionando crescimento, irradiação e dados meteorológicos são escassos. Deste modo, tendo em vista as mais diferentes condições dispostas para a prática da cafeicultura em solo brasileiro, este estudo visa o mapeamento da dinâmica copa de um cafeeiro adulto (*Coffea arabica* L. cv. Arara) em produção, relacionando dados de crescimento e desenvolvimento com irradiação e dados meteorológicos, de modo a caracterizar sua dinâmica de crescimento vegetativo e reprodutivo e, acúmulo de matéria seca.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Aspectos fisiológicos e fitotécnicos do cafeeiro**

Dentre as mais de 100 espécies do gênero *Coffea*, notamos uma hegemonia no comércio mundial de café da espécie *Coffea arabica* (café arábica), juntamente com a espécie *Coffea canephora*, totalizando aproximadamente 99% da produção mundial. O cafeeiro é uma angiosperma eudicotiledônea, nativo das florestas tropicais da Etiópia, Quênia e Sudão, em altitudes de 1500-2800m. Pertence à família *Rubiacea*, dentro do gênero *Coffea*, na seção *Eucoffea*, (CAMARGO,

2010). É uma planta arbustiva, de caule lenhoso e lignificado, que possui um caule (tronco) vertical chamado de ortotrópico e ramos ou hastes laterais, os plagiotrópicos (MATIELLO et al., 2002).

O metabolismo do cafeeiro pode ser afetado por fatores bióticos e abióticos. Existem diferentes estudos que envolvem as respostas fisiológicas do cafeeiro frente às variações edafoclimáticas. No entanto, tais estudos são pontuais, considerando apenas folhas localizadas em pontos específicos da planta, que não representam a interação e a dinâmica das diferentes folhas em toda copa (DAMATTA et al., 2007). Neste contexto, é necessário compreender os parâmetros variáveis no interior da copa do cafeeiro para então realizar um mapeamento das respostas fisiológicas da planta, uma vez que a alteração no metabolismo pode variar de acordo com a profundidade e altura em uma copa (ARAUJO et al., 2008).

Segundo Kumar and Tieszan (1980), os valores de irradiação saturante ficam na faixa de 300 - 600  $\mu\text{mol}$  (fótons)  $\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (apud Marur, 2006). Valores que foram posteriormente comprovados por Marur (2006) em seu trabalho, onde houve a avaliação de trocas gasosas de diferentes partes da copa de um cafeeiro.

As modificações do microclima nas folhas sombreadas geram menor flutuação da temperatura, redução na velocidade do vento e maior umidade relativa do ar, melhorando a eficiência no uso da água. Podendo também acarretar maior abertura estomática, especialmente quando o suprimento hídrico do solo não for limitante (DAMATTA et al., 2007). Essas folhas das camadas internas possuem um microclima mais propício às trocas gasosas, atenuando os efeitos adversos da demanda evaporativa da atmosfera, resultando então em incrementos na eficiência no uso da água (DAMATTA, 2004).

Quanto à faixa de temperatura, fator edafoclimático extremamente importante para a produção cafeeira, o *Coffea arabica L.* tem como faixa ideal de temperatura médias anuais dentro de 18 – 23°C. Aumentos de temperatura muitos severos afetam diretamente a produção, acelerando a maturação dos frutos e ocasionando má formação nos meses de granação (DAMATTA et al. 2008). Já nos meses de florescimento pode ocorrer abortamento de botões florais em formação (DAMATTA & RAMALHO, 2006). Também tem sido notada uma diminuição na assimilação de  $\text{CO}_2$  em cafeeiros submetidos a

altas taxas de radiação, com temperaturas foliares chegando a 35°C, limitando assim a condutância do mesófilo (DAMATTA et al. 2007).

Estudos prévios também obtiveram resultados negativos quanto a baixas temperaturas em estágios importantes do desenvolvimento do cafeeiro a partir de 17°C. Com essa diminuição da temperatura, observou-se uma menor condutância estomática ( $g_s$ ), seguida pela diminuição drástica da taxa fotossintética, ocasionado pela baixa disponibilidade de CO<sub>2</sub> para carboxilação (RAMALHO et. al 2014), e que conseqüentemente limita o crescimento e desenvolvimento do cafeeiro nessas condições.

Já a distribuição pluviométrica é um dos elementos que proporciona maior interferência fenológica, uma vez que regula a quantidade de umidade, no ar e no solo, levando a um forte impacto na produtividade. O abastecimento de água para uma cultura resulta de interações que se estabelecem ao longo do sistema solo-planta-atmosfera. As influências entre esses componentes tornam este sistema dinâmico e interligado, sendo que a condição hídrica da cultura dependerá sempre da combinação desses três segmentos (SANTOS; CARLESSO, 1998). No plantio, para a escolha de uma localidade, é necessário que se levantem principalmente informações de temperatura e precipitação, fatores estes que interferem na vida produtiva do cafeeiro (TAVARES et al., 2014).

## **2.2 Ciclo fenológico do cafeeiro**

### **Fenologia**

A fenologia é definida como sendo o comportamento nas fases ou atividades do ciclo de vida de plantas ou animais e sua ocorrência temporal ao longo do ano, contribuindo para o entendimento dos padrões reprodutivos e vegetativos de plantas e animais que delas dependem (MORELLATO, 1995).

Focando nas culturas agrícolas, Fancelli e Dourado Neto (1997) relatam a fenologia como o estudo de eventos que ocorrem de forma periódica na vida das plantas em consequência às condições edafoclimáticas.

Reforçando o raciocínio, Pereira, Camargo e Camargo (2008), destacam que a fenologia das plantas está associada aos hábitos de crescimento e desenvolvimento ao longo de seu ciclo de vida, sendo influenciada por fatores internos (genótipo) e externos (ambiente). Afirmam ainda que para um mesmo genótipo, em condições nutricionais e fitossanitárias adequadas, a maior fonte de variabilidade na fenologia será o ambiente. E que de todos os fatores que caracterizam o ambiente, os mais críticos para a fenologia do cafeeiro são a temperatura, o fotoperíodo e o ritmo das chuvas, ficando o sucesso da cultura, dependente da sincronização entre as fases fenológicas e o clima local.

Para Pezzopane (2003) as relações e o grau de influência dos fatores ambientais envolvidos podem ser determinados com a ordenação das fases fenológicas da cultura. E com vistas a aplicação do entendimento da fenologia observada na cultura do café comparativamente a outras culturas, Camargo e Camargo (2001) afirmam que o ciclo fenológico dos cafeeiros da espécie *Coffea arabica* L. apresenta uma sucessão de fases vegetativas e reprodutivas, que ocorrem em aproximadamente 2 anos, se diferenciando da maioria das plantas que emitem as inflorescências na primavera e frutificam no mesmo ano fenológico.

Com o intuito de simplificar e racionalizar a identificação das características das fases fenológicas do cafeeiro, Camargo e Camargo (2001), propõem um esquema composto de seis fases (Figura 3), sendo duas vegetativas e quatro reprodutivas, ou seja: (1) vegetação e formação de gemas foliares; (2) indução e maturação das gemas florais; (3) florada; (4) granação dos frutos; (5) maturação dos frutos; e (6) repouso e senescência dos ramos terciários e quaternários.



Nesse esquema, a fenologia do cafeeiro arábica foi definida e esquematizada para as condições climáticas do Brasil e está relacionada com as condições agrometeorológicas de cada ano.

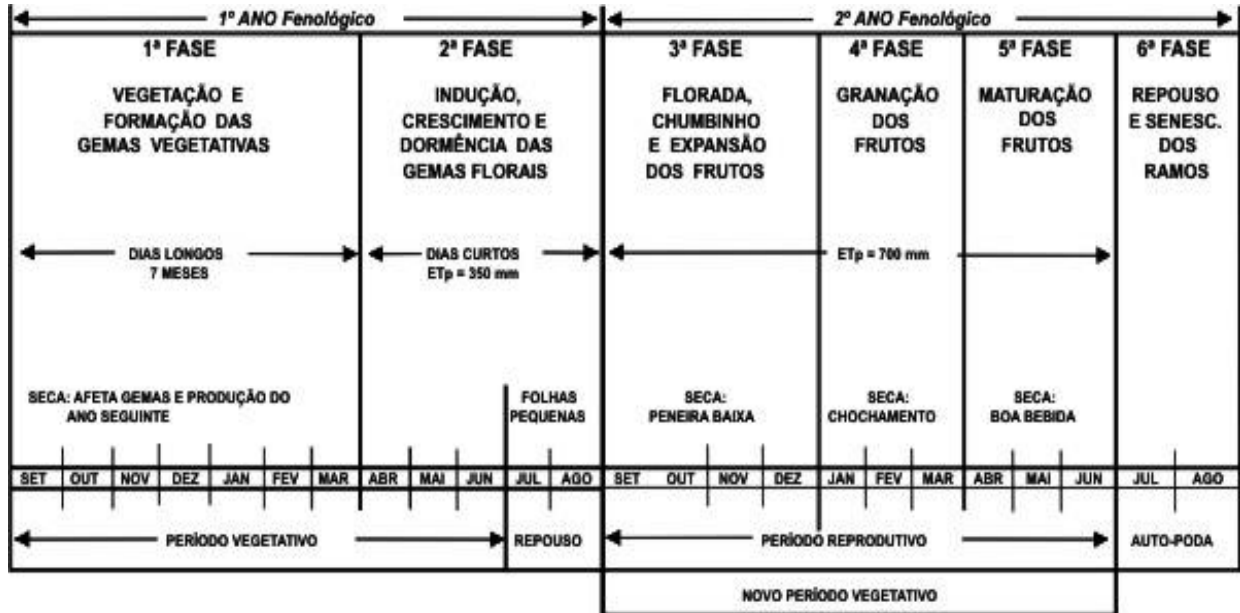


Figura 1 – Esquematização das seis fases fenológicas do cafeeiro arábica durante o período de 24 meses, nas condições climáticas tropicais do Brasil.

Observa-se que no primeiro ano fenológico são formados os ramos vegetativos, com gemas axilares nos nós que serão induzidos a se transformarem em gemas reprodutivas (GOUVEIA, 1984), sendo este processo determinado por condições ambientais (CAMARGO, 1985). Posteriormente, tais gemas florais amadurecem, entram em dormência e se tornam aptas para a antese que ocorre por chuva ou por irrigação abundante (RENA; MAESTRI, 1985).

De acordo com Camargo, Camargo e Pallone Filho (2001), a maturação das gemas florais ocorre quando a evapotranspiração potencial acumulada, desde o mês de abril, atinge os 350 mm, o que implica, para as condições de cultivo do sul de Minas Gerais, em florada principal entre os meses de setembro e outubro, sendo esta evidenciada quando se verifica um período de restrição hídrica durante o período de repouso das gemas.

O segundo ano fenológico inicia-se com a florada, seguida pela formação dos chumbinhos e expansão dos grãos, até seu tamanho normal. A ocorrência de estiagem nesta fase e o estresse hídrico resultante prejudicarão o crescimento dos frutos. Após esta fase, segue-se a granação dos frutos, em

pleno verão, de janeiro a março. Estiagens severas na fase de granação poderão resultar no aparecimento de frutos chochos. A produção é finalizada com a maturação dos frutos que ocorre a partir de abril.

Para Camargo e Camargo (2001) a maturação dos frutos depende da precocidade da cultivar e da acumulação de energia solar, ou seja, do somatório da evapotranspiração potencial, entorno de 700 mm, após a florada principal (CAMARGO; CAMARGO; PALLONE FILHO, 2001). Por último, no período de julho a agosto, ocorre a senescência dos ramos produtivos não-primários que secam e morrem, limitando o crescimento do cafeeiro.

Com essa esquematização das diferentes fases fenológicas do cafeeiro arábica torna-se possível identificar as fases que exigem maior demanda pela água disponível no solo e aquelas nas quais se torna conveniente ocorrer um pequeno estresse hídrico, para condicionar uma abundante florada. E ainda se facilita o reconhecimento das melhores épocas de aplicação de tratamentos fitossanitários e a execução das diversas operações agrícolas necessárias (CAMARGO; CAMARGO, 2001).

A fim de detalhar o período reprodutivo, Pezzopane et al. (2003), propuseram uma escala de avaliação do desenvolvimento de estádios fenológicos baseada em fotografias de cada fase compreendendo o estágio de gemas dormentes até o grão seco, onde foram atribuídas notas de 0 a 11. Esta escala foi utilizada para diferentes cultivares nas regiões de Campinas e Mococa, se mostrando úteis para estudos que possibilitam a identificação das variáveis climáticas relacionadas ao desenvolvimento, à expansão e à maturação dos frutos.

Para Rena e Maestri (1987), na fase reprodutiva, o cafeeiro pode apresentar várias floradas sendo uma principal, seguida de outras, cujo número depende das condições climáticas e da variabilidade genética, o que pode acarretar uma maturação desuniforme.

O desenvolvimento dos frutos é um processo longo, que varia de seis a oito meses nas cultivares de café arábica. Após a fecundação, começa o crescimento do fruto, pela divisão e alongação das células do perisperma (fase maternal), seguido do início da divisão das células do endosperma, as quais correspondem aos frutos chumbinho e frutos em expansão, respectivamente. Na sequência tem-se a fase denominada de grão verde, a qual se caracteriza pelo desenvolvimento do endosperma por meio da alongação das células desse tecido, e o perisperma desaparece gradualmente,

substituído pelo endosperma. Nas fases de maturação e amadurecimento (frutos verde cana e cereja), ocorrem o endurecimento do endosperma e a alteração da cor do pericarpo, proporcionados pelo acúmulo gradual de proteínas de reserva, sacarose e polissacarídeos complexos, que representam as principais reservas da semente (CASTRO; KLUGE; PERES, 2005).

### **Bienalidade do cafeeiro**

O ciclo bienal do cafeeiro é definido como a alternância de produção entre safras sucessivas, em que após uma safra elevada de grãos segue uma safra de baixa produção, sendo essa uma característica de cultivos a pleno sol. De acordo com Fahl et al. (2001), a natureza fisiológica dessa bienalidade de produção do cafeeiro se deve a concorrência por fotoassimilados entre as funções vegetativas e reprodutivas e ao fato de a produção ocorrer, de forma significativa, nas partes dos ramos que ainda não produziram e cresceram na estação anterior.

Barros (1997) afirma que a bienalidade da produção do café está ligada à relação fonte-dreno existente entre frutos e folhas, enquanto as folhas são fontes de fotossintetizados, os tecidos em crescimento nos frutos atuam como drenos dos mesmos. E como ambas as fases reprodutiva do ano corrente e vegetativa para o ano seguinte ocorrem de maneira simultânea, a planta tende a balancear a partição de fotossintetizados.

Assim, nos anos de alta carga pendente, a planta direciona a produção de fotossintetizados para a formação e crescimento dos frutos. Nos anos de baixa carga pendente, estes são direcionados à formação de novas gemas vegetativas que gerarão novos ramos. E desse modo, a alta produção de um ano causa uma redução do crescimento vegetativo, em virtude do direcionamento das reservas metabólicas para a produção de frutos, e da consequente restrição do crescimento e redução da emissão de novos ramos laterais (PICINI, 1998).

A respeito da bienalidade do cafeeiro, ainda é interessante notar o mencionado por Damatta et al. (2008), onde afirmam que a sobrecarga dos frutos é, normalmente, acompanhada pela seca de ramos e morte de raízes e deste modo, após ciclos sucessivos de bienalidade, a planta entra em

declínio, reduzindo sua vida produtiva. E os autores ainda destacam que caso os anos de supercarga estejam associados a temperaturas elevadas e a deficiências hídricas prolongadas, a morte de raízes absorventes e posterior seca dos ramos serão acentuadas, exigindo do cafeeiro ao menos dois anos consecutivos de recuperação, o que levaria à trienalidade da cultura.

## **Cultivar Arara**

O Arara é uma cultivar lançada comercialmente nos últimos anos, selecionada por pesquisadores da Fundação Procafé, oriunda do cruzamento natural entre o Obatã e o Catuaí ou Icatu amarelo. Nos ensaios e em plantios comerciais o Arara vem se destacando por alcançar altas produtividades, além de apresentar frutos/grãos graúdos e alta resistência à ferrugem. Outra característica da variedade é sua maturação tardia, ferramenta útil para escalonar a colheita, garantindo mais café de qualidade na propriedade (BARTELEGA et al., 2017). A cultivar arara possui copa de diâmetro médio e cilíndrica, com ramificação secundária grossa e altamente enfolhada (MATIELLO et al., 2008)

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local de realização do experimento**

O presente trabalho foi conduzido em uma lavoura cafeeira da Fundação Prócafé localizada na Fazenda Experimental de Varginha (FEV) com as respectivas coordenadas 21° 33' 59,58" S e 45° 24' 17,93" W. O local é considerado apto para a cafeicultura, com altitude de 1000m, amplitude térmica anual de 16°C a 23°C, solo de textura argilosa e boa profundidade. As análises fisiológicas

também foram conduzidas no Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Molecular de Plantas, localizado no Setor de Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia/UFLA.

### **3.2 Condução do experimento**

Plantas de cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Arara), em seu terceiro ano de produção foram previamente selecionadas por meio da aferição das respectivas alturas nos dias de coleta. Essas plantas estão inseridas em um sistema de plantio convencional, com espaçamento de 3,5 x 0,5m e foram coletadas sempre em um intervalo de 1 mês entre as coletas. Tais coletas mensais foram compiladas em forma de estações meteorológicas, que serão exibidas nos gráficos dos resultados.

O experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado, onde ocorreu a retirada de 4 plantas por coleta, adotando cada planta como 1 repetição. Essas plantas previamente medidas, foram selecionadas adotando um padrão de altura mês a mês para que não houvesse uma disparidade muito grande de dados. Portanto a cada mês, considerando o crescimento vertical da planta, as plantas foram coletadas seguindo um padrão de crescimento, que foi aumentando ao longo do tempo (Gráfico 1).

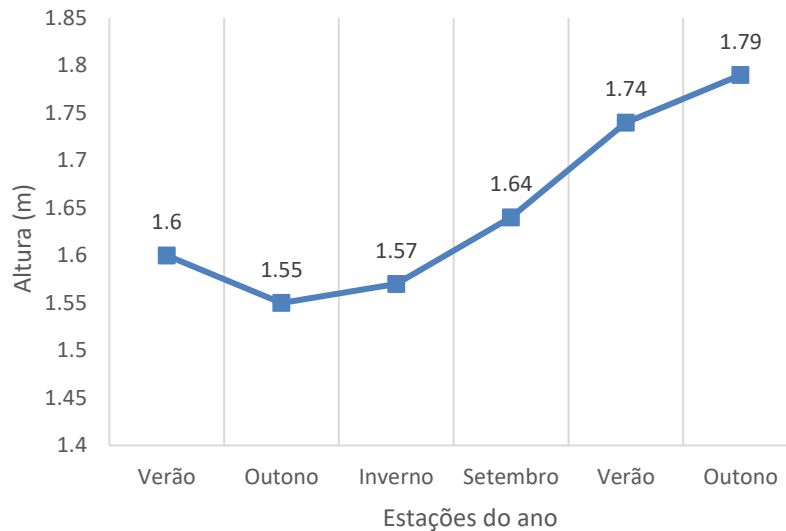


Gráfico 1 – Altura média de plantas coletadas durante as estações meteorológicas

Após a escolha das plantas estas foram zoneadas em um gradiente vertical que dividiu a planta em três terços: superior, médio e inferior. Os ramos plagiotrópicos de cada terço foram então coletados e levados para laboratório para as análises fisiológicas.

### 3.3 Varáveis analisadas

As análises, com exceção da altura de plantas que foi feita em campo, foram conduzidas no Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Molecular de Plantas. Os ramos podados e separados em sacos plásticos foram quantificados separadamente, por tratamento. O primeiro passo será a contagem de ramos plagiotrópicos.

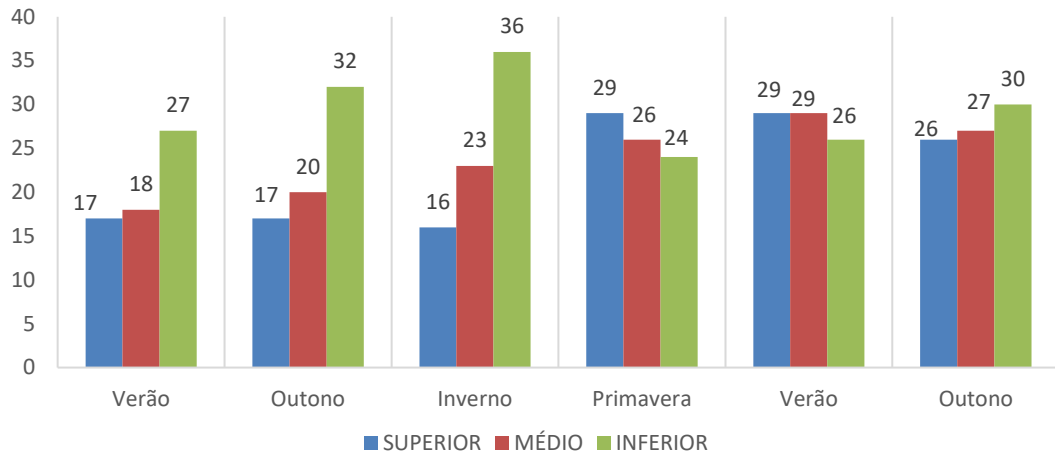


Gráfico 2 – Número médio de ramos plagiotrópicos ao longo das estações

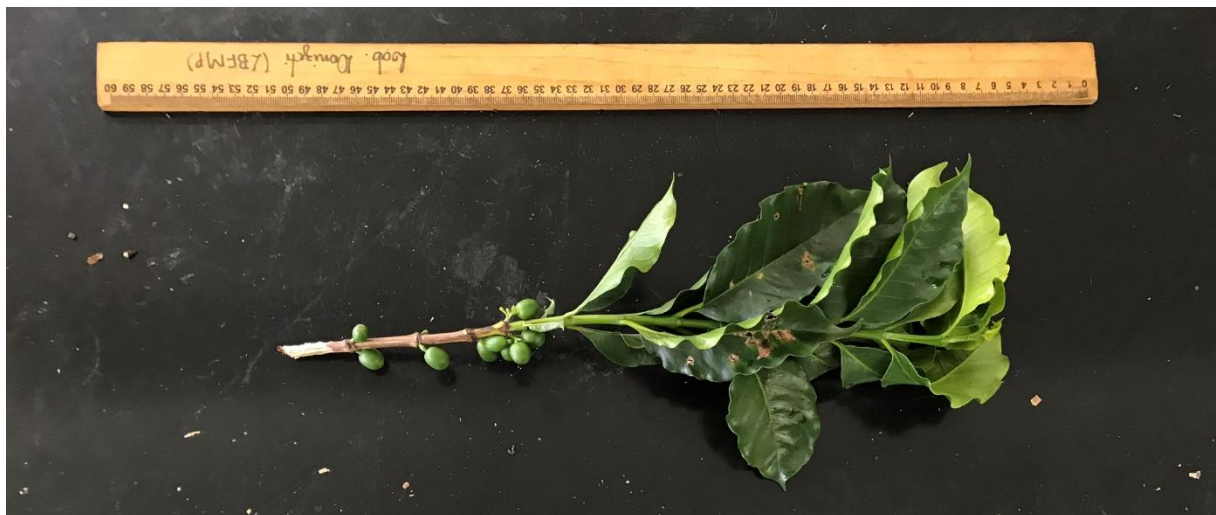
Com a contagem dos ramos plagiotrópicos, foi feita uma padronização dos dados de crescimento vegetativo e reprodutivo proporcionalmente ao número de ramos de cada planta pois a cada mês coletou-se plantas diferentes.

Feita a contagem de ramos plagiotrópicos seguiu-se para as seguintes análises: comprimento do ramo plagiotrópico, número de rosetas com fruto, número de frutos e caracterização de suas respectivas fases de maturação, número de folhas e o valor de área foliar.

Finalizadas as avaliações em matéria fresca, as amostras foram então dispostas em estufa de circulação forçada a 70°C até peso constante, de modo que facilitasse a trituração e pesagem da matéria seca.

### **Comprimento dos ramos**

Os ramos coletados foram medidos utilizando-se uma régua. A aferição foi feita esticando o ramo para que este fique completamente reto, e depositando-o sobre a régua. Esses ramos foram posteriormente cortados em pequenos pedaços e separados em sacos de papel pardo grande respeitando cada devido tratamento.



### **Número de rosetas com fruto**

As rosetas de café são os locais, junto aos nós dos ramos plagiotrópicos, onde ocorre a frutificação do cafeeiro. Como parte da metodologia, contou-se somente as rosetas com frutos.

### **Número de frutos e caracterização de estágio de maturação**



Após a contagem do número de rosetas, os frutos foram destacados de cada parte dos ramos, e foi feita a separação dos mesmos de acordo com seu estágio de maturação segundo a escala de avaliação proposta por Pezzopane et al. em 2003. Após a separação por estágio de maturação, foi feita a contagem dos frutos.

### **Número de folhas e Área foliar**

Feita a contagem dos frutos, foram destacadas as folhas para a contagem, eliminando folhas muito pequenas. Após a contagem, foram separados 10% do total de folhas inteiras de cada tratamento para a aferição com régua, do comprimento e largura de tais folhas. Feita a medição, estas foram levadas para a secagem. Após a secagem, as folhas medidas serão pesadas e a área foliar de cada tratamento será obtido comparando o peso das folhas medidas com o restante das folhas coletadas, segundo a metodologia utilizada por Coelho Filho et al. em 2012.

### **Pesagem de matéria seca**

A pesagem de matéria seca foi feita sempre após o material coletado ter atingido peso constante em estufa de circulação forçada a 70°C.

### **Dados meteorológicos**

Dados meteorológicos foram coletados a partir da estação automática localizada na propriedade do experimento (FEV). Os dados utilizados no presente trabalho foram precipitação média e temperatura média mensal da área. Tais dados foram utilizados para a comparação entre eventos pluviométricos e variações de temperatura e, as consequentes respostas fisiológicas das plantas coletadas no período de tais eventos. Os dados foram fornecidos pela própria Fundação Prócafé.

### **3.4 Análises estatísticas**

Após a finalização das coletas e pesagem da matéria seca, os dados foram tabulados no programa Excel e submetidos a uma estatística descritiva, etapa inicial da análise estatística utilizada para descrever e resumir grandes quantidades de dados. Os meses de coleta foram agrupados em dados representando as estações meteorológicas ao longo do ano e foram feitas as médias de cada dado reprodutivo e vegetativo, e foi feita uma padronização de tais dados pelo número de ramos plagiotrópicos das plantas de cada coleta.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 Crescimento vegetativo**

O crescimento vegetativo do cafeeiro foi definido em cada estrato vertical por três parâmetros: comprimento médio dos ramos plagiotrópicos e, número médio de folhas e área foliar média dos ramos.

Para o parâmetro comprimento médio dos ramos plagiotrópicos (Gráfico 3), nota-se um crescimento no comprimento médio dos ramos em ambos os anos. No primeiro ciclo com início no verão até inverno, ciclo de bienalidade positiva da lavoura, o estrato superior e o estrato médio mostraram um crescimento de ramos no período do verão para o outono, estagnando este crescimento no inverno. Já no estrato inferior nota-se um crescimento contínuo da estação verão à estação inverno.

No ciclo subsequente, onde os dados começam a partir da primavera e terminam no outono de 2018, ciclo de bienalidade negativa, o crescimento manteve-se crescente, com ramos do estrato superior e inferior com valores médio de comprimento similares ao ciclo anterior, enquanto que os ramos do estrato médio tiveram um crescimento maior em relação aos dados do ciclo passado.

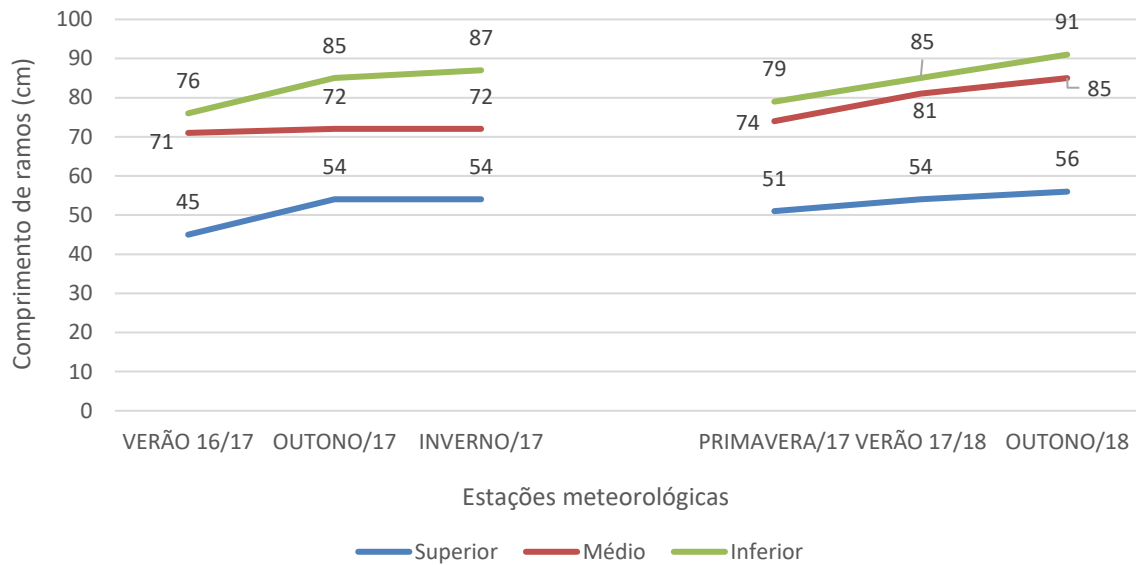


Gráfico 3 – Comprimento médio dos ramos plagiotrópicos em cada estrato

Para o parâmetro número médio de folhas, os valores encontrados (Gráfico 4) seguem um padrão em ambos os ciclos. Nota-se neste padrão, valores crescentes do número médio de folha do estrato superior e descendo o gradiente vertical até o estrato inferior.

Nas três estações do primeiro ciclo observa-se um tímido aumento no número médio de folhas no estrato superior, quase não havendo diferenças. Já para os estratos médio nota-se um aumento suave do verão para o outono e para o inverno. Os ramos do estrato inferior por sua vez apresentaram um aumento gradativo durante o primeiro ciclo, passando de 38 no verão a 45 folhas no inverno.

Feita a colheita nos meses de julho e agosto, nota-se no segundo ciclo uma diminuição no número de folhas presentes na estação da primavera, com um salto nos valores dos três estratos quando passamos para o verão. Após esse período de enfolhamento, do verão ao outono os estratos superior e médio mantêm a média de folhas enquanto que no estrato inferior ainda ocorre um aumento no valor.

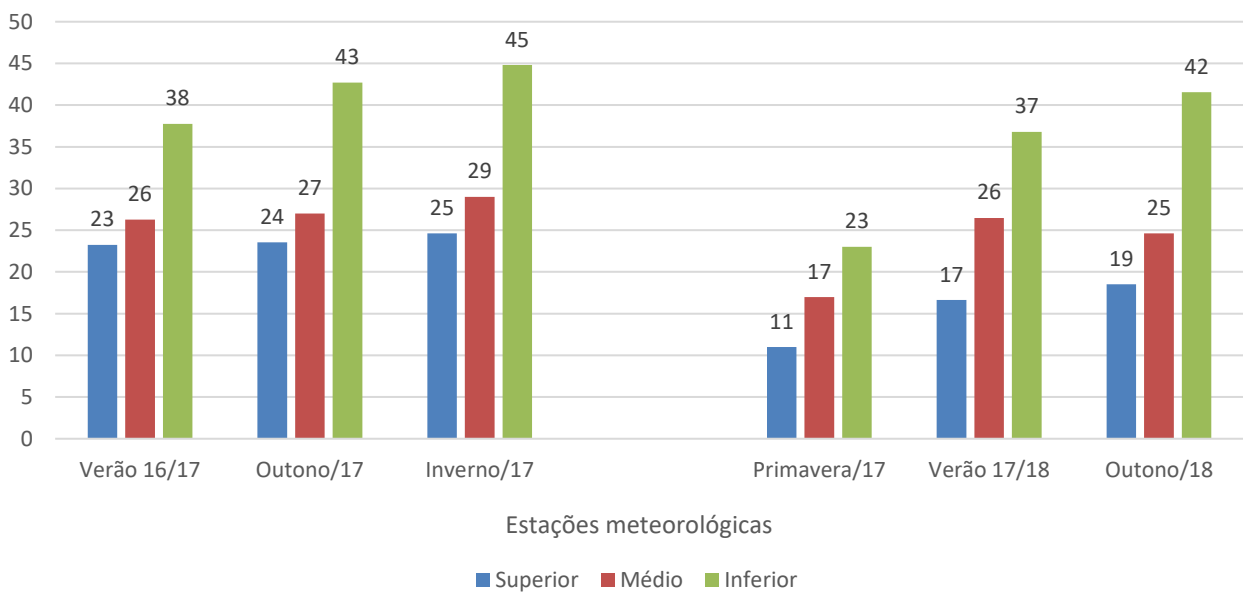


Gráfico 4 – Número médio de folhas por ramos plagiotrópicos

Já no parâmetro área foliar média, manteve-se um padrão nos três estratos semelhante ao parâmetro de número de folhas (Gráfico 5). No primeiro ciclo observa-se um leve aumento na área foliar dos três estratos do verão para o outono. Por outro lado, do outono para o inverno já pode-se notar um aumento considerável dos valores.

Passando ao segundo ciclo, que se inicia na primavera, observa-se assim como no gráfico de número de folhas uma grande queda na área foliar dos estratos, consequência direta da colheita efetuada entre junho e setembro. Tais valores se mostram inferiores aos encontrados no verão do primeiro ciclo.

Já no verão ocorre uma recuperação do cafeeiro e os valores de área foliar quase dobram, mantendo o crescimento também para o outono. Tais valores encontrados no outono do segundo ciclo ultrapassam os valores de área foliar média do ciclo anterior considerando a mesma estação meteorológica.

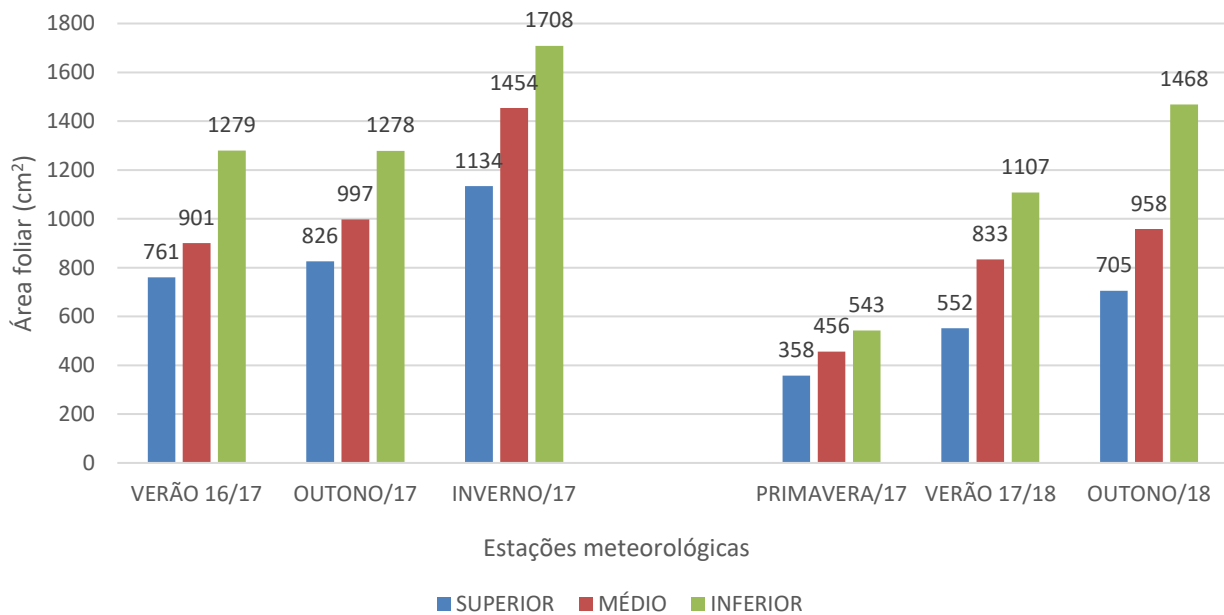


Gráfico 5 – Área foliar média nos ramos plagiotrópicos de cada estrato

## 4.2 Crescimento reprodutivo

Assim como o crescimento vegetativo, o reprodutivo também foi definido por três parâmetros: número de botões florais e sua distribuição ao longo dos ramos plagiotrópicos nos meses de setembro e outubro e, número de frutos e rosetas com fruto ao longo das estações nos três estratos verticais. Todos os parâmetros de crescimento reprodutivo também foram padronizados pelo número de ramos plagiotrópicos de cada estrato.

No parâmetro número de botões florais (Gráfico 6), observa-se tanto no mês de setembro quanto em outubro, uma maior presença de peças florais no terço superior, com os terços médio e inferior apresentando valores baixos no quesito florescimento.

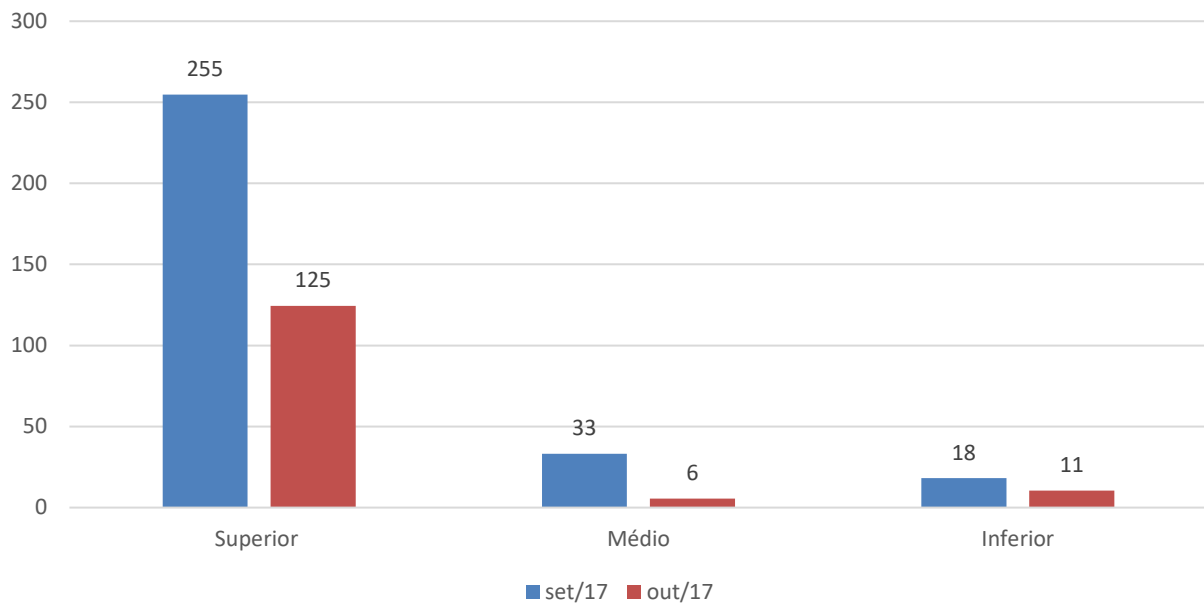


Gráfico 6 – Número de botões florais em cada estrato vertical

Feita a quantificação das peças florais em cada estrato vertical, esses valores foram então separados ao longo de estrato horizontal nos ramos plagiotrópicos. O ramo produtivo foi dividido em três partes: proximal, intermediária e distal, que são respectivamente a parte velha do ramo que já produziu no ano anterior, a parte produtiva do ramo, e a parte mais vegetativa chamada também de ponteiro.

Observando o gráfico 7, nota-se que no mês de setembro o cafeeiro possuía uma maior concentração dos botões florais na região intermediária dos ramos, considerando os estratos superior e médio. Já nos ramos do estrato inferior há um equilíbrio das partes proximal e intermediária no número de flores.

O mesmo padrão mantém-se no mês de outubro, com maior concentração dos botões florais na região intermediária do estrato superior e médio. No estrato inferior por sua vez, os botões florais se concentraram mais na parte proximal dos ramos.

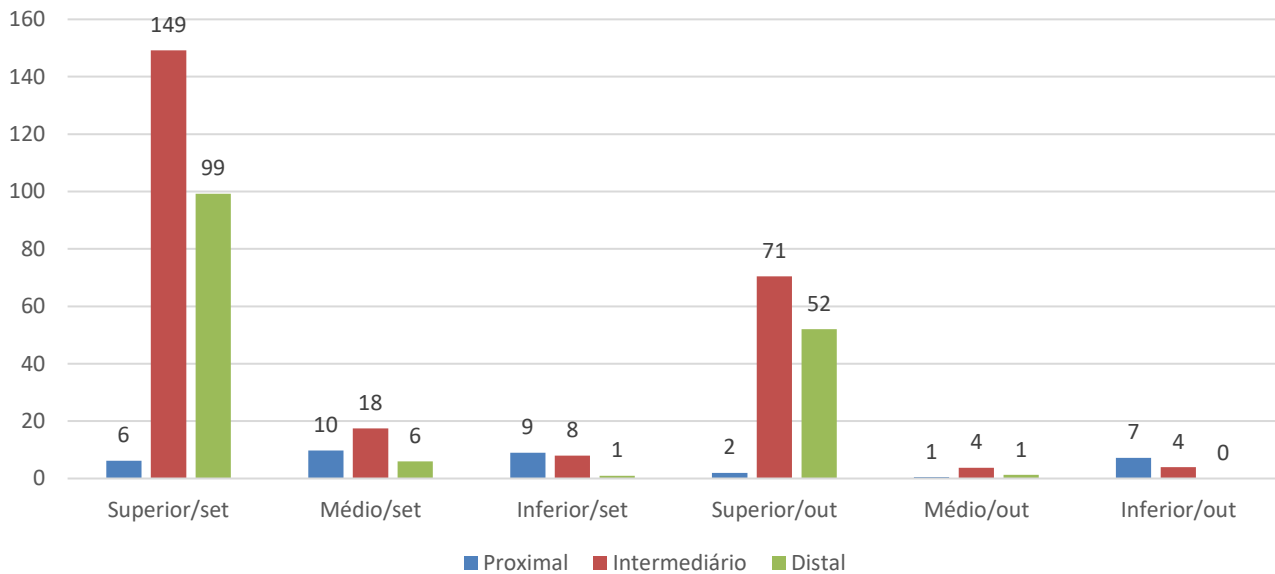


Gráfico 7 – Distribuição dos botões florais nos ramos plagiotrópicos

Para o parâmetro número de rosetas foi considerado as mesmas estações consideradas para o crescimento vegetativo, com a ressalva que a primavera foi representada somente pelo mês de novembro, uma vez que nos meses de setembro e outubro o cafeeiro possuía apenas botões florais.

O número de rosetas foi contado apenas quando as mesmas apresentavam frutos, independente do número de frutos encontrados.

Observando o gráfico 8, no primeiro ciclo obteve-se maiores valores de rosetas com frutos nos terços médio e inferior. Já no superior os valores foram 64% menores em relação ao médio e 50% menores em relação ao inferior. Passando para o segundo ciclo nota-se valores iguais na primavera entre os três estratos, ocorrendo uma ínfima queda para as estações de verão e de outono. Vale ressaltar também a diferença entre os valores das estações de verão e outono dos dois ciclos.

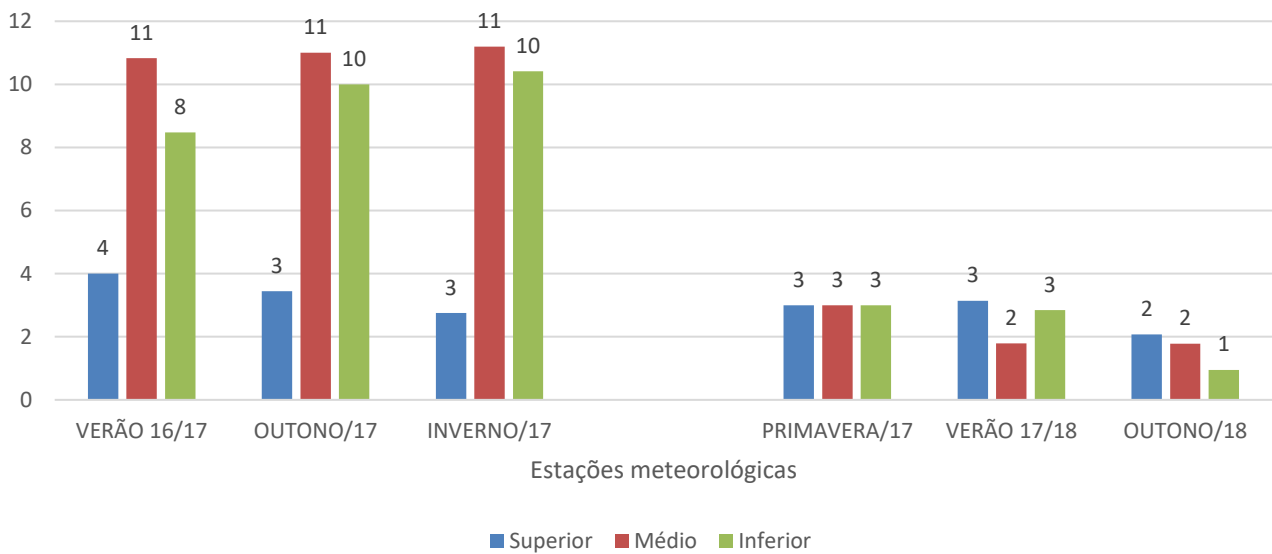


Gráfico 8 – Número médio de rosetas com fruto por ramos em cada estrato vertical

Para o parâmetro número médio de frutos (Gráfico 9), nota-se no primeiro ciclo uma maior presença de frutos nos ramos do terço médio, seguido pelo terço inferior com valores aproximadamente 50% menores, e pelo terço superior com valores 75% menores quando comparados ao terço médio.



Já no segundo ciclo, nas estações da primavera e verão, observou-se uma maior presença de frutos no terço superior, enquanto que no outono os valores do terço superior se equipararam aos do terço médio. No segundo ciclo o terço inferior foi o que apresentou a menor presença de frutos.

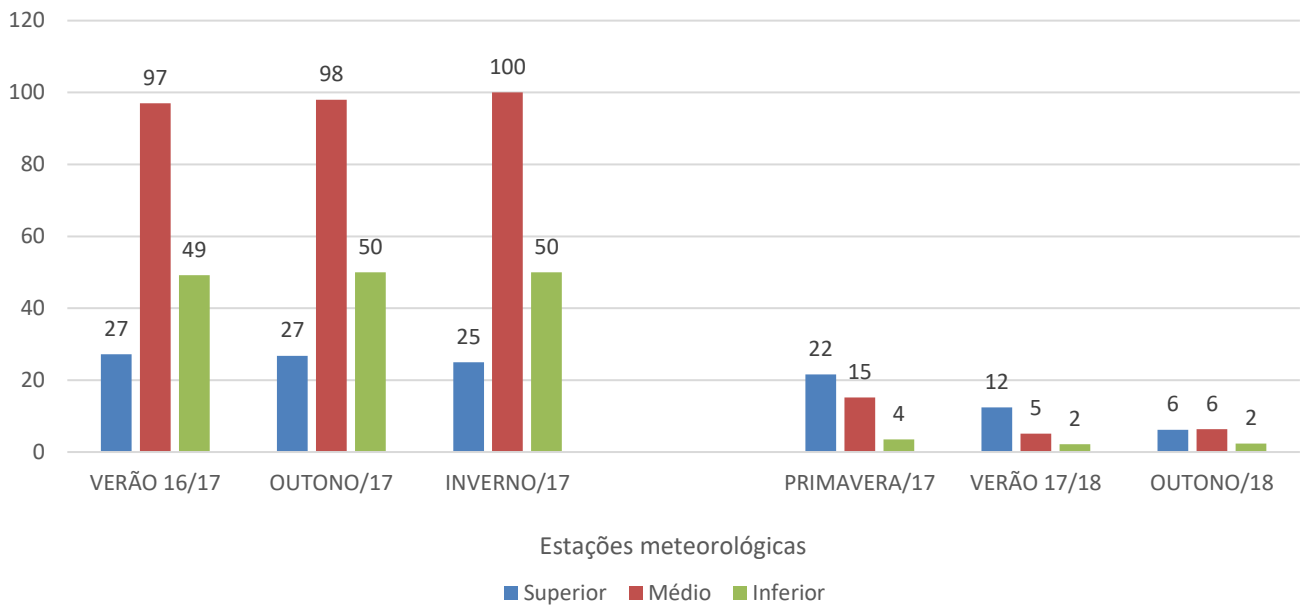


Gráfico 9 – Número médio de frutos nos ramos em cada estrato vertical

### 4.3 Razões entre o crescimento vegetativo e reprodutivo

Para elucidar melhor a dinâmica do cafeeiro durante as seis estações meteorológicas em que o experimento foi conduzido, foram feitas razões entre parâmetros vegetativos e reprodutivos. Tais razões foram:

- Número de botões florais x número de folhas;
- Área foliar média x número de frutos;
- Número médio de frutos x número médio de rosetas;

Lembrando que tais razões partiram de valores padronizados pelo número de ramos plagiotrópicos das plantas coletadas.

A razão de botões florais por número de folhas foi obtida nos meses de setembro e outubro. Essa razão, assim como a distribuição dos botões florais (crescimento reprodutivo) também se desdobrou ao longo do gradiente horizontal dos ramos plagiotrópicos. Os valores foram obtidos dividindo-se o número de botões florais em cada estrato pelo número de folhas do estrato e parte do ramo correspondente. No gráfico 10 observa-se que no mês de setembro a relação de botões/folha foi maior na região proximal do estrato superior atingindo o valor de seis botões florais para uma folha, enquanto que nos estratos médio e inferior do mesmo mês, a razão foi maior na região intermediária dos ramos, atingindo valores de 0,3 e 0,06 respectivamente.

Já no mês de outubro, ocorreu uma mudança no estrato superior, apresentando maiores valores de botões florais por folhas na porção intermediária dos ramos. Nos estratos médio e inferior, foram encontrados valores baixos da relação, como uma maior razão de botões por folha na porção intermediária do ramo no terço médio, e na região proximal do ramo no terço inferior.

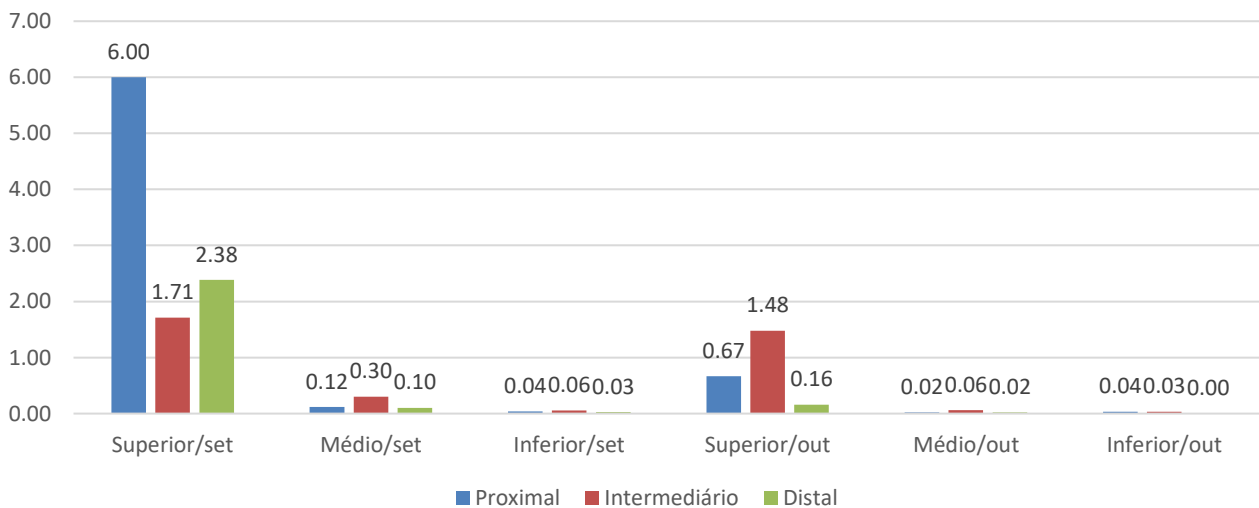


Gráfico 10 – Razão entre o número de botões florais e o número de folhas

A segunda razão foi obtida entre a área foliar média e o número de frutos (Gráfico 11) encontrados nos ramos plagiotrópicos de cada estrato. A relação foi obtida de forma que seja possível observar a área foliar necessária para a manutenção da carga de frutos.

As menores relações foram obtidas no primeiro ciclo, onde foi necessário uma menor área foliar para a manutenção dos frutos, com menores valores no terço médio do cafeeiro. Os terços superior e inferior obtiveram valores similares na estação de verão e de outono. Já no inverno, a razão no terço superior aumentou, enquanto que no terço inferior a razão manteve-se no mesmo patamar que nas estações anteriores.

Em contrapartida, no segundo ciclo, os menores valores da relação foram observados no terço superior, seguido pelo terço médio. Esses valores cresceram ao longo das três estações. Já terço inferior foi o que mais precisou de área foliar média para a manutenção dos frutos, com um aumento considerável da relação de área foliar por frutos da primavera para o verão e, do verão para o outono.

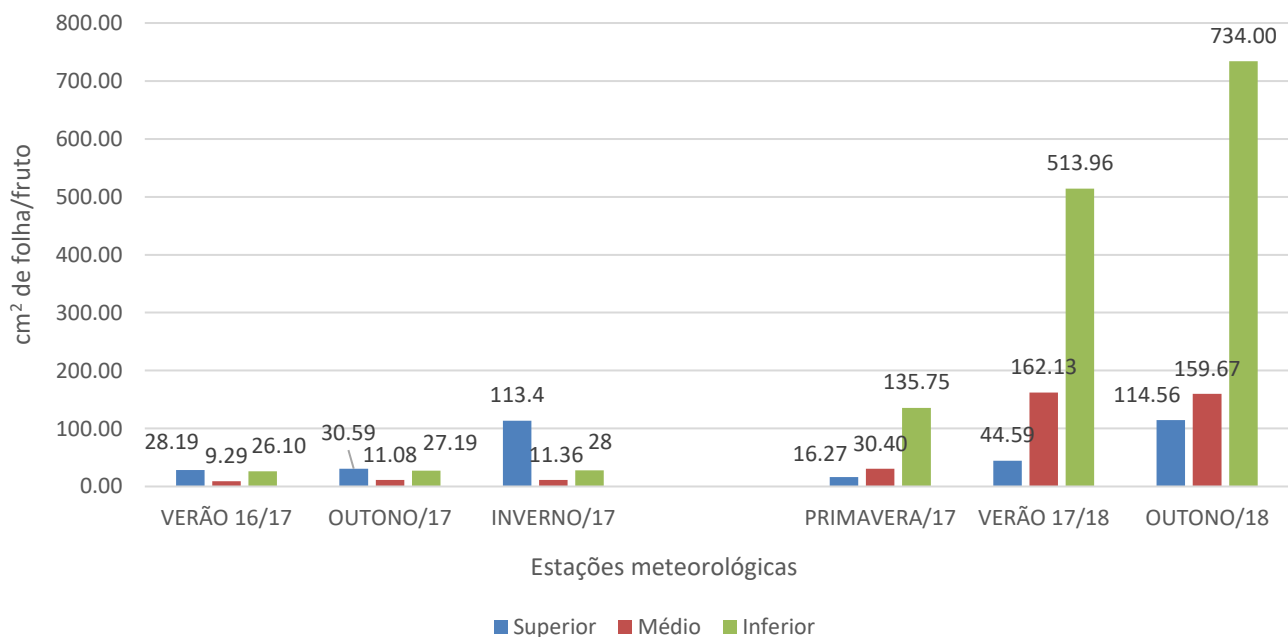


Gráfico 11 – Área foliar média por número de frutos nos ramos plagiotrópicos

A terceira razão foi feita correlacionando os dados médios de rosetas com frutos com o número médio de frutos em cada estrato vertical (Gráfico 12). Nessa razão nota-se no ciclo 1, maiores uma

maior e constante presença de frutos nas rosetas do terço médio, com valores de nove frutos por roseta nas três estações. Já o terço superior apresentou uma relação de sete frutos por roseta nas duas primeiras estações, tendo uma leve redução para seis frutos por roseta no inverno, estação onde ocorreu a colheita. O terço inferior foi o que apresentou os menores valores neste primeiro ciclo em relação aos outros estratos.

Com a entrada da primavera e as primeiras floradas, obteve-se a primeira carga de frutos em novembro, mês que representou a estação da primavera nesta relação de rosetas x frutos. Neste segundo ciclo o terço superior foi o que apresentou maior número de rosetas com fruto, com sete frutos por roseta na primavera. Este número decresceu no verão e no outono. Já o terço médio apresentou cinco frutos por roseta na primavera, com uma leve diminuição para três frutos por roseta no verão, valor que se manteve no outono. E por fim, o terço inferior foi o que apresentou os menores valores, de um fruto por roseta nas três estações.

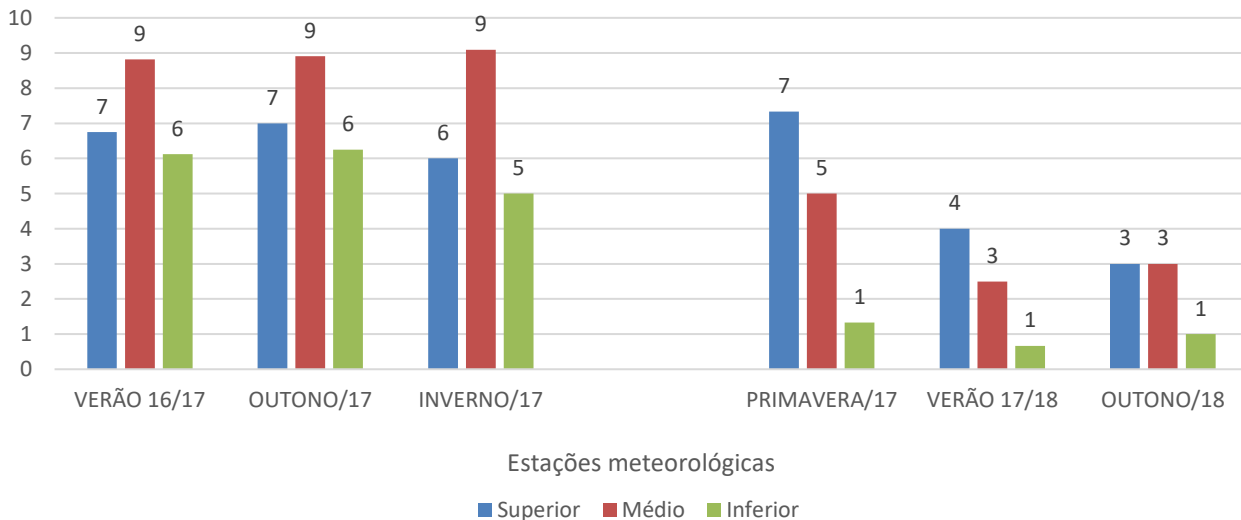


Gráfico 12 – Número médio de frutos por roseta nos ramos plagiotrópicos

#### 4.4 Acúmulo de matéria seca

Os dados de acúmulo de matéria seca foram obtidos a partir do peso seco de ramos, folhas e frutos. Feitas as coletas e os materiais atingindo o peso constante em estufa de circulação forçada, fez-se a percentagem do peso de cada tipo de material obtendo a contribuição de cada um para o peso seco final do cafeeiro em cada estação.

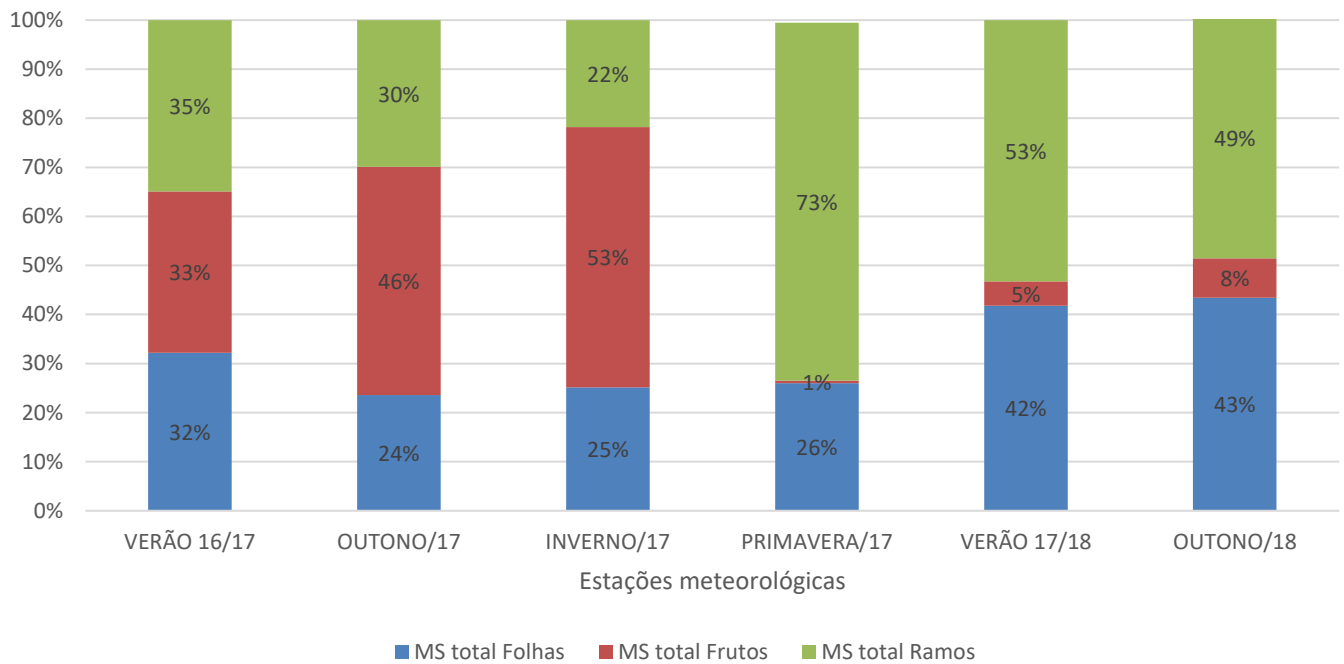


Gráfico 13 – Variação percentual na contribuição de folhas, frutos e ramos na matéria seca total de um cafeeiro

Nesta relação observa-se que no primeiro ciclo, ano de bienalidade positiva, no verão havia um equilíbrio entre a contribuição de ramos, frutos e folhas para o peso final, com valores de 35%, 33% e 32% respectivamente. Passando para as estações do outono e inverno houve um aumento gradativo na percentagem da massa seca dos frutos (46% e 53%), com a diminuição da massa seca de ramos e valores constantes da massa seca de folhas.

#### 4.5 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos colhidos para a comparação com a dinâmica do crescimento vegetativo e reprodutivo do cafeeiro foram: temperatura média da área e precipitação média. Os dados foram coletados pela estação automática da Fundação Procafé mensalmente, e compilados em estações do ano para o presente trabalho.

No gráfico 17, observa-se a variação de temperatura média ao longo das estações.

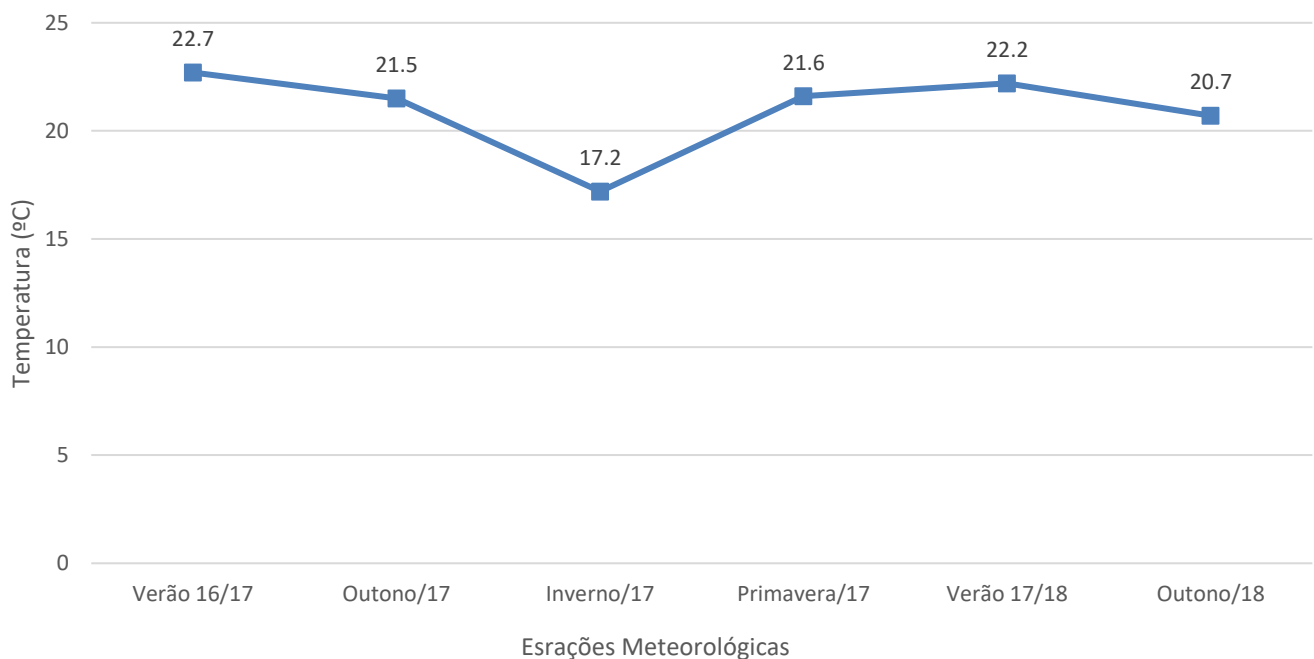


Gráfico 17 – Temperatura média da área experimental ao longo das estações meteorológicas

A temperatura média ao longo das estações foi de 21°C, com mínimo valor de 17,2°C no inverno e valor máximo no verão do primeiro ciclo com 22,7°C.

Para o parâmetro de precipitação da área experimental (Gráfico 18), nota-se uma variação do primeiro ciclo para o segundo, tendo maiores precipitações quando comparados os verões respectivamente. O menor índice pluviométrico foi encontrado no inverno, com 44,4 mm e o maior valor foi obtido no verão do segundo ciclo, com 615,4 mm de chuva.

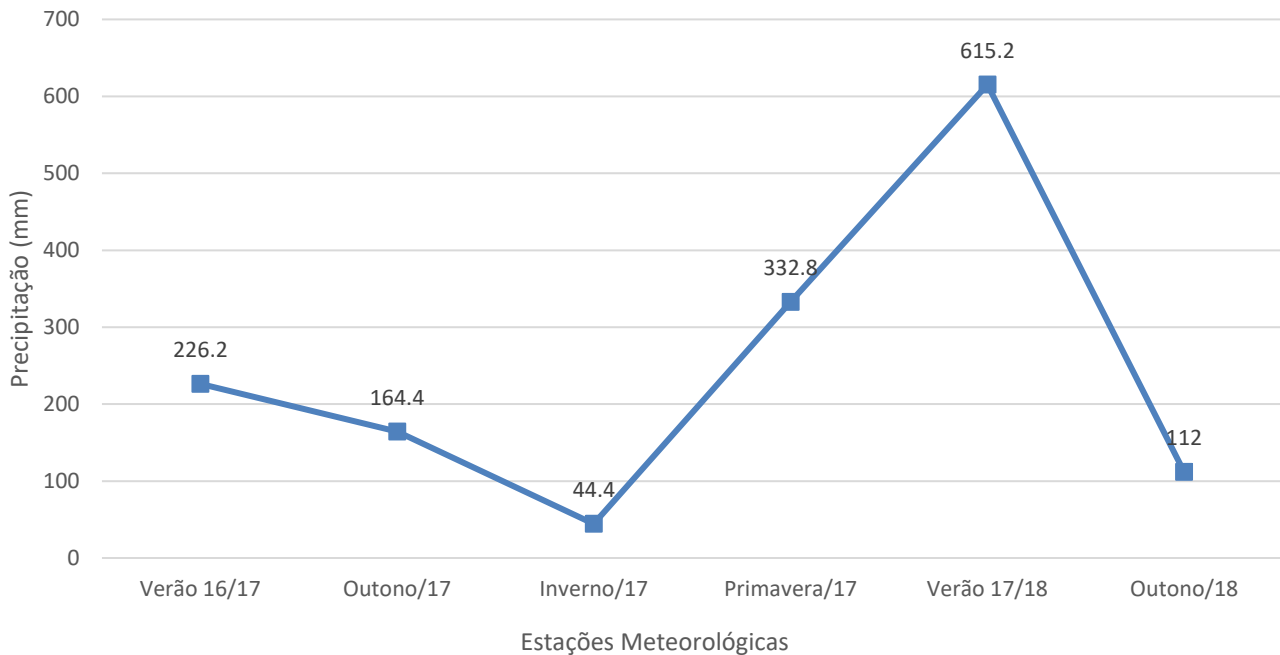


Gráfico 18 - Precipitação média nas estações meteorológicas

## 5 DISCUSSÃO

A bienalidade do cafeeiro compreende dois ciclos fenológicos (dois anos), onde em um ano o cafeeiro produz uma alta carga de frutos e no ano subsequente se recupera vegetativamente para acúmulo de reservas que serão utilizadas para a manutenção da florada e carga de frutos do próximo ciclo de altas cargas.

Observando-se os dados de crescimento vegetativo (Gráficos 3,4 e 5) obteve-se um menor crescimento nos valores do primeiro ciclo quando comparadas as estações. Isso se deve ao fato de no

primeiro ciclo (verão 16/17 – inverno/17) ter sido um ano de bienalidade positiva, portanto apesar de haver um período vegetativo do cafeeiro de setembro a junho, a carga de frutos era alta.

Os frutos são drenos fortes no cafeeiro, sendo assim ocorre uma maior competição pelos fotoassimilados, tendo um menor crescimento de ramos e uma menor produção de folhas novas, porém nota-se que no primeiro ciclo apesar da alta carga de frutos (Gráfico 9) o cafeeiro manteve o número de folhas. Os valores tanto de comprimento dos ramos, quanto o de número de folhas área foliar média tiveram uma queda drástica entre os dados de inverno e primavera. Isso se deve ao fato da colheita feita nos meses de junho e julho. A queda no comprimento médio dos ramos também coincide com a época de auto poda do cafeeiro, que ocorre após um ciclo de alta cargas de frutos.

Porém, acompanhado de um aumento nos índices pluviométricos do inverno para a primavera e temperaturas médias ideais ao cafeeiro (Gráficos 17 e 18), nota-se no gráfico 4 um aumento no número de folhas de 36, 35 e 38% nos terços superior, médio e inferior respectivamente na estação do verão 2018. Já do verão ao outono de 2018, o número médio de folhas manteve-se constante nos terços superior e médio, havendo um incremento médio de cinco folhas no inferior. Isso pode ser explicado pelo ambiente e microclima presente nos ramos do terço inferior, que são submetidos a um alto sombreamento fazendo com que o cafeeiro invista no número de folhas neste estrato para tentar uma maior captação de luz.

Análogo a estes resultados, analisando os dados de área foliar média, constata-se a manutenção das folhas em ambos os ciclos. No primeiro ciclo os valores de número de folhas tanto do estrato superior, quanto do médio não tiveram aumentos significativos, tendo o superior variado de 23 a 25 folhas por ramo e o médio variado de 26 a 29 folhas. Porém, analisando o gráfico de área foliar média (Gráfico 5), nota-se um incremento significativo nos terços superior e médio, indicando a expansão total de folhas novas produzidas naquele período vegetativo. Já o terço inferior, obteve um aumento no número de folhas do verão ao outono não variando sua área foliar, provavelmente pela perda de folhas velhas e a expansão de folhas novas. Porém, apesar de ter tido um pequeno aumento no número médio de folhas do outono ao inverno, sua área foliar média teve um incremento



de 66%, mostrando que além de ter produzido folhas novas, conseguiu apesar da carga de frutos, manter as folhas novas e expandi-las.

Observando a área foliar média do segundo ciclo, nota-se uma rápida expansão da primavera ao verão, devido ao crescimento das folhas novas produzidas ao final da primavera. Os valores aumentaram tanto da primavera para o verão, quanto do verão para o outono.

Passando aos dados de crescimento reprodutivo, nota-se nos valores apresentados nos gráficos 6 e 7, que o cafeeiro apresentou uma maior florada nos ramos do terço superior, mostrando as consequências da bienalidade, uma vez que ocorreu uma maior produção no terço médio (Gráfico 9), ocorrendo o esgotamento das reservas. Essa florada ocorreu com maior intensidade na região intermediária dos ramos, região de produção do cafeeiro em cada ciclo. Nota-se também que, além da florada em setembro, botões florais foram encontrados também no mês de outubro, indicando uma nova florada.

Nos dados de número médio de frutos (Gráfico 9) por ramos plagiotrópicos pode-se notar claramente a característica da bienalidade do cafeeiro, onde num primeiro ciclo (verão 16/17 – inverno 17), temos uma média de 26, 98 e 50 frutos por ramo nos estratos superior, médio e inferior respectivamente. Ciclo este que foi de bienalidade positiva.

Em contrapartida, observando os dados a partir de setembro/17 onde ocorreu uma nova florada e formação de novos frutos, o número de frutos por estrato diminuiu drasticamente. Tais dados de número de frutos corroboram os dados de número de botões florais, pois a maior concentração do número de frutos no segundo ciclo foi nos ramos do terço superior. Após a primavera, o número médio de frutos decresce no verão e posteriormente no outono também, provavelmente pela demanda de fotoassimilados para a recuperação da parte vegetativa perdida ao final do primeiro ciclo com a senescência de ramos e folhas, e as percas com a colheita.

Outro parâmetro estudado que reforça a característica da bienalidade foi a contagem do número de rosetas (Gráfico 8), e a posterior razão entre número de frutos x roseta (Gráfico 12). Observando este último gráfico observamos que no ciclo de bienalidade positiva, o cafeeiro possuía

em média, rosetas mais cheias, destacando o terço médio com média de 9 frutos por roseta, mostrando uma maior eficiência deste terço. O terço superior apresentou boa concentração de frutos também, pois apesar da relação ter atingido valor médio de 7 frutos por roseta, deve-se considerar que o comprimento médio dos ramos do terço superior era menor que o dos terços médio e inferior. Já o terço inferior, apesar de apresentar alta carga de frutos, mostra uma baixa razão de frutos por roseta, causado pela baixa eficiência fotossintética da saia do cafeeiro, resultando em rosetas chamadas “banguelas”.

Já no segundo ciclo, como observado no número de frutos e botões florais, essa relação se inverte, e conseqüentemente, como já descrito, o terço superior foi o que apresentou maiores valores de rosetas com frutos, exclusivamente por apresentar maior número de frutos em seu estrato.

Aprofundando mais na relações fonte-dreno, foram feitas as razões de botões florais x nº de folhas e de área foliar média x número de frutos.

Quando observamos o gráfico 10, nota-se que no mês de setembro, o terço superior necessitou de menos folhas para a manutenção dos botões florais ao longo dos ramos plagiotrópicos. Valores que diminuíram drasticamente para mês de outubro, não somente pela menor presença de botões, mais também pelo aumento no número de folhas que além de diminuir a razão, ocasionou maior competição de fotoassimilados entre as peças florais e a novas folhas produzidas nesta época. No mês de outubro, pode-se observar também que no terço superior, a parte intermediária do ramo manteve-se mais eficiente na manutenção no particionamento de fotoassimilados.

Na relação de área foliar média x número de frutos (Gráfico 11), destaca-se no primeiro ciclo os ramos do terço médio, que obtiveram os menores valores de  $\text{cm}^2$  de folha para a manutenção de frutos, mostrando a maior eficiência deste terço em relação aos demais. Os terços superior e inferior obtiveram nas estações do verão e outono valores similares, porém quem não refletem a situação de cada estrato. No terço superior os valores encontrados se justificam pela presença menor de frutos que no inferior, porém com menor área foliar, conseqüência da presença de folhas novas formadas. Já o inferior, apesar de maior carga de frutos que o terço superior, apresenta maior área foliar média, o que fez com que as razões ficassem com valores similares. Já na estação do inverno, os dados da

razão para o terço superior aumentam, apesar da manutenção da carga de frutos. Isso se deve ao fato da expansão das folhas produzidas no crescimento vegetativo deste ciclo (Gráfico 5).

Com a colheita e a consequente diminuição do número de folhas e consequentemente da área foliar, esperava-se que a razão de área foliar média x frutos se mantivesse no segundo ciclo, fato este que não acontece, como podemos observar no Gráfico 11. Isso se deve novamente ao fato da bienalidade do cafeeiro. Corroborando os dados de botões florais, a razão de  $\text{cm}^2$  de folha x fruto foi menor nos terços superior, mostrando a maior eficiência deste terço na manutenção no ano de bienalidade negativa. Após a primavera, os valores das razões aumentam gradativamente decorrente do enfolhamento causado pelo aumento das precipitações e das temperaturas médias, dando as condições edafoclimáticas necessárias para o cafeeiro se recuperar do esgotamento do ciclo anterior.

Feitas as quantificações dos crescimentos e a subseqüentes razões, foi feito ao final o acompanhamento da contribuição percentual de folhas, frutos e ramos para o peso seco final da planta de cafeeiro. Este dado elucidou a dinâmica da bienalidade entre os dois ciclos de uma forma bastante clara.

Nota-se que no verão do ciclo de bienalidade positiva há um equilíbrio nas contribuições, porém, com o decorrer do outono e do inverno, a percentagem da contribuição dos frutos na matéria seca aumentam de 33% até 53%, decorrentes da expansão, granação e maturação dos frutos que foram mantidos ao longo dessas estações. Nota-se também que a contribuição dos ramos do peso final diminui e o de folhas se mantém, mostrando que mesmo com o crescimento dos ramos, os frutos tiveram uma granação eficiente, acompanhada de uma manutenção das folhas eficiente.

Já no segundo ciclo, onde ocorre a bienalidade negativa, nota-se um valor alto para a contribuição do peso seco pelos ramos. Isso se deve ao fato da perda de folhas pela colheita e o baixo número de frutos presentes. Com a decorrência das precipitações na primavera e a recuperação do cafeeiro vegetativamente, os valores de peso seco de folhas e ramos quase se equiparam no verão 2018, mostrando a força de recuperação do cafeeiro após uma desfolha muito grande ocasionada pela colheita.

Corroborando com os dados já apresentados e discutidos, observando os gráficos de radiação fotossinteticamente ativa, temperaturas foliares e temperatura do dossel, chega-se novamente a conclusão da maior eficiência do terço médio em relação aos demais, pois recebeu menor radiação em relação ao superior, e possuía menor área foliar que o inferior para interceptação. Apresentou também temperaturas foliares e do dossel favoráveis as trocas gasosas, apesar das taxas de radiação incidentes.

## 6 CONCLUSÃO

Analisando os dados, desde o crescimento vegetativo e reprodutivo, e feitas as razões para elucidar a dinâmica das relações fonte-dreno do cafeeiro, conclui-se com o presente trabalho que o terço médio é mais eficiente na manutenção da carga de frutos, mesmo com o crescimento de ramos e a produção de folhas novas.

Os ramos do terço superior por sua vez se mostraram menos eficientes pelo fato de receberem altas intensidades de radiação e estarem sujeitos a altas temperaturas, o que limita as taxas fotossintéticas e, por ter a competição de fotoassimilados entre os frutos e folhas novas

Já o terço inferior, apesar da alta carga de frutos, apresenta também um alto enfolhamento decorrente do alto sombreamento, fazendo com a planta invista boa parte dos fotoassimilados para a formação e manutenção de folhas para interceptação luminosa.

### **Referências bibliográficas**

ALVES, J. D.; LIVRAMENTO, D. E. Morfologia e fisiologia do cafeeiro. Lavras: UFLA, 2003. 46 p.

ARAUJO WL, DIAS PC, MORAES GABK, CELIN EF, CUNHA RL, BARROS RS, DAMATTA FM (2008) Limitation to photosynthesis in coffee leaves from different canopy positions. *Plant Physiology and Biochemistry* 46:884-890

BARROS, I. Produção das variedades Caturra e Mundo Novo de café em função do espaçamento, número de plantas por cova e condução das plantas. 1997. 82 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1997.

BARTELEGA, L. ; COUTO, I. E. ; ANGELO, P. C. S. ; PAIVA, A. C. R. ; MATIELLO, J. B. Dinâmica dos nutrientes e desenvolvimento dos frutos de cafeeiro da cultivar arara durante um ciclo reprodutivo. Anais do 43º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. CBPC (43.:2017: Poços de Caldas, MG) - Anais [434]

BUREAU DO CAFÉ. **Relatório internacional de tendência do café, Fevereiro/2016**/BUREAU DE INTELIGÊNCIA COMPETITIVA DO CAFÉ, 2016. Disponível:

<http://www.icafebr.com.br/publicacao2/84030Relatorio%20v5%20n1.pdf>

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

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

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. de. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. *Bragantia*, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. de; PALLONE FILHO, W. J. Modelo climático-fenológico para determinação das necessidades de irrigação de café arábica na região norte de São

Paulo e no Triângulo Mineiro. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 26 p. (Série Tecnologia APTA. Boletim técnico IAC, 190).

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; PERES, L. E. P. Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2005. 650 p.

COELHO FILHO, MAURICIO & A VILLA-NOVA, NILSON & ANGELOCCI, LUIZ & MARIN, FÁBIO & RIGHI, CIRO. (2012). Método para estimativa do IAF de árvores isoladas ou de plantações com dossel fechado. R. Bras. Eng. Agr'ic. Ambiental. 16. 529-538.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira, Café Safra 2017, quarto levantamento, Dezembro/2017**/Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, 2017. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18\\_01\\_08\\_09\\_06\\_29\\_cafe\\_dezembro.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_01_08_09_06_29_cafe_dezembro.pdf)

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira, Café Safra 2018, segundo 2,65 cm levantamento, Maio/2018**/Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>

DAMATTA, F. M. et al. Ecophysiology of coffee growth and production. Brazilian Journal Plant Physiology, Viçosa, v. 19, n. 4, p.485-510, mar. 2007.

DAMATTA, F. M.. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. Field Crops Research, Viçosa, v. 86, n. 2-3, p.99-114, mar. 2004.

DAMATTA, F. M. et al. In field-grown coffee trees source-sink manipulation alters photosynthetic rates, independently of carbon metabolism, via alterations in stomatal function. New Phytologist, Cambridge, v. 178, n. 2, p. 348-357, 2008.

DAMATTA, FÁBIO M., RONCHI, CLÁUDIO P., MAESTRI, MOACYR, & BARROS, RAIMUNDO S.. (2008). Ecophysiology of coffee growth and production. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4), 485-510. <https://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202007000400014>

DAMATTA, FÁBIO M., & RAMALHO, JOSÉ D. COCHICHO. (2006). Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 55-81. <https://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202006000100006>

FAHL, J. I. et al. Efeito das condições climáticas sobre a bienalidade da produtividade do café arábica na região de Mococa-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12., 2001, Fortaleza. Anais... Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001. v. 1, p. 155-156.

FAHL, J. I. et al. Avaliação de índices fisiológicos de produção para utilização em modelos de previsão de safra. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro. Anais... Brasília: EMBRAPA Café, 2003. v. 1, p. 60.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. Ecofisiologia e fenologia do feijoeiro. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. (Ed.). Tecnologia da produção do feijão irrigado 2. Piracicaba: Publique, 1997. p. 1-20.

GOUVEIA, N. M. Estudo da diferenciação e crescimento de gemas florais de *Coffea arabica* L.: observações sobre antese e maturação dos frutos. 1984. 237 p. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1984.

INTERNATIONAL COFFE ORGANIZATION – ICO. Country datasheets. Disponível em: <http://www.ico.org/historical/1990%20onwards/PDF/1a-total-production.pdf>

MATIELLO, J.B. et al. Cultura de café no Brasil. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002.

PEREIRA, A. R.; CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Agrometeorologia de cafezais no Brasil. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. 127 p.

PEZZOPANE, JOSÉ RICARDO MACEDO, PEDRO JÚNIOR, MÁRIO JOSÉ, THOMAZIELLO, ROBERTO ANTÔNIO, & CAMARGO, MARCELO BENTO PAES DE. (2003). Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. *Bragantia*, 62(3), 499-505.

PICINI, A. G. Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para estimativa de produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) a partir do monitoramento da disponibilidade hídrica do solo. 1998. 132 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1998.

RAMALHO, J.C., DAMATTA, F.M., RODRIGUES, A.P. et al. Theor. Exp. Plant Physiol (2014) 26: 5. <https://doi.org/10.1007/s40626-014-0001-7>

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 11, p. 26-40, 1985

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Ecofisiologia do cafeeiro. In: CASTRO, P. R. C. et al. (Ed.). Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p. 119-147.

SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental. v. 2, p; 287-294, 1998.

SANTOS CAF, LEITÃO AE, PAIS IP, LIDON FC, RAMALHO JC (2015) Perspectives on the potential impacts of climate changes on coffee plant and bean quality. Emir J Food Agric 27(2):152–163. doi:10.9755/ejfa.v27i2.19468

TAVARES, T.O.; COSTA, W. C. A.; LEITE, P. J. S. INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS OCORRIDAS NA SAFRA 2013/14 E NO DESENVOLVIMENTO DO



CAFEEIRO NA REGIÃO DE ARAXÁ, MG. Araxá, Mg: Instituto de Ciências da Saúde, Agrárias e Humanas (ISAH), 2014.