

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**TAFAREL VICTOR COLODETTI**

**ARQUITETURA DA COPA E FOTOSSÍNTESE DE *Coffea arabica* CONDUZIDO  
COM DIFERENTES NÚMEROS DE RAMOS ORTOTRÓPICOS**

**ALEGRE-ES**

**2016**

TAFAREL VICTOR COLODETTI

**ARQUITETURA DA COPA E FOTOSSÍNTESE DE *Coffea arabica* CONDUZIDO  
COM DIFERENTES NÚMEROS DE RAMOS ORTOTRÓPICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito à obtenção do título de *Magister Scientiae* em Produção Vegetal.

Orientador: Marcelo Antonio Tomaz.  
Coorientadores: Paulo Cezar Cavatte,  
José Francisco Teixeira do Amaral.

**ALEGRE-ES**

**2016**

C718a Colodetti, Tafarel Victor, 1990-  
Arquitetura da copa e fotossíntese de *Coffea arabica* conduzido com diferentes números de ramos ortotrópicos / Tafarel Victor Colodetti. – 2016.  
59 f. : il.

Orientador: Marcelo Antonio Tomaz.

Coorientadores: Paulo Cezar Cavatte; José Francisco Teixeira do Amaral.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Café arábica. 2. Morfologia. 3. Fotossíntese. 4. Plantas – Crescimento. 5. Produção. I. Tomaz, Marcelo Antonio. II. Cavatte, Paulo Cezar. III. Amaral, José Francisco Teixeira do. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

TAFAREL VICTOR COLODETTI

**ARQUITETURA DA COPA E FOTOSSÍNTESE DE *Coffea arabica* CONDUZIDO  
COM DIFERENTES NÚMEROS DE RAMOS ORTOTRÓPICOS**

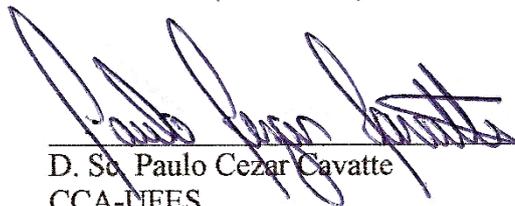
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito à obtenção do título de *Magister Scientiae* em Produção Vegetal.

Aprovada em 18 de fevereiro de 2016.



---

D. Sc. Marcelo Antonio Tomaz  
CCA-UFES (Orientador)



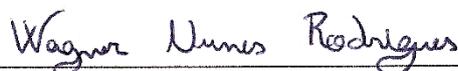
---

D. Sc. Paulo Cezar Cavatte  
CCA-UFES



---

D. Sc. Edvaldo Fialho dos Reis  
CCA-UFES



---

D. Sc. Wagner Nunes Rodrigues  
Pós-doutorando Produção Vegetal CCA-UFES

*Às pessoas que me incentivaram a buscar os meus sonhos de futuro, que me proporcionaram chegar até aqui, que me motivam ir sempre mais adiante, e que me ensinaram a ser uma pessoa com honestidade, ética e respeito. Essas são o meu espelho, a minha família, a minha origem. Meu pai Rafael, minha mãe Magna, meu irmão Rafael e meus queridos avós, em especial, meu amado avô Venâncio Colodete (in memoriam).*

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

A Deus Pai todo Poderoso;

Ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES) e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal pela oportunidade de cursar o mestrado nesta instituição. A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado;

Ao Prof. Dr. Marcelo Antonio Tomaz, professor do Departamento de Produção Vegetal do CCA-UFES, pela orientação, compreensão, amizade, confiança e respeito;

Ao Prof. Dr. Paulo Cezar Cavatte, professor do Departamento de Biologia do CCA-UFES, pela coorientação, grandioso auxílio metodológico e parceria;

Ao Prof. Dr. José Francisco Teixeira do Amaral, professor do Departamento de Engenharia Rural do CCA-UFES, pela coorientação e confiança;

Ao Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis, professor do Departamento de Engenharia Rural do CCA-UFES, pela atenção e grandiosa ajuda, assim como na participação na banca de defesa;

Ao Dr. Wagner Nunes Rodrigues, pela participação imensurável e imprescindível na realização deste trabalho, e por compor a banca de defesa;

Agradeço imensamente as pessoas que participaram e me ajudaram a conduzir os trabalhos, mas acima de tudo, me presentearam com uma infinita e sincera amizade. São eles: Wagner Nunes Rodrigues, Abraão Carlos Verdín Filho, Sebastião Vinícius Batista Brinate, Lima Deleon Martins, Adan Dezan Cogo e Márcio Antonio Apostólico. Muito obrigado!

Agradeço aos amigos do Incaper pela grande ajuda, disponibilidade de área de estudo, equipamentos, estadia e, principalmente, amizade. São eles: Abraão Carlos Verdín Filho, Paulo Sérgio Volpi, Marconi Comério, Saul de Andrade Júnior e Marciano Kaulz. Obrigado!

Agradeço ao produtor de café arábica José Antônio Demuner, pela disponibilidade de área de estudo, de seus conhecimentos práticos e o maravilhoso almoço. Obrigado!

Agradeço com todo o meu coração à minha família, pelo apoio, preocupação, ajuda, compreensão, conforto, amor e carinho, dado ao longo de toda a minha vida. Agradeço e homenageio meu pai, Rafael Arcanjo Colodetti. Minha mãe, Magna Delesposte Revieri Colodetti. Meu irmão, Rafael Arcanjo Colodetti Júnior. Meus avôs, Hilto Revieri e Venâncio Colodete (*in memoriam*). Minhas avós, Angelina Facini Colodete e Josenir Delesposte Revieri;

Agradeço a todos os meus familiares e amigos;

Agradeço de modo especial à minha companheira Tayla Picoli Simonato, pela paciência, compreensão, companheirismo, carinho e amor.

*“Está instaurada a dúvida. A metódica dúvida epistemológica. Neste mundo, a terra não está no centro, e nenhum saber é saber completo. Seja bem-vinda era da razão”.*

(Galileu Galilei).

## **BIOGRAFIA**

Tafarel Victor Colodetti, filho de Rafael Arcanjo Colodetti e Magna Delesposte Revieri Colodetti, nascido em Castelo, Sul do Espírito Santo, em 09 de janeiro de 1990. Coursou o ensino fundamental em Estrela do Norte, município de Castelo, na escola municipal de 1º grau Delza Frasson, onde atuou no programa “Amigos da Escola”. Coursou o ensino médio na escola estadual Emílio Nemer, cidade de Castelo. No primeiro semestre de 2009, ingressou no curso de graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES). Durante a graduação, participou como bolsista de projetos de extensão (ProEx) e de iniciação científica (PIBIC). Em fevereiro de 2014, recebeu o título de Engenheiro Agrônomo e ingressou em março do mesmo ano no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do CCA-UFES, onde iniciou o curso de Mestrado em Produção Vegetal.

## RESUMO

Um conjunto de fatores deve ser levado em consideração para que níveis adequados de produtividade sejam alcançados na cultura cafeeira. Há uma tendência e necessidade de aumento da produção de café por unidade de área, embora ainda seja recorrente, lavouras com baixas produtividades. É fundamental conhecer as causas prováveis de tais baixos índices e utilizar de estratégias para contornar, de forma economicamente viável, essa situação. O estudo do comportamento do cafeeiro arábica conduzido com mais de um ramo ortotrópico surge como alternativa de melhoria da arquitetura da copa, de aspectos fisiológicos e de produção da lavoura cafeeira. Nesse contexto, objetivou-se com o presente estudo, analisar o crescimento, a alocação de massa seca, a arquitetura da copa, a fotossíntese e a produção de *Coffea arabica* conduzido com diferentes números de ramos ortotrópicos. Para isso, um experimento foi conduzido em campo no município de Santa Teresa-ES, em uma lavoura produtiva da cultivar Catuaí Vermelho IAC 44, no espaçamento de 2,5 x 1,0 m. Foram utilizados dois esquemas experimentais. O primeiro seguiu o esquema de parcela subdividida, 3 x 3, nas parcelas o manejo do número de ramos ortotrópicos por planta em três níveis (1, 2 e 3 ramos) e nas subparcelas as fases fenológicas em três níveis (floração, granação e maturação), em um delineamento em blocos casualizados, com oito blocos. O segundo esquema experimental seguiu delineamento em blocos casualizados, com manejo do número de ramos ortotrópicos em três níveis (1, 2 e 3 ramos) e oito blocos. Foram avaliadas variáveis relacionadas à arquitetura da copa, às trocas gasosas, à alocação e partição de biomassa e à produção de café. Os resultados demonstraram que o manejo com mais de um ramo ortotrópico foi capaz de favorecer a produção, a arquitetura, as trocas gasosas, a alocação de massa, o crescimento da planta e a formação de grãos maiores. Verificou-se que a condução do cafeeiro arábica com dois ramos ortotrópicos possibilitou maior produção de café beneficiado por planta, favoreceu as trocas gasosas e melhorou a distribuição percentual de grãos em malhas maiores. Já as características de alocação de massa e de relação entre as folhas e os frutos foram favorecidas pelo manejo com dois e três ramos ortotrópicos, e sustentaram, em parte, a produção e a possibilidade de menores efeitos bienais em lavouras cafeeiras.

**Palavras-chave:** Cafeeiro arábica, manejo, fotossíntese, produção.

## ABSTRACT

A number of factors must be taken into consideration to achieve adequate levels of crop yield in coffee plantations. There is a tendency and need to increase coffee production per area unit, while low productivity crops are still recurrent. It is important to know the likely causes of such low rates and to use strategies to circumvent, in an economically viable way, this situation. The study of the behavior of Arabica coffee conducted with more than one orthotropic branch is becoming an alternative to improve the canopy architecture, physiological aspects and production of coffee plantations. In this context, the aim of the present study was to analyze the growth, allocation of biomass, canopy architecture, photosynthesis and production of *Coffea arabica* conducted with different numbers of orthotropic branches. For this, an experiment was conducted in field in the municipality of Santa Teresa-ES, in a productive plantation of the cultivar Catuaí Vermelho IAC 44, spaced 2.5 x 1.0 m. Two experimental schemes were used. The first followed split plot design, 3 x 3, the plots consisting of the number of orthotropic branches per plant in three levels (1, 2 and 3 branches) and the subplots consisting of the phenological stages in three levels (flowering, fruit filling and maturation), in a randomized block design, with eight blocks. The second experimental design followed a randomized block design, with management of the number of orthotropic branches in three levels (1, 2 and 3 branches) and eight blocks. Variables related to canopy architecture, gas exchange, allocation and partitioning of biomass, and coffee production were evaluated. The results showed that the management with more than one orthotropic branch was able to promote the production, architecture, gas exchange, mass allocation, plant growth and formation of larger grains. It has been found that cultivating Arabica coffee with two orthotropic branches enabled higher production of processed coffee per plant, favored the gas exchanges and improved the percentage distribution of grains in larger meshes. The characteristics of mass allocation and ratios between leaves and fruits were both favored by management with two and three orthotropic branches, and supported, partially, the production and the possibility of reduced biennials effects in coffee plantations.

**Keywords:** Arabica coffee, management, photosynthesis, production.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Altura de plantas (A), área da copa (B), volume da copa (C), densidade de enfolhamento (D), número de ramos plagiotrópicos (E), comprimento do ramo plagiotrópico (F), comprimento do internódio do ramo ortotrópico (G) e comprimento do internódio do ramo plagiotrópico (H); em função do número de ramos ortotrópicos em plantas de cafeeiro arábica Catuaí Vermelho IAC 44 (Santa Teresa-ES, safra de 2015). ..... 29
- Figura 2.** Ângulo de inserção do ramo plagiotrópico (A), área foliar unitária (B), área foliar específica (C), razão de área foliar (D); massa seca total (E), razão de massa do caule (F), razão de massa de folhas (G) e razão de massa de frutos (H) de ramos plagiotrópicos; em função do número de ramos ortotrópicos de plantas de cafeeiro arábica Catuaí Vermelho IAC 44 (Santa Teresa-ES, safra de 2015). ..... 36
- Figura 3.** Número de rosetas (A), número de frutos por roseta (B), número de nós (C), área foliar do ramo plagiotrópico (D); área foliar do ramo pela massa seca de frutos (E) e pelo número de frutos do ramo (F); massa seca foliar pela massa seca de frutos (G) e pelo número de frutos do ramo (H) de ramos plagiotrópicos; em função do número de ramos ortotrópicos de plantas de cafeeiro arábica Catuaí Vermelho IAC 44 (Santa Teresa-ES, safra de 2015). ..... 39
- Figura 4.** Produção de café beneficiado por planta (g) em função do número de ramos ortotrópicos de plantas de cafeeiro arábica Catuaí Vermelho IAC 44 (Santa Teresa-ES, safra de 2015). ..... 42
- Figura 5.** Distribuição média percentual de grãos de café nas classes de peneiras 17 acima (P17AC), peneiras 15+16 (P15/16), peneiras 13+14 (P13/14), peneiras 12 abaixo (P12AB), em função do número de ramos ortotrópicos de plantas de cafeeiro arábica Catuaí Vermelho IAC 44 (Santa Teresa-ES, safra de 2015). ..... 44

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Variáveis avaliadas ao longo dos estágios fenológicos (floração, granação e maturação dos frutos) em função do número de ramos ortotrópicos (1, 2 e 3 ramos), quanto aos teores de clorofila de plantas de cafeeiro arábica da cultivar Catuaí Vermelho IAC 44 (Santa Teresa-ES, safra de 2015)..... 31
- Tabela 2.** Variáveis avaliadas ao longo dos estágios fenológicos (floração, granação e maturação dos frutos) em função do número de ramos ortotrópicos (1, 2 e 3 ramos), quanto às trocas gasosas de plantas de cafeeiro arábica da cultivar Catuaí Vermelho IAC 44 (Santa Teresa-ES, safra de 2015)..... 32
- Tabela 3.** Concentração subestomática de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C<sub>i</sub>) em função dos estágios fenológicos (floração, granação e maturação dos frutos) e do número de ramos ortotrópicos (1, 2 e 3 ramos) de plantas de cafeeiro arábica da cultivar Catuaí Vermelho IAC 44 (Santa Teresa-ES, safra de 2015)..... 35

## APÊNDICES

**Apêndice A.** Resumo da análise de variância das variáveis altura de planta (ALT), área da copa (ACO), volume da copa (VCO), densidade de enfolhamento da planta (DEN), número de ramos plagiotrópicos (NR), comprimento do ramo plagiotrópico (CR), comprimento do internódio do ramo ortotrópico (CIRO) e do ramo plagiotrópico (CIRP), angulação do ramo plagiotrópico (ANG), área foliar unitária (AFU), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF), massa seca total do ramo plagiotrópico (MST); razão de massa do caule (RMC), das folhas (RMF) e dos frutos (RMFr) do ramo plagiotrópico; número de rosetas (NRO), número de frutos por roseta (NFR), número de nós (Nnós), área foliar do ramo plagiotrópico (AFR), razão entre a área foliar do ramo e a massa seca de frutos (AFR/MSFr), razão entre a área foliar do ramo e o número de frutos (ARF/NFr), razão entre a massa seca foliar do ramo e a massa seca de frutos (MSF/MSFr), razão entre a massa seca foliar do ramo e o número de frutos (MSF/NFr) e a produção de café beneficiado por planta (PROD); em função do número de ramos ortotrópicos de plantas de cafeeiro arábica Catuaí Vermelho IAC 44 (Santa Teresa-ES, safra de 2015).... 58

**Apêndice B.** Resumo da análise de variância das variáveis teor de clorofila *a* (CLa), teor de clorofila *b* (CLb), teor de clorofila total (CLT), relação do teor de clorofila *a/b* (*a/b*), assimilação líquida de carbono (*A*), concentração subestomática de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*), condutância estomática (*g<sub>s</sub>*), transpiração (*E*), déficit de pressão de vapor (DPV), eficiência instantânea no uso da água (EUA), eficiência intrínseca no uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (*A/C<sub>i</sub>*); em função do número de ramos ortotrópicos (1, 2 e 3 ramos) e do estágio de avaliação (floração, granação e maturação dos frutos), em plantas de cafeeiro arábica Catuaí Vermelho IAC 44 (Santa Teresa-ES, safra de 2015)..... 59

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
2.1	A CAFEICULTURA CAPIXABA.....	16
2.2	MANEJO DA LAVOURA CAFEIEIRA .....	17
2.3	ALTERNATIVA DE PODA NO CAFEIEIRO ARÁBICA.....	20
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO EXPERIMENTAL .....	23
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	23
3.3	CONDUÇÃO DO ENSAIO .....	24
3.4	AVALIAÇÕES EMPREGADAS .....	24
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	27
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>45</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>46</b>
<b>7</b>	<b>APÊNDICE .....</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das grandes dificuldades na cafeicultura, principalmente a de montanha, consiste na grande demanda de mão de obra na colheita, o que é capaz de promover aumento considerável no custo de produção dessa cultura. Além disso, questões relacionadas a baixos níveis produtivos e grande efeito bienal são responsáveis pelo desinteresse ou até mesmo o abandono da atividade por muitos cafeicultores, que não conseguem atingir níveis satisfatórios de produtividade para se manterem na cafeicultura.

O cenário de desinteresse pela atividade cafeeira é muito comum em regiões montanhosas e, principalmente, com a ocorrência de longos períodos de preços baixos, o que muitas vezes torna o custo de produção maior que o valor pago por saca do produto beneficiado.

Nessas condições, a competitividade dos cafés de montanha frente aos cafés produzidos com menores custos de produção, como por exemplo o café colhido mecanicamente no cerrado mineiro, é baixa, contribuindo para a desvalorização e a dificuldade de manutenção neste seguimento da cadeia agrícola.

No entanto, melhorias no manejo da cultura do cafeeiro arábica de montanha podem reduzir custos de produção, otimizar o manejo cultural, melhorar a produtividade e, principalmente, tornar o produto advindo desse sistema de cultivo mais competitivo no mercado.

É nesse sentido que o estudo de formas de manejos alternativos na condução de ramos ortotrópicos (ramos verticais) no cafeeiro arábica se insere, pois surge como uma nova técnica de manejar a cultura, afim de reduzir a necessidade de mão de obra na colheita, aumentar a produtividade e diminuir o efeito bienal, o que são características totalmente favoráveis à manutenção da atividade.

A condução de plantas de cafeeiro arábica com maior número de ramos ortotrópicos ainda é pouco estudada, o que torna necessário o levantamento de informações consistentes e que contribuam para a validação ou não desse manejo. Para isso, objetivou-se com o presente estudo, analisar o crescimento, a alocação de massa seca, a arquitetura da copa, a fotossíntese e a produção de *Coffea arabica* conduzido com diferentes números de ramos ortotrópicos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A CAFEICULTURA CAPIXABA

Caracterizada como uma atividade fundamental para o desenvolvimento social e econômico do Brasil, a cafeicultura apresenta destaque como atividade agrícola, principalmente em termos de uso de mão de obra, fixação do homem no campo, geração de empregos, geração de divisas externas e arrecadação de impostos. A trajetória histórica da cafeicultura se confunde com a própria trajetória histórica do país (FERRÃO et al., 2008).

Cerca de 25% da produção nacional de café é proveniente do Estado do Espírito Santo, caracterizando-o como o 2º maior produtor de café do Brasil. Além de projeções para aumento na produção estadual, os cafés do Espírito Santo vêm ganhando destaque em termos de qualidade de bebida (CONAB, 2015).

A cafeicultura capixaba se faz presente em 77 municípios do Estado, envolvendo aproximadamente 131 mil famílias em 60 mil propriedades rurais (FERREIRA et al., 2012). Aproximadamente 2,94 milhões de sacas de café arábica (*Coffea arabica* L.) foram produzidas no Estado do Espírito Santo na safra de 2015, totalizando, juntamente com o conilon (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner), 10,70 milhões de sacas de café (CONAB, 2015). Entretanto, tanto para o café conilon quanto para o arábica, os índices médios de produtividade no Estado podem melhorar, uma vez que correspondem a 19,58 sc ha<sup>-1</sup> para o arábica e 27,41 sc ha<sup>-1</sup> para o conilon, tornando-se necessários trabalhos direcionados ao aprimoramento da cafeicultura capixaba (CONAB, 2015).

Para que sejam alcançados níveis adequados de produtividade na cultura do cafeeiro, um conjunto de fatores deve ser levado em consideração. Há uma tendência e necessidade de aumento da produção de café por unidade de área, embora ainda seja recorrente, lavouras com baixas produtividades. Portanto, é fundamental que se conheça as causas prováveis de tais baixos índices, como por exemplo a existência de lavouras depauperadas; inadequado controle de pragas e doenças; pequeno número de plantas por hectare; manejo incorreto da poda; inadequação da calagem e adubação; entre outros fatores da cadeia produtiva (MALAVOLTA, 1986; GUIMARÃES; MENDES, 1997).

Voltado para esse tema, o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) e o governo do Estado do Espírito Santo lançaram, em 2010, o programa Renovar Café Arábica, que conta com 16 planos de ações estratégicas inseridos no Programa de Cafeicultura Sustentável, englobando mais de 20 mil propriedades rurais de base familiar em 50 municípios do Estado. Espera-se que com a implementação do Renovar Café Arábica, seja possível renovar ou revigorar a totalidade de lavouras de arábica do Estado em um prazo de 15 anos, tomando-se como base o uso das mais recentes tecnológicas desenvolvidas para a cafeicultura ao longo do período, de modo a proporcionar o estabelecimento de uma atividade agrícola mais sustentável (INCAPER, 2010).

## 2.2 MANEJO DA LAVOURA CAFEIEIRA

Uma lavoura de cafeeiro arábica é considerada eficiente quando está capacitada a formar continuamente um extenso e bem iluminado dossel e com alta taxa fotossintética, resultando em alta capacidade de produção e formação de frutos. A técnica do adensamento, por exemplo, pode estar relacionada com a obtenção de tais características em lavouras cafeeiras, visto que é capaz de provocar alterações no ambiente da lavoura, o que acarreta em modificações nos padrões fisiológicos, morfológicos e produtivos (RENA et al., 1994). A técnica do adensamento baseia-se na elevação do número de plantas por área, ou seja, aumento na densidade de plantio da lavoura, possibilitando, muitas vezes, juntamente com um conjunto de técnicas, incrementos consideráveis de produtividade (BRACCINI et al., 2005). No entanto, também é possível adensar a lavoura com o aumento no número de ramos ortotrópicos por planta.

Observações práticas acerca do emprego da técnica do adensamento em conjunto com irrigação do cafeeiro vislumbraram um rápido fechamento da lavoura nas entrelinhas que, mesmo com obtenção de bons índices produtivos, comprovou-se a necessidade de intervenções na arquitetura e crescimento das plantas, configurando como indispensável o emprego do manejo por poda em muitas lavouras adensadas (MOREIRA et al., 2004). Ainda é recorrente a identificação empírica de lavouras de cafeeiro arábica em estágios avançados de depauperamento. Muitas vezes, tal condição pode ser fruto de anos sucessivos de colheitas sem o manejo de recuperação adequado das plantas, sendo comum a verificação de morte de ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, ocasionando diminuição drástica do vigor das plantas e da capacidade produtiva para os ciclos posteriores, o que justifica a intervenção no livre

crescimento das plantas por meio de técnicas de poda afim de renovar a arquitetura dessas plantas.

Ganhos em produtividade podem ser observados em lavouras submetidas ao plantio adensado, além da possibilidade de reduções no custo de produção, resultantes de um dossel mais eficiente em utilizar a radiação solar incidente, maior exploração do solo e, conseqüentemente, maior capacidade de absorver água e nutrientes (CARVALHO et al., 2006; CARVALHO et al., 2013). Porém, sabe-se que essa diminuição no espaçamento entre as plantas ocasionada pelo adensamento pode refletir em crescimento acentuado do ramo ortotrópico (ramos verticais) (RENA et al., 1994) e, possivelmente, morte de ramos plagiotrópicos (ramos horizontais) na região inferior da copa das plantas, ou seja, a saia do cafeeiro (MATIELLO et al., 2002; THOMAZIELLO et al., 1998). Tudo isso pode acabar resultando, ao longo dos anos, em depauperamento das plantas, redução na produtividade, aumento da competição entre plantas pelos substratos básicos ao crescimento, entre outros (CARVALHO et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2007; PEREIRA et al., 2007). De acordo com Cunha et al. (1999) a poda é uma das alternativas mais viáveis e válidas para reverter o processo de depauperamento das lavouras.

A prática da poda em lavouras adultas de cafeeiros arábica já é bem aceita pelos cafeicultores, que buscam, ao empregá-la, corrigir a arquitetura das plantas advinda de danos físicos ou ataques de pragas e doenças, por exemplo; além de manter a capacidade produtiva. Com base nessas informações, percebe-se que o emprego da poda para fins de manutenção produtiva, correção da arquitetura das plantas, renovação de lavouras, entre outras, surge sempre como uma das mais relevantes técnicas para suprir essa demanda sem que seja necessário o arranquio das plantas e a realização de um novo plantio.

A poda se caracteriza em uma operação que tem por finalidade eliminar partes das plantas que perderam ou diminuíram a capacidade produtiva, cuja possibilidade de recuperação natural seja praticamente nula. Com isso, há supressão da dominância apical e um estímulo na emissão e no desenvolvimento de novas brotações a partir de gemas latentes (THOMAZIELLO; PEREIRA, 2008), o que resulta na renovação de estruturas produtivas, como ramos ortotrópicos (ramos verticais) e ramos plagiotrópicos (ramos horizontais).

De acordo com Matiello (1995), é possível manejar a lavoura cafeeira de três formas: com a poda programada, a poda corretiva e a ausência de poda. Compreende-se por poda programada

aquela que possui efeito preventivo ao fechamento da lavoura, e é indicada principalmente em lavouras adensadas. Pode ser realizada com o arranquio de linhas alternadas, recepa de linhas alternadas, arranquio de linhas duplas alternadas, recepa alternada de 1/3 das linhas, recepa e decote alternado e recepa de 20% a 25% das linhas. A poda corretiva pode ser empregada por meio do decote, desponte, esqueletamento ou recepa. Já a condução sem poda se caracteriza pela não intervenção nas plantas da lavoura.

De acordo com Androciolli Filho (2005), a poda do tipo decote se caracteriza por cortes entre 1,2 a 2,0 m de altura na planta, indicado para lavouras que apresentam uma saia bem enfolhada e a parte superior depauperada, o que resultará em renovação do terço superior das plantas. Para Guimarães et al. (2004) essa prática de poda deve ocorrer no início do fechamento da lavoura, anteriormente à perda da saia das plantas, em condições de necessidade de controle da altura das plantas, em situações da morte de ponteira, em condições de danos físicos, entre outros.

A poda do tipo recepa consiste no corte do ramo ortotrópico a uma altura inferior a 80 cm, ocorrendo, geralmente, na faixa de 40 cm, o que possibilita a manutenção de um ou dois ramos plagiotrópicos, classificados, nessa situação, como “ramos pulmões” (CUNHA, 2008). Já para Thomaziello e Pereira (2008), a recepa pode ser classificada de dois tipos; a recepa baixa e a recepa alta. A primeira consiste no corte do ramo ortotrópico na altura de 30 a 40 cm do solo, não havendo a presença de ramos pulmões. Já a recepa alta é realizada na altura de 50 a 80 cm, havendo a permanência dos ramos pulmões.

A poda corretiva do tipo esqueletamento é baseada na premissa da eliminação dos ramos plagiotrópicos. Para Androciolli Filho (2005), a mesma deve ocorrer a uma distância variando de 20 a 30 cm do tronco da planta. Geralmente, associa-se à prática de esqueletamento um decote na parte superior da planta. Esse tipo de poda é comumente empregada em lavouras adensadas, afim de abrir as entre linhas da lavoura por meio da diminuição do diâmetro das copas e renovar os ramos produtivos. Para Guimarães et al. (2009), o esqueletamento é indicado principalmente para lavouras mais velhas que se encontram em estágio de fechamento das entre linhas de cultivo, com incidência de ramos plagiotrópicos muito longos e pouco produtivos. Para Thomaziello e Pereira (2008), atribui-se como principal característica dessa técnica de poda a retomada mais rápida de produção, com perda de apenas uma safra.

Outra importante consideração acerca dos efeitos da poda no cafeeiro arábica diz respeito à capacidade de alterar a relação fonte/dreno para os carboidratos nas plantas de café, uma vez que atua de forma direta na renovação do dossel da planta, ou seja, no aparato fotossintético (THOMAZIELLO; PEREIRA, 2008; PEREIRA et al., 2013). Além disso, a poda contribui consideravelmente na ciclagem de nutrientes, conservação do solo, manutenção dos teores de matéria orgânica no solo, entre outros, pois disponibiliza as partes vegetativas retiradas das plantas, ao meio de cultivo (THOMAZIELLO; PEREIRA, 2008).

Segundo Guimarães et al. (2004), a época mais adequada para a realização da poda corresponde ao período após a colheita, nos meses de agosto a setembro, pois é o momento em que geralmente as plantas começam a aumentar o ritmo de crescimento. No entanto, a expressão do potencial produtivo da lavoura de café é também função do adequado e eficiente sistema de condução das plantas, tanto na fase de formação como na fase de produção (TOLEDO FILHO et al., 2000).

No momento de tomada de decisão sobre o emprego da poda e da técnica a ser utilizada, alguns fatores devem ser levados em consideração, tais como a variedade, o vigor vegetativo, o espaçamento de plantio, a nutrição mineral, o uso de irrigações, as técnicas de manejo do solo, entre outros (SANTAROSA et al., 2013). Se empregada de forma correta, a poda favorecerá a formação de novos ramos e folhas, que atuarão de forma direta no metabolismo fisiológico das plantas (AGUSTÍ-FONFRIA, 2003); estabelecerá um manejo e controle do crescimento vegetativo das plantas, assim como no aumento da luminosidade e arejamento no interior do dossel da copa (SARTORI et al., 2007).

### 2.3 ALTERNATIVA DE PODA NO CAFEEIRO ARÁBICA

No cafeeiro conilon, a prática de poda é amplamente utilizada e necessária para obtenção de bons índices produtivos. Atualmente, a técnica de poda mais recomendada aos cultivos de conilon é a Poda Programada de Ciclo para o Café Conilon (PPC), que consiste em manter um número de ramos ortotrópicos entre 10000 a 16000 por hectare. Após o plantio e até a terceira colheita, deve-se proceder a retirada das brotações ocorridas e dos ramos plagiotrópicos que produziram 70% de sua capacidade produtiva. Após a terceira ou quarta colheita, deve-se proceder a retirada de cerca de 50 a 75% dos ramos ortotrópicos da planta, assim como os ramos

plagiotrópicos pouco produtivos. Ainda neste momento, deve-se proceder a retirada das brotações ocorridas, deixando-se permanecer um quantitativo de brotos para substituir ramos ortotrópicos retirados e os que serão eliminados na safra seguinte, ou seja, se uma planta possuía quatro ramos ortotrópicos e destes, três foram eliminados após a terceira colheita, dever-se-á permitir a manutenção de quatro novos brotos, afim de substituir os ramos velhos. Após a quarta ou quinta colheita, procede-se a retirada dos ramos verticais remanescentes, obtendo-se então, plantas renovadas e aptas a iniciarem um novo ciclo de poda (VERDIN FILHO et al., 2008).

Esta tecnologia de poda permitiu uma padronização nos sistemas de condução das lavouras cafeeiras de conilon, além de promover aumento superior a 20% de produtividade, diminuição média de 32% de mão de obra em um período de 10 anos, ser de fácil entendimento, facilitar os demais manejos, entre outros (VERDIN FILHO et al., 2008). Essa forma de manejar as plantas de conilon pode ser embasada nas premissas de Silveira (1995) e Silveira e Rocha (1995), que relataram ocorrer entre a terceira e quinta colheita os maiores índices produtivos de algumas lavouras de café, e que após sucessivas colheitas, os ramos ortotrópicos tendem a perder seu vigor e sua capacidade de crescimento acelerado, resultando em diminuição da capacidade produtiva.

De acordo com Ferrão et al. (2007) e Fonseca et al. (2007), na medida em que a idade dos ramos ortotrópicos aumenta, sua capacidade produtiva diminui em função da diminuição do vigor e de brotações excessivas. Portanto, para fins de exploração comercial da cafeicultura de conilon, torna-se necessária a intervenção no livre crescimento das plantas, assim como a substituição dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos velhos por novos. Para Ferrão et al. (2007), existe um conjunto de características relacionadas à planta e às condições de cultivo que interferem de modo significativo na produtividade. As características mais relevantes relacionadas às plantas podem ser exemplificadas como o diâmetro de copa, altura da planta, número de ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, número de gemas, comprimento dos internódios dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos, comprimento dos ramos plagiotrópicos e capacidade de emissão de novas brotações (necessárias para o procedimento de substituição dos ramos ortotrópicos com a poda). Das características relacionadas às condições de cultivos, pode-se citar a variedade, o nível tecnológico, a mecanização, a topografia, a precipitação, o uso irrigação, a fertilidade do solo e as adubações. Todos esses fatores podem interferir na capacidade produtiva de lavouras de conilon.

Resultados recentes demonstram que o emprego da Poda Programada de Ciclo para o Café Conilon vem proporcionando a obtenção de consideráveis níveis produtivos nesta cultura, principalmente quando associada ao aumento da população de ramos ortotrópicos por hectare (VERDIN FILHO, 2011; VERDIN FILHO et al., 2014; VERDIN FILHO et al., 2015).

Contextualizado sobre a importância do emprego da poda no cafeeiro para obtenção de bons índices de crescimento e produtividade, bem como das características e potencial da PPC para o café conilon, um novo sistema de poda está sendo desenvolvido para o cafeeiro arábica, a chamada Poda Programada de Ciclo para o Café Arábica (PPCA). Baseada nas técnicas e premissas da PPC, a PPCA surge como alternativa para contornar algumas dificuldades na produção de café arábica.

Visando o aprimoramento da cafeicultura de arábica nas regiões montanhosas do Estado do Espírito Santo, a técnica de manejo da poda de plantas de café arábica do tipo PPCA está sendo desenvolvida e testada pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), tendo como metas a melhoria da produtividade dos cafezais e a redução dos custos de produção, principalmente no que diz respeito à mão de obra na colheita. Essa técnica consiste na condução de mais ramos ortotrópicos por planta e da retirada de ramos plagiotrópicos da saia do cafeeiro, além da renovação de ramos ortotrópicos após seu depauperamento. Trabalhos prévios vêm mostrando relação positiva entre essa técnica de manejo e a melhoria do aspecto vigoroso das lavouras e os índices de produtividade. Os mesmos apontam que o emprego da poda programada do cafeeiro arábica (PPCA) é responsável por um aumento de produtividade em até 35% e redução da mão de obra na colheita em até 50% (SEAG, 2014).

Esse novo manejo surge como algo totalmente novo na cultura, uma vez que propõe a manutenção de mais de um ramo ortotrópico por planta, a retirada dos ramos plagiotrópicos da parte inferior da copa (saia do cafeeiro), a eliminação periódica das brotações e a substituição dos ramos verticais velhos por novas brotações sem a necessidade da recepa, técnica esta que ocasionaria em pelo menos uma safra sem produção, o que não ocorre com o uso da PPCA, pois segue o mesmo princípio da PPC.

Estudos científicos são extremamente relevantes no atual momento, visto a necessidade de validação científica desta nova técnica, que apresenta grande potencial de alavancar ou ao

menos melhorar os índices produtivos, a rentabilidade e a melhoria da atividade cafeeira de arábica nas regiões não mecanizadas.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO EXPERIMENTAL**

O experimento foi desenvolvido em campo no interior do município de Santa Teresa-ES, região Serrana do Estado do Espírito Santo. A altitude do local é de 740 m e o solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 1997). A região apresenta topografia ondulado-acidentada, com precipitação média anual de 1.282 mm, temperatura média anual de 21,1 °C. Junho é o mês mais seco do ano, enquanto que o mês mais chuvoso é dezembro. Janeiro é o mês mais quente do ano, com média de 23,7 °C. Junho é o mês mais frio, com média de 18,5 °C. A região se encontra na zona apta de cultivo do café arábica (PEZZOPANE et al., 2012).

A lavoura onde o experimento foi implantado passou por uma poda com recepa baixa em 2012, e as brotações foram conduzidas de modo a promover o estabelecimento do número de ramos ortotrópicos, ou seja, a partir da emissão de brotações no caule da planta recepada, deixou-se conduzir apenas o número de brotos referentes ao número de ramos ortotrópicos que aquela parcela deveria apresentar. O espaçamento da lavoura foi de 2,5 x 1,0 m e padrão para todos os tratamentos, sendo este comumente empregado em lavouras de cafeeiro arábica. A cultivar utilizada foi a Catuaí Vermelho IAC 44, sendo esta amplamente empregada em lavouras cafeeiras no Estado do Espírito Santo.

#### **3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL**

Neste experimento foram utilizados dois esquemas experimentais. O primeiro seguiu o esquema de parcela subdividida no tempo 3 x 3, nas parcelas o manejo do número de ramos ortotrópicos por planta em três níveis e nas subparcelas as fases fenológicas em três níveis, em

um delineamento em blocos casualizados, com oito blocos. Os três manejos consistiram de um, dois e três ramos ortotrópicos por planta. As fases fenológicas de avaliação corresponderam à floração, granação e maturação dos frutos. Tal delineamento foi empregado para o estudo do comportamento do cafeeiro arábica em função do número de ramos ortotrópicos ao longo das fases fenológicas.

O segundo esquema experimental seguiu delineamento em blocos casualizados, com manejo do número de ramos ortotrópicos em três níveis e oito blocos. Este esquema foi utilizado para as avaliações realizadas apenas no estágio fenológico de maturação dos frutos.

A parcela experimental foi composta por três plantas úteis delimitadas por uma bordadura em cada extremidade.

### 3.3 CONDUÇÃO DO ENSAIO

O manejo da adubação foi realizado de acordo com as recomendações para a cultura do café arábica no Estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007), assim como os tratos fitossanitários e as práticas culturais (REIS; CUNHA, 2010). O experimento foi conduzido sem o emprego da irrigação.

### 3.4 AVALIAÇÕES EMPREGADAS

As avaliações ocorreram no ciclo produtivo da primeira colheita. As avaliações não destrutivas foram realizadas ao longo das fases fenológicas do ciclo reprodutivo do cafeeiro arábica, com amostragens nos períodos correspondentes à floração, granação e maturação dos frutos. De cada planta útil da parcela, dois ramos plagiotrópicos de primeira produção foram selecionados, marcados e identificados para realização das avaliações ao longo do período de análise.

Avaliou-se o teor de clorofila *a*, *b* e total, utilizando o medidor portátil de teor de clorofila “ClorofiLOG” Falker modelo FL1030, com medições realizadas no horário entre 8 e 11 da manhã. Por meio do teor de clorofila *a* e *b*, se obteve a relação de clorofila *a/b*, dividindo-se o teor de clorofila *a* pelo de clorofila *b*.

Também, em cada fase fenológica, procedeu-se avaliações das trocas gasosas para estimativa das variáveis fotossintéticas, por meio do leitor de gases por infravermelho (IRGA Licor 6800XT), para estudo da taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> ( $A$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), taxa de transpiração ( $E$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), déficit de pressão de vapor (DPV, kPa), estimativa da eficiência instantânea do uso da água ( $A/E$ ,  $\mu\text{mol mmol}^{-1}$ ) e estimativa da eficiência intrínseca do uso da água ( $A/g_s$ ,  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ). Para isso, medições pontuais foram realizadas em dias sem nebulosidade e característicos à estação do ano em que se encontravam; no horário entre 8 e 11 horas da manhã, tomando-se por padrão folhas do cafeeiro entre o terceiro/quarto par de folhas a partir do ápice do ramo plagiotrópico marcado, de modo a selecionar folhas totalmente expandidas e completamente maduras e sem a ocorrência visual de qualquer tipo de anomalia. Foram avaliadas duas folhas de cada ramo marcado. A radiação fotossinteticamente ativa foi padronizada em luz saturante artificial de  $1000 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e o CO<sub>2</sub> em concentração na câmara de 420 ppm.

No estágio de maturação dos frutos foram avaliadas características como: altura da planta e comprimento do ramo plagiotrópico, utilizando trena graduada em centímetros; número de nós (gemas reprodutivas e vegetativas) do ramo plagiotrópico e número de ramos plagiotrópicos no ramo ortotrópico, por meio de contagem direta.

O comprimento de internódios do ramo ortotrópico foi obtido pela divisão do comprimento do ramo ortotrópico (cm) pelo número de entrenós do ramo ortotrópico, com resultado em cm.

O comprimento de internódios do ramo plagiotrópico foi obtido pela divisão do comprimento do ramo plagiotrópico (cm) pelo número de nós do ramo, com resultado em cm.

A área ( $\text{m}^2$ ) e o volume de copa ( $\text{m}^3$ ) foram obtidos através da mensuração do diâmetro de copa (por meio de uma trena graduada em centímetros) e da altura da copa, mensurando-se o comprimento do ápice do ramo ortotrópico até a inserção do par de ramos plagiotrópicos mais basal.

A angulação de inserção dos ramos plagiotrópicos no ramo ortotrópico foi obtida com o uso de inclinômetro digital. Para isso, quatro ramos plagiotrópicos foram selecionados na parte mediana da copa do ramo ortotrópico mais representativo da planta, e a angulação formada entre este ramo e o caule da planta foi mensurada.

Também foi mensurado o número médio de rosetas dos ramos plagiotrópicos (considerou-se como roseta a inserção de um ou mais frutos no nó) e o número médio de frutos por roseta (número total de frutos do ramo plagiotrópico dividido pelo número de rosetas).

As avaliações destrutivas e a colheita dos frutos também foram realizadas no estágio de maturação. Coletou-se os ramos plagiotrópicos anteriormente marcados, sendo esses ramos seccionados no ponto de interseção dos mesmos com o ramo ortotrópico, e separado em: caule, folhas e frutos.

Logo após a coleta, procedeu-se a determinação das variáveis:

- Área foliar unitária (AFU): por meio do integrador de área foliar “Area meter”, modelo 3100, LiCor, a área de 20 folhas intactas escolhidas aleatoriamente foi determinada, e, dividindo-se a área foliar total pelo número de folhas avaliadas, obteve-se a área foliar unitária, expressa em  $\text{cm}^2$ ;

- Área foliar do ramo plagiotrópico (AFR): todas as folhas de cada ramo coletado foram passadas no integrador de área foliar “Area meter”, modelo 3100, LiCor, com resultado em  $\text{cm}^2$ ;

- Densidade de enfolhamento (DF): razão entre o número total de folhas da planta (estimado através do número de folhas dos ramos marcados e do número de ramos plagiotrópicos da planta) pelo volume da copa da planta, com resultado em folhas  $\text{m}^{-3}$ .

Após essas análises, todos os materiais foram secos separadamente, em estufa de circulação forçada de ar a  $65^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  até atingir peso constante. Por meio de balança eletrônica de precisão (0,0001 g), foi obtida a massa seca de cada compartimento vegetal, sendo eles: caules (MSC), folhas (MSF) e frutos (MSFR). Essas variáveis foram utilizadas para o cálculo das seguintes características:

- Área foliar específica (AFE): obtida pela divisão da área foliar do ramo plagiotrópico ( $\text{cm}^2$ ) pela massa seca das folhas (g), com expressão do resultado em  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ;

- Massa seca total do ramo plagiotrópico (MST): obtida pelo somatório de MSC, MSF e MSFR, com resultado em g;

- Razão de área foliar (RAF): relacionou a área foliar apta à realização da fotossíntese com a massa seca do ramo, ou seja, é a divisão da área foliar do ramo (AFR) ( $\text{cm}^2$ ) pela massa seca total do ramo plagiotrópico (MST), com valor expresso em  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ;

- Razão de massa seca do caule do ramo (RMC): é a relação entre a massa seca do caule do ramo plagiotrópico (MSC) pela biomassa total do ramo (MST), com resultado expresso em %;

- Razão de massa de folhas do ramo (RMF): relacionou a massa seca das folhas (MSF) pela biomassa total do ramo (MST), em %;

- Razão de massa de frutos do ramo (RMFr): relaciona a massa seca dos frutos do ramo (MSFR) pela biomassa total do ramo (MST), em %;

- Relações folha/fruto: relacionou a massa seca foliar do ramo pela massa seca de frutos do ramo ( $\text{MSF}/\text{MSFR}$ ,  $\text{g g}^{-1}$ ), a massa seca foliar do ramo pelo número de frutos do ramo ( $\text{MSF}/\text{N}^\circ \text{frutos}$ ,  $\text{g fruto}^{-1}$ ), a área foliar do ramo pela massa seca de frutos do ramo ( $\text{AFR}/\text{MSFR}$ ,  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ) e a área foliar do ramo pelo número de frutos do ramo ( $\text{AFR}/\text{N}^\circ \text{frutos}$ ,  $\text{cm}^2 \text{fruto}^{-1}$ ).

A produção de café beneficiado por planta foi calculada com a colheita dos frutos da planta. Os frutos coletados foram secos e beneficiados para determinação do rendimento (relação entre o peso do café da “roça” e o peso do café beneficiado).

De cada parcela experimental foi coletada uma amostra de café beneficiado (300 g), sendo os grãos submetidos à análise física para determinação da porcentagem de café retida em cada classe de peneiras (separação pela forma e pelo tamanho do grão), sendo as seguintes: peneiras 17 acima (P17AC), peneiras 15+16 (P15/16), peneiras 13+14 (P13/14), peneiras 12 abaixo (P12AB).

### 3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância e na presença de diferenças significativas, foi utilizado o critério de Tukey em nível de 5% de probabilidade. A análise dos dados foi realizada utilizando o programa de análise estatística SISVAR (FERREIRA, 2011).

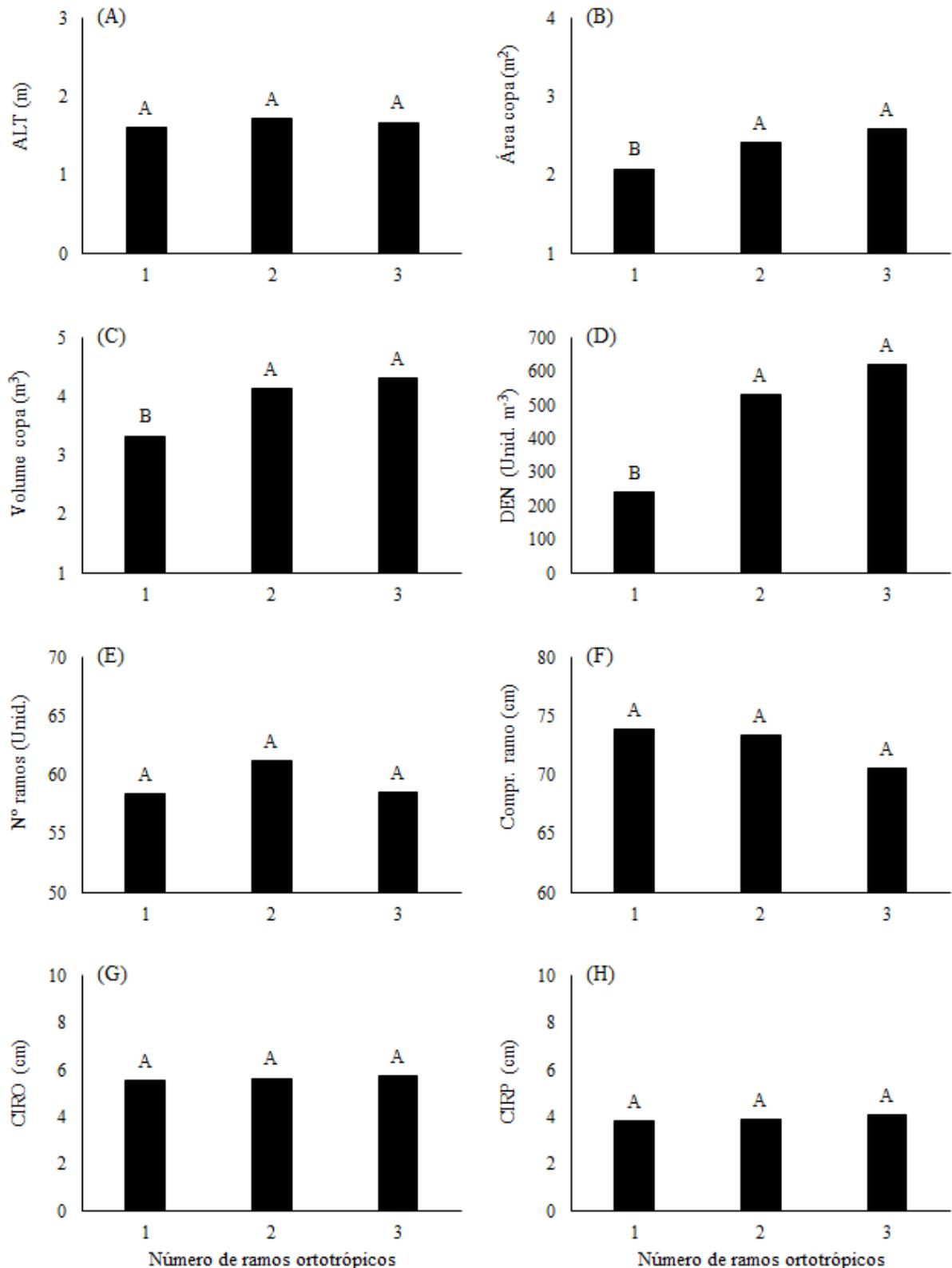
#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferenciação significativa para variáveis relacionadas à arquitetura da copa de plantas de cafeeiro arábica em função do número de ramos ortotrópicos, a saber: altura da planta (ALT), número de ramos plagiotrópicos (Nº ramos), comprimento do ramo plagiotrópico (Compr. Ramo), comprimento de internódio do ramo ortotrópico (CIRO) e comprimento de internódio do ramo plagiotrópico (CIRP). Observou-se diferenciação significativa apenas para área de copa, volume de copa e densidade de enfolhamento (DEN) (Figura 1, Apêndice A).

O crescimento em altura manteve o mesmo padrão em função dos números de ramos ortotrópicos na planta (Figura 1A).

Observou-se maior área e volume da copa em plantas com dois e três ramos ortotrópicos (Figura 1B, 1C). Um maior dossel, tanto em área como volume, contribui, até certo nível, significativamente para o desenvolvimento das plantas, visto ser sabido que boa parte do sistema radicular das plantas é proporcional à sua parte aérea. Pode-se inferir que maior área e volume da copa sejam sustentados por um maior volume de raízes, favorecendo o aumento da capacidade de exploração do solo em busca por água e nutrientes, o que pode ser embasado por Mota et al. (2006), Alves et al. (2011), Pereira et al. (2011) e Ronchi et al. (2015).

Maior densidade de enfolhamento (DEN) foi observada em plantas com dois e três ramos ortotrópicos (Figura 1D). Essa variável relaciona a quantidade de folhas pelo volume de copa da planta e, até certos níveis, o aumento do número de folhas na copa pode sustentar a formação de um microclima capaz de favorecer as trocas gasosas e a fotossíntese nessas plantas, porém, se ocorrido adensamento excessivo é possível que haja autossombreamento de folhas mais internas à copa, o que pode resultar em diminuição das taxas fotossintéticas (DaMATTA; RENA, 2002; DaMATTA et al., 2007).



**Figura 1.** Altura de plantas (A), área da copa (B), volume da copa (C), densidade de enfolhamento (D), número de ramos plagiotrópicos (E), comprimento do ramo plagiotrópico (F), comprimento do internódio do ramo ortotrópico (G) e comprimento do internódio do ramo plagiotrópico (H); em função do número de ramos ortotrópicos em plantas de cafeeiro arábica Catuaí Vermelho IAC 44 (Santa Teresa-ES, safra de 2015).

Não houve diferenciação significativa para o número e o comprimento de ramos plagiotrópicos em função do número de ramos ortotrópicos por planta (Figura 1E, 1F), porém, com relação a essas variáveis, o intuito foi verificar se havia influência dos tratamentos sobre cada ramo ortotrópico. Assim, se o número e o comprimento de ramos plagiotrópicos em um ramo ortotrópico é o mesmo entre os tratamentos, quando levado em conta a planta inteira fica claro que o número de ramos plagiotrópicos em plantas com dois ramos verticais é o dobro que o observado em plantas com um ramo vertical. O mesmo vale para plantas com três ramos ortotrópicos.

Se a área e o volume da copa foram estatisticamente os mesmos entre plantas com dois e três ramos ortotrópicos, e o número de ramos plagiotrópicos na planta foi maior com o aumento do número de ramos verticais, pode-se inferir que houve um maior adensamento na copa das plantas com três ramos verticais, sendo possível que tenha havido restrição à entrada de luz no interior da copa, ocasionando autossombreamento das folhas mais internas ao dossel.

Aumentar o número de ramos plagiotrópicos não necessariamente é capaz de refletir em incrementos consideráveis de produtividade (PAVAN et al., 1994; DaMATTA; RENA, 2002; DaMATTA et al., 2007; PEREIRA et al., 2011), por efeitos do adensamento desses ramos na copa e de autossombreamento de folhas no dossel.

Não foi verificada influência significativa do número de ramos ortotrópicos no tamanho dos internódios dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos das plantas (Figura 1G, 1H).

Não houve efeito significativa na interação entre o número de ramos ortotrópicos e os períodos de avaliação para características relacionadas aos teores de clorofila, a saber: teor de clorofila *a*, *b*, total e relação clorofila *a/b* (Tabela 1, Apêndice B).

Através da análise individual para cada fonte de variação, percebe-se na Tabela 1 que os teores de clorofila *a*, *b*, total e relação clorofila *a/b* não variaram em função do número de ramos ortotrópicos da planta. Na comparação entre os estágios fenológicos, percebe-se que os maiores teores de clorofila *a*, *b* e total foram obtidos no estágio de florescimento, e os menores teores no de granação dos frutos. Como o estágio de granação dos frutos se encontra em meio a um período mais quente e de maior intensidade luminosa, há relatos de que, em função desse cenário, haja diminuição nos teores de clorofila, devido ao acelerado processo de degradação da mesma (FELLER; KEIST, 1986). É possível ter havido uma remobilização de reservas

(principalmente nitrogenadas), no estágio de granação, para os órgãos de maior demanda metabólica, ou seja, os frutos (MARSCHNER, 1995), o que explica a diminuição nos teores dos pigmentos clorofilados na fase de granação. Os frutos do cafeeiro são capazes de drenar cerca de 95% do total de nitrogênio adquirido pela planta no processo de absorção pelas raízes (AMARAL et al., 2001), o que justifica a grande demanda por esse nutriente no estágio de granação dos frutos. Esse processo de degradação da clorofila, remobilização de suas reservas e diminuição de seus teores nos estágios de enchimento de grãos de café já foi observado por Reis (2007). Para a relação clorofila *a/b*, foram nos estágios de granação e maturação dos frutos que se obtiveram as maiores relações, ou seja, houve uma diminuição mais acentuada da clorofila *b* em relação à clorofila *a* nos estágios de granação e maturação dos frutos, elevando os valores da relação (Tabela 1).

**Tabela 1.** Variáveis avaliadas ao longo dos estágios fenológicos (floração, granação e maturação dos frutos) em função do número de ramos ortotrópicos (1, 2 e 3 ramos), quanto aos teores de clorofila de plantas de cafeeiro arábica da cultivar Catuaí Vermelho IAC 44 (Santa Teresa-ES, safra de 2015).

----- Clorofila <i>a</i> -----				----- Clorofila <i>b</i> -----			
	Nº Ramos	Estágio			Nº Ramos	Estágio	
	Ortotrópicos	Fenológico			Ortotrópicos	Fenológico	
1	44,37 A	Floração	48,77 a	1	29,42 A	Floração	39,10 a
2	44,56 A	Granação	40,23 c	2	29,12 A	Granação	23,05 c
3	44,39 A	Maturação	44,31 b	3	30,10 A	Maturação	26,50 b
----- Clorofila Total -----				----- Relação clorofila <i>a/b</i> -----			
	Nº Ramos	Estágio			Nº Ramos	Estágio	
	Ortotrópicos	Fenológico			Ortotrópicos	Fenológico	
1	73,80 A	Floração	87,87 a	1	1,61 A	Floração	1,25 b
2	73,69 A	Granação	63,30 c	2	1,61 A	Granação	1,80 a
3	74,49 A	Maturação	70,81 b	3	1,53 A	Maturação	1,70 a

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (comparação entre o número de ramos ortotrópicos) e minúscula (comparação entre os estágios fenológicos), não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Godoy et al. (2008) encontraram resultados semelhantes para o índice relativo de clorofila em cafeeiro arábica nos estágios de granação e maturação dos frutos, sendo observados menores teores de clorofila *b*.

Houve efeito significativo na interação entre o número de ramos ortotrópicos e os períodos de avaliação para características relacionadas à fisiologia da planta, a saber: taxa de assimilação líquida de carbono ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), déficit de pressão de vapor (DPV), eficiência instantânea no uso da água ( $A/E$ ) e eficiência intrínseca no uso da água ( $A/g_s$ ) (Tabela 2, Apêndice B). Porém, não foi observado efeito significativa na interação dos referidos fatores para a concentração subestomática de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) e eficiência instantânea de carboxilação ( $A/C_i$ ) (Tabela 3, Apêndice B).

**Tabela 2.** Variáveis avaliadas ao longo dos estágios fenológicos (floração, granação e maturação dos frutos) em função do número de ramos ortotrópicos (1, 2 e 3 ramos), quanto às trocas gasosas de plantas de cafeeiro arábica da cultivar Catuaí Vermelho IAC 44 (Santa Teresa-ES, safra de 2015).

Nº Ramos Ortotrópicos	----- $A$ ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) -----			----- $g_s$ ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) -----		
	Floração	Granação	Maturação	Floração	Granação	Maturação
1	7,53 Ab	9,47 Ba	6,65 Bb	0,012 Ab	0,050 Ba	0,049 Ba
2	7,66 Ab	11,31 Aa	8,32 Ab	0,010 Ab	0,075 Aa	0,080 Aa
3	8,40 Aa	9,52 Ba	6,92 ABb	0,011 Ab	0,062 ABa	0,057 Ba
Nº Ramos Ortotrópicos	----- $E$ ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) -----			----- DPV (kPa) -----		
	Floração	Granação	Maturação	Floração	Granação	Maturação
1	0,51 Ab	1,08 Ba	1,20 Ba	4,07 Aa	2,09 Ac	2,23 Ab
2	0,44 Ac	1,47 Ab	1,83 Aa	4,06 Aa	1,83 Bc	2,27 Ab
3	0,50 Ab	1,26 Aba	1,43 Ba	4,11 Aa	2,04 Ac	2,28 Ab
Nº Ramos Ortotrópicos	----- $A/E$ ( $\mu\text{mol mmol}^{-1}$ ) -----			----- $A/g_s$ ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ) -----		
	Floração	Granação	Maturação	Floração	Granação	Maturação
1	15,23 Ba	9,04 Ab	5,68 Ac	674,1 Ba	202,5 Ab	142,9 Ab
2	17,70 Aa	7,82 Ab	4,62 Ac	782,1 Aa	153,1 Ab	105,5 Ab
3	17,01 ABa	7,59 Ab	5,31 Ac	760,5 Aa	155,0 Ab	132,7 Ab

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A partir da fase de granação dos frutos houve diferenciação na taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ) em função do número de ramos ortotrópicos por planta e, além disso, foi neste estágio e em plantas com dois ramos ortotrópicos que se obteve as maiores  $A$  (Tabela 2), certamente por ser nesse estágio o período de maior demanda de fotoassimilados pelos frutos (RENA; MAESTRI, 1985; LARCHER, 2000; LAVIOLA et al., 2007). A demanda por energia na planta aumentou para suprir as necessidades metabólicas no desenvolvimento dos frutos ao longo do estágio de granação, o que justifica o aumento da taxa fotossintética nesse período, o

que pode ser embasado por DaMatta et al. (1997). Assim, a partir da fase de granação, plantas com dois ramos ortotrópicos apresentaram maiores taxas de assimilação líquida de carbono.

Já tem sido relatado aumento nos valores de fotossíntese em função do aumento na carga de frutos em cafeeiros (FRANCK et al., 2006). No entanto, esse acréscimo nas taxas de assimilação do carbono se dá, principalmente, pela maior disponibilidade de CO<sub>2</sub> no mesófilo foliar, fruto de uma maior condutância estomática (DaMATTA et al., 2008; SILVA et al., 2010).

Para a condutância estomática (*g<sub>s</sub>*), os maiores fluxos gasosos ocorreram nos estágios de granação e maturação e em plantas com dois ramos ortotrópicos, com ressalvas a *g<sub>s</sub>* de plantas com três ramos no estágio de granação, que não diferiu de plantas com um ou dois ramos ortotrópicos (Tabela 2). Maiores valores de *g<sub>s</sub>* contribuem para obtenção de maiores taxas fotossintéticas, como foi observado em plantas com dois ramos, principalmente no estágio de maior demanda metabólica (granação). Tais observações se embasam em DaMatta et al. (2008) e Silva et al. (2010).

A resistência estomática ocasionada por restrições pode limitar as taxas fotossintéticas do cafeeiro, podendo essa limitação causar efeitos ainda mais preponderantes às plantas quando no período de crescimento ativo (SILVA et al., 2004). Além disso, restrições à condutância estomática restringem a difusão de CO<sub>2</sub> atmosférico para o mesófilo foliar, causando diminuição no fornecimento desse substrato básico de alocação nos sítios ativos da RuBisCO (ribulose 1,5-bisfosfato carboxilase oxigenase) e, conseqüentemente, diminuição na taxa de assimilação de carbono, o que, possivelmente, é capaz de condicionar o aumento do processo de fotorrespiração, através do favorecimento da atividade oxigenase da RuBisCO em função da menor concentração de CO<sub>2</sub> (AMARAL et al., 2006; DaMATTA et al., 1997; TAIZ; ZEIGER, 2013).

As taxas transpiratórias (*E*) apresentaram comportamento semelhante ao observado para a *g<sub>s</sub>*, isso porque a *E* está diretamente relacionada com a condutância (Tabela 2), ou seja, a maior abertura estomática foi capaz de promover a obtenção de maiores taxas fotossintéticas e, associado a maiores taxas de trocas gasosas com a atmosfera, a planta acabou perdendo maior quantidade de vapor de água por transpiração, sendo sua intensidade relacionada com a *g<sub>s</sub>* e a *A*.

É possível que a condução de plantas com dois ramos ortotrópicos tenha favorecido a formação de um microclima na copa dessas plantas capaz de propiciar maiores valores de  $A$ ,  $g_s$  e  $E$ , tomando-se por base, observações de DaMatta e Rena (2002) e DaMatta (2004a).

Infere-se que os menores valores de  $A$ ,  $g_s$  e  $E$  em plantas com um ramo ortotrópico sejam atribuídos à maior exposição das plantas às variáveis climáticas, principalmente temperatura elevada e baixa umidade relativa do ar, o que, possivelmente, ocasionou restrições a  $g_s$  e  $E$ , tendo como efeito direto, diminuições na  $A$ . Em plantas com três ramos, os resultados de trocas gasosas se aproximam dos observados em plantas com um ramo, o que leva a atribuir esses resultados à possibilidade de ocorrência do autossombreamento de folhas internas ao dossel dessas plantas, causando limitação ao aparato fotossintético por diminuição na quantidade de radiação fotossinteticamente ativa sobre as folhas do interior da copa, visto que folhas de cafeeiros sob sombreamento podem apresentar diminuição na taxa fotossintética líquida (DaMatta; RENA, 2002; DaMatta, 2004a; GOMES et al., 2008; MORAIS et al., 2003; MORAIS et al., 2004), porém, também com taxas respiratórias menores, o que pode contribuir para obtenção de um balanço energético positivo, muitas vezes suficiente para atender o metabolismo da planta.

O menor déficit de pressão de vapor (DPV) nas folhas do cafeeiro foi observado em plantas com dois ramos ortotrópicos e no estágio de granação (Tabela 2). Valores elevados de DPV ocasionam um relevante declínio na  $g_s$  e, conseqüentemente, diminuição acentuada na taxa fotossintética (SHIRKE; PATHRE, 2004; INOUE; RIBEIRO, 1988; TAIZ; ZEIGER, 2004). É bem provável que a formação de um microclima (menor temperatura e maior umidade relativa do ar) em meio ao dossel de plantas com dois ramos tenha ocasionado a obtenção de menor DPV, o que é justificado pelos valores de  $g_s$ ,  $E$  e  $A$ .

Maior eficiência no uso da água, tanto a instantânea ( $A/E$ ) como a intrínseca ( $A/g_s$ ), ocorreu no estágio de floração do cafeeiro em plantas com dois e três ramos ortotrópicos (Tabela 2). Essa característica possibilita inferir que plantas de café arábica conduzidas com dois ou três ramos são capazes de assimilar maior quantidade de carbono por unidade de água transpirada via fluxo estomático, tornando-as mais eficientes. Essa diferenciação apenas foi vista no estágio de floração, certamente por ser o período em que verificou-se o maior DPV, menor abertura estomática, menores índices de transpiração e menor disponibilidade de água no solo (uma vez que o período de floração coincide com o de temperaturas ainda baixas e de menor disponibilidade hídrica) e, mesmo assim, as plantas foram capazes de apresentar taxas

consideráveis de assimilação de carbono (principalmente com dois e três ramos). Esses resultados de eficiência no uso da água demonstram que as restrições em condutância estomática e transpiração na floração foram mais intensas do que as restrições na taxa de assimilação de carbono, o que justifica a elevação na eficiência.

Não houve diferenciação estatística para a concentração subestomática de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) e a eficiência de carboxilação (A/C<sub>i</sub>) entre as plantas de cafeeiro arábica em função do número de ramos ortotrópicos (Tabela 3). Isso demonstra que a taxa de assimilação líquida de carbono foi compatível com a concentração de CO<sub>2</sub> que entrou nas câmaras subestomáticas.

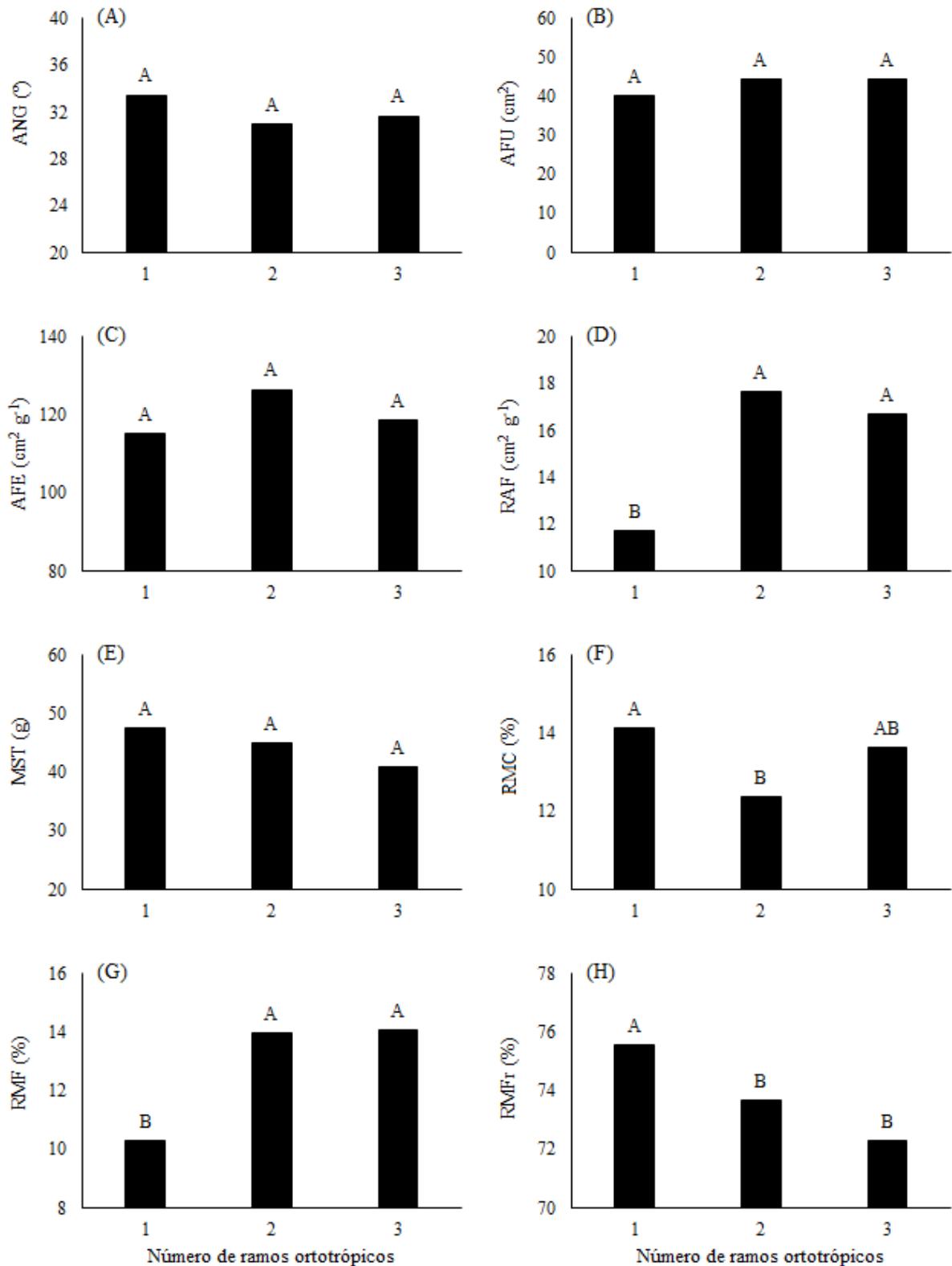
**Tabela 3.** Concentração subestomática de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C<sub>i</sub>) em função dos estágios fenológicos (floração, granação e maturação dos frutos) e do número de ramos ortotrópicos (1, 2 e 3 ramos) de plantas de cafeeiro arábica da cultivar Catuaí Vermelho IAC 44 (Santa Teresa-ES, safra de 2015).

----- C <sub>i</sub> (μmol mol <sup>-1</sup> ) -----				----- A/C <sub>i</sub> (mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) -----			
	Nº Ramos Ortotrópicos	Estágio Fenológico			Nº Ramos Ortotrópicos	Estágio Fenológico	
1	161,9 A	Floração	158,5 b	1	0,050 A	Floração	0,050 b
2	180,6 A	Granação	164,0 b	2	0,051 A	Granação	0,063 a
3	174,0 A	Maturação	194,0 a	3	0,049 A	Maturação	0,037 c

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (comparação entre o número de ramos ortotrópicos) e minúscula (comparação entre os estágios fenológicos), não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Quanto aos estágios fenológicos, percebe-se que a maior concentração de CO<sub>2</sub> ocorreu no estágio de maturação dos frutos (Tabela 3), certamente por efeitos de maior grau de abertura estomática (Tabela 2), o que favoreceu o fluxo gasoso e a acumulação de CO<sub>2</sub> na câmara estomática. No entanto, percebe-se que a menor eficiência instantânea de carboxilação também ocorreu nesse estágio fenológico (Tabela 3), o que demonstra que havia maior disponibilidade de substrato para a fotossíntese (CO<sub>2</sub>), mais não que resultou em maiores taxas de fixação deste substrato pelo ciclo fotossintético, certamente, por menor atividade bioquímica da fotossíntese nesse período.

A análise de variância e a respectiva significância das fontes de variação para as variáveis abordadas na Figura 2, Figura 3 e Figura 4, podem ser verificadas no Apêndice A.



**Figura 2.** Ângulo de inserção do ramo plagiotrópico (A), área foliar unitária (B), área foliar específica (C), razão de área foliar (D); massa seca total (E), razão de massa do caule (F), razão de massa de folhas (G) e razão de massa de frutos (H) de ramos plagiotrópicos; em função do número de ramos ortotrópicos de plantas de cafeeiro arábica Catuaí Vermelho IAC 44 (Santa Teresa-ES, safra de 2015).

Percebe-se que, mesmo com o aumento no número de ramos ortotrópicos, as plantas não sofreram alterações na angulação de seus ramos plagiotrópicos (Figura 2A). Esses resultados demonstram que a copa das plantas da cultivar em questão é fechada e compacta, conforme sua descrição (CARVALHO et al., 2008; FAZUOLI, 1999; IAC, 2014; MATIELLO et al., 2010). Sera et al. (2001) relataram que quanto menor o ângulo de inserção dos plagiotrópicos no ramo ortotrópico, maior é o vigor vegetativo dessas plantas e maior é a probabilidade de bons índices produtivos. De acordo com Avelar et al. (2013), o ângulo de inserção pode atuar na disposição dos ramos plagiotrópicos ao longo da copa, bem como na denominação do formato dessa copa.

Para a área foliar unitária (AFU) e a área foliar específica (AFE) não se observou diferenciação estatística entre o número de ramos ortotrópicos por planta (Figura 2B, 2C). De acordo com Moraes et al. (2003) e Moraes et al. (2004), o nível de radiação solar incidente sobre as folhas é capaz de influenciar consideravelmente as características anatômicas desses órgãos, tal como a espessura do limbo foliar e a densidade estomática, onde folhas mais expostas à irradiância apresentam menor área unitária e maior espessura quando comparadas a folhas sombreadas. Rodríguez-López et al. (2014) relataram que as alterações morfológicas quanto à área foliar específica e razão de área foliar são mais responsivas à quantidade de luz total incidente, relatos estes corroborados com os de Chaves et al. (2012).

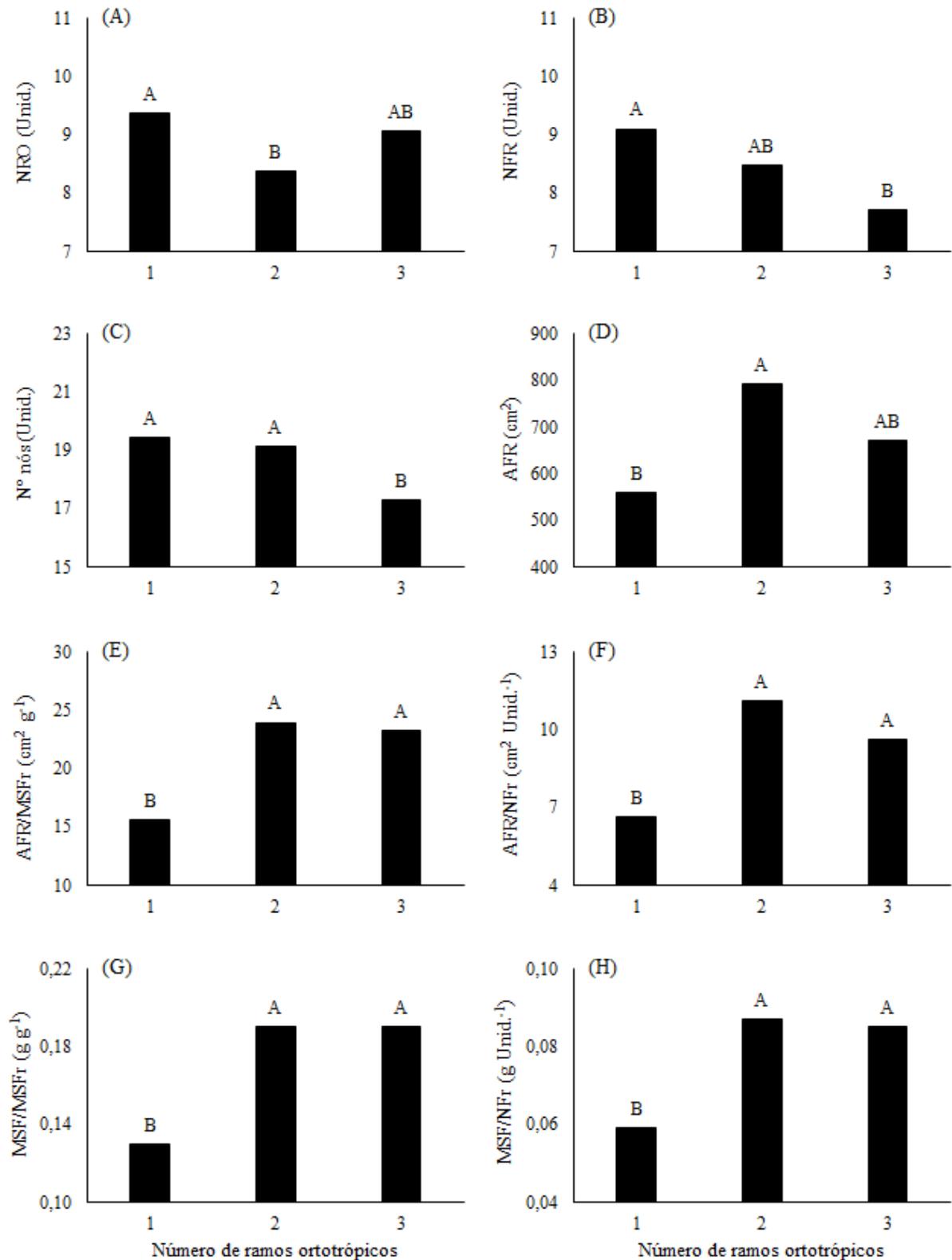
Percebe-se maior formação de área foliar por unidade de massa do ramo plagiotrópico em plantas com dois e três ramos ortotrópicos, do que em plantas com apenas um ramo. Isso demonstra que houve incremento na RAF em plantas conduzidas com mais ramos ortotrópicos (Figura 2D). Esse também é um indicativo de que as plantas com dois e três ramos verticais necessitaram de uma maior área foliar para a interceptação da radiação fotossintética do que as plantas com um ramo, o que é justificado pela ocorrência de autossombreamento com o aumento do número de ramos ortotrópicos por planta. No entanto, percebe-se que essa modificação morfofisiológica foi benéfica para as plantas com dois ramos, e, de certo modo, deletéria para as com três ramos, visto a diminuição das características de trocas gasosas em plantas com três ramos em relação às plantas com dois ramos verticais. Esses resultados podem ser embasados pelos obtidos por Lunz (2006) e Righi et al. (2007) em estudos com o cafeeiro sombreado.

Com relação à biomassa dos ramos plagiotrópicos, não foi observada diferenciação estatística para a MST do ramo em função do número de ramos ortotrópicos por planta (Figura 2E), porém, houve modificação nas razões de massa, sendo possível verificar uma maior

destinação de matéria seca total à formação de caule dos ramos plagiotrópicos (RMC) de plantas com um e três ramos verticais (Figura 2F); maior proporção de folhas em ramos plagiotrópicos (RMF) de plantas com dois e três ramos ortotrópicos (o que pode ser embasado pelos resultados de AFR, AFU, AFE e RAF) (Figura 2G); e maior proporção de massa de frutos em ramos plagiotrópicos (RMFr) de plantas com um ramo vertical (Figura 2H). Este último resultado pode ser utilizado para embasar a ocorrência de maior depauperamento em plantas com um ramo ortotrópico, resultante do exaurimento dessas plantas para sustentar a demanda de uma maior proporção de frutos por ramo plagiotrópico, pois houve aumento na força do dreno (acréscimo na RMFr) e diminuição da fonte (características relacionadas às folhas). Com base nesses resultados, é possível notar que as plantas conduzidas com um ramo ortotrópico apresentaram um maior investimento de biomassa do ramo plagiotrópico em frutos, enquanto que as plantas com dois e três ramos verticais investem um pouco mais em folhas, mas também com uma proporção considerável para a produção de frutos. Almeida (2015) também encontrou maior RMFr e menor RMF e RMC no cafeeiro arábica em função do aumento no espaçamento entre plantas na linha do cafeeiro, bem como uma diminuição na relação entre a área foliar necessária para formação de uma unidade de fruto. Este autor correlacionou esses resultados com a possibilidade de diminuição da longevidade da lavoura cafeeira, bem como aumento na bienalidade de produção, embasado por DaMatta et al. (2007).

Como já foi relatado que houve menor investimento em estruturas foliares em plantas com um ramo ortotrópico, é possível que tal condição tenha ocorrido pela demanda prioritária por fotoassimilados por parte dos frutos, mesmo que isso acabe desfavorecendo a integridade da maquinaria fotossintética dessas plantas (RENA; MAESTRI, 2000; CASTRO, 2002).

Também foi observado maior número de rosetas (NRO) em plantas com um ramo ortotrópico e menor em plantas com dois (Figura 3A), assim como maior número de frutos por roseta (NFR) em plantas com um ramo ortotrópico e menor em plantas com três (Figura 3B). Esses resultados justificam a maior proporção de frutos em ramos plagiotrópicos de plantas com um ramo ortotrópico. Porém, vale ressaltar que o NFR de plantas com dois ramos foi estatisticamente semelhante ao de plantas com um e três ramos ortotrópicos, justificando que os ramos plagiotrópicos das plantas com dois ramos verticais foram capazes de formar rosetas com uma quantidade considerável de frutos, além de uma proporção de folhas maior em seus ramos plagiotrópicos, o que contribui para a safra vigente e, possivelmente, para a safra futura.



**Figura 3.** Número de rosetas (A), número de frutos por roseta (B), número de nós (C), área foliar do ramo plagiotrópico (D); área foliar do ramo pela massa seca de frutos (E) e pelo número de frutos do ramo (F); massa seca foliar pela massa seca de frutos (G) e pelo número de frutos do ramo (H) de ramos plagiotrópicos; em função do número de ramos ortotrópicos de plantas de cafeeiro arábica Catuaí Vermelho IAC 44 (Santa Teresa-ES, safra de 2015).

Almeida (2015) relatou uma diminuição no número de frutos por roseta com o aumento no adensamento entre plantas na linha do cafeeiro arábica, porém não verificou variação no número de rosetas no ramo plagiotrópico. É provável que a diminuição no número de frutos por roseta em ramos plagiotrópicos de plantas com três ramos ortotrópicos tenha ocorrido em função de uma menor profusão floral, ou seja, menos gemas por roseta, onde tal consideração foi embasada pelo observado por Cannell (1985). Esses resultados podem ser correlacionados com o menor número de nós no ramo plagiotrópico de plantas com três ramos ortotrópicos (Figura 3C).

O número de nós dos ramos plagiotrópicos foi menor em plantas com três ramos ortotrópicos do que em plantas com um ou dois ramos. Um dos efeitos do sombreamento em plantas de café, ou até mesmo do autossombreamento ocasionado pelo adensamento (nesse caso, possivelmente em função do maior número de ramos ortotrópicos por planta), consiste na diminuição, dentre outros, do número de nós no ramo plagiotrópico (MONTROYA et al, 1961; CASTILLO; LÓPEZ, 1966), que pode interferir diretamente na produtividade do cafeeiro (MUSCHLER, 1997; DaMATTA, 2004a, 2004b) (Figura 3C).

Como já relatado anteriormente, plantas com dois ramos ortotrópicos apresentaram maior área foliar em seus ramos plagiotrópicos e menor AFR de plantas com um ramo ortotrópico, enquanto que a AFR de plantas com três ramos ortotrópicos não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos (Figura 3D). Uma maior área foliar nos ramos plagiotrópicos, de modo a favorecer um enfolhamento de copa capaz de condicionar um microclima favorável às trocas gasosas, configura um resultado extremamente relevante ao manejo de plantas, uma vez que é capaz de influenciar positivamente na produtividade do cultivo sem necessariamente ocasionar um depauperamento excessivo das plantas, o que é algo considerável de ser encontrado.

Plantas conduzidas com dois e três ramos ortotrópicos apresentaram uma maior área foliar para a produção de uma grama (Figura 3E) ou uma unidade (Figura 3F) de fruto do que em plantas com um ramo apenas. Também observou-se maior massa seca de folhas para produção de uma grama (Figura 3G) ou uma unidade (Figura 3H) de fruto, do que em plantas com um ramo ortotrópico. Todos esses resultados são relevantes, pois é possível concluir que as plantas conduzidas sob o manejo com mais de um ramo ortotrópico são capazes de produzir os frutos sem ocasionar um exaurimento de seus órgãos-fonte de fotoassimilados (folhas), uma vez que despuseram de maior quantidade, área, densidade e proporção desses órgãos. Devido a isso, torna-se menos provável que as plantas com dois ou três ramos ortotrópicos se depauperem a

ponto de comprometerem a produtividade da safra seguinte, uma vez que exigiram menos de suas estruturas fotossintéticas. Tudo isso leva a pressupor que a bienalidade de produção seja menos acentuada em plantas que apresentem relações folha/fruto, características de crescimento e trocas gasosas, tais quais foram obtidas em plantas com dois e três ramos ortotrópicos.

A relação folha/fruto de plantas com um ramo ortotrópico foi menor, isso porque o investimento na formação de frutos foi priorizado em relação ao desenvolvimento de estruturas vegetativas, isso devido ao fato dos frutos serem drenos fortes por fotoassimilados e pela assimilação de carbono ter sido menor do que no comparativo com os demais tratamentos, havendo então, a priorização no enchimento dos frutos. No entanto, isso pode levar ao comprometimento da produção na safra subsequente. De acordo com DaMatta (2004a), esse provável depauperamento contribui grandemente para o desenvolvimento de ciclo bienal de produção.

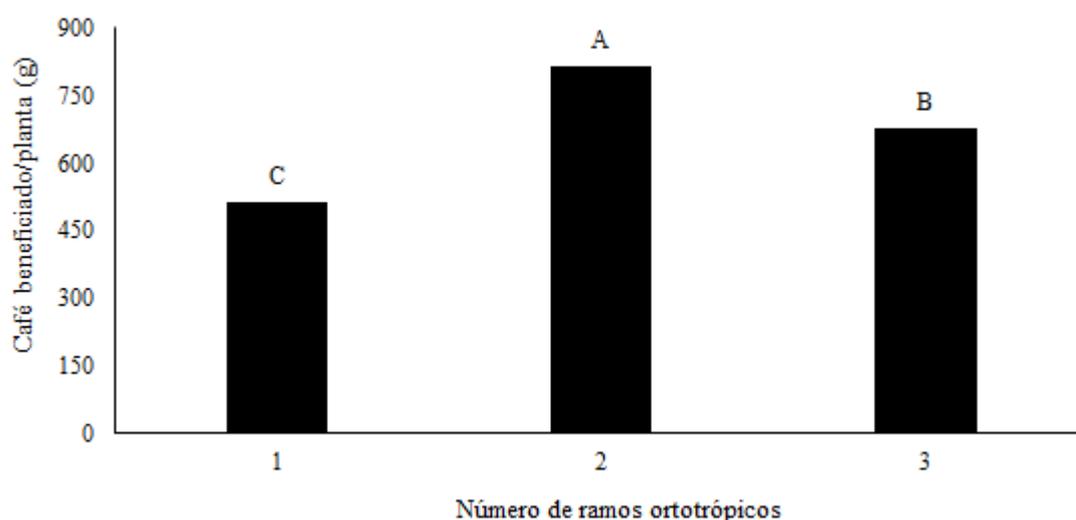
Chaves et al. (2012) relataram que a diminuição na relação entre a área foliar e o número de frutos do ramo plagiotrópico ocasionou decréscimo do crescimento e produção de frutos no ramo, além do aumento na observância de morte de ramos plagiotrópicos, o que pode ser evidência de competição entre crescimento vegetativo e reprodutivo.

As relações folha/fruto podem sofrer grande variação, tanto relacionadas ao manejo (como visto no presente estudo), como associadas à características intrínsecas ao genótipo, sendo este último já observado por Carvalho et al. (2007).

Uma boa relação entre folhas e frutos é interessante, de modo que as plantas de café possam dispor de um nível adequado de enfolhamento capaz de suprir suficientemente com fotoassimilados a demanda exigida pelos frutos e, assim, suportar altas produções (ALVES, 2008). Do contrário, se não houver um incremento considerável na área da folha até o final da fase de crescimento dos frutos, pode haver intensificação da expressão de competitividade entre o crescimento vegetativo e reprodutivo, resultando em ciclos bienais de produção (CANNELL, 1976; RENA; MAESTRI, 1984; LAVIOLA et al., 2007; PEZZOPANE et al., 2008; CARVALHO et al., 2009).

Ao analisar a produção de café beneficiado por planta, percebe-se diferenciação estatística entre os tratamentos com números de ramos ortotrópicos, onde a maior produção foi obtida em plantas com dois ramos ortotrópicos e menor em plantas com apenas um ramo

vertical (Figura 4). Essa superioridade de produção de plantas com dois ramos ortotrópicos para a referida safra, foi subsidiada pelos resultados obtidos de trocas gasosas, em associação com características desejáveis dos ramos plagiotrópicos e pelas relações adequadas entre as folhas e os frutos, podendo-se dizer que tais características tenham sido favorecidas pela possível formação de microclima no dossel dessas plantas, conforme já relatado anteriormente.



**Figura 4.** Produção de café beneficiado por planta (g) em função do número de ramos ortotrópicos de plantas de cafeeiro arábica Catuaí Vermelho IAC 44 (Santa Teresa-ES, safra de 2015).

Diversos estudos relatam a formação de microclima em cafeeiros arábica e conilon ocasionados por cultivos consorciados com espécies arbóreas e frutíferas. Foi verificado, em tais estudos, a atenuação de variáveis climáticas, tais como radiação e temperatura (PARTELLI et al., 2014; PEZZOPANE et al., 2011; PEZZOPANE et al., 2010), o que promoveu menor pressão das condicionantes ambientais sobre os processos fisiológicos das plantas. A formação do microclima possibilitou a expressão de maior potencial fisiológico para fixação de CO<sub>2</sub> e melhor desempenho do aparato fotossintético, além da produção de frutos maiores e de melhor qualidade organoléptica, bem como uma menor incidência de algumas doenças (BALIZA et al., 2012; BOTE; STRUIK, 2011; STEIMAN et al., 2011). Inferência esta que pode ser correlacionada com o manejo de condução de plantas de cafeeiro arábica com mais de um ramo ortotrópico.

Ronquim et al. (2006) verificaram aumento de até três vezes na taxa de assimilação de carbono em três cultivares de cafeeiro arábica durante a manhã de dias nublados, quando comparado à condição de dias claros. Certamente, a condição de tempo nublado ocasionou uma situação favorável às trocas gasosas, pela diminuição da temperatura e radiação, por exemplo. Em outro estudo com cafeeiros arábica, observou-se que a diminuição da radiação incidente não ocasionou impactos negativos no crescimento, na maturação, na produção e no tamanho de grãos (MORAIS et al., 2009). Baliza et al. (2012) e Rodríguez-López et al. (2014) relataram que modificações na disponibilidade de radiação sobre o cafeeiro são capazes de condicionar alterações fisiológicas no crescimento e desenvolvimento da planta, além de melhorias no desempenho fotossintético, resultando em implicações positivas na produtividade.

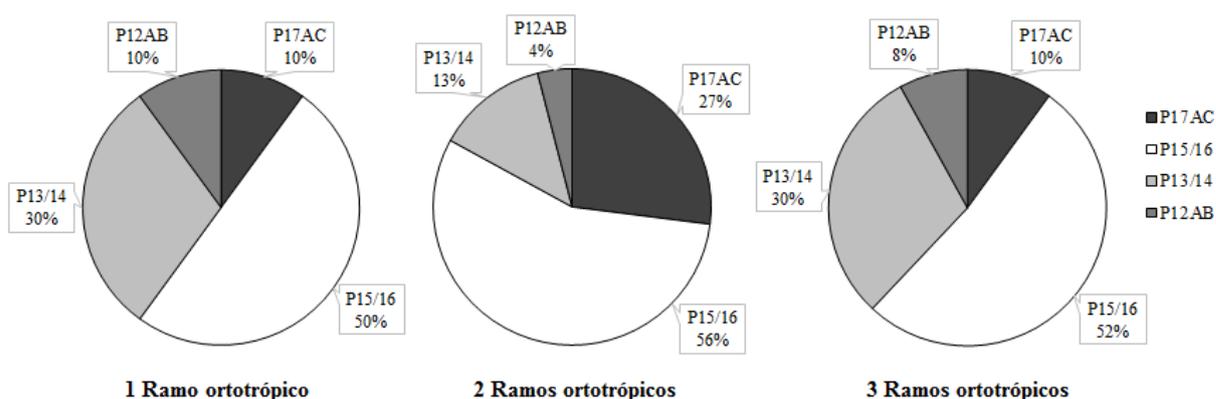
Essas implicações acerca de modificação de fatores ambientais, principalmente irradiância, temperatura e umidade do ar sobre as plantas de café, contribuem para melhorias no desempenho fisiológico e produtivo do cafeeiro. Temperaturas mais baixas, umidade relativa do ar mais alta e velocidade do vento mais baixa, provocam diminuição no déficit de vapor de água entre as folhas e a atmosfera, ocasionando a diminuição na perda de água da planta por transpiração (DaMATTA, 2004b), o que leva à obtenção de maiores taxas fotossintéticas. No presente estudo, de modo geral, é possível que os resultados superiores de crescimento, trocas gasosas e produtivo de plantas conduzidas com dois ramos ortotrópicos, tenham relação com essas condicionantes climáticas através da formação de um microclima nas copas dessas plantas.

A menor produção de plantas com três ramos ortotrópicos em relação às plantas com dois, pode ser fruto da ocorrência de autossombreamento já relatado anteriormente, certamente devido ao maior enfolhamento e adensamento ocasionados por um maior número de ramos ortotrópicos (Figura 4). Existem relatos que demonstram que um maior adensamento entre plantas (nesse caso, na própria planta) (ANDRADE et al., 2014) e o autossombreamento na copa das plantas (NASCIMENTO et al., 2006), são capazes de reduzir o aproveitamento da radiação fotossinteticamente ativa, resultando em menores produtividades por planta; o que pode ser utilizado para embasar a produção de café beneficiado de plantas com três ramos ortotrópicos.

Já as plantas com um ramo ortotrópico dispuseram de menor número total de estruturas reprodutivas, de menores taxas fotossintéticas, de maior exposição às condicionantes ambientais (uma vez que é possível que características como temperatura e umidade não tenham

sido amenizadas por um microclima formado na copa) e, possivelmente, de maior exaurimento dos órgãos fotossintetizantes; todas essas características atuando de forma conjunta, condicionaram a menor produção de café por planta e, certamente, possibilidade de ocorrência de maiores efeitos bienais nas safras seguintes (Figura 4). Vale ressaltar que os cafeeiros das cultivares Catuaí podem acabar apresentando depauperamento precoce, devido ao atendimento à demanda metabólica dos frutos em função de cargas elevadas de produção (NAZARENO; MENDES, 2001). Essa característica pode acabar sendo minimizada em função do manejo empregado e, nesse estudo, é demonstrado isso com o emprego de mais ramos ortotrópicos por planta.

Além da produção superior em função do manejo com dois ramos ortotrópicos, também pode ser observado um acréscimo nas proporções de grãos em peneiras com malhas maiores, ou seja, a proporção de grãos grandes retidos em peneiras P15/16 e superiores foi de 83%, contra 62% no manejo com três ramos e 60% no manejo com um ramo ortotrópico. Vale ressaltar que a proporção de grãos em peneiras 17 e acima no manejo com dois ramos foi 27%, ou seja, mais que o dobro observado nos outros dois tipos de manejo. Outro ponto importante foi a porcentagem de grãos pequenos (fundagem), onde plantas com dois ramos ortotrópicos apresentaram a menor porcentagem dessa classe de grãos (Figura 5).



**Figura 5.** Distribuição média percentual de grãos de café nas classes de peneiras 17 acima (P17AC), peneiras 15+16 (P15/16), peneiras 13+14 (P13/14), peneiras 12 abaixo (P12AB), em função do número de ramos ortotrópicos de plantas de cafeeiro arábica Catuaí Vermelho IAC 44 (Santa Teresa-ES, safra de 2015).

Essas características de tamanho de grãos se correlacionam bem com aspectos relacionados ao preço e, até mesmo, à qualidade de bebida. Nesse caso, as melhores características de classificação de grãos podem ser observadas em plantas com dois ramos ortotrópicos (Figura 5). A padronização da massa de grãos é muito importante no processo de seca e torra, de modo a deixar o procedimento mais uniforme, o que influencia diretamente a qualidade da bebida (RODRIGUES et al., 2014).

Dessa forma, com base no conjunto de características avaliadas, é possível perceber que a primeira safra produtiva do cafeeiro arábica Catuaí IAC 44 foi significativamente influenciada pelo número de ramos ortotrópicos, sendo possível recomendar o manejo das plantas com dois ramos ortotrópicos, além de se ter indícios de que essas características se mantenham nas safras seguintes. Entretanto, torna-se extremamente importante a continuidade de trabalhos como este a fim de validar essa técnica com bases em maior número de amostragens de safras produtivas e do comportamento de outros materiais genéticos.

## **5 CONCLUSÕES**

O manejo com mais de um ramo ortotrópico favorece a produção, a arquitetura, as trocas gasosas, a alocação de massa, o crescimento da planta e a classificação de grãos.

Nas condições do estudo, a condução do cafeeiro arábica com dois ramos ortotrópicos possibilita maior produção de café beneficiado por planta, favorece as trocas gasosas e melhora a distribuição percentual de grãos em malhas maiores.

As características de alocação de massa e de relação entre as folhas e os frutos são favorecidas pelo manejo com dois e três ramos ortotrópicos, e sustentam em parte a produção e a possibilidade de menores efeitos bienais em lavouras cafeeiras.

É necessário mais estudos acerca dessa técnica e ao longo de mais safras produtivas, com avaliações do comportamento de outros materiais genéticos frente a tais condições.

## 6 REFERÊNCIAS

- AGUSTÍ-FONFRIA, M. **Citricultura**. 2.ed. Barcelona: Mundi-Prensa, 2003. 422p.
- ALMEIDA, W. L. **Respostas morfofisiológicas e de produtividade de cultivares de *Coffea arabica* L. em função da variação do espaçamento na linha de plantio**. 2015. 44f. Dissertação (Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Campus de Rio Paranaíba. Rio Paranaíba, 2015.
- ALVES, J. D. Morfologia do cafeeiro. In: CARVALHO, C. H. S. **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: Embrapa Café, 2008. v.1, p. 35-57.
- ALVES, J. D.; PAGLIS, C. M.; LIVRAMENTO, D. E. do; LINHARES, S. S. D.; BECKER, F. B.; MESQUITA, A. C. Source-sink manipulations in *Coffea arabica* L. and its effect on growth of shoots and root system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 956-964, 2011.
- AMARAL, J. A. T.; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 377-384, 2006.
- AMARAL, J. A. T.; DaMATTA, F. M.; RENA, A. B. Effects of fruiting on the growth of arábica coffee trees as related to carbohydrate and nitrogen status and nitrate reductase activity. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 13, n. 1, p. 66-74, 2001.
- ANDRADE, W. E. B.; GUIMARÃES, P. T. G; FAQUIN, V.; GUIMARÃES, R. J. Produtividade do cafeeiro arábica em condições de adensamento, no noroeste fluminense. **Coffee Science**, v. 9, p. 90-101, 2014.
- ANDROCIOILLI FILHO, A. **Poda do cafeeiro**. 2005. disponível em: Acesso em: <<http://www.revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=3649>> 01 dez. 2015.
- ARAÚJO, W. L.; DIAS, P. C.; MORAES, G. A. B. K.; CELIN, E. F.; CUNHA, R. L.; BARROS, R. L.; DaMATTA, F. M. Limitations to photosynthesis in coffee leaves from different canopy positions. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 46, p. 884-890, 2008.

AVELAR, R. C.; BOTELHO, C. E.; SILVA, F. M.; DIAS, R. E. B. A.; SANTOS, M. C.; MEIRELLES, A. L. Determinação de características desejáveis do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para a colheita mecanizada. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 8., 2013, Salvador, BA. **Anais...** Salvador: EMBRAPA CAFÉ, 2013. p. 1-5.

BALIZA, D. P.; CUNHA, R. L.; GUIMARÃES, R. J.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; AVILA, F. W.; PASSOS, A. M. A. Physiological characteristics and development of coffee plants under different shading levels. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 1, p. 37-43, 2012.

BOTE, A. D. E.; STRUIK, P. C. Effects of shade on growth, production and quality of coffee (*Coffea arabica*) in Ethiopia. **Journal of Horticulture and Forestry**, v. 3, n. 11, p. 336-341, 2011.

BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; VIDIGAL FILHO, P. S.; BRACCINI, M. C. L.; BORGES, S. C.; ALBRECHT, L. P. Características agronômicas e produção de frutos e de grãos em resposta ao aumento da densidade populacional do cafeeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 2, p. 269-279, 2005.

CANNEL, M. G. R. Crop physiological aspects of coffee bean yield: a review. **Kenya Coffee**, v. 41, n. 484, p. 245-253, 1976.

CANNELL, M. G. R. Physiology of the coffee crop. In: CLIFFORD, M. N.; WILLSON, K. C. **Coffee**. Springer US, p. 108-134, 1985.

CARVALHO, A. M. **Comportamento inicial de novas cultivares de cafeeiro em Minas Gerais**. 2009. 47f. Dissertação (Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2009.

CARVALHO, C. H. M.; COLOMBO, A.; SCALCO, M. S.; MORAIS, A. R. Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 2, p. 243 -250, 2006.

CARVALHO, C. H. S.; FAZUOLI, L. C.; CARVALHO, G. R.; GUERREIRO FILHO, O.; PEREIRA, A. A.; ALMEIDA, S. R.; MATIELO, J. B.; BARTHOLO, G. F.; SERA, T.; MOURA, W. M.; MENDES, A. N. G.; REZENDE, J. C.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; NACIF, A. P.; SILVAROLLA, M. B.; BRAGHINI, M. T. Cultivares de café arábica de

porte baixo. In: CARVALHO, C. H. S. **Cultivares de café**. Brasília: EMBRAPA CAFÉ, 2008. p.157-226.

CARVALHO, C. H. S.; GARCIA, A. L. A.; MENDONÇA, J. M. A.; ALMEIDA, G. R. R.; SOUZA, T. Parâmetros morfológicos e fisiológicos associados com a seca de ramos do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2007.

CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; REZENDE, J. C.; FERREIRA, A. D.; CUNHA, R. L.; PEDRO, F. C. Comportamento de progênies F4 de cafeeiros arábica, antes e após a poda tipo esqueletamento. **Coffee Science**, v. 8, n. 1, p. 33-42, 2013.

CASTILLO, Z. J.; LÓPEZ, A. R. Nota sobre el efecto de la intensidad de la luz en la floración del café. **Cenicafé**, v. 17, p. 51-60, 1966.

CASTRO, A. M. **Efeito de desfrutificações sequenciadas sobre o crescimento e a produção do cafeeiro arábico**. 2002. 106f. Tese (Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2002.

CHAVES, A. R. M; MARTINS, S. C.; BATISTA, K. D.; CELIN, E. F.; DaMATTa, F.M. Varying leaf-to-fruit ratios affect branch growth and dieback, with little to no effect on photosynthesis, carbohydrate or mineral pools, in different canopy positions of field-grown coffee trees. **Environmental and Experimental Botany**, v. 77, p. 207-218, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: café**. Brasília: Conab, v. 2, n. 3, 2015. 58p.

CUNHA, R. L.; MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J.; CARVALHO, J. Efeito da época, altura de poda e adubação foliar na recuperação de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) depauperados. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, p. 222-226, 1999.

CUNHA, R. L. Poda do cafeeiro: índices e coeficientes técnicos. **Circular técnica EPAMIG**, n. 41, 2008.

DaMATTa F. M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crops Research**, v. 86, p. 99-114, 2004a.

DaMATTA F. M. Explorando a tolerância à seca em café: uma abordagem fisiológica com algumas contribuições para o melhoramento de plantas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 16, p. 1-6, 2004b.

DaMATTA, F. M.; MAESTRI, M.; MOSQUIM, P. R.; BARROS, R. S. Photosynthesis in coffee (*Coffea arabica* and *C. canephora*) as affected by winter and summer conditions. **Plant Science**, v. 128, p. 43-50, 1997.

DaMATTA, F. M.; RENA, A. B. Ecofisiologia de Cafezais sombreados e a pleno Sol. In: ZAMBOLIM, L. **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p. 93-135.

DaMATTA, F. M.; CUNHA, R. L.; ANTUNES, W. C.; MARTINS, S. C. V.; ARAUJO, W. L.; FERNIE, A. R.; MORAES, G. A. B. K. In field grown coffee trees source-sink manipulation alters photosynthetic rates, independently of carbon metabolism, via alterations in stomatal function. **New Phytologist**, v. 178, n. 2, p. 348-357, 2008.

DaMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, p. 485-510, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997.

FAZUOLI, L. C. Cultivares de café IAC. **O Agrônomo**, v. 51, p. 5-7, 1999.

FELLER, U.; KEIST, M. Senescence and nitrogen metabolism in annual plants. In: LAMBERS, H.; NEETESON, J. J.; STULEN, I. **Fundamental, ecological and agricultural aspects of nitrogen metabolism in higher plants**. Dordrech: Martinus Nijhoff, 1986. p. 219-234.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; De MUNER, L. H. **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. 702p.

FERRÃO, R. G.; FORNAZIER, M. J.; FERRÃO, M. A. G.; PREZOTTI, L. C.; FONSECA, A. F. A. da; ALIXANDRE, F. T.; FERRÃO, L. F. V. Estado da arte da cafeicultura no Espírito Santo. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. do; JESUS JUNIOR, W. C. de; PEZZOPANE,

J. R. M. **Seminário para a sustentabilidade da cafeicultura**. Alegre: UFES/CCA, 2008. p. 29-48.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A Computer statistical Analysis System. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, M.; MOTA, F. M.; ASSIS, E. S.; LUPPI, A. S. L.; PELUZIO, J. B. E.; SANTOS, A. R.; BRAGANÇA, R. Café no território rural do Caparaó-ES. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; JESUS JÚNIOR, W. C.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N. **Inovação, difusão e integração: bases para a sustentabilidade da cafeicultura**. Alegre: CCA-UFES, 2012. p. 245-268.

FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; LANI, J. A.; FERRÃO, M. A. G.; VOLPI, P. S.; VERDIN FILHO, A. C.; RONCHI, C. P.; GUARÇONI M., A. Manejo da cultura do café conilon: espaçamento, densidade de plantio e podas. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; De MUNER, L. H. **Café conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. p. 257-277.

FRANCK, N.; VAAST, P.; GÉNARD, M.; DAUZAT, J. Soluble sugars mediate sink feedback down-regulation of leaf photosynthesis in field-grown *Coffea arabica*. **Tree Physiology**, v. 26, p. 517-525, 2006.

GODOY, L. J. G.; SANTOS, T. S.; VILLAS BÔAS, R. L.; LEITE JÚNIOR, J. B. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 217-226, 2008.

GOMES, I. A. C.; CASTRO, E. M.; SOARES, A. M.; ALVES, J. D.; ALVARENGA, M. I. N.; ALVES, E.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; FRIES, D. D. Alterações morfofisiológicas em folhas de *Coffea arabica* L. cv. "Oeiras" sob influência do sombreamento por *Acacia mangium* Willd. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p. 109-115, 2008.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G. **Nutrição mineral do cafeeiro**. Lavras: UFLA, 1997. 631p.

GUIMARÃES, R. J. et al. **Manejo da lavoura cafeeira, podas, arborização, culturas intercalares**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2009. 19p.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; THEODORO, V. C. A. **Manejo da lavoura cafeeira**. Lavras: UFLA, 2004. 77p.

INOUE, M.T.; RIBEIRO, F.A. Fotossíntese e transpiração em *Eucalyptus grandis* e *saligna*. **Revista IPEF**, n. 40, p. 15-20, 1988.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS – IAC. **Resultados do programa de melhoramento genético do café arábica do IAC**. 2014. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/cafe/centrocafe4.php>>. Acesso em: 01 dez. 2015.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL – INCAPER. **Incaper em Revista: Café sustentável**. v. 1, n. 1, 2010.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 531p.

LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P.; SALOMÃO, L. C. C.; CRUZ, C. D.; MENDONÇA, S. M.; NETO, A. P. Alocação de fotoassimilados em folhas e frutos de cafeeiro cultivado em duas altitudes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1521-1530, 2007.

LUNZ, A. M. P. **Crescimento e produtividade do cafeeiro sombreado e a pleno sol**. 2006. 94f. Tese (Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2006.

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.165-274.

MARSCHNER H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. Podas. In: \_\_\_\_\_. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 256-274.

MATIELLO, J. B. **Sistemas de produção na cafeicultura moderna**. Rio de Janeiro: koogan, 1995. 102p.

MATIELLO, J. B.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil**: manual de recomendações. 3.ed. Rio de Janeiro: Bom Pastor, 2010. 542p.

MONTOYA, L. A.; SYLVAIN, P. G.; UMAÑA, R. Efeito da intensidade da luz e da adubação nitrogenada sobre o equilíbrio de diferenciação do crescimento em *Coffea arabica* L. **Café**, v. 3, p. 97-104, 1961.

MORAIS, H.; CARAMORI, P. H.; KOGUISHI, M. S.; GOMES, J. C.; RIBEIRO, A. M. A. Sombreamento de cafeeiros durante o desenvolvimento das gemas florais e seus efeitos sobre a frutificação e produção. **Ciência Rural**, v. 39, n. 2, p. 400-406, 2009.

MORAIS, H.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. A.; GOMES, J. C. Características fisiológicas e de crescimento de *Coffea arabica* sombreado com guandu (*Cajanus cajan*) e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 1131-1137, 2003.

MORAIS, H.; MEDRI, M. E.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. A.; GOMES, J. C. Modifications on leaf anatomy of *Coffea arabica* caused by shade of pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, p. 863-871, 2004.

MOREIRA, R. C.; FURLANI JUNIOR, E.; HERNANDEZ, F. B. T.; FURLANI, R. C. M. Espaçamentos para cafeeiro (*Coffea arabica* L.) com e sem o emprego de irrigação. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 26, n. 1, p. 73-78, 2004.

MOTA, A. C. V.; NICK, J. A.; YORINORI, G. T.; SERRAT, B. M. Distribuição horizontal e vertical da fertilidade do solo e das raízes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cultivar Catuaí. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, p. 455-463, 2006.

MUSCHLER, R. Sombra ou sol para a produção de café ecologicamente sustentável, um resumo dos principais fatores ambientais. In: **III Semana Científica Centro Agrônomo Tropical del Investigación y Enseñanza** (CATIE). Turrialba: CATIE, 1997. p.109-112.

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

NAZARENO, A.; MENDES, G. Cultivares com potencialidade para lavouras irrigadas. In: SANTOS, C.M. **Irrigação da cafeicultura no Cerrado**: Palestras. Uberlândia, 2001. p. 125-135.

OLIVEIRA, E.; SILVA, F. M.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, Z. M. Eliminação de linhas em cafeeiros adensados por meio semimecanizado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1826-1830, 2007.

PARTELLI, F. L.; ARAÚJO, A. V.; VIEIRA, H. D.; DIAS, J. R. M.; MENEZES, L. F. T.; RAMALHO, J. C. Microclimate and development of 'Conilon' coffee intercropped with rubber trees. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 11, p. 872-881, 2014.

PAVAN, M. A.; CHAVES, J. C. D.; ANDROCIOLI-FILHO, A. Produção de café (*Coffea arabica* L.) var. Caturra em função da densidade de plantio, adubação e tratamento fitossanitário. **Turrialba**, v. 44, p. 227-231, 1994.

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

PEREIRA, S. P.; BALIZA, D. P.; SANTOS, M. O.; ALVES, J. D.; GUIMARÃES, R. J. Influência do espaçamento de cultivo em duas épocas de poda nos teores caulinares de carboidratos em cafeeiros. **Coffee Science**, v. 8, n. 4, p. 460-468, 2013.

PEREIRA, S. P.; BARTHOLO, G. F.; BALIZA, D. P.; SOBREIRA, F. M.; GUIMARÃES, R. J. Crescimento, produtividade e bienalidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 152-160, 2011.

PEREIRA, T. A.; ALVES, J. D.; ABRAHÃO, S. A.; ABRAHÃO, J. E.; FRIES, D. D.; LIVRAMENTO, D. E.; DEUNER, S. Carboidratos, redutase do nitrato e restabelecimento de mudas “passadas” de cafeeiros após a poda em diferentes alturas. **Revista Ceres**, v. 55, n. 3, p. 236-242, 2008.

PEZZOPANE, J. E. M.; CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. R. M.; CECÍLIO, R. A. Agrometeorologia: aplicações para o Espírito Santo. Alegre, ES: CAUFES, 2012. 174p.

PEZZOPANE, J. R. M.; MARSETTI, M. M. S.; FERRARI, W. R.; PEZZOPANE, J. E. M. Alterações microclimáticas em cultivo de café conilon arborizado com coqueiro-anão-verde. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 865-871, 2011.

PEZZOPANE, J. R. M.; MARSETTI, M. M. S.; SOUZA, J. M.; PEZZOPANE, J. E. M. Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com noqueira macadâmia. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1-7, 2010.

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

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação**. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

REIS, A. R. **Metabolismo do nitrogênio e estado nutricional do cafeeiro (*Coffea arabica*)**. 2007. 79f. Dissertação (Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2007.

REIS, P. R.; CUNHA, R. L. **Café arábica: do plantio à colheita**. Lavras: U.R. EPAMIG SM, 2010. v. 1. 896p.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafós, 1984. p. 13-85.

RENA, A. B.; MAESTRI, R. Relações hídricas no cafeeiro. **Item, Irrigação e Tecnologia**, n. 48, p. 34- 41, 2000.

RENA, A. B.; NACIF, A. P.; GUIMARÃES, P. T. G.; PEREIRA, A. A. Fisiologia do cafeeiro em plantios adensados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1., 1994, Londrina, PR. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1994. p. 71-85.

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

RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S.; LUNZ, A. M. P.; PEREIRA, C. R.; DOURADO NETO, D.; FAVARIN, J. L. Measurement and simulation of solar radiation availability in relation to the growth of coffee plants in an agroforestry system with rubber trees. **Revista Árvore**, v. 31, n. 2, p. 195-207, 2007.

RODRIGUES W. P.; VIEIRA, H. D.; BARBOSA, D. H. S. G.; SOUSA FILHO, G. R.; PARTELLI, F. L. Agronomic performance of arabica coffee genotypes in northwest Rio de Janeiro State. **Genetics and Molecular Research**, v. 13, n. 3, p. 5664-5673, 2014.

RODRÍGUEZ-LÓPEZ, N. F.; MARTINS, S. C. V.; CAVATTE, P. C.; SILVA, P. E. M.; MORAIS, L. E. ; PEREIRA, L. F.; REIS, J. V.; ÁVILA, R. T.; GODOY, A. G.; LAVINSKI, A. O.; DaMATTA, F. M. Morphological and physiological acclimations of coffee seedlings to growth over a range of fixed or changing light supplies. **Environmental and Experimental Botany**, v. 102, p. 1-10, 2014.

RONCHI, C. P.; SOUSA JÚNIOR, J. M.; AMEIDA, W. L.; SOUZA, D. S.; SILVA, N. O.; OLIVEIRA, L. B.; GUERRA, A. M. N. M.; FERREIRA, P. A. Morfologia radicular de cultivares de café arábica submetidas a diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 3, p. 187-195, 2015.

RONQUIM, J. C.; PRADO, C. H. B. A.; NOVAES, P.; FAHL, J. I.; RONQUIM, C. C. Carbon gain in *Coffea arabica* during clear and cloudy days in the wet season. **Experimental Agriculture**, v. 42, n. 2, p. 147-164, 2006.

SANTAROSA, E.; KOLLER, O. C.; CASAMALI, B.; PETRY, H. B. Produção e qualidade físico-química de frutos de laranjeiras 'Valência' em diferentes intensidades e frequências de poda. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 790-798, 2013.

SARTORI, I. A.; KOLLER, O. C.; THEISEN, S.; SOUZA, P. V. D.; BENDER, R. J.; MARODIN, G. A. B. Efeito da poda, raleio de frutos e uso de fitorreguladores na produção de tangerineiras (*Citrus deliciosa* Tenore) cv. Montenegrina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 5-10, 2007.

SECRETARIA DA AGRICULTURA, ABASTECIMENTO, AQUICULTURA E PESCA – SEAG. **Incaper pesquisa tecnologia inovadora de poda para o café arábica**. Vitória, 2014.

Disponível em: <<http://www.es.gov.br/Noticias/169992/incaper-pesquisa-tecnologia-inovadora-de-poda-para-o-cafe-arabica.htm>>. Acesso em 29 nov. 2015.

SERA, G. H.; SERA, T.; ANDROCIOLI FILHO, A.; AZEVEDO, J. A.; ALTÉIA, M. Z.; COLOMBO, L. A. Herança da característica erecta (Er) da ramificação plagiotrópica e sua relação com o vigor vegetativo em população F2 do cruzamento “Catuaí Erecta” x ‘IAPAR-59’. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória, ES. **Anais...** Brasília: EMBRAPA CAFÉ, 2001. p. 1357-1362.

SHIRKE, P. A.; PATHRE, U. V. Influence of leaf-to-air vapour pressure deficit (VPD) on the biochemistry and physiology of photosynthesis in *Prosopis juliflora*. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 405, p. 2111-2120, 2004.

SILVA, E. A.; DaMATTIA, F. M.; DUCATTI, C.; REGAZZI, A. J.; BARROS, R. S. Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. **Field Crops Research**, v. 89, p. 349-357, 2004.

SILVA, L.; MARCHIORI, P. E. R.; MACIEL, C. P.; MACHADO, E. C.; RIBEIRO, R. V. Fotossíntese, relações hídricas e crescimento de cafeeiros jovens em relação à disponibilidade de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 9, p. 965-972, 2010.

SILVEIRA, J. S. M. Revigoração do café conilon. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DO CAFÉ, 1., 1995, Vitória. **Anais...** Vitória: Cetcaf, 1995. p. 34-51.

SILVEIRA, J. S. M.; ROCHA, A. C. Podas. In: COSTA, E. B. **Manual técnico para a cultura do café no Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES: SEAG-ES, 1995. p. 54-62.

STEIMAN, S. A.; IDOL, T. B.; BITTENBENDERA, H. C.; GAUTZC, L. C. Shade coffee in Hawai'i – Exploring some aspects of quality, growth, yield, and nutrition. **Scientia Horticulturae**, v. 128, n. 3, p. 152-158, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 720p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

THOMAZIELLO, E. A.; OLIVEIRA, E. G.; TOLEDO FILHO, J. A.; COSTA, T. E. **Cultura do café**. Campinas: CATI, 1998. 57p. (Boletim técnico, 193).

THOMAZIELLO, R. A.; PEREIRA, S. P. **Poda e condução do cafeeiro arábica**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. 39p. (Série Tecnologia APTA, Boletim Técnico IAC, 203).

TOLEDO FILHO, J. A. de; OLIVEIRA, E. G. de; COSTA, T. E. da; THOMAZIELLO, R. A. **Poda e condução do cafeeiro**. Campinas: CATI, 2000. 35p.

VERDIN FILHO, A. C. **Influência do espaçamento e densidade de hastes em café conilon conduzido com a poda programada de ciclo**. 2011. 67f. Dissertação (Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre-ES, 2011.

VERDIN FILHO, A. C.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; TOMAZ, M. A.; VOLPI, P. S.; MAURI, A. L.; COMÉRIO, M.; RODRIGUES, W. N.; COLODETTI, T. V. Emprego da poda programada de ciclo e diferentes populações de hastes como condicionantes da produtividade do cafeeiro conilon. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9., 2015, Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA CAFÉ, 2015. p. 1-5.

VERDIN FILHO, A. C.; SILVEIRA, J. S. M.; VOLPI, P. S.; FONSECA, A. F.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; MARTINS, A. G.; LANI, J. A.; SILVEIRA, T. B.; COMÉRIO, F. **Poda programada de ciclo para o Café Conilon**. Vitória: DCM-Incaper, 2008. (Documento, 163).

VERDIN FILHO, A. C.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; RODRIGUES, W. N. Conilon coffee yield using the programmed pruning cycle and different cultivation densities. **Coffee Science**, v. 9, n. 4, p. 489-494, 2014.

## 7 APÊNDICE

**Apêndice A.** Resumo da análise de variância das variáveis altura de planta (ALT), área da copa (ACO), volume da copa (VCO), densidade de enfolhamento da planta (DEN), número de ramos plagiotrópicos (NR), comprimento do ramo plagiotrópico (CR), comprimento do internódio do ramo ortotrópico (CIRO) e do ramo plagiotrópico (CIRP), angulação do ramo plagiotrópico (ANG), área foliar unitária (AFU), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF), massa seca total do ramo plagiotrópico (MST); razão de massa do caule (RMC), das folhas (RMF) e dos frutos (RMFr) do ramo plagiotrópico; número de rosetas (NRO), número de frutos por roseta (NFR), número de nós (Nnós), área foliar do ramo plagiotrópico (AFR), razão entre a área foliar do ramo e a massa seca de frutos (AFR/MSFr), razão entre a área foliar do ramo e o número de frutos (ARF/NFr), razão entre a massa seca foliar do ramo e a massa seca de frutos (MSF/MSFr), razão entre a massa seca foliar do ramo e o número de frutos (MSF/NFr) e a produção de café beneficiado por planta (PROD); em função do número de ramos ortotrópicos de plantas de cafeeiro arábica Catuaí Vermelho IAC 44 (Santa Teresa-ES, safra de 2015).

Fonte de Variação	Quadrado Médio				
	ALT	ACO	VCO	DEN	NR
<b>Bloco</b>	0,006 <sup>ns</sup>	0,029 <sup>ns</sup>	0,196 <sup>ns</sup>	6205,9 <sup>ns</sup>	14,61 <sup>ns</sup>
<b>Nº Ramos ortotrópicos</b>	0,024 <sup>ns</sup>	0,533*	2,213*	312542,5*	21,12 <sup>ns</sup>
<b>Resíduo</b>	0,007	0,050	0,184	5205,8	10,65
<b>CV (%)</b>	4,97	9,50	10,93	15,53	5,50
<b>Média</b>	1,67	2,36	3,93	464,50	59,37
Fonte de Variação	Quadrado Médio				
	CR	CIRO	CIRP	ANG	AFU
<b>Bloco</b>	13,06 <sup>ns</sup>	0,202*	0,154 <sup>ns</sup>	5,78 <sup>ns</sup>	30,72 <sup>ns</sup>
<b>Nº Ramos ortotrópicos</b>	25,03 <sup>ns</sup>	0,095 <sup>ns</sup>	0,162 <sup>ns</sup>	13,08 <sup>ns</sup>	46,86*
<b>Resíduo</b>	33,12	0,034	0,098	11,94	11,36
<b>CV (%)</b>	7,93	3,30	7,99	10,79	7,84
<b>Média</b>	72,59	5,60	3,92	32,02	43,00
Fonte de Variação	Quadrado Médio				
	AFE	RAF	MST	RMC	RMF
<b>Bloco</b>	168,03 <sup>ns</sup>	5,08 <sup>ns</sup>	15,66 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	6,55*
<b>Nº Ramos ortotrópicos</b>	269,01 <sup>ns</sup>	80,86*	91,21 <sup>ns</sup>	6,61*	36,62*
<b>Resíduo</b>	107,73	4,42	53,22	1,12	1,77
<b>CV (%)</b>	8,65	13,70	16,41	7,92	10,41
<b>Média</b>	120,03	15,34	44,44	13,37	12,79
Fonte de Variação	Quadrado Médio				
	RMFr	NRO	NFR	Nnós	AFR
<b>Bloco</b>	7,20*	0,47 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	3,99*	7905,1 <sup>ns</sup>
<b>Nº Ramos ortotrópicos</b>	21,55*	2,09*	3,86*	10,53*	107330,3*
<b>Resíduo</b>	1,66	0,47	0,63	1,43	14567,8
<b>CV (%)</b>	1,75	7,71	9,43	6,43	17,92
<b>Média</b>	73,84	8,94	8,43	18,62	673,48
Fonte de Variação	Quadrado Médio				
	AFR/MSFr	AFR/NFr	MSF/MSFr	MSF/NFr	PROD
<b>Bloco</b>	14,54 <sup>ns</sup>	1,96 <sup>ns</sup>	0,0016*	0,0004 <sup>ns</sup>	1701,2 <sup>ns</sup>
<b>Nº Ramos ortotrópicos</b>	172,59*	41,88*	0,0081*	0,0019*	181613,7*
<b>Resíduo</b>	10,20	1,76	0,0004	0,0001	5607,0
<b>CV (%)</b>	15,28	14,56	11,52	16,08	11,20
<b>Média</b>	20,90	9,13	0,17	0,08	668,30

\* significativo e <sup>ns</sup> não significativo pelo teste de F em nível de 5% de probabilidade.

**Apêndice B.** Resumo da análise de variância das variáveis teor de clorofila *a* (CLa), teor de clorofila *b* (CLb), teor de clorofila total (CLT), relação do teor de clorofila *a/b* (a/b), assimilação líquida de carbono (*A*), concentração subestomática de CO<sub>2</sub> (*Ci*), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), déficit de pressão de vapor (DPV), eficiência instantânea no uso da água (EUA), eficiência intrínseca no uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (*A/Ci*); em função do número de ramos ortotrópicos (1, 2 e 3 ramos) e do estágio de avaliação (floração, granação e maturação dos frutos), em plantas de cafeeiro arábica Catuaí Vermelho IAC 44 (Santa Teresa-ES, safra de 2015).

Fonte de Variação	Quadrado Médio					
	CLa	CLb	CLT	a/b	A	Ci
<b>Bloco</b>	6,36 <sup>ns</sup>	18,02 <sup>ns</sup>	30,84 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>	1055,62 <sup>ns</sup>
<b>Nº Ramos ortotrópicos</b>	0,25 <sup>ns</sup>	5,87 <sup>ns</sup>	4,47 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	9,22*	2167,57 <sup>ns</sup>
<b>Resíduo a</b>	5,34	13,61	23,18	0,07	2,07	760,06
<b>Época</b>	437,96*	1711,98*	3808,55*	2,07*	52,82*	8795,65*
<b>Ramo Ortotrópico x Época</b>	3,13 <sup>ns</sup>	18,42 <sup>ns</sup>	29,14 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	3,90*	236,49 <sup>ns</sup>
<b>Resíduo b</b>	3,46	12,38	17,88	0,06	1,45	280,10
<b>CV a (%)</b>	5,20	12,49	6,51	16,61	17,08	16,01
<b>CV b (%)</b>	4,19	11,91	5,72	16,01	14,31	9,72
<b>Média</b>	44,44	29,55	73,99	1,58	8,42	172,17

Fonte de Variação	Quadrado Médio					
	<i>gs</i>	<i>E</i>	DPV	EUA	EiUA	<i>A/Ci</i>
<b>Bloco</b>	0,0001 <sup>ns</sup>	0,062 <sup>ns</sup>	0,015*	0,726 <sup>ns</sup>	1423,8 <sup>ns</sup>	0,00009 <sup>ns</sup>
<b>Nº Ramos ortotrópicos</b>	0,0020*	0,595*	0,052*	0,039 <sup>ns</sup>	592,6 <sup>ns</sup>	0,00004 <sup>ns</sup>
<b>Resíduo a</b>	0,0001	0,084	0,005	3,894	6458,5	0,00015
<b>Época</b>	0,0208*	6,656*	31,023*	847,52*	2798784,0*	0,00385*
<b>Ramo Ortotrópico x Época</b>	0,0006*	0,261*	0,053*	10,097*	17397,9*	0,00012 <sup>ns</sup>
<b>Resíduo b</b>	0,0001	0,082	0,011	3,188	4586,2	0,00008
<b>CV a (%)</b>	27,86	26,82	2,72	19,73	23,27	24,76
<b>CV b (%)</b>	28,51	26,45	3,86	17,85	19,61	18,51
<b>Média</b>	0,045	1,08	2,77	10,00	345,39	0,050

\* significativo e <sup>ns</sup> não significativo pelo teste de F em nível de 5% de probabilidade.