

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

LUAN PERONI VENANCIO

**SOMBREAMENTO DE CLONES DE *Coffea canephora* EM CONDIÇÕES
DE CAMPO: CRESCIMENTO VEGETATIVO, PRODUÇÃO E
QUALIDADE**

**ALEGRE
2015**

LUAN PERONI VENANCIO

**SOMBREAMENTO DE CLONES DE *Coffea canephora* EM CONDIÇÕES DE
CAMPO: CRESCIMENTO VEGETATIVO, PRODUÇÃO E QUALIDADE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. D.Sc. José Francisco Teixeira do Amaral.

ALEGRE
2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

V448s Venancio, Luan Peroni, 1990-
Sombreamento de clones de Coffea canephora em condições de campo: crescimento vegetativo, produção e qualidade. / Luan Peroni Venancio. – 2015. 75 f. : il.

Orientador: José Francisco Teixeira do Amaral.

Coorientadores: Paulo Cezar Cavatte ; Edvaldo Fialho dos Reis.

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

1. Café Conilon. 2. Café - Qualidade. 3. Radiação solar. 4. Sombreamento. I. Amaral, José Francisco Teixeira do. II. Cavatte, Paulo Cezar. III. Reis, Edvaldo Fialho. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

CDU: 63

LUAN PERONI VENANCIO

**SOMBREAMENTO DE CLONES DE *Coffea canephora* EM CONDIÇÕES DE
CAMPO: CRESCIMENTO VEGETATIVO, PRODUÇÃO E QUALIDADE**

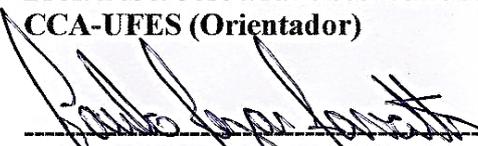
Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 24 de fevereiro de 2015.

COMISSÃO EXAMINADORA



**Prof. D.Sc. José Francisco Teixeira do Amaral
CCA-UFES (Orientador)**



**Prof. D. Sc. Paulo Cezar Cavatte
CCA-UFES**



**Prof. D.Sc. Edvaldo Fialho dos Reis
CCA-UFES**



**Prof. D.Sc. Sérgio Henriques Saraiva
CCA-UFES**

Deus, pelo dom da vida;
A meus pais, avós e irmã, pelo
imenso apoio.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, que é a razão do nosso viver e a quem devemos agradecer todos os dias de nossa vida, pois é Ele que guia nossos passos e mostra o melhor caminho a seguir;

Aos meus pais, Francisco e Rosa, que nunca mediram esforços para me ajudar, desde meus primeiros passos até hoje, sempre me apoiando e confiando em mim, sendo os pilares desta conquista;

À minha irmã, Luana, que sempre me ajudou, me incentivou, cobrou, me sinto muitíssimo feliz por tê-la como irmã;

Aos meus avós, que mesmo sendo pouco alfabetizados, mas com uma grande experiência de vida, sempre demonstraram total apoio nessa caminhada;

A todos os meus familiares e a todos os meus amigos, principalmente os companheiros de república Eduardo, Thiago, Vitor, Lucas, Érik, Ademar e Adriel que se mostraram muito prestativos a ajudar no trabalho;

Aos bolsistas de iniciação científica Cynthia, Adônis e Thiago que participaram de toda a pesquisa sempre com muita dedicação;

À minha companheira Mariana, que entrou na minha vida para somar e trouxe muitas coisas boas;

Aos funcionários das áreas experimentais pela ajuda no trabalho árduo de instalação do experimento;

Ao meu orientador José Francisco Teixeira do Amaral e aos meus coorientadores Paulo Cezar Cavatte e Edvaldo Fialho dos Reis, que sempre, independente do dia e da hora, mostraram-se muito compreensivos nos diálogos e passaram todas as orientações necessárias ao desenvolvimento desta pesquisa;

Ao professor Sérgio Henrique Saraiva pela disponibilidade do laboratório de Tecnologia de Alimentos;

A empresa Conilon Brasil, em especial, ao Gustavo Martins Sturm, pela realização de algumas análises importantes para a pesquisa;

A todos os professores pelos valiosos conhecimentos transmitidos;

Por fim, ao Programa de Pós- Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de desenvolver este trabalho e a CAPES pela concessão de bolsas de estudo.

A todos, o meu muito obrigado!

“A fé na vitória tem que ser inabalável.”
O Rappa

BIOGRAFIA

Luan Peroni Venancio, filho de Francisco de Paula Venancio e Rosa Angela Peroni Venancio, nasceu em Rio Bananal-ES, no dia 27 de maio de 1990. Em dezembro de 2007, concluiu o curso de Técnico Agrícola com Habilitação em Agropecuária, no Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Itapina, Colatina – ES. Em março de 2008, iniciou o curso de Agronomia no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), em Alegre - ES, concluindo-o em fevereiro de 2013. Em março de 2013 pela mesma instituição, iniciou o curso de Mestrado em Produção Vegetal na área de Fitotecnia, submetendo-se à defesa em 24 de fevereiro de 2015.

RESUMO

VENANCIO, Luan Peroni. Universidade Federal do Espírito Santo. Fevereiro de 2015. **Sombreamento de clones de *Coffea canephora* em condições de campo: crescimento vegetativo, produção e qualidade.** Orientador: D.Sc. José Francisco Teixeira do Amaral. Coorientadores: D.Sc. Paulo Cezar Cavatte e D.Sc. Evaldo Fialho dos Reis.

O crescimento, a produção e a qualidade do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) estão, dentre outros fatores, relacionados com a quantidade de radiação disponível sobre o seu dossel. Objetivou-se neste trabalho - avaliar o efeito do sombreamento de três clones de *Coffea canephora* em condições de campo sobre o crescimento, a produção e a qualidade do café. O trabalho foi realizado em uma lavoura de cafeeiro Conilon, no período de agosto de 2013 a julho de 2014, na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), em Alegre – ES. Foram avaliados três clones da variedade clonal Vitória Incaper 8142 (Conilon Vitória), sendo que, cada um dos clones constituiu um experimento, não sendo estes comparados entre si. O sombreamento no cultivo foi implementado de maneira a compor quatro níveis de sombreamento, denominados: pleno sol (PS), sombreamento baixo (SB), sombreamento moderado (SM) e sombreamento intenso (SI), para tanto, foram empregadas telas de poliolefinas (sombrite) com as seguintes capacidades de retenção de luz: 30, 50 e 70%, caracterizando os sombreamentos baixo, moderado e intenso, respectivamente. Para as avaliações destrutivas, foi montado um delineamento inteiramente casualizado, com quatro níveis de sombreamento (supracitado) e cinco repetições, sendo cada planta uma repetição. Para as avaliações não destrutivas, adotou-se um esquema em parcelas subdivididas 4 x 3, sendo nas parcelas o sombreamento em quatro níveis (supracitado) e, as subparcelas constituídas pelas fases fenológicas em três níveis (início da frutificação, granação e maturação) em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, sendo cada planta uma repetição. O efeito do sombreamento foi avaliado através das taxas de crescimento, morfologia, teor de clorofilas, produção do cafeeiro e qualidade do café. Nos clones 6V e 12V a menor área foliar unitária foi obtida no cultivo a pleno sol, enquanto que no clone 3V o cultivo a pleno sol foi igual aos cultivos com sombreamentos baixo e moderado. Os sombreamentos baixo, moderado e intenso afetaram negativamente a produção dos clones 3V e 12V. Os sombreamentos baixo e intenso, para o clone 6V, mostraram-se tão eficientes para a produção de frutos quanto o cultivo a pleno sol.

Frutos de café produzidos a pleno sol apresentaram um menor rendimento seco:beneficiado, independente do clone estudado. Entre os materiais estudados, o clone 6V foi o mais responsivo ao sombreamento, evidenciando variabilidade genética entre os clones.

Palavras-chave: Cafeeiro Conilon. Radiação solar. Responsivo.

ABSTRACT

VENANCIO, Luan Peroni. Universidade Federal do Espírito Santo. February 2015. **Shading of *Coffea capenhora* clones in field conditions: vegetative growth, production and quality.** Advisor: D.Sc. José Francisco Teixeira do Amaral. Co-advisors: D.Sc. Paulo Cezar Cavatte and D.Sc. Evaldo Fialho dos Reis.

The growth, production and quality of Conilon coffee-tree (*Coffea canephora*), is related to the amount of available radiation on your canopy, among other factors. The objective of the current study was to evaluate the effect of shading of *Coffea canephora* clones under field conditions on the growth, production and quality coffee. The work was carried out in a Conilon coffee cultivation area, from August 2013 to July 2014, in an experimental area of Agricultural Sciences Center - Federal University of Espírito Santo (CCA-UFES) in Alegre – ES. Three clonal species of variety Incaper 8142 (Conilon Vitória) were studied and each clone constituted an experiment. The shading was implemented to perform four levels of shading: full sun (FS), low shading (SL), moderate shading (SM) and intense shading (SI). Polyolefins screens (shadow protection) with the following light filtering capabilities were utilized: 30, 50 and 70%, featuring the low, moderate and intense shading, respectively. In the destructive evaluations, a completely randomized design was performed with four shading levels (aforementioned) and five replications, being each plant a repeat. In the destructive evaluations, a scheme in split plot 4 x 3 was adopted, being plots the shading into four levels (aforementioned) and the subplots consisted phenological phases in three levels (beginning of fruiting, graining and maturation) in a completely randomized design with five replications, being each plant a repeat. The effect of shading was evaluated by the growth rates, morphology, chlorophylls content, coffee tree production and quality of coffee. The 6V and 12V clones had the lowest unit leaf area in the full sun cultivation, whereas the clone 3V full sun cultivation was equal the cultivation with low and moderate shading. Low, moderate and intense levels of shading negatively affected the production of 3V and 12V clones. Low and intense levels of shading presented to be effective in the production of fruits for the 6V clone as well as in the full sun cultivation. Coffee fruits produced in full sun had smaller dry yield benefit, regardless of the clone studied. Among the genotypes studied, the 6V clone was responsive to shading, evidencing that there is genetic variability among the clones.

Keywords: Coffee tree Conilon. Solar radiation. Responsive.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Precipitação e temperatura média mensal do ar, de agosto de 2013 a julho de 2014 no município de Alegre – ES. 23
- Figura 2** - Valores médios mensais de saldo radiação solar de agosto de 2013 a julho de 2014 no município de Alegre – ES..... 24
- Figura 3** - Plantas sombreadas (A) e plantas a pleno sol (B)..... 25
- Figura 4** - Imagem ilustrativa do ramo plagiotrópico marcado e seu desenvolvimento ao longo do tempo. 29
- Figura 5** - Taxa de crescimento médio dos ramos ortotrópicos (TCO) em função dos níveis de sombreamento para cada fase fenológica de cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo..... 34
- Figura 6** - Taxa de crescimento médio dos ramos ortotrópicos (TCO) em função das fases fenológicas para cada nível de sombreamento de cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo..... 36
- Figura 7** - Taxa de crescimento médio dos ramos plagiotrópicos (TCP) em função dos níveis de sombreamento para cada fase fenológica de cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo..... 38
- Figura 8** - Taxa de crescimento médio dos ramos plagiotrópicos (TCP) em função das fases fenológicas para cada nível de sombreamento de cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo..... 39
- Figura 9** - Taxa de emissão média de nós (TEN) em função dos níveis de sombreamento para cada fase fenológica de cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo..... 40

Figura 10 - Taxa de emissão média de nós (TEN) em função das fases fenológicas para cada nível de sombreamento de cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo.	41
Figura 11 - Taxa de emissão média de ramos plagiotrópicos (TEP) em função dos níveis de sombreamento para cada fase fenológica dos clones 6V e 12V da variedade Vitória Incaper 8142.	42
Figura 12 - Taxa de emissão média de ramos plagiotrópicos (TEP) em função das fases fenológicas para cada nível de sombreamento para os clones 6V E 12V da variedade Vitória Incaper 8142.	43
Figura 13 - Taxa de emissão média de ramos plagiotrópicos (TEP) em função dos níveis de sombreamento (A) e em função das fases fenológicas (B) para o clone 3V da variedade Vitória Incaper 8142.	44
Figura 14 - Expansão da área foliar de ramos plagiotrópicos (EAF) em função dos níveis de sombreamento para cada fase fenológica de cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo.	46
Figura 15 - Expansão da área foliar de ramos plagiotrópicos (EAF) em função das fases fenológicas para cada nível de sombreamento de cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo.	47
Figura 16 - Classificação por peneira (CP) em função dos níveis de sombreamento para o clone 3V (A), 6V (B) e 12V (C) da variedade Vitória Incaper 8142.	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos químicos do solo da área de experimentação	22
Tabela 2 - Clones da variedade Vitória Incaper 8142 (Conilon Vitória) avaliados	24
Tabela 3 - Radiação fotossinteticamente ativa (RFA) média disponível em cada nível de sombreamento e desvio padrão.....	26
Tabela 4 - Comprimento médio de internódios dos ramos ortotrópicos (CIO) e comprimento médio de internódio dos ramos plagiotrópicos (CIP) em função dos níveis de sombreamento para cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo	49
Tabela 5 - Área foliar total (AFT), área foliar unitária (AFU), área foliar específica (AFE) e fração de área foliar (FAF) em função dos níveis de sombreamento para cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo.....	52
Tabela 6 – Fração de massa seca foliar (FMF), fração de massa seca de ramos (FMR), fração de massa seca de pecíolos (FMP) e fração de massa seca de frutos (FMFR) em função dos níveis de sombreamento para cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo	53
Tabela 7 - Teor médio de clorofila a (Chl _a), teor médio de clorofila b (Chl _b) e relação clorofila a/b (RChl _{a/b}) em função dos níveis de sombreamento para cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo.....	54
Tabela 8 - Número médio de rosetas (NR), número médio de frutos por roseta (NFR), produção total da planta (PTP), porcentagem de frutos boia (PFB) e eficiência na conversão da radiação em frutos (ECR) em função dos níveis de sombreamento para cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo.....	57

Tabela 9 - Relação folha/fruto “a” (RFF_a), relação folha/fruto “b” (RFF_b), relação folha/fruto “c” (RFF_c) e relação folha/fruto “d” (RFF_d) em função dos níveis de sombreamento para cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo..... 59

Tabela 10 - Análise sensorial (ANS), classificação por tipo (CT) e rendimento (REN) em função dos níveis de sombreamento para cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo..... 61

Tabela 11 - Chave de resultados para descrever a qualidade do café Conilon..... 61

LISTA DE ABREVIATURAS

- 3V - Clone número 3 da variedade clonal INCAPER 8142
- 6V - Clone número 6 da variedade clonal INCAPER 8142
- 12V - Clone número 12 da variedade clonal INCAPER 8142
- AFE ($\text{cm}^2 \text{mg}^{-1}$) - Área foliar específica
- AFT (cm^2) - Área foliar total
- AFU (cm^2) - Área foliar unitária
- ANS (nota 0 a 100) - Análise sensorial
- Chl_a (IFC) - Teor médio de clorofila *a*
- Chl_b (IFC) - Teor médio de clorofila *b*
- CIO (cm) - Comprimento de internódios de ramos ortotrópicos
- CIP (cm) - Comprimento de internódios de ramos plagiotrópicos
- CT - Classificação do café por tipo
- CP (%) - Classificação por peneira
- EAF ($\text{cm}^2 \text{mês}^{-1}$) - Expansão da área foliar de ramos plagiotrópicos
- ECR (mg MJ^{-1}) - Eficiência na conversão de radiação em frutos
- FAF ($\text{cm}^2 \text{mg}^{-1}$) - Fração de área foliar
- FMF (g g^{-1}) - Fração de massa foliar do ramo plagiotrópico
- FMFR (g g^{-1}) - Fração de massa seca de fruto
- FMP (g g^{-1}) - Fração de massa seca de pecíolo
- FMR (g g^{-1}) - Fração de massa seca do ramo plagiotrópico
- IFC - Índice Falker de clorofila
- MSD (g) - Massa seca de discos
- MSF (g) - Massa seca de folhas
- MSF (g) - Massa seca de frutos
- MSP (g) - Massa seca de pecíolos
- MSPF (g) - Massa seca da parte final do ramo
- MSPI (g) - Massa seca da parte inicial do ramo
- NFR (unidade) - Número médio de frutos por roseta
- NR (unidade) - Número de rosetas dos ramos plagiotrópicos
- PS (% de sombreamento) - Pleno sol

PFB (%) - Porcentagem de frutos boia
PTP (kg planta⁻¹) - Produção total por planta
Rchl_{a/b} (IFC) - Relação clorofila *a/b*
REN - Rendimento seco:beneficiado
RFA (μmol m⁻² s⁻¹) - Radiação fotossinteticamente ativa
RFF - Relação folha fruto
RFF_a (cm² g⁻¹) - Relação folha/fruto “a”
RFF_b (g g⁻¹) - Relação folha/fruto “b”
RFF_c (cm² unidade de fruto⁻¹) - Relação folha/fruto “c”
RFF_d (g unidade de fruto⁻¹) - Relação folha/fruto “d”
SB (% de sombreamento) - Sombreamento baixo
SI (% de sombreamento) - Sombreamento intenso
SM (% de sombreamento) - Sombreamento moderado
TCO (mm dia⁻¹) - Taxa de crescimento dos ramos ortotrópicos
TCP (mm dia⁻¹) - Taxa de crescimento dos ramos plagiotrópicos
TEN (nós mês⁻¹) - Taxa de emissão de nós nos ramos plagiotrópicos
TEP (ramos mês⁻¹) - Taxa de emissão de ramos plagiotrópicos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 TAXONOMIA, ORIGEM E BOTÂNICA DO CAFEIEIRO.....	18
2.2 IMPORTÂNCIA DA CAFEICULTURA	18
2.3 ARBORIZAÇÃO DO CAFEIEIRO CONILON	19
2.4 VARIEDADE VITÓRIA INCAPER 8142.....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	22
3.2 MATERIAL VEGETAL	24
3.3 DESENHO EXPERIMENTAL	25
3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	26
3.5 AVALIAÇÕES	26
3.5.1 Avaliações não destrutivas	26
3.5.2 Avaliações destrutivas.....	28
3.5.3 Produção do cafeeiro.....	31
3.5.4 Aspectos qualitativos e físicos dos grãos de café.....	31
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 TAXAS DE CRESCIMENTO.....	33
4.2 MORFOLOGIA	48
4.3 CLOROFILAS	54
4.4 PRODUÇÃO DO CAFEIEIRO	55
4.5 QUALIDADE DO CAFÉ.....	59
5 CONCLUSÕES.....	63
6 REFERÊNCIAS	64
APÊNDICES	70

1 INTRODUÇÃO

O café apresenta grande importância cultural, tendo participação constante na história do Brasil, desde a sua colonização, além de ser um dos produtos agrícolas mais valiosos para a economia brasileira. A cafeicultura garante a geração de tributos e postos de trabalho, contribuindo para a formação da receita cambial brasileira e auxiliando na fixação do homem ao campo (FASSIO; SILVA, 2007).

O cultivo do cafeeiro em diversas regiões do mundo encontra-se estabelecido em regime de sombra, já no Brasil o cultivo predominante é o pleno sol. E, esta prática tem apresentado problemas, como a bienalidade, a eventual superprodução e o consequente depauperamento das plantas (SOUZA et al., 2009a). Ainda de acordo com esses autores, sistemas consorciados de cultivo de cafeeiro com sombreamento moderado, podem contribuir para a manutenção da sustentabilidade da produção dessa cultura.

Em cafezais a pleno sol e com produção elevada, a ocorrência de altas temperaturas e de deficiência hídrica provoca a má-formação dos grãos, resultando em menor “peneira” e elevada porcentagem de chochamento, com queda de rendimento e pior qualidade. Além disso, o amadurecimento é acelerado pelo excesso de radiação solar e pela temperatura, desfavorecendo o desenvolvimento das propriedades organolépticas que conferem qualidade à bebida (RONCHI et al., 2007).

De acordo com Pezzopane (2008), a proposta de cultivos consorciados busca, por meio do sombreamento moderado, atenuar as ocorrências climáticas extremas e proporcionar maior sustentabilidade aos sistemas.

Algumas informações apontam para a redução da produção de grãos em cafeeiros sob sombra, o que leva o produtor a resistir quanto ao uso do sombreamento. Em alguns casos, a baixa produtividade poderia ser compensada por uma maior estabilidade da produção, maior número de colheitas, fornecimento de outros produtos oriundos dos demais componentes do sistema e melhoria da qualidade do café (BRUM et al., 2007a).

Pelo exposto, percebe-se que o sombreamento pode ser uma prática vantajosa, mesmo assim, a maioria dos cultivos brasileiros é realizada a pleno sol, pois, o produtor tem como

conhecimento, somente que o sombreamento reduz a produção da lavoura, sem considerar as vantagens de tal sistema. Outrossim, cabe às universidades e aos órgãos de pesquisas, gerar informações técnicas para disponibilização ao cafeicultor. Dessa forma, ganha relevância o avanço do conhecimento científico nesse tema, o que induz ao objetivo no presente estudo de avaliar o efeito do sombreamento de clones de *Coffea canephora* em condições de campo sobre o crescimento, a produção e a qualidade do café.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 TAXONOMIA, ORIGEM E BOTÂNICA DO CAFEIEIRO

O gênero *Coffea* pertence à família Rubiaceae, a qual compreende vários gêneros, incluindo *Gardenia*, *Ixora*, *Cinchona* e *Rubia*. O último inclui *Rubia tinctoria* (Turkey Red), a partir do qual o nome da família Rubiaceae foi derivado (WINTGENS, 2004). De acordo com Davis et al. (2006) existem 103 espécies catalogadas. As duas principais espécies de café cultivadas em escala mundial são *Coffea arabica* e *Coffea canephora* var. *Robusta*. Espécies cultivadas em menor escala incluem *Coffea liberica* e *Coffea excelsa*, que são restritas principalmente ao oeste da África e da Ásia, e representam apenas 1 - 2% da produção global. O centro de origem de *C. arabica* é na Etiópia (Abissínia), em áreas de planaltos em altitudes entre 1300 e 2000 m. As origens de *C. canephora* são mais dispersas na África tropical em altitudes inferiores a 1000 m (WINTGENS, 2004).

A espécie *C. canephora*, de interesse no presente estudo, é vulgarmente conhecida como *Robusta* ou *Conilon*, pertencente à seção *Eucoffea*, subseção *Erythrocoffea*, e se caracteriza por ser diploide ($2n = 22$ cromossomos), alógama e autoestéril. Devido à sua ampla distribuição geográfica no continente africano, é capaz de adaptar-se às variadas condições climáticas, porém, é cultivada em países africanos em baixas altitudes. Apresenta desenvolvimento inicial mais lento que *C. arabica*, mas pode atingir até 5 m de altura, nas regiões quentes e úmidas (ZAMBOLIM, et al., 2009). De acordo com Ferrão et al. (2000), *Coffea canephora* é uma espécie rústica, tolerante a pragas e doenças e adaptada a uma ampla faixa de condições edafoclimáticas tropicais, de baixas altitudes e temperaturas elevadas.

2.2 IMPORTÂNCIA DA CAFEICULTURA

A cafeicultura é uma das atividades mais importantes do setor agropecuário mundial, brasileiro e do Estado do Espírito Santo. Ela vem desempenhando função de vital relevância para o desenvolvimento social e econômico, garantindo a geração de emprego, fixação do homem ao campo, arrecadação de impostos e obtenção de divisas externas. São mais de 55 países envolvidos no setor de produção, que fazem circular cerca de 100 bilhões de dólares por ano (FERRÃO et al., 2011).

De acordo com Bessa e Ferreira (2014), de cada três xícaras de café consumidas no mundo, uma é brasileira. Assim, abordar o termo cafeicultura é contextualizar seus números em nível mundial, os quais colocam o Brasil como protagonista principal. É falar de um produto que muito contribuiu para o desenvolvimento nacional desde 1727, quando as primeiras mudas de café foram plantadas no país; é destacar que o café ocupa atualmente o quinto lugar no ranking de exportação do agronegócio brasileiro; que gera em torno de oito milhões de empregos diretos e indiretos; e que, por força desses números, o Brasil é o maior produtor, maior exportador e segundo maior consumidor mundial da bebida.

Com uma produção de 48,34 milhões de sacas de café na safra de 2014, o Brasil manteve-se no topo de maior produtor e também o maior exportador de café no mundo. Desse total, 12,04 milhões são da espécie *Coffea canephora*, que tem o estado do Espírito Santo como o seu maior produtor, representando mais de 75% de toda a produção nacional, oriunda de um parque cafeeiro que ultrapassa 310 mil hectares (CONAB, 2014).

Vale ressaltar que praticamente toda essa produção provém de cultivos a pleno sol, evidenciando a hegemonia deste cultivo sobre os cultivos sombreados, sendo que estes últimos poderiam permitir redução da bienalidade de produção e o depauperamento da lavoura, que são alguns dos principais problemas da atual cafeicultura brasileira.

2.3 ARBORIZAÇÃO DO CAFEIEIRO CONILON

Entre os diversos componentes do ambiente, a radiação solar é primordial para o crescimento das plantas, não só por fornecer tanta energia para a fotossíntese, quanto sinais que regulam seu desenvolvimento através de receptores de luz sensíveis a diferentes intensidades e qualidade. Dessa forma, modificações nos níveis de radiação ao qual uma espécie está adaptada podem condicionar diferentes respostas fisiológicas em suas características bioquímicas, anatômicas e de crescimento (LUNZ et al., 2007a).

O cafeeiro é uma espécie encontrada naturalmente como vegetação de sub-bosque de florestas tropicais, onde cresce sob constante sombreamento, sendo considerado uma espécie de sombra facultativa. No Brasil é cultivado predominantemente a pleno sol, principalmente o cafeeiro Conilon. No entanto, nos países da América Latina é comum o cultivo do cafeeiro arábica em

associação com diversas espécies sombreadoras, onde essa prática tem se mostrado promissora (LUNZ et al., 2007a).

Devido à sua grande importância socioeconômica, a cafeicultura é um importante foco de pesquisas. Porém, a maioria dos estudos com essa rubiácea foi direcionada aos sistemas de cultivo a pleno sol, visando quase que exclusivamente a obtenção de maiores produtividades. Poucos trabalhos vêm sendo conduzidos na condição de sombreamento e, dentre estes, a maior parte foi realizada com a espécie *Coffea arabica*, por apresentar maior expressão econômica (BRUM et al., 2007b).

O sombreamento do cafezal, além de exercer influência sobre a disponibilidade de luz, também é responsável por melhorias das condições microclimáticas no agroecossistema. Dentre estas, pode-se citar a redução dos extremos de temperatura, tanto do ar quanto do solo; a redução da velocidade dos ventos; a manutenção da umidade relativa do ar em níveis maiores; o tamponamento da disponibilidade hídrica do solo; entre outras. Consequentemente, as alterações ocasionadas pelo sombreamento resultam em alterações fisiológicas no cafeeiro (BEER et al., 1998; RONCHI et al., 2007).

Neste aspecto, o interesse na replantagem do sombreamento em cafezais tem crescido nos últimos anos, em especial devido à crescente preocupação ambiental com a conservação dos recursos naturais, da biodiversidade e da sustentabilidade da cafeicultura (DaMATTA; RENA, 2002). Com isso, o sombreamento torna-se uma prática muito importante nas regiões onde as altas temperaturas, a baixa pluviosidade associada à má distribuição e ao excesso de radiação são limitantes à produção do cafeeiro, amenizando esses fatores climáticos, viabilizando o cultivo comercial da cultura.

A prática do sombreamento não tem tido sucesso em algumas regiões do país, e, as principais causas para tal têm sido o desconhecimento do nível de sombreamento adequado para cada região produtora de café no Brasil, bem como o baixo valor comercial das espécies utilizadas para o sombreamento, muitas delas exóticas, entre outras (MARQUES, 2000).

O manejo adequado do sombreamento pode trazer benefícios à planta, principalmente na taxa fotossintética, o que influencia diretamente o seu crescimento e desenvolvimento reprodutivo.

Assim, o conhecimento da influência dos níveis de sombreamento sobre a fisiologia de cafeeiros é importante para se determinar níveis ótimos de radiação (BALIZA et al., 2011).

2.4 VARIEDADE VITÓRIA INCAPER 8142

O café Conilon é o principal produto agrícola do estado do Espírito Santo. Seu cultivo é realizado predominantemente por pequenos produtores de base familiar. Constitui-se em importante fator de geração e distribuição de renda, conferindo estabilidade aos que se dedicam à sua exploração. O programa de pesquisa na área de melhoramento genético da espécie em desenvolvimento no Incaper tem provido os cafeicultores do Estado com materiais genéticos melhorados mais adequados às suas necessidades (FONSECA et al., 2005). Dentre esses materiais está a variedade clonal “Conilon Vitória – Incaper 8142”.

Essa variedade clonal foi lançada em maio de 2004, constituída pelo agrupamento de 13 clones. Para compor esta variedade, foram selecionados os clones que apresentavam simultaneamente um conjunto de características de interesses, com ênfase em altas produtividades e estabilidade de produção, tolerância à seca e resistência a ferrugem (FERRÃO et al., 2007).

Em função de variações na época de maturação dos frutos dos clones que compõem a variedade Conilon Vitória, é de fundamental importância que os mesmos sejam plantados em linha. Assim, mesmo que a maturação de alguns ocorra de forma mais precoce em relação a outros, não haverá comprometimento da qualidade final do produto, pois serão colhidos e processados em lotes distintos. O plantio em linha deve ser feito intercalando-se uma linha de cada clone, cuja sequência não deve ser repetida na mesma ordem adotada nas linhas iniciais, de tal forma que se promova boa oportunidade de cruzamentos e a adequada polinização entre os diferentes clones que a compõe (FONSECA et al., 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

A pesquisa foi conduzida em uma lavoura de cafeeiro Conilon, no período de agosto de 2013 a julho de 2014, na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo – CCA/UFES, em Alegre – ES, localizada nas coordenadas geográficas 20°45'48'' de latitude Sul e 41°31'57'' de longitude Oeste, em uma altitude de 134 metros. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, com estação seca no inverno e verão quente e chuvoso, com temperatura média anual em torno de 23 °C.

Amostras de solo foram coletadas na camada de 0 a 20 centímetros, e uma amostra composta (300 g) foi levada ao Laboratório de Análise Química de Solo Raphael M. Bloise do Centro de Ciências Agrárias da UFES, obtendo-se as características químicas (Tabela 1).

Tabela 1 - Atributos químicos do solo da área de experimentação

Atributos químicos												
pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m
H ₂ O	-----mg/dm ³ -----			-----cmol _c /dm ³ -----				-----%-----				
4,43	6,44	75,00	0,00	0,18	0,20	0,95	5,86	0,58	1,53	6,43	8,97	62,20

pH: relação solo-água 1:2,5; P: extrator Mehlich-1 e determinação por colorimetria; K e Na: extrator Mehlich-1 e determinação por espectrofotometria de chama; Ca e Mg: extrator KCl 1 mol/L e determinação por espectrometria de absorção atômica; Al: extrator KCl 1 mol/L e determinação por titulometria. H + Al: extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L pH 7,0 e determinação por; MO: oxidação de carbono via úmida com dicromato de potássio em meio ácido (H₂SO₄).

SB - Soma de bases trocáveis; t - Capacidade de troca catiônica efetiva; m - Índice de saturação em alumínio; T - Capacidade de troca catiônica a pH 7 (CTC); V - Índice de saturação em bases.

Os atributos químicos foram ajustados através das práticas agrícolas de calagem e adubação de acordo com Prezotti et al. (2007). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo de textura argilosa.

Durante todo o período de experimentação foi monitorado diariamente a pluviosidade, temperatura do ar e o saldo de radiação através da Estação Meteorológica Automática de Alegre – ES, nº A617 localizada nas proximidades do cultivo. Trabalhando-se estes dados, obteve-se a precipitação média mensal, a temperatura média mensal do ar (Figura 1) e o saldo de radiação solar média mensal (Figura 2). Tais dados ajudam a compreender o desenvolvimento do

cafeieiro dentro de cada fase fenológica ao longo do ano, sendo que as fases são três: início da frutificação (setembro a novembro), granação (dezembro a fevereiro) e maturação (março a maio).

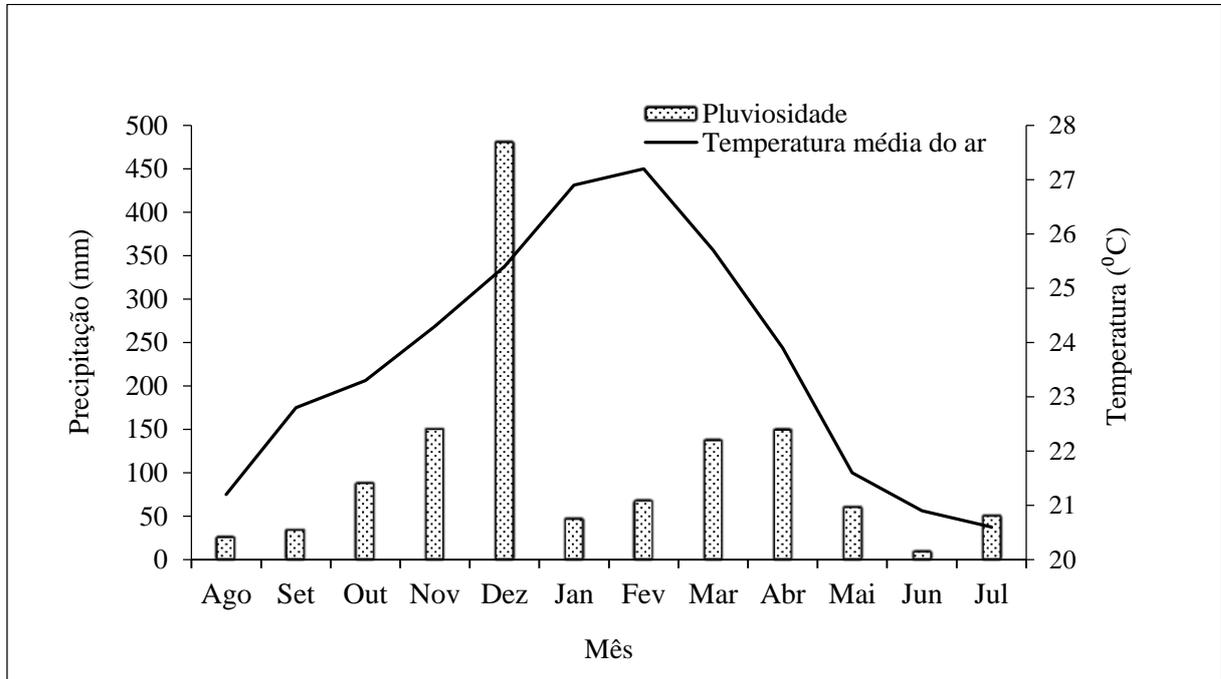


Figura 1 - Precipitação e temperatura média mensal do ar, de agosto de 2013 a julho de 2014 no município de Alegre – ES.

Fonte: Estação Meteorológica Automática de Alegre – ES, nº A617.

Nessa Figura 1, pode-se observar que choveu mais do que o normal para o mês em dezembro de 2013 que poderá ter influenciado o crescimento e a produção do cafeeiro. Menores pluviosidades são observadas nos meses mais frios do ano (junho, julho e agosto) que provavelmente culminará com menor desenvolvimento vegetativo do cafeeiro. Em relação à temperatura do ar, desde seu primeiro mês medido (agosto) seguiu aumentando até atingir valor máximo em fevereiro e a partir daí começou a cair, atingindo valores mínimos no mês de julho.

Na Figura 2, está representado o saldo de radiação, um dado muito importante neste tipo de estudo, visto que a alteração da radiação poderá provocar mudanças no desenvolvimento do cafeeiro. O comportamento do saldo de radiação seguiu o mesmo padrão da temperatura média do ar, com maiores valores nos meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro): para os demais meses houve pouca variação nos valores.

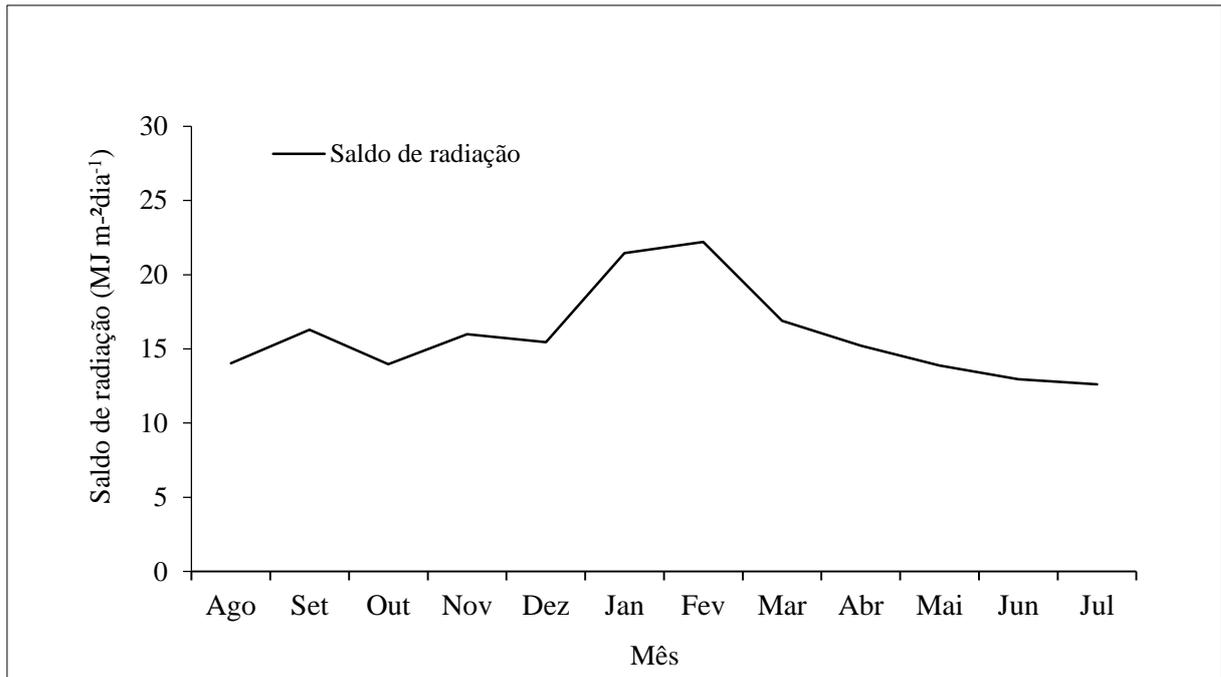


Figura 2 - Valores médios mensais de saldo radiação solar de agosto de 2013 a julho de 2014 no município de Alegre – ES.

Fonte: Estação Meteorológica Automática de Alegre – ES, nº A617.

3.2 MATERIAL VEGETAL

Estudou-se três clones da variedade clonal de café Vitória Incaper 8142, comumente conhecido como Conilon Vitória de um total de 13 clones que compõem a variedade. A seleção dos materiais para estudo baseou-se em suas características agrônômicas, visando à seleção de materiais genéticos com características sabidamente contrastantes e atualmente recomendados e amplamente cultivados no Estado do Espírito Santo, principalmente na região norte do estado (Tabela 2). Cada clone selecionado constituiu um trabalho, não sendo os mesmos comparados entre si.

Tabela 2 - Clones da variedade clonal Vitória Incaper 8142 (Conilon Vitória) avaliados

Clone	Característica principal
3V	Maturação intermediária
6V	Maturação precoce
12V	Maturação precoce e alta capacidade produtiva

Os clones foram plantados em linha no espaçamento de 3,0 x 1,2 m em março de 2011. A

lavoura não possui sistema de irrigação e o manejo nutricional e fitossanitário foi realizado de acordo com as recomendações técnicas para o cafeeiro Conilon no Estado do Espírito Santo (FERRÃO et al., 2007).

3.3 DESENHO EXPERIMENTAL

O sombreamento no cultivo foi implementado de maneira a compor quatro níveis de sombreamento, denominados: pleno sol (PS), sombreamento baixo (SB), sombreamento moderado (SM) e sombreamento intenso (SI). Para tanto, foram empregadas telas de poliolefinas (sombrite) com as seguintes capacidades de retenção de luz: 30, 50 e 70%, caracterizando os sombreamentos baixo, moderado e intenso, respectivamente. Os sombrites foram instalados de forma a proteger toda a planta (Figura 3A). As plantas a pleno sol (Figura 3B), foram apenas delimitadas com arame.



Figura 3 - Plantas sombreadas (A) e plantas a pleno sol (B).

A radiação fotossinteticamente ativa média incidente sobre o dossel das plantas em cada nível de sombreamento foi determinada utilizando o aparelho “light meter” modelo LI-250 (Tabela 3). As mensurações foram feitas a céu limpo no horário de 12:00 h no dia 21 de outubro de 2013. Com estes dados, determinou-se a porcentagem real de sombreamento que cada tela propicia, e assim, associar tais valores ao nível de sombreamento (Tabela 3).

Tabela 3 - Radiação fotossinteticamente ativa (RFA) média disponível em cada nível de sombreamento e desvio padrão

Níveis de sombreamento	RFA ($\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Porcentagem real de sombreamento
PS	1188,56 \pm 10,43	0%
BS	786,89 \pm 39,55	33,8 %
MS	622,22 \pm 23,68	47,6 %
IS	391,67 \pm 18,64	67,0 %

3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento aqui descrito foi utilizado para cada um dos clones estudados, visto que cada material clone foi um trabalho, resultando assim em três experimentos. Para as avaliações destrutivas (realizadas ao final do experimento com o corte do ramo plagiotrópico marcado), foi montado um delineamento inteiramente casualizado, com quatro níveis de sombreamento: pleno sol (PS), sombreamento baixo (SB), sombreamento moderado (SM) e sombreamento intenso (SI) e cinco repetições, sendo cada planta uma repetição. Para as avaliações não destrutivas (ao longo do experimento sem o corte do ramo plagiotrópico marcado), adotou-se um esquema em parcelas subdivididas 4 x 3, sendo nas parcelas o sombreamento em quatro níveis (supracitado) e, as subparcelas constituídas pelas fases fenológicas em três níveis (início da frutificação, granação e maturação) em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, sendo cada planta uma repetição.

3.5 AVALIAÇÕES

Foram feitas avaliações não destrutivas no decorrer do experimento e uma avaliação destrutiva ao final, com o corte dos ramos plagiotrópicos previamente marcados junto a planta.

3.5.1 Avaliações não destrutivas

Procedeu-se um total de três avaliações, nas seguintes fases: início da frutificação (setembro a novembro), granação (dezembro a fevereiro) e maturação dos frutos (março a maio), em cada parcela experimental, para cada um dos clones selecionados. É importante ressaltar que a transição entre as fases fenológicas do cafeeiro é um processo contínuo e, portanto, os limites

inferiores e superiores aqui definidos para cada fase são valores aproximados. Para tal, em cada planta, dois ramos ortotrópicos e quatro ramos plagiotrópicos de primeira produção, obrigatoriamente inseridos em um dos ramos ortotrópicos marcados, foram selecionados, marcados com fita isolante e identificados com plaquinhas para realização das avaliações ao longo de todo o experimento.

A marcação dos ramos plagiotrópicos foi feita no último entrenó do ramo, e a marcação do ramo ortotrópico foi feita no ponto de transição da área lignificada (amarronzada) com a área não lignificada (esverdeada), garantindo que todos os ramos plagiotrópicos marcados estavam acima desta marcação.

As avaliações seguiram as recomendações de análise de crescimento de espécies vegetais, com determinação das seguintes características: comprimento dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos utilizando uma régua graduada milimétrica; número de nós/folhas dos ramos plagiotrópicos e número de ramos plagiotrópicos dos ramos ortotrópicos por contagem direta e teor de clorofila *a*, *b* e total utilizando o medidor eletrônico de teor de clorofila (clorofiLOG Falker modelo FL1030), sempre no terceiro par de folhas de cada um dos ramos marcados, na região mediana da folha, sendo os dados expressos em índice Falker de clorofila (IFC).

A partir desses dados obteve-se as seguintes características:

Relação clorofila *a/b* ($Chl_{a/b}$; IFC): para tal determinação dividiu-se o índice Falker de clorofila *a* pelo índice Falker de clorofila *b*, obtendo-se tal relação;

Comprimento de internódios de ramos plagiotrópicos (CIP; cm): para tal determinação dividiu-se o comprimento do ramo plagiotrópico pelo número de nós compreendidos em tal parte medida;

Comprimento de internódios de ramos ortotrópicos (CIO; cm): para tal determinação dividiu-se o comprimento do ramo ortotrópico pela metade do número de ramos plagiotrópicos compreendidos em tal parte medida;

Taxa de crescimento dos ramos plagiotrópicos (TCP; $mm\ dia^{-1}$) e taxa de crescimento dos ramos ortotrópicos (TCO; $mm\ dia^{-1}$): para tal determinação, dividiu-se o crescimento do

ramo no período pelo número de dias do período;

Taxa de emissão de nós nos ramos plagiotrópicos (TEN; nós mês⁻¹): para tal determinação dividiu-se o número total de nós emitidos no período pelo número de meses do período;

Taxa de emissão de ramos plagiotrópicos (TEP; ramos mês⁻¹): para tal determinação dividiu-se o número total de ramos plagiotrópicos emitidos no período pelo número de meses do período;

Expansão da área foliar do ramo plagiotrópico (EAF; cm² mês⁻¹): para tal determinação fez-se a multiplicação da área foliar unitária pela taxa de emissão de nós (folhas) dos ramos plagiotrópicos.

Além dessas avaliações não destrutivas, outras duas foram feitas, porém realizadas na época final da maturação (maio), quais sejam:

Número médio de frutos por roseta (NFR, unidade): para tal determinação, contou-se o número total de frutos de cinco rosetas espaçadas uniformemente ao longo do ramo plagiotrópico marcado, sendo que a média desses valores representou a variável;

Número de rosetas dos ramos plagiotrópicos (NR, unidade): para tal determinação, contou-se as rosetas inseridas no ramo plagiotrópico marcado.

3.5.2 Avaliações destrutivas

Ao final do experimento os ramos plagiotrópicos previamente marcados durante a implementação do sombreamento (Figura 4), foram cortados junto ao tronco da planta, e a parte final do ramo foi usada para determinação das seguintes variáveis:

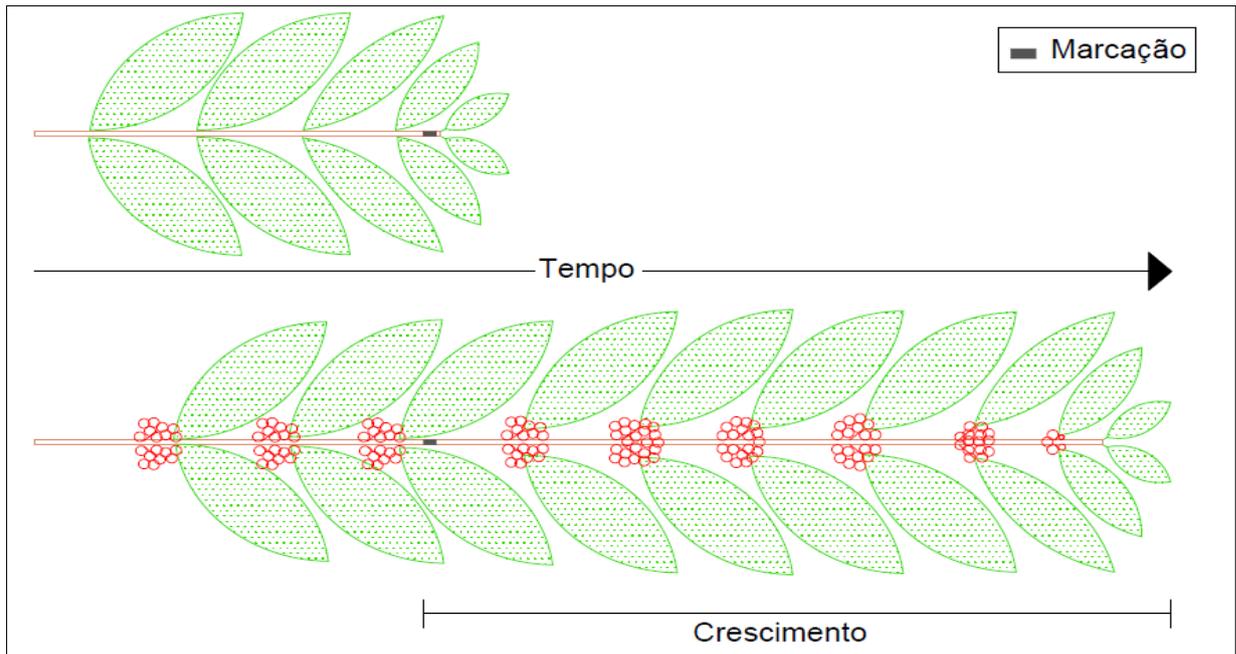


Figura 4 -Imagem ilustrativa do ramo plagiotrópico marcado e seu desenvolvimento ao longo do tempo.

Área foliar unitária (AFU, cm^2): vinte folhas intactas, escolhidas de forma aleatória foram medidas no integrador de área foliar “Area meter”, modelo 3100, LiCor. A AFU, foi determinada pela média desses vinte valores;

Área foliar total (AFT; cm^2): utilizando o integrador de área foliar “Area meter”, modelo 3100, LiCor todas as folhas dos ramos foram medidas, obtendo-se a área foliar total.

Após tais determinações, o material foi separado em sacolas de papel tipo Kraft identificadas, secos em estufa de circulação forçada a $65\text{ }^\circ\text{C}$ até atingir massa constante (± 72 horas). Posteriormente, a massa seca da parte inicial do ramo (MSPI), massa seca da parte final do ramo (MSPF), massa seca de folhas (MSF), massa seca de pecíolos (MSP), massa seca de frutos (MSF) e massa seca de discos (MSD) foram obtidos, para determinação das seguintes características de crescimento:

Área foliar específica (AFE; $\text{cm}^2 \text{mg}^{-1}$): antes de levar à estufa, destacou-se uma folha do terceiro par de cada ramo e 10 discos foliares de área conhecida foram obtidos por folha, para tal, utilizou-se um perfurador cilíndrico de área interna conhecida. Os discos foram secos em estufa de circulação forçada a $65\text{ }^\circ\text{C}$ até atingir massa constante (± 72 horas). Para determinar a AFE_a dividiu-se a área total dos discos pela massa seca dos mesmos;

Fração de área foliar (FAF; $\text{cm}^2 \text{mg}^{-1}$): para tal determinação, dividiu-se a AFT do ramo pela massa seca total dos ramos plagiotrópicos (MSPF + MSF+ MSP + MSD);

Fração de massa seca do ramo plagiotrópico (FMR, g g^{-1}): para tal determinação, dividiu-se a massa seca do ramo (MSPF) pela biomassa total do ramo (MSPF + MSF+ MSP + MSD);

Fração de massa foliar do ramo plagiotrópico (FMF, g g^{-1}): para tal determinação, dividiu-se a massa seca das folhas (MSF + MSD) pela biomassa total do ramo (MSPF + MSF+ MSP + MSD);

Fração de massa seca de pecíolo (FMP, g g^{-1}): para tal determinação, dividiu-se a massa seca dos pecíolos (MSP) pela biomassa total do ramo (MSPF + MSF+ MSP + MSD).

Como se pode observar, para todas as razões acima, na biomassa total do ramo, não se considerou a “*massa seca da parte inicial dos ramos (MSPI)*”, pois, objetivou-se calcular as razões somente com as massas secas das partes formadas após a marcação do ramo. Já para razão de massa seca de fruto, tal parte foi levada em consideração, visto que, os frutos são encontrados por toda a extensão do ramo;

Fração de massa seca de fruto (FMFR, g g^{-1}): para tal determinação, dividiu-se a massa seca dos frutos (MSFR) pela biomassa total do ramo (MSPI + MSPF + MSF+ MSP + MSD);

Relação folha/fruto (RFF): expressa a quantidade de massa foliar (base de massa) ou área foliar (base de área) necessária para produzir um grama ou uma unidade de fruto. Essa relação foi obtida de quatro formas:

- a) *Relação folha/fruto “a” (RFF_a ; $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$):* para tal determinação, dividiu-se a AFT do ramo pela MSFR;
- b) *Relação folha/fruto “a” (RFF_b ; g g^{-1}):* para tal determinação, dividiu-se a MSF do ramo pela MSFR;
- c) *Relação folha/fruto “c” (RFF_c ; $\text{cm}^2/\text{unidade de fruto}$):* para tal determinação dividiu-se a AFT dos ramos pela quantidade de frutos produzidos no ramo;
- d) *Relação folha/fruto “d” (RFF_d ; $\text{g}/\text{unidade de fruto}$):* para tal determinação, dividiu-se a MSF do ramo pela quantidade de fruto produzido pelo ramo.

3.5.3 Produção do cafeeiro

Juntamente com as avaliações destrutivas procedidas na época da colheita, as plantas de cada nível de sombreamento foram colhidas individualmente e determinadas as seguintes características de produção:

Produção total por planta (PTP, kg/planta): para tal determinação, todos os frutos (cerejas, verdes e secos) foram colhidos e pesados em balança eletrônica;

Eficiência na conversão de radiação em frutos (ECR; mg MJ⁻¹): para tal determinação, dividiu-se a PTP pela quantidade total de radiação média disponível em cada nível de sombreamento durante a condução do experimento;

Porcentagem de frutos boia (PFB; %): para tal determinação dividiu a quantidade de frutos boia pela PTP, multiplicando o resultando final por 100.

3.5.4 Aspectos qualitativos e físicos dos grãos de café

Com o intuito de obter resultados confiáveis e importantes relacionados à qualidade e aos aspectos físicos dos grãos, uma amostra composta (uma por nível de sombreamento, sem repetição) foi encaminhada a empresa Conilon Brasil. A qualidade do café foi avaliada por meio da análise sensorial ou prova da xícara e os aspectos físicos foram caracterizados pela classificação por peneira (15, 14, 13 e <13), tipo e rendimento (seco:beneficiado).

Para determinação destas variáveis, o seguinte procedimento de preparação da amostra foi feito: pegou-se 0,5 litros de café cereja por planta, obtendo-se uma amostra composta de 2,5 litros, visto que são cinco plantas por sombreamento. As amostras compostas de cada sombreamento foram secas a 40 °C em secador específico, até atingirem a umidade em torno de 11 a 12%, aferida com o medidor de umidade de grãos G600i da marca GEHAKA. Após secagem, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos de polietileno e mantidas ao abrigo da luz e da umidade com temperatura em torno de 25 °C, durante 40 dias (período de descanso). No final dos 40 dias, descascou-se as amostras em descascador de pequeno porte; acondicionou-se novamente em sacos plásticos de polietileno e as enviou para a empresa. O peso dos grãos em coco e beneficiados foram obtidos para determinação do rendimento seco:beneficiado.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos as médias foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade, utilizando a metodologia proposta por Banzato e Kronka (2006). Não se realizou análises estatísticas nos dados de análise sensorial, classificação por tipo, rendimento e classificação por peneira, devido à pequena quantidade de material disponível, não sendo possível obter repetição. Coube então, apenas a representação das médias dos níveis de sombreamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As respostas dos clones 3V, 6V e 12V aos níveis de sombreamento foram discutidas dentro de um grupo de cinco características, sendo elas: taxas de crescimento, morfologia, teor de clorofilas, produção do cafeeiro e qualidade do café. Para evitar a escrita por extenso de todos os sombreamentos ir-se-á adotar as abreviaturas, sendo elas: pleno sol (PS), sombreamento baixo (SB), sombreamento moderado (SM) e sombreamento intenso (SI).

4.1 TAXAS DE CRESCIMENTO

Verifica-se no quadro de análise de variância (APÊNDICES A, B e C) que houve interação significativa (níveis de sombreamento x fase fenológica) para cada um dos clones da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo, para as variáveis: taxa de crescimento dos ramos ortotrópicos (TCO), taxa de crescimento dos ramos plagiotrópicos (TCP), expansão da área foliar de ramos plagiotrópicos (EAF) e taxa de emissão de nós dos ramos plagiotrópicos (TEN). Para a variável taxa de emissão de ramos plagiotrópicos (TEP), observou-se interação significativa (níveis de sombreamento x fase fenológica) somente para os clones 6V e 12V (APÊNDICE B e C); para o clone 3V, somente os efeitos principais (níveis de sombreamento e fases fenológicas) foram significativos (APÊNDICE A).

Analisando a Figura 5, verifica-se que, para o clone 3V na fase início da frutificação o PS e SM foram estatisticamente iguais e diferiram estatisticamente do SB e SI. O clone 6V comportou-se diferente, em que, o SM e SI não diferiram estatisticamente entre si, diferindo dos sombreamentos PS e SB que foram estatisticamente iguais. No clone 12V o SI propiciou maior taxa de crescimento diferindo estatisticamente dos demais.

Na fase de granação, observa-se que para o clone 3V o PS e SB foram estatisticamente iguais, entretanto, o SB foi igual estatisticamente ao SM e SI, resultado idêntico foi observado para o clone 12V. Para o clone 6V o PS, SB e SM foram estatisticamente iguais, entretanto, o SB e o SM não diferiram do PS.

Na fase de maturação, o PS e SB foram estatisticamente iguais para os três clones estudados, diferindo estatisticamente do SM e SI, que foram estatisticamente iguais entre si e apresentaram as maiores taxas de crescimento.

Lunz et al. (2007a) e Souza et al. (2009a) trabalhando com *Coffea arabica* e *Coffea canephora* em suas pesquisas, respectivamente, verificaram aumento das taxas de crescimento com aumento do sombreamento.

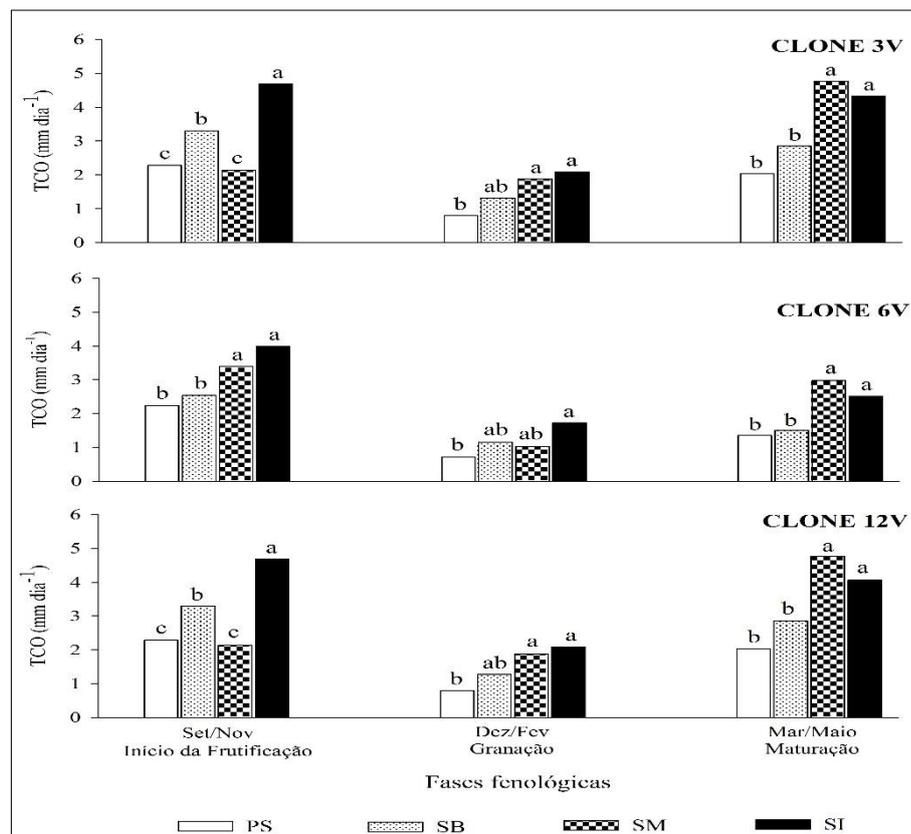


Figura 5 - Taxa de crescimento médio dos ramos ortotrópicos (TCO) em função dos níveis de sombreamento para cada fase fenológica de cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo.

Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro das fases fenológicas para cada clone, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Analisando ainda a Figura 5, no sentido mais biológico, verifica-se que há um rápido crescimento dos ramos no início da frutificação e na maturação, comparado a fase de granação; tais resultados podem ser explicados da seguinte forma: na fase fenológica início da frutificação o cafeeiro está saindo da fase de repouso (julho a agosto), um período caracterizado por poucas chuvas e temperaturas mais amenas, e se depara com chuvas e aumentos de temperaturas, culminando com aumento das taxas de crescimento; quando entra na fase de granação ele se depara com muitas chuvas, porém, temperaturas elevadas, além desta fase ser caracterizada pela

força dreno do fruto sobre a parte vegetativa, restringindo em partes o crescimento dos ramos. Na fase de maturação, onde a prioridade de dreno do fruto cai, a parte vegetativa começa a crescer novamente, além do fato das altas temperaturas diminuírem a valores que permitem um bom crescimento novamente.

Corroborando com os resultados, Partelli et al. (2010) avaliando o crescimento de ramos do cafeeiro Conilon verificaram que a taxa de crescimento varia ao longo do ano, observando também que a fase de baixo crescimento pode estar relacionada com a temperatura mínima do ar. Ronchi e DaMatta (2007) e Laviola et al. (2007) relatam que os frutos são drenos prioritários e podem restringir grandemente o crescimento vegetativo, particularmente na sua fase de enchimento (granação em nosso estudo), que ocorre entre os meses de janeiro a março.

Estudando o comportamento da TCO em função das fases fenológicas dentro dos níveis de sombreamento para cada clone estudado (Figura 6), verifica-se para o clone 3V e 12V que no PS, SB e SI as fases início da frutificação e maturação foram estatisticamente iguais com as maiores taxas de crescimento, diferindo da fase fenológica de granação, e, para SM foram estatisticamente iguais, as fases de início da frutificação e granação.

Para o clone 6V no PS e no SB a maior taxa de crescimento foi obtida na fase início da frutificação diferindo estatisticamente das demais fases, que não diferiram entre si. No SM as fases início da frutificação e maturação foram estatisticamente iguais, diferindo da granação e no SI as fases foram diferentes entre si na seguinte ordem decrescente de crescimento: início da frutificação, maturação e granação.

Tais resultados mostram que o sombreamento pode afetar o crescimento do ramo ortotrópico para uma mesma fase fenológica do cafeeiro à medida que se altera a disponibilidade de luz. Dessa forma, a arquitetura da planta poderá ser alterada, o que irá interferir nas práticas de manejo, como a poda por exemplo.

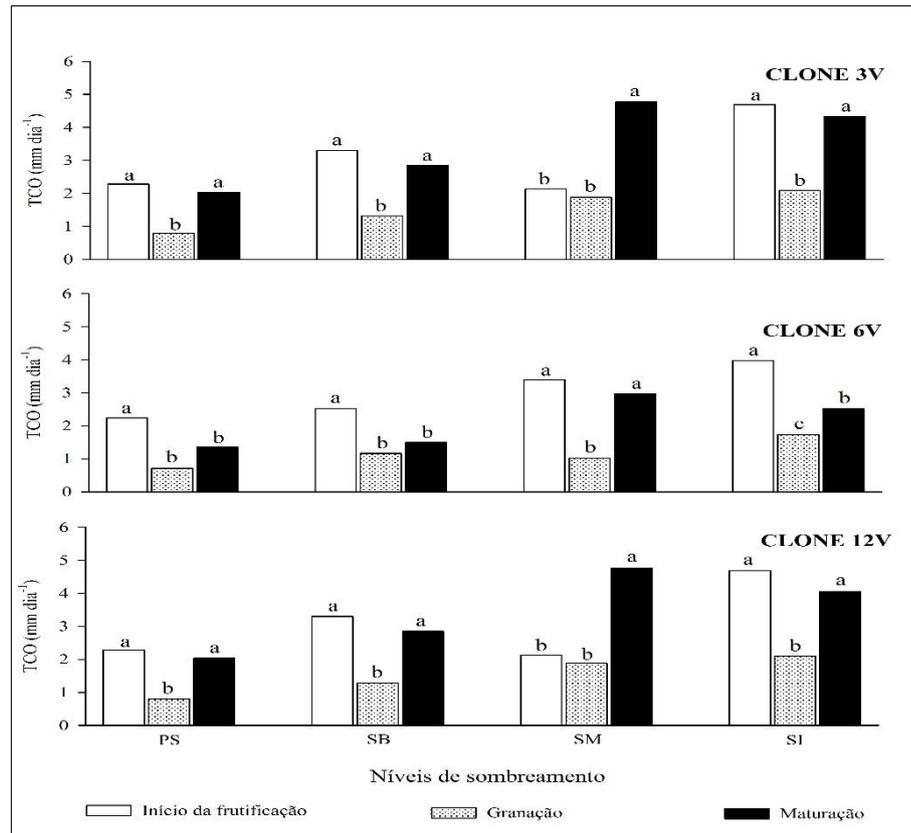


Figura 6 - Taxa de crescimento médio dos ramos ortotrópicos (TCO) em função das fases fenológicas para cada nível de sombreamento de cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo. Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro dos níveis de sombreamento para cada clone, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Os dados referentes à taxa de comprimento dos ramos plagiotrópicos (TCP) ou produtivos, em função dos níveis de sombreamento para cada fase fenológica e cada clone estudado, encontram-se na Figura 7.

Analisando a fase de início da frutificação para o clone 3V, verifica-se que os sombreamentos foram estatisticamente iguais, com valores acima de 2,0 mm dia⁻¹, caracterizando o maior crescimento entre as fases. Tal clone tem como característica o porte alto, e, conseqüentemente, maior crescimento. No clone 6V o PS e SI diferiram estatisticamente, porém, o SI não diferiu do SB e SM. Para o clone 12V o PS diferiu estatisticamente dos demais, apresentando o menor crescimento.

Analisando a fase de granação, o comportamento da TCP para o clone 3V foi o mesmo observado na fase fenológica início da frutificação. Tal característica do clone 3V de se mostrar insensível aos sombreamentos, pode ser explicado pelo fato deste clone apresentar, dentre

outras características, uma alta rusticidade (FONSECA et al., 2004). Para o clone 6V, observou-se diferenças estatísticas entre o SB e SI e para o clone 12 V, diferenças estatísticas entre o PS e SB. É válido destacar nessa fase para cada clone, que as taxas de crescimento chegam por vezes a quatro vezes mais lentas que o crescimento observado na fase início da frutificação, o que mostra a força de dreno dos frutos.

Na fase de maturação para o clone 3V, não observa-se diferenças estatísticas entre PS e SB (maiores taxas) e SM e SI (menores taxas), respectivamente. Para o clone 6V o PS e SB foram estatisticamente iguais, entretanto, o SB não diferiu estatisticamente do SI. Para o clone 12V houve diferenças significativas entre os SB e SM, entretanto, ambos não diferiram do PS e SI.

Silveira (1996) e Silveira e Carvalho (1996) estudando o crescimento do cafeeiro Conilon não irrigado na região de Linhares – ES, encontraram taxas de crescimento próximas a $0,3 \text{ mm dia}^{-1}$ nos meses de junho a setembro, com um pico a partir de outubro atingindo 4 mm dia^{-1} , e com queda em dezembro (2 mm dia^{-1}), atingindo valores mínimos em fevereiro, sendo que em março/abril apresentaram ligeiro aumento ($0,8 \text{ mm dia}^{-1}$) e, a partir de maio, retornaram aos valores mínimos.

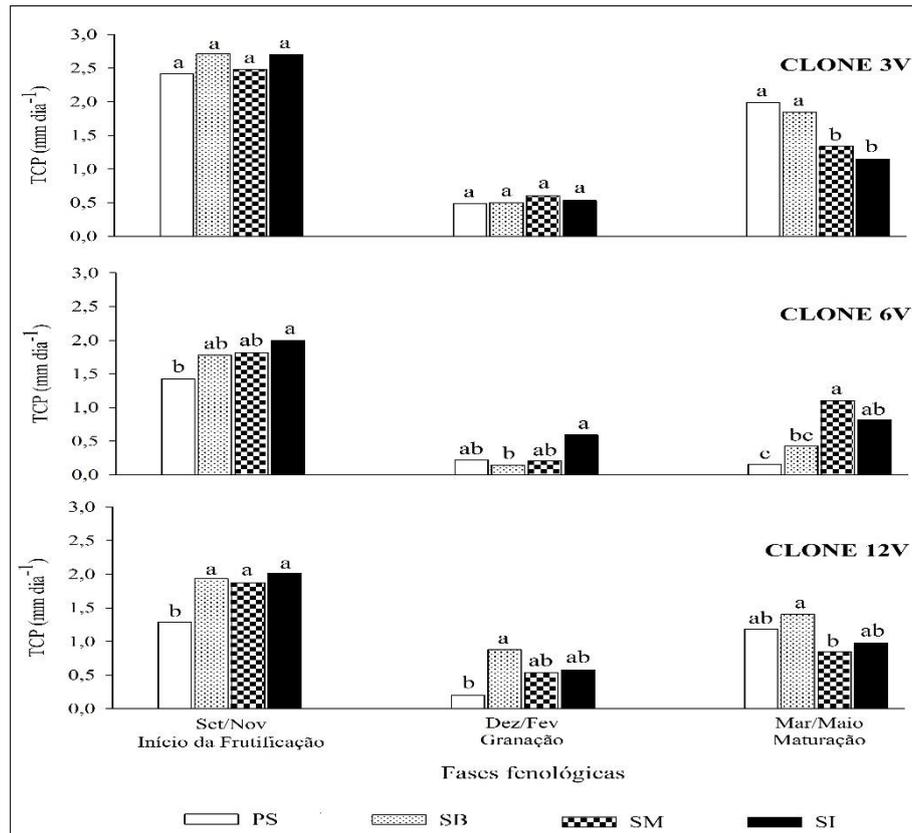


Figura 7 - Taxa de crescimento médio dos ramos plagiotrópicos (TCP) em função dos níveis de sombreamento para cada fase fenológica de cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo.

Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro das fases fenológicas para cada clone, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Os dados das TCP em função das fases fenológicas para cada nível de sombreamento para cada clone estudado encontram-se na Figura 8, observando-se um pico de crescimento na fase início da frutificação, com valores mínimos na fase de granação e valores intermediários de crescimento na fase de maturação. De forma análoga, Amaral et al. (2007) avaliaram o crescimento vegetativo e produtivo de cafeeiros Conilon propagados por estacas em tubetes, e observaram que as maiores taxas de crescimento de ramos e de folhas ocorreram em setembro, novembro e dezembro, data que corresponde à fase de frutificação nesta pesquisa. O crescimento do ramo plagiotrópico é muito importante, pois, é neles que estão contidas as rosetas, embora o número de rosetas não seja proporcional ao seu crescimento.

Para o clone 3V, houve diferenças significativas entre os níveis das fases fenológicas independente do nível de sombreamento. Para o clone 6V no PS e SI as fases fenológicas granação a maturação foram estatisticamente iguais, diferindo da fase início da frutificação e no SB e SM o comportamento foi igual o demonstrado pelo clone 3V. As fases granação,

maturação foram iguais, diferindo da fase início da frutificação no PS e SI, no SB e SM, as fases foram estatisticamente diferentes entre si.

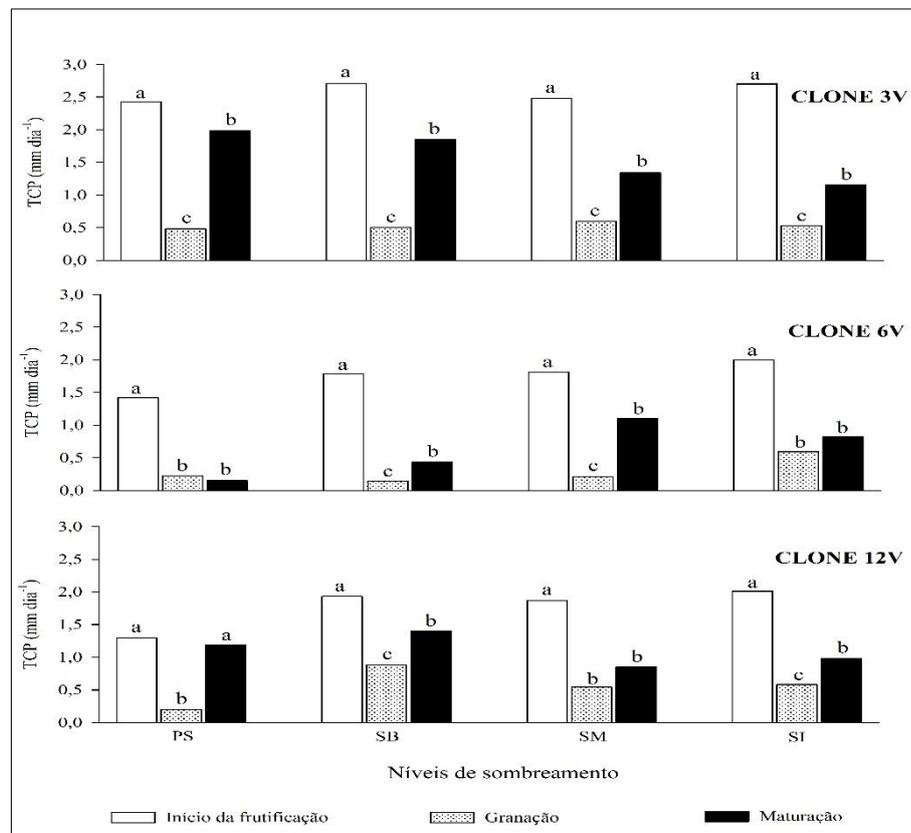


Figura 8 - Taxa de crescimento médio dos ramos plagiotrópicos (TCP) em função das fases fenológicas para cada nível de sombreamento de cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo.

Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro dos níveis de sombreamento para cada clone, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A taxa de emissão de nós (TEN) em função dos níveis de sombreamento para cada fase fenológica em cada clone estudado encontra-se na Figura 9, e, essa variável tem estreita relação com a produtividade do cafeeiro, pois, são nessas partes do ramo plagiotrópico onde se formam os botões florais e conseqüentemente os frutos. Na fase início da frutificação, diferenças significativas entre os níveis de sombreamento são encontradas somente para o clone 3V, com o PS diferindo estatisticamente do SM e SI.

Na fase de granação, diferenças não foram observadas entre os níveis de sombreamento para nenhum dos clones estudados e as taxas assumiram valores mínimos, caracterizando um período de repouso.

Na fase de maturação para clone 3V, o PS diferiu estatisticamente do SM e SI. No clone 6V o PS, SB e SI foram estatisticamente iguais. E no clone 12V o PS e SB diferiram estatisticamente do SI, que não diferiu estatisticamente do SM. Para o clone 6V os maiores valores de TEN são encontrados no SM e SI.

DaMatta e Rodríguez (2007) em sua abordagem sobre a produção sustentável de café em sistemas agroflorestais na região Neotropical, citam que cafeeiros cultivados em ambientes sombreados, à medida que o nível de sombreamento aumenta, ocorre um maior estímulo à emissão de gemas vegetativas e à diminuição da formação de gemas florais, explicando dessa forma, os resultados acima descritos.

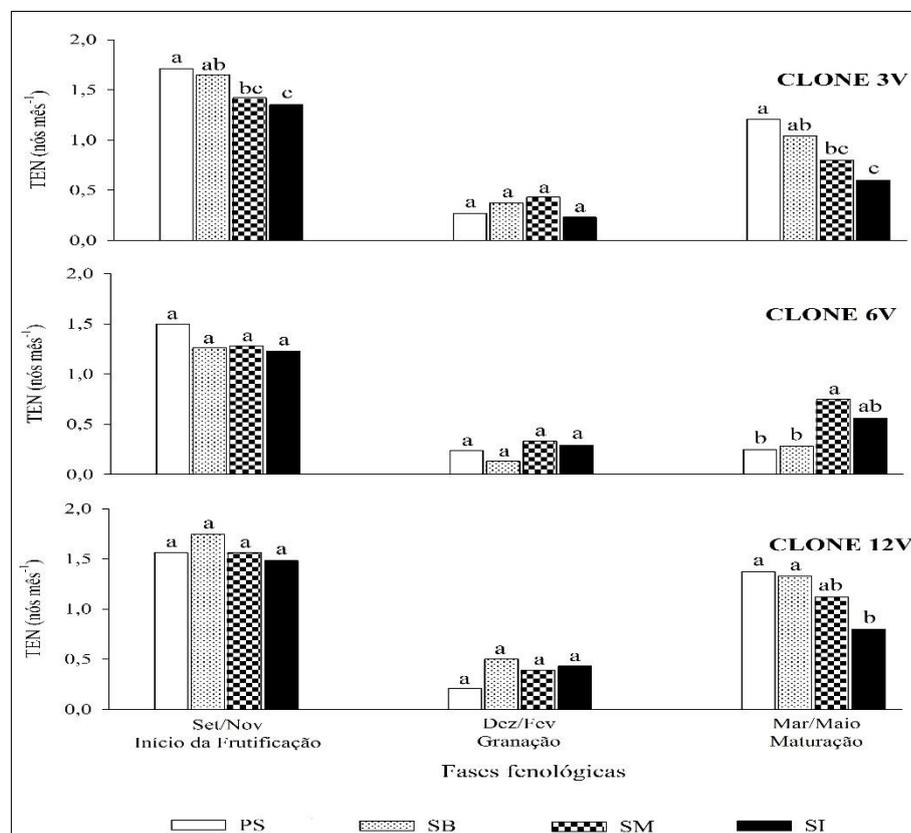


Figura 9 - Taxa de emissão média de nós (TEN) em função dos níveis de sombreamento para cada fase fenológica de cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo.

Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro das fases fenológicas para cada clone, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A TEN em função das fases fenológicas para cada nível de sombreamento para cada clone estudado está representada na Figura 10. Observa-se que para o clone 3V houve diferença significativa entre os níveis de fase fenológica independente do nível de sombreamento, o mesmo ocorrendo para o clone 12V, com exceção ao cultivo a pleno sol (PS), em que as fases

início de frutificação e maturação foram estatisticamente iguais. Por sua vez, o clone 6V não apresentou diferenças estatísticas entre as fases fenológicas, granação e maturação no PS e SB, apresentando as menores TEN. Para o SM e SI o comportamento foi igual ao observado para o clone 3V.

A determinação de qual fase fenológica para cada sombreamento a planta emite mais nós, gera uma colaboração para o manejo mais adequado da irrigação, visto que, a necessidade hídrica da planta varia à medida que a cultura muda de fase fenológica. Neste aspecto, determinar semelhanças e diferenças entre as fases fenológicas em cada nível de sombreamento é importante e pode facilitar em um manejo futuro da cultura, como por exemplo, no controle da lâmina de irrigação de acordo com a fase que a cultura se encontra.

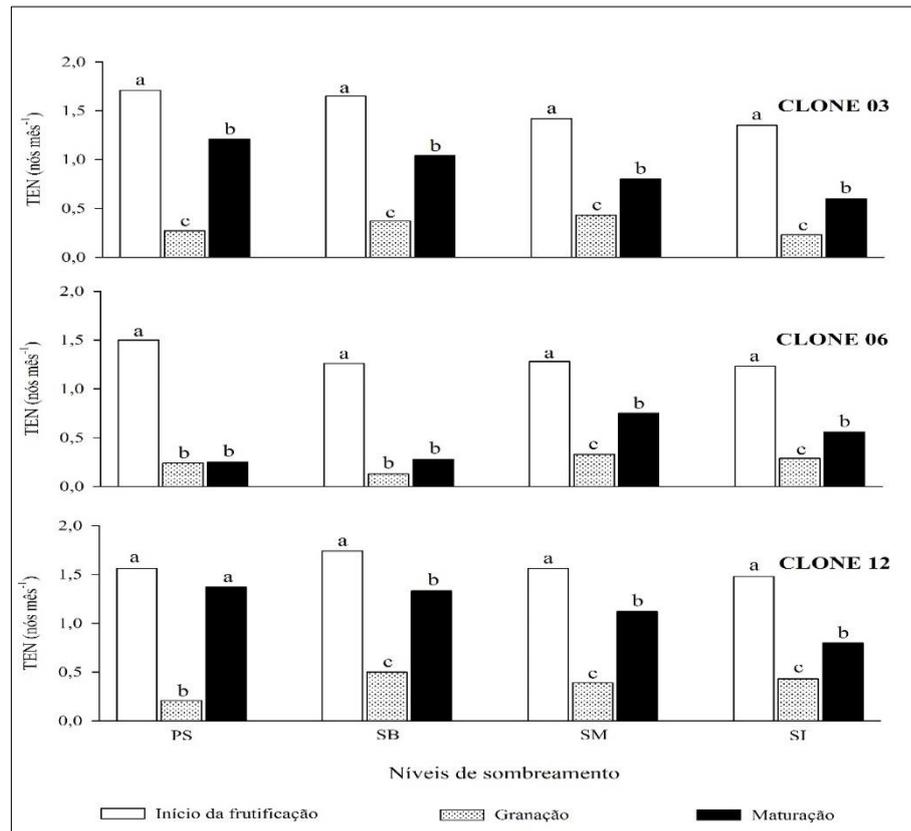


Figura 10 - Taxa de emissão média de nós (TEN) em função das fases fenológicas para cada nível de sombreamento de cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo.

Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro dos níveis de sombreamento para cada clone, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Os ramos plagiotrópicos também chamados de ramos produtivos, assim como os nós discutidos anteriormente, podem ser um bom indicador de produtividade da lavoura, e por isso, justificam

o seu estudo. A TEP em função dos níveis de sombreamento para cada fase fenológica apresentou interação significativa (níveis de sombreamento x fase fenológica) para o clone 6V e 12V (Anexo D), estando representado na Figura 11.

Na fase início da frutificação não houve diferenças estatísticas entre os níveis do sombreamento para ambos os clones. Na fase de granação, onde se pode observar um crescimento mais lento, o SI diferiu estatisticamente do PS e SB, entretanto, o SI não diferiu do SM, para o clone 6V. Para o clone 12V o PS apresentou as menores taxas diferindo estatisticamente dos demais níveis de sombreamento. Analisando agora a fase de maturação para o clone 6V verifica-se que o SM diferiu estatisticamente do SI e SB, entretanto, não diferiu estatisticamente do PS. Para o clone 12V observa-se que o SM diferiu estatisticamente do PS e SB, porém foi igual ao SI.

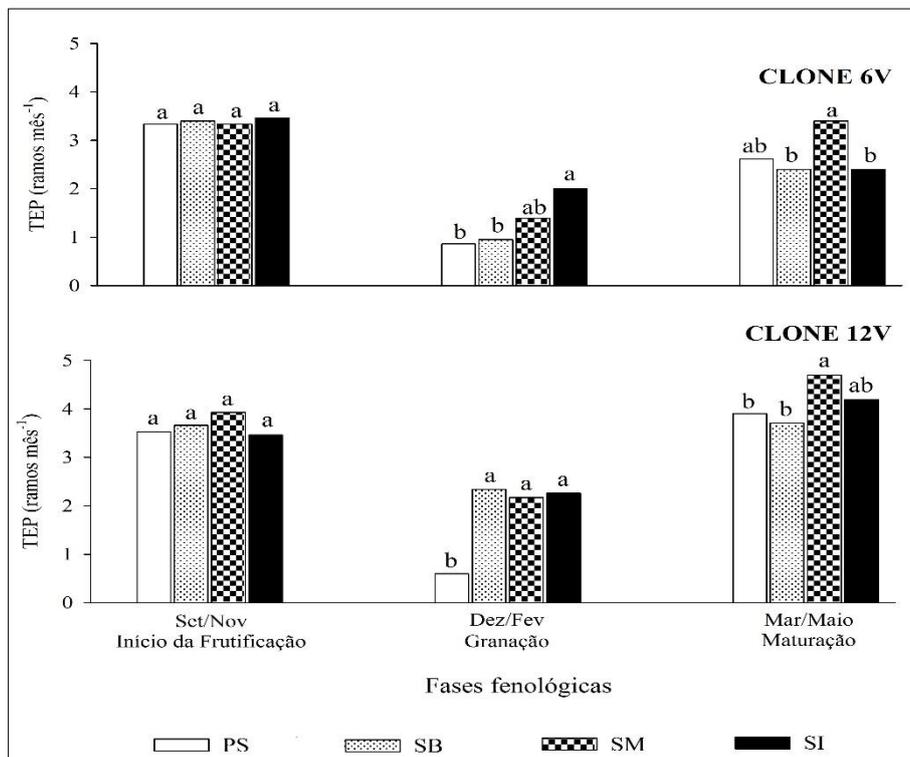


Figura 11 - Taxa de emissão média de ramos plagiotrópicos (TEP) em função dos níveis de sombreamento para cada fase fenológica dos clones 6V e 12V da variedade Vitória Incaper 8142.

Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro das fases fenológicas para cada clone, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O comportamento da TEP em função das fases fenológicas para cada nível de sombreamento para cada clone estudado encontra-se na Figura 12. Analisando o clone 6V, verifica-se que não houve diferenças estatísticas entre a fase fenológica início da frutificação e maturação para o PS e SM. Já no SB houve diferenças estatísticas entre todas as fases com uma maior TEP na

fase início da frutificação, e no SI não houve diferenças estatísticas entre as fases granação e maturação. Quando se observa o clone 12V, constata-se que independente do nível de sombreamento, não houve diferenças estatísticas entre as fases fenológicas início da frutificação e maturação.

Essas semelhanças e diferenças entre as fases fenológicas podem ser explicadas pela destinação de fotoassimilados em função da idade do fruto, em que, na fase início da frutificação, que em sua maioria é representada pela floração, não há grande necessidade de nutrientes para os frutos, permitindo assim uma alta TEP. Ao migrar para a fase de granação, que compreende o grão chumbinho até o grão cheio, grandes necessidades de reservas são requeridas pelo fruto, e assim reduz praticamente pela metade a TEP encontrada na fase inicial de frutificação, e, com o grão praticamente formado em tamanho, entra na fase de maturação, que semelhante à fase inicial, não exige tantas reservas e assim inicia-se uma TEP mais expressiva.

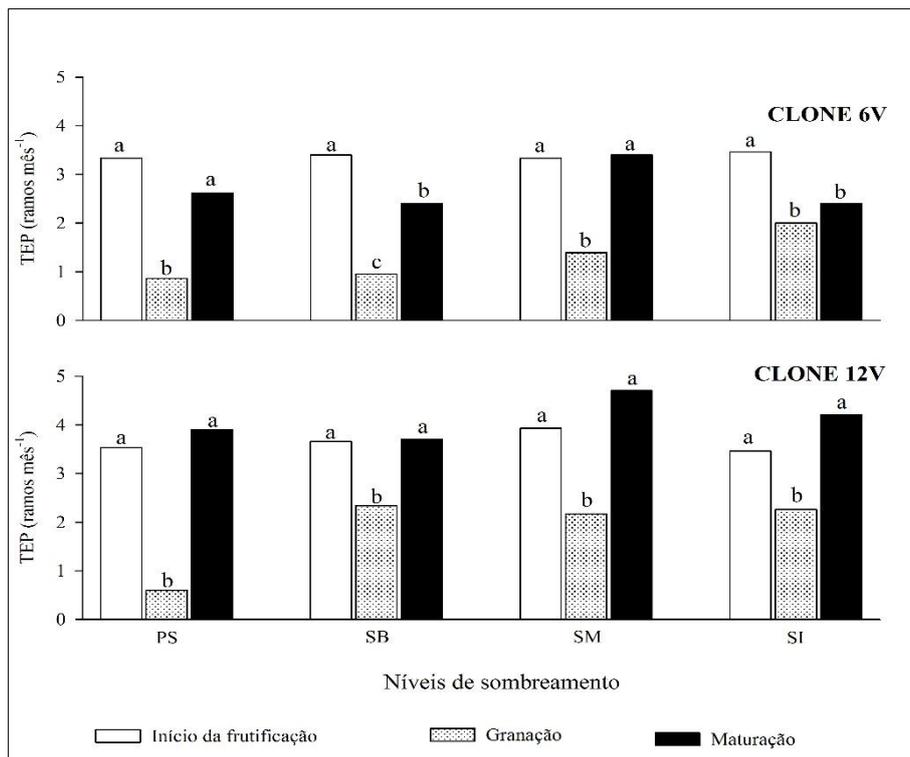


Figura 12 - Taxa de emissão média de ramos plagiotrópicos (TEP) em função das fases fenológicas para cada nível de sombreamento para os clones 6V e 12V da variedade Vitória Incaper 8142.

Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro dos níveis de sombreamento para cada clone, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Para o clone 3V, não houve efeito significativo da interação para a TEP, sendo significativo os efeitos principais, os níveis de sombreamento e as fases fenológicas (APÊNDICE A), estando

os dados representados na Figura 13. Na Figura 13A está representado o efeito dos sombreamentos e, pode-se observar que o SI propiciou uma maior emissão de ramos plagiotrópicos diferindo estatisticamente dos demais sombreamentos, que não apresentaram diferenças estatísticas entre si. Tal resultado permite inferir que o clone 3V sob sombreamento intenso usa como mecanismo de adaptação para baixa quantidade de luz uma maior emissão de ramos plagiotrópicos, visto que, são nestes ramos que as folhas se fixam.

Na Figura 13B está representado o efeito das fases fenológicas, em que a fase fenológica de granação apresentou baixos valores de TEP diferindo estatisticamente das demais fases, que foram estatisticamente iguais entre si. Na fase de granação a planta tem seu crescimento vegetativo muito reduzido pela força de dreno nos frutos que requerem grandes quantidades de fotoassimilados, além de coincidir com época de altas temperaturas que podem restringir o crescimento vegetativo.

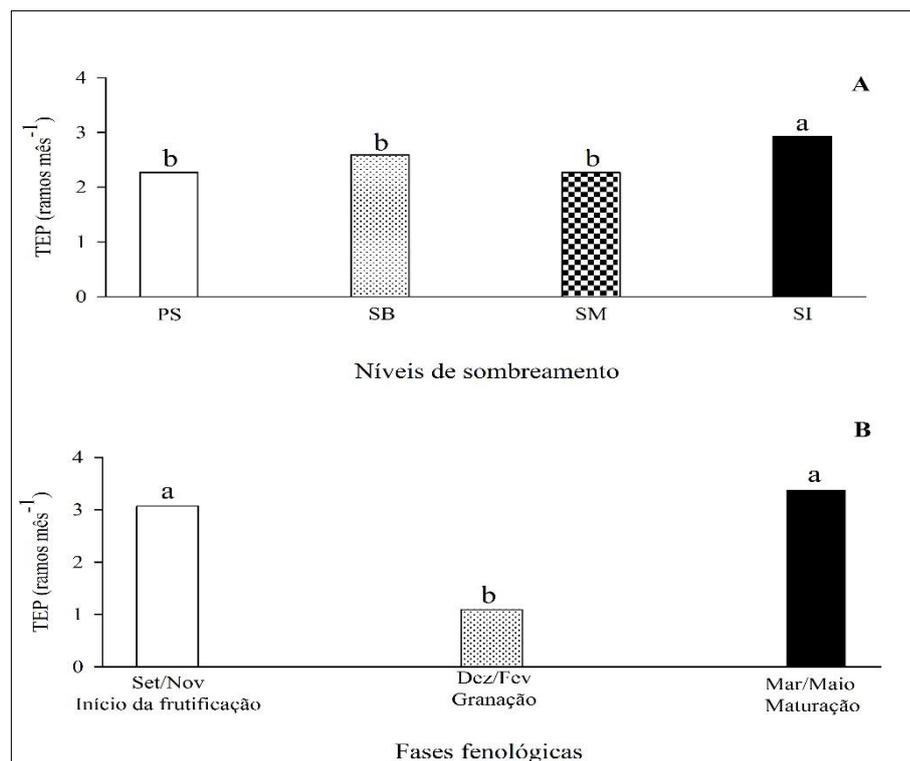


Figura 13 - Taxa de emissão média de ramos plagiotrópicos (TEP) em função dos níveis de sombreamento (A) e em função das fases fenológicas (B) para o clone 3V da variedade Vitória Incaper 8142. Médias seguidas da mesma letra minúsculas dentro dos níveis de sombreamento (A) e dentro das fases fenológicas (B), não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A expansão da área foliar dos ramos plagiotrópicos (EAF) em função dos níveis de sombreamento para cada fase fenológica e cada clone estudado está representada na Figura 14, sendo esta, uma das principais variáveis resposta a quantidade de luz.

Na fase início da frutificação para o clone 3V não são observadas diferenças estatísticas entre os níveis de sombreamento. No clone 6V o PS diferiu estatisticamente do SI, entretanto, ambos os sombreamentos não diferiram do SB e SM, e no clone 12V o PS diferiu estatisticamente dos demais níveis de sombreamento, que não diferiram estatisticamente entre si.

Analisando a fase de granação, constata-se que não houve diferenças estatísticas entre os sombreamentos para cada clone estudado. Isso permite inferir que a força de dreno do fruto é tão forte sobre a parte vegetativa que nem mesmo o estímulo da baixa quantidade de luz nos sombreamentos (SB, SM e SI) consegue provocar diferenças na EAF.

Na fase de maturação que culmina com temperaturas não tão elevadas e menor força de dreno do fruto, a expansão da área foliar começa a sofrer aumentos. Para o clone 3V o SI diferiu estatisticamente do PS e SB, porém não diferiu estatisticamente do SM. Dessa forma, pode-se inferir que por ser um clone de maturação intermediária (Tabela 2) o SI estende a sua fase de maturação, aumentando assim o período de força de dreno do fruto, culminando com diminuição da EAF. No clone 6V foi observado praticamente o contrário do clone 3V, em que o PS diferiu estatisticamente do SM e do SI, entretanto foi igual estatisticamente ao SB. E o clone 12V teve o SB diferindo estatisticamente do SI, entretanto, ambos os sombreamentos foram iguais estatisticamente ao PS e SM.

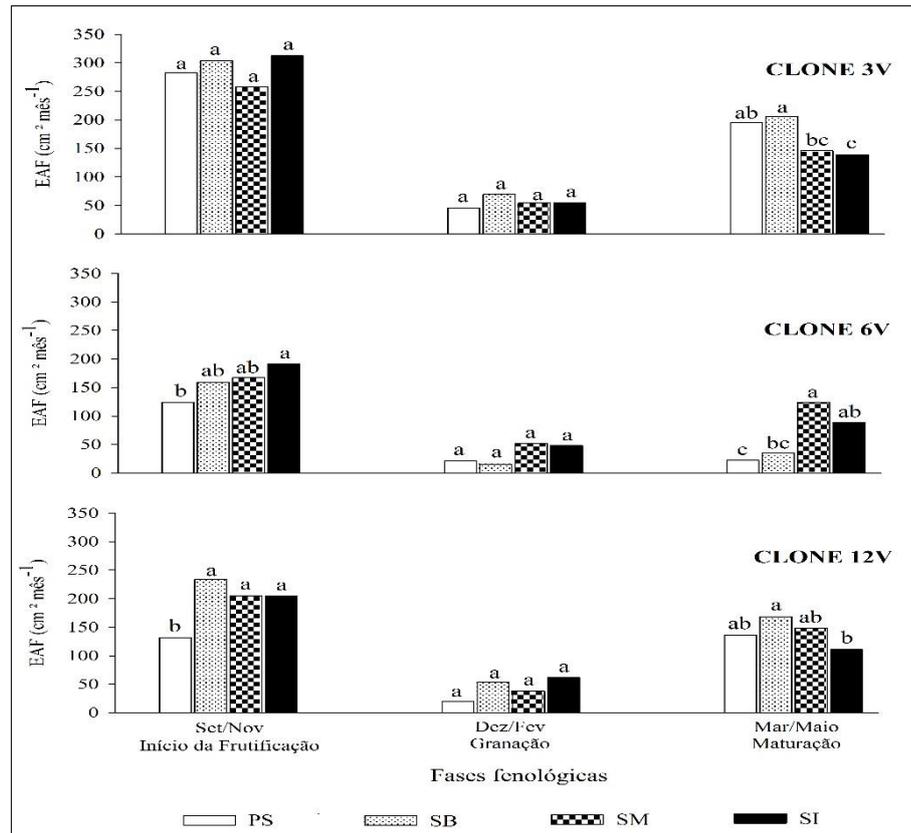


Figura 14 - Expansão da área foliar de ramos plagiotrópicos (EAF) em função dos níveis de sombreamento para cada fase fenológica de cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo.

Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro das fases fenológicas para cada clone, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

EAF em função das fases fenológicas para cada nível de sombreamento para cada clone estudado encontra-se na Figura 15. Assim como já verificado para a TEN, a EAF no clone 3V apresentou diferenças significativas entre os níveis de fase fenológica independente do nível de sombreamento. O mesmo aconteceu para o clone 12V, com exceção no PS, em que as fases fenológicas início da frutificação e granação foram estatisticamente iguais. No clone 6V, verifica-se algo mais diferenciado dos demais clones, em que, diferenças estatísticas agora não são observadas para as fases de granação e maturação, com exceção do SM, em que, as fases fenológicas início da frutificação e granação foram estatisticamente iguais.

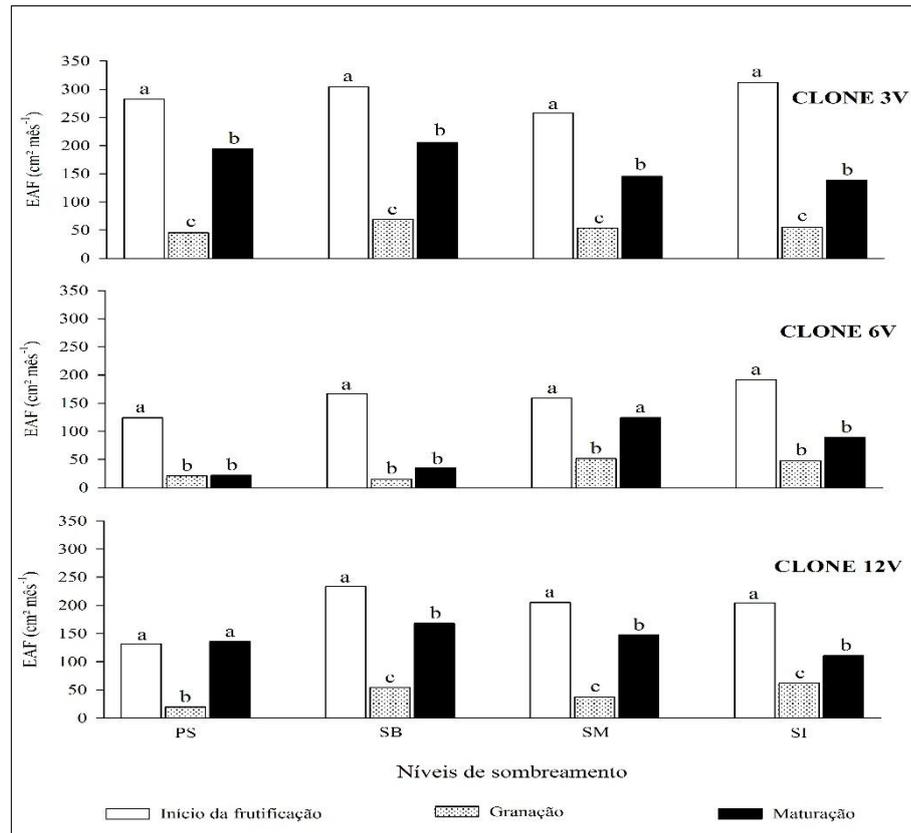


Figura 15 - Expansão da área foliar de ramos plagiotrópicos (EAF) em função das fases fenológicas para cada nível de sombreamento de cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo.

Médias seguidas da mesma letra minúsculas dentro dos níveis de sombreamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Em resumo, sobre as taxas de crescimento/expansão/emissão, pode-se destacar que independente do clone e do nível de sombreamento, tem-se no geral um comportamento bem definido, em que: aumenta-se as taxas na fase de início da frutificação, com um decréscimo acentuado na fase de granação e torna a aumentar as taxas na fase de maturação. Vale destacar também que os baixos valores de crescimento na fase fenológica de granação (dezembro a fevereiro) podem estar relacionados com as inadequadas distribuições das chuvas (dezembro: 481 mm; Janeiro: 48,4 mm e Fevereiro: 69,4 mm) e às altas temperaturas (Figura 1).

4.2 MORFOLOGIA

O comprimento médio dos internódios dos ramos ortotrópicos (CIO) e o comprimento médio dos internódios dos ramos plagiotrópicos (CIP) do cafeeiro foram afetados significativamente pelos níveis de sombreamento para cada clone estudado (APÊNDICE D), estando os dados representados na Tabela 4. Analisando primeiramente o CIO, observa-se que, para o clone 3V o PS foi o que promoveu menor comprimento diferindo estatisticamente dos demais. No clone 6V, o PS e o SB foram estatisticamente iguais e, o no clone 12V, o PS diferiu estatisticamente dos demais, que não apresentaram diferenças estatísticas entre si.

Estudando agora o CIP constata-se que, para o clone 3V e 12V, não houve diferenças estatísticas entre PS, SB e SM, entretanto, SB e SM não diferiram estatisticamente de SI. O clone 6V apresentou o menor CIP no PS que diferiu estatisticamente dos demais sombreamentos.

Corroborando com os resultados, Souza et al. (2009a) e Souza et al. (2009b), avaliando o crescimento vegetativo do cafeeiro Conilon sombreado e a pleno sol, verificaram menor número de nós nos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, bem como maior tamanho dos internódios no ramo ortotrópico nos cultivos sombreados. De forma semelhante, Lunz et al. (2007a) estudando as modificações morfofisiológicas do cafeeiro arábica sob diferentes níveis de disponibilidade de radiação solar, observaram que as plantas sob menor disponibilidade de radiação solar apresentaram, dentre outras modificações morfofisiológicas, aumento do tamanho dos internódios, fato também observado por Ricci et al. (2011).

O aumento do CIO não é vantajoso, pois, poderá acarretar a formação de ramos estiolados, que são flexíveis e, conseqüentemente, não suportam uma carga adequada de frutos. O aumento do CIP só é interessante se também houver um aumento do número de rosetas, pois, se ocorrer o aumento isolado o ramo ficará com poucas rosetas e conseqüentemente pouco produtivo.

Tabela 4 - Comprimento médio de internódios dos ramos ortotrópicos (CIO) e comprimento médio de internódio dos ramos plagiotrópicos (CIP) em função dos níveis de sombreamento para cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo

Clones	Níveis de Sombreamento	CIO (cm)	CIP (cm)
3V	PS	4,7 a	4,5 a
	SB	5,9 b	5,4 ab
	SM	7,2 c	5,0 ab
	SI	7,5 c	5,9 b
6V	PS	4,0 a	2,9 a
	SB	4,6 a	4,2 b
	SM	5,5 b	4,1 b
	SI	6,4 c	4,9 c
12V	PS	3,2 a	2,7 a
	SB	4,7 b	3,2 ab
	SM	5,2 bc	3,2 ab
	SI	5,6 c	4,0 b

Médias seguidas da mesma letra, na coluna para um mesmo clone, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Não houve efeito significativo do sombreamento sobre a AFT para os clones 3V e 12V, sendo que o mesmo não ocorreu com o clone 6V, que se mostrou sensível às diferentes quantidades de luz (APÊNDICE D), evidenciando que dos três clones estudados, este demonstrou ser responsivo ao sombreamento, visto que a área foliar é uma das principais características alteradas quando se restringe a luz na qual a planta está adaptada. Analisando então a AFT para o clone 3V (Tabela 5), observa-se que o PS diferiu estatisticamente do SM e SI, que não diferiram estatisticamente do SB. A AFU, estudada com objetivo de complementar os dados da AFT, foi afetada significativamente pelo sombreamento para cada clone estudado (APÊNDICE D).

AFU no clone 3V não apresentou diferenças significativas entre o PS, SB e SM, que diferiram estatisticamente do SI dono da maior AFU. Para o clone 6V, observa-se que, o PS diferiu estatisticamente dos demais sombreamentos e apresentou o menor valor de AFU. No clone 12V a menor AFU foi obtida a PS, que diferiu estatisticamente dos demais sombreamentos que não diferiram estatisticamente entre si.

Tal comportamento também foi observado por Ricci et al. (2013), que ao estudar as condições microclimáticas, fenologia e morfologia externa do cafeeiro Conilon em sistemas arborizados e a pleno sol, tiveram como resposta uma maior área foliar no cafeeiro sombreado em relação

ao cultivo a pleno sol. Tatagiba et al. (2010) estudando crescimento vegetativo de mudas de café arábica (*Coffea arabica* L.) submetidas a diferentes níveis de sombreamento, observaram que há tendência de aumento da área foliar com o aumento de sombreamento. Partelli et al. (2006) destacam que maior área foliar implica em maior superfície de interceptação de luz, o que poderá resultar em taxas fotossintéticas mais elevadas. Esse fato evidencia que a mensuração da área foliar é importante e pode auxiliar a avaliação do estado fisiológico de uma planta.

Ao analisar o crescimento através da AFE, que reflete a relação entre a captura de luz por área foliar investida em unidade de biomassa (Tabela 5), observa-se que assim como ocorreu para o CIO, CIP, e AFU, os níveis de sombreamento foram significativos para cada um dos clones estudados (APÊNDICE D).

Para o clone 3V observa-se que, o PS não diferiu estatisticamente do SB e SM, que por sua vez, não diferiram estatisticamente do SI. No clone 6V o PS e SB foram estatisticamente iguais, diferindo estatisticamente do SI. E no clone 12V, não houve diferenças estatísticas entre PS e SB, que por sua vez, não diferiu do SM e SI.

É importante entender que, na medida em que se aumenta o valor da AFE, mais delgada é a folha, dessa forma, observou-se que no presente estudo folhas mais finas são encontradas com maior frequência quando se tem menor quantidade de luz.

Corroborando com esses resultados, Matos et al. (2009) estudando a plasticidade morfo-anatômica de folhas de *Coffea arabica* L. em resposta à irradiância, verificaram que sob baixa irradiância as folhas do cafeeiro exibiram parênquimas paliádico e lacunoso menos desenvolvidos que nas folhas de sol, e maior abundância de espaços intercelulares, resultando em folhas mais finas e menos densas e, portanto, com maior AFE. De forma análoga, Gomes et al. (2008) estudando as alterações morfofisiológicas em folhas de *Coffea arabica* L. sob influência do sombreamento por *Acacia mangium* Willd observaram que o sombreamento influenciou em menor espessura das folhas e em espaços intercelulares maiores no tecido esponjoso.

O aumento da AFE em condições de baixa luminosidade está diretamente relacionado com as alterações anatômicas que podem ocorrer nas plantas sombreadas como, cutículas e epiderme

mais delgadas, menor espessura de mesófilo e menor proporção de parênquima paliçádico, de tecidos condutores e de sustentação, maior proporção de espaços intercelulares e menor densidade estomática (BERLYN; CHO, 2000).

A fração de área foliar (FAF) é um componente morfofisiológico, pois é a razão entre a área foliar (área responsável pela absorção de luz e CO₂) e a massa seca total (resultado da fotossíntese líquida). Houve efeito significativo dos níveis de sombreamento sobre a FAF para os três clones estudados (APÊNDICE E), e os resultados estão descritos na Tabela 5.

Para o clone 3V, observa-se que a maior AFE é encontrada no SI, que diferiu estatisticamente dos demais sombreamentos. Para o clone 6V pode-se observar que todos os sombreamentos diferiram estatisticamente entre si, na seguinte ordem decrescente de valores SI, SM, SB e PS. No clone 12V pode-se constatar que não houve diferenças significativas entre o PS e SB, que por sua vez, não diferiu do SM.

Lunz et al. (2009) avaliando a biometria do cafeeiro arábica em função da disponibilidade de luz em sistema agroflorestal de aleia com seringueira verificaram que as plantas sob menor disponibilidade de radiação solar apresentaram modificação morfofisiológica, como aumento da FAF.

O crescimento das plantas depende da conversão da energia luminosa em energia química, cuja intensidade é proporcional à interceptação capturada da luz pelo dossel da cultura (Silva et al., 2005), dessa forma, torna-se importante determinar variáveis como a fração de área foliar, para melhor compreensão do desenvolvimento desta cultura.

Tabela 5 - Área foliar total (AFT), área foliar unitária (AFU), área foliar específica (AFE) e fração de área foliar (FAF) em função dos níveis de sombreamento para cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo

Clones	Níveis de Sombreamento	AFT (cm ²)	AFU (cm ²)	AFE (cm ² mg ⁻¹)	FAF (cm ² mg ⁻¹)
3V	PS	6656,2 ^{ns}	81,7 b	0,115 b	0,063 c
	SB	5423,0 ^{ns}	92,1 b	0,123 ab	0,074 bc
	SM	4679,0 ^{ns}	90,4 b	0,131 ab	0,084 b
	SI	4509,2 ^{ns}	116,1 a	0,144 a	0,101 a
6V	PS	767,6 b	41,4 c	0,092 c	0,051 d
	SB	1748,6 ab	64,9 b	0,111 bc	0,079 c
	SM	2857,0 a	73,1 ab	0,128 ab	0,088 b
	SI	2676,0 a	77,9 a	0,147 a	0,098 a
12V	PS	2246,8 ^{ns}	45,5 b	0,109 b	0,072 c
	SB	3001,4 ^{ns}	62,7 a	0,123 ab	0,080 bc
	SM	3189,4 ^{ns}	65,4 a	0,139 a	0,091 ab
	SI	3154,0 ^{ns}	68,9 a	0,139 a	0,093 a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna para um mesmo clone, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo em nível de 5% de probabilidade.

Analisando o crescimento do cafeeiro Conilon através dos dados de frações de massas (Tabela 6), verifica-se que: não houve efeito significativo do sombreamento sobre a FMF e FMR para os clones 3V e 12V, havendo efeito significativo somente para o clone 6V; já para a FMP houve efeito significativo somente para os clones 3V e 6V, e para a FMFR houve efeito significativo dos níveis de sombreamento para os três clones estudados (APÊNDICE E). Esse fato do clone 6V apresentar efeito significativo para os níveis de sombreamento em todas as variáveis estudadas até o momento e os demais clones não, permite inferir que este material apresente maior plasticidade fenotípica em ambientes sombreados.

As frações significam quanto da biomassa total dos ramos plagiotrópicos foi distribuída nas folhas, nos ramos e no pecíolo. Analisando a FMF para o clone 6V, nota-se que o PS não diferiu estatisticamente do SM e SI, que por sua vez não diferiram estatisticamente do SB, o mesmo ocorrendo para FMR. Mesmo não sendo significativo, é interessante explicar os dados de FMF e FMR para o clone 3V. Observa-se que, diferentemente dos clones 6V e 12V o clone 3V apresenta uma maior FMR em relação a FMF, isso porque, é um clone de porte alto e ramos plagiotrópicos e ortotrópicos de grande diâmetro, culminando com maiores valores de FMR. Plantas de sombra por investirem mais em biomassa foliar para aumentar a captação de luz, provavelmente apresentarão maior FMF do que plantas cultivadas em ambientes sem restrição de luz.

Analisando a FMP para o clone 3V e 12V, percebe-se que menores valores são obtidos quando o cafeeiro está no PS, diferindo estatisticamente dos demais níveis de sombreamento. A FMP é uma variável de grande importância para entender o comportamento da área foliar em ambientes sombreados, pois, plantas cultivadas nessas condições precisam buscar constantemente a luz e pecíolos maiores ajudariam nessa flexibilidade da folha nessa busca, além do que, folhas maiores como as de ambientes sombreados precisam de um pecíolo maior para sustentá-las com o limbo na horizontal, que é a forma que a folha do cafeeiro se dispõe para captar luz.

Analisando agora a FMFR também na Tabela 6, verifica-se que para os três clones estudados, não houve diferenças estatísticas entre o PS, SB e SM, entretanto, para o clone 6V o SB e SM, não diferiu estatisticamente do SI. Essa igualdade estatística entre os níveis de sombreamentos mencionados valoriza a pesquisa, pois, sabe-se que a principal barreira na implementação de sistemas sombreados é a imagem que o produtor tem de que o sombreamento reduz a produtividade, porém, vale destacar que, esse dado é somente do ramo plagiotrópico e não de toda planta.

Tabela 6 – Fração de massa seca foliar (FMF), fração de massa seca de ramos (FMR), fração de massa seca de pecíolos (FMP) e fração de massa seca de frutos (FMFR) em função dos níveis de sombreamento para cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo

Clones	Níveis de Sombreamento	FMF (g g ⁻¹)	FMR (g g ⁻¹)	FMP (g g ⁻¹)	FMFR (g g ⁻¹)
3V	PS	0,321 ^{ns}	0,653 ^{ns}	0,025 ^c	0,337 ^a
	SB	0,306 ^{ns}	0,661 ^{ns}	0,031 ^{ab}	0,308 ^a
	SM	0,295 ^{ns}	0,668 ^{ns}	0,035 ^a	0,346 ^a
	SI	0,244 ^{ns}	0,725 ^{ns}	0,030 ^b	0,093 ^b
6V	PS	0,686 ^b	0,290 ^a	0,022 ^c	0,730 ^a
	SB	0,758 ^a	0,211 ^b	0,030 ^b	0,665 ^{ab}
	SM	0,727 ^{ab}	0,235 ^{ab}	0,037 ^a	0,575 ^{ab}
	SI	0,731 ^{ab}	0,228 ^{ab}	0,039 ^a	0,533 ^b
12V	PS	0,776 ^{ns}	0,195 ^{ns}	0,027 ^{ns}	0,602 ^a
	SB	0,757 ^{ns}	0,216 ^{ns}	0,026 ^{ns}	0,479 ^a
	SM	0,753 ^{ns}	0,219 ^{ns}	0,027 ^{ns}	0,522 ^a
	SI	0,737 ^{ns}	0,232 ^{ns}	0,030 ^{ns}	0,232 ^b

Médias seguidas da mesma letra, na coluna para um mesmo clone, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo em nível de 5% de probabilidade.

4.3 CLOROFILAS

Não houve efeito significativo dos níveis de sombreamento sobre a clorofila *a* (Chl_a) para nenhum dos clones estudados, para a clorofila *b* (Chl_b) e para a relação clorofila *a/b* (RChl_{a/b}) os níveis de sombreamento foram significativos somente para o clone 12V (APÊNDICE F), estando tais dados representados na Tabela 7. Analisando o teor de Chl_b para o clone 12V, observa-se que o PS não diferiu estatisticamente dos SB, que por sua vez, não diferiu do SM e SI. De acordo com Martinazzo (2007), o maior acúmulo de clorofila em níveis mais sombreados pode ser devido ao efeito compensatório da espécie a menor quantidade de radiação disponível.

Reposta semelhante a Chl_b se obteve para a RChl_{a/b}, onde o PS não diferiu estatisticamente dos SB, que por sua vez, não diferiu do SM e SI. De acordo com Givinish (1988), a proporção entre clorofilas *a* e *b*, de maneira geral, tende a diminuir com a redução da luz, devido à maior proporção relativa de clorofila *b* em ambiente sombreado. As plantas que crescem em ambientes com sombreamento intenso apresentam alterações que levam a maximizar a captura de luz, como aumento na proporção de clorofila *b* em relação à clorofila *a*, que é uma resposta adaptativa que possibilita a captação de energia de outros comprimentos de onda e transferência para uma molécula específica de clorofila *a*, que efetivamente participa das reações fotoquímicas da fotossíntese (WHATLEY; WHATLEY, 1982; TAIZ; ZEIGER, 2006).

Tabela 7 - Teor médio de clorofila *a* (Chl_a), teor médio de clorofila *b* (Chl_b) e relação clorofila *a/b* (RChl_{a/b}) em função dos níveis de sombreamento para cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo

Clones	Níveis de Sombreamento	Chl _a ICF	Chl _b ICF	RChl _{a/b}
3V	PS	41,1 ^{ns}	21,6 ^{ns}	2,00 ^{ns}
	SB	41,3 ^{ns}	23,4 ^{ns}	1,81 ^{ns}
	SM	42,6 ^{ns}	22,4 ^{ns}	1,95 ^{ns}
	SI	45,3 ^{ns}	28,1 ^{ns}	1,65 ^{ns}
6V	PS	38,5 ^{ns}	15,5 ^{ns}	2,76 ^{ns}
	SB	40,1 ^{ns}	18,0 ^{ns}	2,41 ^{ns}
	SM	41,6 ^{ns}	20,0 ^{ns}	2,16 ^{ns}
	SI	42,3 ^{ns}	22,7 ^{ns}	1,91 ^{ns}
12V	PS	37,7 ^{ns}	14,8 b	2,7 a
	SB	40,8 ^{ns}	18,3 ab	2,3 ab
	SM	42,5 ^{ns}	21,7 a	2,0 b
	SI	40,5 ^{ns}	20,9 a	2,0 b

Médias seguidas da mesma letra, na coluna para um mesmo clone, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo em nível de 5% de probabilidade. ICF= Índice de clorofila Falker.

4.4 PRODUÇÃO DO CAFEEIRO

O cafeeiro, tanto a espécie *Coffea arabica* quanto *Coffea canephora*, apresenta um fenômeno muito interessante, indesejado por seus cultivadores, mas talvez necessário fisiologicamente, chamado bienalidade de produção. Esta refere-se à alternância dos ciclos produtivos do cafeeiro com altas e baixas cargas. É válido abordar tal assunto, pois, a lavoura avaliada teve sua primeira carga efetiva de frutos em 2014, dessa forma, os dados aqui apresentados são conclusivos somente para esse ciclo produtivo.

Houve efeito significativo dos níveis de sombreamento sobre o número médio de frutos por roseta (NFR), produção total da planta (PTP), porcentagem de frutos boa (PFB) e eficiência na conversão da radiação em frutos (ECR) para cada um dos três clones estudados (APÊNDICE G). Para o número médio roseta (NR), houve efeito significativo dos níveis de sombreamento, somente para os clones 3V e 12V (APÊNDICE G). Tais dados de produção supracitados encontram-se na Tabela 8.

O NR para o clone 3V não diferiu estatisticamente entre o PS, SB e SM, que apresentaram os maiores valores. No clone 12V o menor valor de NR foi encontrado no SI diferindo estatisticamente dos demais níveis de sombreamento. A variável NR analisada isoladamente não é um bom indicador da produtividade, pois, a presença de pelo menos um grão nas axilas foliares do ramo plagiotrópico é considerada uma roseta, dessa forma, estudou-se também o número médio de frutos por roseta (NFR), para se ter uma melhor noção sobre a produção.

Para os três clones estudados, o NFR foi maior no PS, diferindo estatisticamente dos demais níveis de sombreamento, que por sua vez, não diferiram entre si. Dessa forma, nota-se a importância de se estudar o NFR, pois, nem sempre o que tem o maior número de rosetas poderá ter um maior número de frutos por ramos, que dispensando as demais variáveis teria a maior produtividade, como é o caso do SB e SM para o clone 12V.

Analisando agora a PTP, constata-se que, para o clone 3V e 12V, o cultivo a pleno sol (PS) promoveu maior produção diferindo estatisticamente dos demais níveis de sombreamento. Corroborando com os resultados, Carelli et al. (2001) estudando o efeito do sombreamento no crescimento e na produtividade do cafeeiro arábica, observaram que a produção por dois anos seguidos aumentou significativamente com aumento da quantidade de luz. Camargo et al.

(2007) e Jaramillo-Botero et al. (2010) verificaram aumentos de produtividades do cafeeiro arábica à medida que se aumentava a disponibilidade de luz. Essa maior produtividade a pleno sol encontrada para os clones 3V e 12V, segundo DaMatta e Rena (2002), pode ser explicada pelo fato do cafeeiro nessa condição apresentar maior profusão da iniciação floral e a incapacidade de remoção natural dos frutos que, associadas à força do dreno do endosperma das sementes, promovem a exaustão de suas reservas, reduzindo, assim, o crescimento dos ramos, o que prejudica a produção do ano seguinte.

Por sua vez, analisando o comportamento do clone 6V, verifica-se que as plantas cultivadas a pleno sol (PS), ou sob sombreamento baixo e intenso (SB e SI) apresentaram produção semelhante. De forma semelhante, Ricci et al. (2011) trabalhando com cafeeiro arábica sombreado e a pleno sol, não encontraram diferenças na produtividade. Machado Filho et al. (2009), avaliando 31 clones de *Coffea canephora* a pleno sol e consorciados com seringueira, observaram que alguns clones produziam melhor no sistema de consórcio. Baliza et al. (2011), estudando o sombreamento do cafeeiro arábica com sombrite, verificaram que o nível de 35% foi o mais vantajoso.

Pode-se definir frutos boia como aqueles que possuem uma menor densidade, seja ela por má-formação, por estarem verdes, brocados ou por terem madurado antecipadamente e acabaram “secando” no pé, principalmente, e quando colocados na água acabam boiando. Por todas essas características negativas, o fruto boia apresenta uma baixa qualidade, e conseqüentemente menor valor econômico.

Analisando primeiramente o clone 3V, observa-se que a maior quantidade de frutos boia é encontrada a PS diferindo estatisticamente dos demais níveis de sombreamento. Resultado semelhante foi encontrado para o clone 12V, entretanto, não houve diferença estatística entre os demais níveis. Tal resultado pode estar relacionado à maturação forçada de frutos que ao se desenvolverem a pleno sol, pulam etapas de desenvolvimento, e acabam ficando malformados, refletindo principalmente em sua densidade. Para o clone 6V, a maior PFB, foi encontrada no SI diferindo estatisticamente dos demais que não diferiram entre si, tal resultado permite inferir que não teve quantidade de radiação suficiente para que o grão pudesse completar seu ciclo de maturação, ficando um grão mal formado e com baixa densidade.

A eficiência na conversão da radiação em frutos é uma variável muito importante em estudos com níveis de radiação, pois, mesmo produzindo uma maior quantidade de frutos no cultivo a pleno sol, na maioria das vezes, a eficiência de aproveitamento da luz pode não ser a melhor, como se verifica na Tabela 8.

Analisando o clone 3V, observa-se que a melhor conversão é obtida a PS, diferenciando estatisticamente dos demais níveis de sombreamento. Então, a disponibilidade de somente esse dado para identificar qual melhor forma de cultivo para esse clone, induz a indicar o cultivo pleno sol, não recomendando as demais formas de cultivo. Porém, quando se analisa o comportamento dos clones 6V e 12V, verifica-se que no clone 6V, a melhor eficiência é encontrada no SI e SB, entretanto, o SB, não diferiu do PS. Para o clone 12V, não houve diferença entre o PS, SB e SM. Tal comportamento do clone 6V e 12V, mostra que há uma quantidade de luz, menor do que encontrada a pleno sol que maximiza sua eficiência de produção de frutos, que é muito interessante, pois, na maioria das vezes esse excesso de luz pode ser prejudicial à cultura.

Tabela 8 - Número médio de rosetas (NR), número médio de frutos por roseta (NFR), produção total da planta (PTP), porcentagem de frutos boia (PFB) e eficiência na conversão da radiação em frutos (ECR) em função dos níveis de sombreamento para cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo

Clone	Níveis de Sombreamento	NR (unid.)	NFR (unid.)	PTP (kg)	PFB (%)	ECR (mg.MJ ⁻¹)
3V	PS	7,0 a	11,0 a	2,155 a	73,5 c	144,4 a
	SB	6,1 a	6,1 b	0,764 b	40,04 ab	74,7 b
	SM	6,0 a	4,5 b	0,571 b	30,60 a	72,4 b
	SI	2,6 b	4,7 b	0,491 b	51,52 b	60,3 b
6V	PS	9,3 ^{ns}	11,4 a	2,342 a	3,36 a	165,9 bc
	SB	9,8 ^{ns}	7,2 b	2,098 a	1,88 a	233,4 ab
	SM	8,7 ^{ns}	4,7 b	1,026 b	3,36 a	143,1 c
	SI	8,1 ^{ns}	5,6 b	1,565 ab	48,04 b	308,6 a
12V	PS	6,1 b	9,4 a	1,548 a	22,54 b	100,7 a
	SB	8,7 a	4,9 b	1,039 b	0,70 a	87,6 ab
	SM	9,9 a	5,0 b	1,029 b	1,34 a	116,0 a
	SI	2,2 c	3,1 b	0,300 c	2,22 a	59,1 b

Médias seguidas da mesma letra, na coluna para um mesmo clone, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo em nível de 5% de probabilidade.

O sucesso para uma boa colheita, não só a do ano vigente, mas também a do ano subsequente, depende, dentre outras, da relação folha/fruto na planta, pois sabe-se que a carga de frutos é dependente da quantidade de folhas, pois são elas que através da fotossíntese produzem o

substrato necessário ao fruto, assim como para seu próprio desenvolvimento. Dessa forma, pode-se inferir que um valor de relação ideal deve existir, pois, uma relação muito alta implicaria em muitas folhas e poucos frutos e o contrário, muitos frutos e poucas folhas, que, para a colheita atual seria interessante, mas para a futura não, pois a planta estaria debilitada em sua área foliar.

Houve efeito significativo dos níveis de sombreamento sobre a relação folha/fruto “a” (RFFa), relação folha/fruto “b” (RFFb), relação folha/fruto “c” (RFFc) e relação folha/fruto “d” (RFFd) para cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo (APÊNDICE H), e os dados encontram-se na Tabela 9.

Todas as relações têm o mesmo objetivo, demonstrar quanto se necessita de área foliar ou massa foliar para produzir um grama ou uma unidade de fruto. Dessa forma, a discussão recai sobre a RFFc, visto que os dados são muito parecidos. Para o clone 3V e 12V, percebe-se que não houve diferença significativa entre o PS, SB e SM, que apresentaram os menores valores. Corroborando com os resultados, Vaast et al. (2006) avaliando a produtividade do cafeeiro arábica a pleno sol e sombreado, verificaram uma maior relação folha/fruto no cultivo sombreado.

Analisando o clone 6V, verifica-se que não houve diferenças entre o PS e SB, entretanto, o SB não diferiu do SM e SI. Esses dados são importantes de se estudar e entender, pois, a produção do ano vigente e do ano seguinte podem ser explicadas em partes por estes dados. Por exemplo, a planta que apresenta uma baixa relação folha/fruto, pode apresentar uma boa produção no ano vigente, mas no ano seguinte pode estar debilitada em parte aérea, o que resultará em baixa produção, da mesma forma, que a planta com alta relação folha/fruto pode ter uma quantidade suficiente de área foliar que não irá comprometer a produção do ano seguinte.

Tabela 9 - Relação folha/fruto “a” (RFF_a), relação folha/fruto “b” (RFF_b), relação folha/fruto “c” (RFF_c) e relação folha/fruto “d” (RFF_d) em função dos níveis de sombreamento para cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo

Clone	Níveis de Sombreamento	RFF _a (cm ² g ⁻¹)	RFF _b (g g ⁻¹)	RFF _c (cm ² unid.)	RFF _d (g unid.)
3V	PS	97,8 b	0,983 b	86,3 b	0,877 b
	SB	145,2 b	1,771 b	154,3 b	1,904 ab
	SM	174,5 b	1,377 b	214,7 b	1,698 ab
	SI	610,6 a	4,308 a	358,0 a	2,528 a
6V	PS	8,7 b	0,146 b	7,8 b	0,097 b
	SB	30,7 ab	0,257 ab	31,6 ab	0,328 ab
	SM	42,6 a	0,342 ab	48,8 a	0,390 a
	SI	54,1 a	0,464 a	53,9 a	0,476 a
12V	PS	45,9 b	0,482 b	56,5 b	0,511 b
	SB	72,8 b	0,657 b	75,7 b	0,686 b
	SM	58,9 b	0,480 b	71,0 b	0,588 b
	SI	417,4 a	3,221 a	519,8 a	5,638 a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna para um mesmo clone, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

4.5 QUALIDADE DO CAFÉ

O café é um alimento, porém, nem todos os seus produtores o reconhecem dessa maneira, produzindo-o sem se preocupar com tal questão, pensando exclusivamente em produtividade. E para agravar ainda mais o problema, até pouco tempo, não havia um certo reconhecimento financeiro para o café com qualidade, beneficiando quem não preza por um produto melhor, entretanto, qualidade do café hoje é centro das discussões que envolvem a cafeicultura. Dessa forma, quem não praticar uma cafeicultura de qualidade irá perder espaço no mercado, e aqueles produtores que vivem exclusivamente de tal atividade poderão correr riscos. Diante do exposto, o cultivo do cafeeiro sombreado ganha espaço neste cenário, pois, é um sistema de cultivo que visa, entre outros fatores, um produto final de qualidade, ou pelo menos, com melhores condições de desenvolver características que expressem qualidade.

A qualidade dos grãos produzidos neste trabalho foi avaliada através da análise sensorial (ANS), da classificação por tipo (CT) e do Rendimento (REN) em quilogramas de café em coco necessários para se obter um quilograma de café beneficiado (Tabela 10), além da classificação por peneira (CP) (Figura 16).

Através dos dados da ANS (Tabela 10), observa-se valores bem próximos entre os níveis de sombreamentos para cada clone estudado, em uma escala que varia de 0 a 100, entretanto, o

SM para o clone 6V proporcionou uma nota de 80,25, o que o coloca na categoria de fino, de acordo com a classificação proposta pela empresa Conilon Brasil (Tabela 11). Lunz (2006) avaliando o comportamento do cafeeiro arábica sombreado e a pleno sol, verificou que a redução da irradiância disponível aos cafeeiros melhorou a qualidade da bebida.

No cafeeiro a pleno sol, o amadurecimento é forçado pelo excesso de radiação solar e pela temperatura, não propiciando ao fruto desenvolver as propriedades organolépticas que conferem qualidade à bebida. Não é raro observarem-se frutos que passam rapidamente do estágio de verde a maduro, sem o devido acúmulo de massa necessário para a sua formação adequada, ocasionando elevado número de grãos chochos, malformados e com peneiras baixas (CARAMORI, et al., 2004).

Segundo Bártholo e Guimarães (1997), a classificação do produto quanto ao tipo se refere ao seu aspecto e à quantidade de defeitos, sendo o aspecto influenciado pela coloração dos grãos e os defeitos oriundos de impurezas (extrínsecos) ou imperfeições dos grãos (intrínsecos). A classificação é baseada no número de defeitos presentes em uma amostra de 300 g, em uma escala de 2 a 8 em que, à medida que se aproxima de 8, aumenta-se o número de defeitos e, conseqüentemente, pior a qualidade do café.

Assim como aconteceu para a análise sensorial, através dos estudos das médias, é visto que CT do café foi pouco afetada pelos níveis de sombreamento, com tendência em ter melhores tipos nos maiores níveis de sombreamento, com exceção para o clone 06 que no SI obteve seu pior tipo (5). Souza et al. (2013) avaliando a qualidade do café arborizado e a pleno sol, em manejo pós-colheita no sudoeste da Bahia, verificaram que o cafeeiro cultivado em sistema arborizado apresenta menor número de defeitos.

O rendimento (REN) é um dado muito importante e sempre deve ser considerado por quem produz café, pois, de pouco adianta ter um grande volume de produção de café cereja ou coco por hectare, se o rendimento for baixo. Na Tabela 10 pode-se observar que à medida que se aumenta o nível de sombreamento o rendimento tende a aumentar, ou seja, necessita-se de uma menor quantidade de em coco para produzir um quilograma de café beneficiado. O rendimento baixo pode estar relacionado a uma casca (pericarpo) mais grossa e grãos malformados (baixa densidade), principalmente. Para exemplificar melhor, será analisado o clone 3V, observa-se que, para se produzir um quilograma de café beneficiado no PS necessita-se 4,05 kg de café em

coco, já, para produzir essa mesma quantidade no SI necessita-se de 2,94 kg. Extrapolando esses valores para uma saca de 60 kg, no PS necessitaria de 102,9 kg a mais de café em coco para produzir uma saca de 60 kg.

Tabela 10 - Análise sensorial (ANS), classificação por tipo (CT) e rendimento (REN) em função dos níveis de sombreamento para cada clone da variedade Vitória Incaper 8142 em estudo

Clones	Níveis de Sombreamento	ANS	CT	REN
3V	PS	77,25	03/04	4,05
	SB	77,75	02/03	3,37
	SM	78,50	03	2,33
	SI	77,25	02/03	2,94
6V	PS	77,00	04	2,19
	SB	77,25	04	1,89
	SM	80,25	04	1,88
	SI	77,25	05	1,75
12V	PS	78,50	06	1,96
	SB	77,50	06	1,81
	SM	77,50	04	1,67
	SI	77,25	05	1,72

*Valores médios representados sem análise estatística.

Tabela 11 - Chave de resultados para descrever a qualidade do café Conilon

Pontuação total	Descrição de Qualidade	Classificação
90 -100	Excepcional	Muito fino
80 - 90	Fino	Fino
70 - 80	Muito Bom	Prêmio
60 -70	Bom	Boa qualidade usual
50 - 60	Médio	Boa qualidade usual
40 - 50	Razoável	Comercial
< 40		Comercializável
< 30		Abaixo da mínima
< 20		Não classificável
< 10		Escolha

Fonte: Empresa Conilon Brasil

O sombreamento teve influência positiva no tamanho dos grãos de café dos clones 6V e 12V, propiciando a formação de grãos maiores, enquanto o clone 3V mostrou-se pouco sensível (Figura 16). Tal aumento do tamanho dos grãos também foi observado por Lunz et al. (2007b), Ricci et al. (2006) e Moreira (2009) em estudos com *Coffea arabica* L. De acordo com

Mendonça et al. (2005), a classificação por peneiras do café é um dos critérios para a comercialização deste produto. A importância se dá principalmente, pelo rendimento e pela possibilidade de uniformizar os grãos para o processo de torração. Tal uniformidade evita que os grãos graúdos fiquem apenas tostados, enquanto os miúdos podem ser carbonizados, prejudicando a qualidade de bebida (MENDONÇA et al. 2005; SILVA et al., 2007).

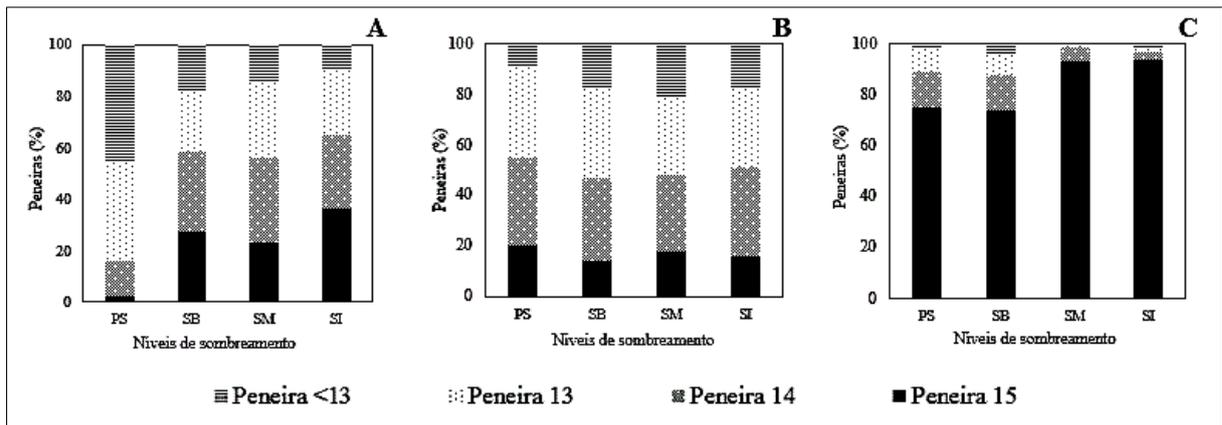


Figura 16 - Classificação por peneira (CP) em função dos níveis de sombreamento para o clone 3V (A), 6V (B) e 12V (C) da variedade Vitória Incaper 8142.

*Valores médios representados sem análise estatística.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi realizado, concluiu-se que:

- Nos clones 6V e 12V a menor área foliar unitária é obtida no cultivo a pleno sol, enquanto no clone 3V o pleno sol foi igual aos sombreamentos baixo e moderado;
- Os sombreamentos baixo, moderado e intenso afetaram negativamente a produção dos clones 3V e 12V;
- Os sombreamentos baixo e intenso, para o clone 6V, mostraram-se tão eficientes para a produção de frutos quanto o pleno sol;
- Frutos de café produzidos a pleno sol apresentam um menor rendimento seco:beneficiado, independente do clone estudado;
- Entre os materiais estudados, o clone 6V foi o mais responsivo ao sombreamento, evidenciando uma variabilidade genética entre os genótipos.

6 REFERÊNCIAS

- AMARAL, J. A. T.; LOPES, J. C.; AMARAL, J. F. T.; SARAIVA, S. H.; JESUS JÚNIOR, W. C. Crescimento vegetativo e produtividade de cafeeiros Conilon propagados por estacas em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1624-1629, 2007.
- BALIZA, D. P.; RESENDE, T. T.; GUIMARÃES, R. J.; GOMES, R. A.; JÚNIOR, L. S.; FERREIRA, R. T. Umidade do solo, potencial hídrico foliar e fotossíntese em cafeeiros submetidos a diferentes níveis de radiação. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá. **Anais...** Brasília: Embrapa café, 2011.
- BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. 4ª ed Jaboticabal- SP: FUNEPE, 2006. 237p.
- BÁRTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, P. T. G. Cuidados na colheita e preparo do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p. 33-42, 1997.
- BEER, J.; MUSCHLER, R.; KASS, D.; SOMARRIBA, E. Shade management in coffee and cacao plantations. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 38, n. 1-3, p. 139–164, 1998.
- BERLYN, G. P.; CHO, J. Light, moisture, and nutrient use by plants. In: ASHTON, M. S.; MONTAGNINI, F. (Eds.). **The silvicultural basis for agroforestry systems**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 9-39.
- BESSA, F.; FERREIRA, L. T. **Embrapa Café: Embrapa Café completa 15 anos de contribuições à pesquisa cafeeira**. Brasília, 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2000869/embrapa-cafe-completa-15-anos-de-contribuicoes-a-pesquisa-cafeeira>>. Acesso em: 09 set. 2014.
- BRUM, V. J.; AMARAL, J. A. T.; REIS, E. F.; JESUS JÚNIOR, W. C.; MARQUES, P. C.; CAMPOS, L. P. A.; BREGONCI, I. S. Análise foliar, caracterização química e granulometria do solo num consórcio de café Conilon com pupunha. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília: Embrapa café, 2007b.
- BRUM, V. J.; BREGONCI, I. S.; CAMPOS, L. P. A.; REIS, E. F.; AMARAL, J. A. T.; JESUS JÚNIOR, W. C. Produtividade do café Conilon em monocultivo e sombreado com pupunheira. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 1200-1203, 2007a.
- CAMARGO, F. T.; FAVARINI, J. L.; BERNARDES, M. S.; LUNZ, A. M. P.; RIGHI, C. A.; ALVES, S. N. R.; REIS, A. R. Crescimento e maturação do fruto do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em um sistema arborizado e em monocultivo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília: Embrapa café, 2007.
- CARAMORI, P. H.; LEAL, A. C.; MORAIS, H.; HUGO, R. G.; KATHOUNIAN, C. A.; GRODZKI, L.; SILVA, V. P. Indicadores biofísicos de sistemas agroflorestais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Embrapa florestas, 2004.

CARELLI, M. L. C.; FAHL, J. I.; ALFONSI, E. L. Efeitos de níveis de sombreamento no crescimento e produtividade do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Anais...** Brasília: Embrapa café, 2001.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da safra brasileira café, v. 1 – Safra 2014, n. 1 - Primeiro Levantamento. Brasília: Conab, p. 1-21, 2014.

DaMATTA, F. M.; RENA, A. B. Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno sol. In: ZAMBOLIM L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: UFV, 2002. p. 93-135.

DaMATTA, F. M.; RODRÍGUEZ, N. Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del eotrópico: una vision agronómica y ecofisiológica. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 25, n. 1, p. 113-122, 2007.

DAVIS, A. P.; GOVAERTS, R.; BRIDSON, D. M.; STOFFELEN, P. An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, Londres, v. 152, n. 4, p. 465-512, 2006.

FASSIO, L. H.; SILVA, A. E. S. Importância econômica e social do café Conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DeMUNER, L. H (Eds.). **Café Conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 35-49.

FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; LANI, J. A.; FERRÃO, L. F. V. A cafeicultura no estado do Espírito Santo: tecnologias e desafios. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; JESUS JUNIOR, W. C.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G (Org.). **Tecnologias para a sustentabilidade da cafeicultura**. Alegre: CCA-UFES, 2011. p. 21-50.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; BRAGANÇA, S. M. Avaliação de clones de café Conilon no Estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: Embrapa café, 2000.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; MARQUES, E. M. G.; ZUCATELI, F. **Café Conilon: Técnicas de produção com variedades melhoradas**. 3 ed. Vitória: INCAPER, 2007. 60p (Circular Técnica).

FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; ZUCATELI, F. Conilon Vitória - Incaper 8142: improved *Coffea canephora* var. kouillou clone cultivar for the state of Espírito Santo. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 4, n. 4, p. 503-505, 2004.

FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; ZUCATELI, F. Conilon Vitória 'Incaper 8142': variedade clonal de café desenvolvida para o Estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Anais...** Brasília: Embrapa café, 2005.

GIVINISH, T. J. Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 15, n. 2, p. 63-92, 1988.

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**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 109-115, 2008.

JARAMILLO-BOTERO, C.; SANTOS, R. H. S.; MARTINEZ, H. E. P.; CECON, P. R.; FARDIN, M. P. Production and vegetative growth of coffee trees under fertilization and shade levels. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 67, n. 6, p. 639-645, 2010.

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**, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1521-1530, 2007.

LUNZ, A. M. P. **Crescimento e produtividade do cafeeiro sombreado e a pleno sol**. 2006, 95f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

LUNZ, A. M. P.; BERNARDES, M. S.; RIGHI, C. A.; COSTA, J. D. Modificações morfofisiológicas do cafeeiro sob diferentes níveis de disponibilidade de radiação solar. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília: Embrapa café, 2007a.

LUNZ, A. M. P.; BERNARDES, M. S.; RIGHI, C. A.; FAVARIN, J. L.; COSTA, J. D.; CAMARGO, F. T. Uniformidade de maturação de frutos e classificação de grãos por peneira de café arábica sombreado e a pleno sol. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília: Embrapa café, 2007b.

LUNZ, A. M. P.; RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S.; JESUS, J. Biometria do cafeeiro em função da disponibilidade de luz em sistema agroflorestal de aleia com seringueira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS: DIÁLOGO E INTEGRAÇÃO DE SABERES EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA SOCIEDADES SUSTENTÁVEIS, 7., 2009, Luziânia. **Anais...** Brasília: Emater, 2009.

MACHADO FILHO, J. A.; RONCHI, C. P.; SANTANA, D. B.; CARVALHO, T. N. Avaliação da produção de clones de café Conilon (*Coffea canephora* cv. Kouillou) em consórcio com seringueira instalado na região nordeste do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Anais...** Brasília: Embrapa café, 2009.

MARQUES, P. C. Utilização de palmáceas produtoras de palmito, para sombreamento de café Conilon, no estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: Embrapa café, 2000.

MARTINAZZO, E. G.; ANESE, S. WANDSCHEER, A. C. D.; PASTORINI, L. H. Efeito do Sombreamento sobre o Crescimento Inicial e Teor de Clorofila Foliar de *Eugenia uniflora* Linn (Pitanga) – Família Myrtaceae. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 162-164, 2007.

MATOS, F. S.; CARRETERO, D. M.; MARTINS, S.; CHAVES, A.; CAVATTE, P. C.; DaMATTA, F. M. Plasticidade morfo-anatômica de folhas de *Coffea arabica* L. em resposta à irradiância. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Anais...** Brasília: Embrapa café, 2009.

MENDONÇA, L. M. V.; PEREIRA, R. G. F. A.; BORÉM, F. M.; ALMEIDA, S. R.; GARCIA, A. W. R.; MENDONÇA, J. M. A. Classificação por peneira de grãos de *Coffea arabica* L. avaliada por meio de análise multivariada. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Anais...** Brasília: Embrapa café, 2005.

MOREIRA, C. F. **Sustentabilidade de sistemas de produção de café sombreado orgânico e convencional.** 2009. 146f. Tese (Doutorado em Ecologia de Agroecossistemas) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; DETMANN, E.; CAMPOSTRINI, E. Estimativa da área foliar do cafeeiro Conilon a partir do comprimento da folha. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 306, p. 204-210, 2006.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; SILVA, M. G.; RAMALHO, J. C. Crescimento vegetativo sazonal em ramos de diferentes idades do cafeeiro Conilon. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 619-626, 2010.

PEZZOPANE, J. R. M. Consorciação-associação de culturas com o cafeeiro. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; JESUS JUNIOR, W. C.; PEZZOPANE, J. R. M (Eds.). **Seminário para a sustentabilidade da cafeicultura.** Alegre: CCA/UFES, 2008, p. 83-96.

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

RICCI, M. S. F.; COCHETO JUNIOR, D. G.; ALMEIDA, F. F. D. Condições microclimáticas, fenológicas e morfologia externa de cafeeiros em sistemas arborizados e a pleno sol. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 379-388, 2013.

RICCI, M. S. F.; COSTA, J. R.; OLIVEIRA, N. G. Utilização de componentes principais para analisar o comportamento do cafeeiro a pleno sol e sombreado. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 44-54, 2011.

RICCI, M. S. F.; COSTA, J. R.; PINTO, A. N.; SANTOS, V. L. S. Cultivo orgânico de cultivares de café a pleno sol e sombreado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 569-575, 2006.

RONCHI, C. P.; DaMATTA, F. M. Aspectos fisiológicos do Café Conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H (Eds.). **Café Conilon.** Vitoria: Incaper, 2007. p. 95-119.

RONCHI, C. P.; FERREIRA, J. S. J.; FONSECA, A. F. A. Maturação de frutos em clones de café Conilon submetidos ou não ao sombreamento com seringueira. In: SIMPÓSIO DE

PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília: Embrapa café, 2007.

SILVA, C. A.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B.; SILVA, C. J.; RUFINOS, M. A. Efeito da irrigação por gotejamento no tamanho de grãos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília: Embrapa café, 2007.

SILVA, D. K. T.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; ZUFFELATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S.; OLIVEIRA, R. A. Análise de crescimento em cultivares de cana-de-açúcar em cana-soca no noroeste do paraná na safra de 2002/2003. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 6, n. 1-2, p. 47-53, 2005.

SILVEIRA, J. S. M. Irrigação em café: café Conilon irrigado no Espírito Santo. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE CAFÉ, 2., 1996, Vitória. **Anais...** Vitória: CETCAF, 1996.

SILVEIRA, J. S. M.; CARVALHO, C. H. S. de. Efeito da época de irrigação sobre o crescimento do ramo plagiotrópico e da longevidade foliar do café Conilon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 22., 1996. Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: SDR/PROCAFÉ/EMBRAPA, 1996.

SOUZA, A. J. J.; MATSUMOTO, S. N.; MALTA, M. R.; GUIMARÃES, R. J. Qualidade do café arborizado e a pleno sol, em manejo pós-colheita no sudeste da Bahia. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 109-120, 2013.

SOUZA, J. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; CZEPAK, M. P.; PEZZOPANE, C. G.; RODRIGUES, J. O. Crescimento vegetativo do cafeeiro Conilon arborizado com noqueira macadâmia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2009b.

SOUZA, J. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; PEZZOPANE, C. G.; FERRARI, W. R.; MONTEIRO, K. R.; MARSETTI, M. M. S. Crescimento vegetativo do cafeeiro Conilon consorciado com coqueiro anão verde. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2009a.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 722p.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. Crescimento vegetativo de mudas de café arábica (*Coffea arabica* L.) submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 3, p. 251-261, 2010.

VAAST, P.; BERTRAND, B.; PERRIOT, J. J.; GUYOT, B.; GÉNARD, M. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 86, n. 2, p. 197-204, 2006.

WHATLEY, J. M.; WHATLEY, F. R. **A luz e a vida das plantas**. São Paulo: EPU/EDUSP, 1982. 101 p. (Temas de Biologia, 30).

WINTGENS, J. N. The Coffee Plant. In: WINTGENS, J. N (Org.). **Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. A Guidebook for Growers, Processors, Traders, and Researchers**. 2. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2004. p. 3-24.

ZAMBOLIM, L.; SOBREIRA, D. G.; SOUZA, A. F.; COSTA, H. Manejo integrado das doenças do Conilon (*Coffea canephora*). In: ZAMBOLIM, L (Ed.). **Tecnologias para produção do café Conilon**. Viçosa: UFV, 2009. p. 1-46.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Análise de variância da taxa de crescimento dos ramos ortotrópicos (TCO), taxa de crescimento dos ramos plagiotrópicos (TCP), expansão da área foliar (EAF), taxa de emissão de nós dos ramos plagiotrópicos e taxa de emissão de ramos plagiotrópicos (TEP) em função dos níveis de sombreamento e em função das fases fenológicas para o clone 3V da variedade Vitória Incaper 8142

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		TCO	TCP	EAF	TEN	TEP
NS	3	10,47962*	0,1914608	4231,814*	0,3530031*	1,488691*
Resíduo (a)	16	0,121911	0,1413613	1420,273	0,3461391	0,1115003
FF	2	21,80781*	21,02729*	272684,6*	7,294000*	31,18304*
FF x NS	6	3,152616*	0,3709328*	2518,613*	0,1064799*	0,1705480
Resíduo (b)	32	0,396821	0,5947270	887,0406	0,2062913	0,2678599
Média Geral		2,7	1,5	171,9	0,92	2,52
CV (%)		23,2	15,5	17,3	15,5	20,5

*Significativo em 5%. FF (fase fenológica); NS (nível de sombreamento)

APÊNDICE B - Análise de variância da taxa de crescimento dos ramos ortotrópicos (TCO), taxa de crescimento dos ramos plagiotrópicos (TCP), expansão da área foliar (EAF), taxa de emissão de nós dos ramos plagiotrópicos e taxa de emissão de ramos plagiotrópicos (TEP) em função dos níveis de sombreamento e em função das fases fenológicas para o clone 6V da variedade Vitória Incaper 8142

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		TCO	TCP	EAF	TEN	TEP
NS	3	5,648488*	0,904262*	11499,42*	0,1332686	0,825126*
Resíduo (a)	16	0,1861823	0,9234986	-	0,8153014	0,2264141
FF	2	17,68189*	11,78722*	85848,51*	6,415689*	22,48530*
FF x NS	6	0,7806570*	0,242040*	2720,438*	0,1311566*	0,828575*
Resíduo (b)	32	0,1792775	0,322817	754,6662	0,2280356	0,2978271
Média Geral		2,0	0,8	87,2	0,67	2,46
CV (%)		20,2	20,0	31,4	22,2	22,1

*Significativo em 5%. FF (fase fenológica); NS (nível de sombreamento)

APÊNDICE C - Análise de variância da taxa de crescimento dos ramos ortotrópicos (TCO), taxa de crescimento dos ramos plagiotrópicos (TCP), expansão da área foliar (EAF), taxa de emissão de nós dos ramos plagiotrópicos e taxa de emissão de ramos plagiotrópicos (TEP) em função dos níveis de sombreamento e em função das fases fenológicas para o clone 12V da variedade Vitória Incaper 8142

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		TCO	TCP	EAF	TEN	TEP
NS	3	9,659930*	0,6823968*	8026,862*	0,2071645*	2,222871*
Resíduo (a)	16	0,1322414	0,1521394	1765,140	0,5678872	0,2466725
FF	2	21,09668*	7,529615*	116324,3*	7,431247*	28,86858*
FF x NS	6	3,255029*	0,2646232*	3017,195*	0,1354711*	1,186189*
Resíduo (b)	32	0,4422308	0,4971600	775,0040	0,4713557	0,3553083
Média Geral		2,6	1,1	125,7	1,04	3,20
CV (%)		24,7	19,4	22,1	20,7	18,5

*Significativo em 5%. FF (fase fenológica); NS (nível de sombreamento)

APÊNDICE D - Análise de variância do comprimento médio de internódios dos ramos ortotrópicos (CIO), comprimento médio de internódio dos ramos plagiotrópicos (CIP), área foliar total (AFT), área foliar unitária (AFU), área foliar específica (AFE) e fração de área foliar (FAF) em função dos níveis de sombreamento para o clone 3V, 6V e 12V da variedade Vitória Incaper 8142

Clones	FV	GL	Quadrados Médios				
			CIO	CIP	AFT	AFU	AFE
3V	NS	3	8,23916*	1,82583*	4773795,6	1085,6*	0,00073*
	Res.	16	0,32675	0,27050	2044451,9	50,1	0,00019
	\bar{X}		6,3	5,2	5316,8	95,1	0,128
	CV (%)		8,9	9,9	26,8	7,4	10,7
6V	NS	3	5,52200*	3,17650*	4621385,9*	1308,2*	0,00270*
	Res.	16	0,13400	0,09975	479962,0	23,4	0,00012
	\bar{X}		5,1	4,0	2012,3	64,3	0,120
	CV (%)		7,1	7,7	34,4	7,5	9,2
12V	NS	3	5,40933*	1,336500	975338,2	540,4*	0,00099*
	Res.	16	0,14900	0,264250	604965,3	56,6	0,00013
	\bar{X}		4,7	3,3	2897,9	60,6	0,12
	CV (%)		8,1	15,4	26,8	12,4	8,9

*Significativo em 5%. NS (nível de sombreamento); \bar{X} (média geral)

APÊNDICE E - Análise de variância da fração de área foliar (FAF), fração de massa seca foliar (FMF), fração de massa seca de ramos (FMR), fração de massa seca de pecíolos (FMP) e fração de massa seca de frutos (FMFR) em função dos níveis de sombreamento para o clone 3V, 6V e 12V da variedade Vitória Incaper 8142

Clones	FV	GL	Quadrados Médios				
			FAF	FMF	FMR	FMP	FMFR
3V	NS	3	0,00127*	0,00540	0,00564	0,000098*	0,07211*
	Res.	16	0,0000	0,00224	0,00240	0,000007	0,00399
	\bar{X}		0,081	0,677	0,292	0,030	0,271
	CV (%)		10,1	6,9	16,7	8,8	23,2
6V	NS	3	0,00197*	0,00438*	0,00591*	0,000286*	0,03940*
	Res.	16	0,00002	0,00130	0,00148	0,000012	0,00897
	\bar{X}		0,079	0,726	0,241	0,032	0,626
	CV (%)		6,0	4,9	15,9	10,5	15,1
12V	NS	3	0,00051*	0,00131	0,00116	0,000010*	0,12684*
	Res.	16	0,00005	0,00120	0,00120	0,000005	0,01084
	\bar{X}		0,084	0,756	0,21	0,027	0,459
	CV (%)		8,3	4,5	16,1	8,3	22,6

*Significativo em 5%. NS (nível de sombreamento); \bar{X} (média geral)

APÊNDICE F - Análise de variância do teor médio de clorofila *a* (Chl_a), teor médio de clorofila *b* (Chl_b) e relação clorofila *a/b* (RChl_{a/b}) em função dos níveis de sombreamento para o clone 3V, 6V e 12V da variedade Vitória Incaper 8142

Clones	FV	GL	Quadrados Médios		
			Chl _a	Chl _b	RChl _{a/b}
3V	NS	3	15,044167	33,646667	0,098123
	Res.	16	24,263750	13,242500	0,054548
	\bar{X}		42,6	23,9	1,8
	CV (%)		11,5	15,2	12,5
6V	NS	3	11,277500	37,345625	0,524006
	Res.	16	9,563750	15,644375	0,186460
	\bar{X}		40,6	19,0	2,31
	CV (%)		7,6	20,2	18,6
12V	NS	3	15,604167	38,309167*	0,421308*
	Res.	16	13,677083	4,307500	0,044171
	\bar{X}		40,4	18,9	2,2
	CV (%)		9,1	10,9	9,3

*Significativo em 5%. NS (nível de sombreamento); \bar{X} (média geral)

APÊNDICE G - Análise de variância do número médio de rosetas (NR), número médio de frutos por roseta (NFR), produção total da planta (PTP), porcentagem de frutos boa (PFB) e eficiência na conversão da radiação em frutos (ECR) em função dos níveis de sombreamento para o clone 3V, 6V e 12V da variedade Vitória Incaper 8142

Clones	FV	GL	Quadrados Médios				
			NR	NFR	PTP	PFB	ECR
3V	NS	3	19,0751*	44,9693*	3,0537*	1709,0*	7274,1*
	Res.	16	1,7527	3,8640	0,3476	75,1	754,9
	Média		5,4	6,6	0,99	48,9	87,9
	CV (%)		24,2	29,6	59,2	17,7	31,2
6V	NS	3	2,8285	43,9633*	1,7175*	2577,5258*	27778,7*
	Res.	16	2,3557	2,3257	0,2983	101,8370	1751,4
	\bar{X}		9,0	7,2	1,75	13,9	212,7
	CV (%)		17,0	20,9	31,0	72,1	19,6
12V	NS	3	57,0551*	35,0573*	1,3191*	559,5093*	2915,0*
	Res.	16	0,8845	1,0635	0,0728	34,1632	359,3
	\bar{X}		6,7	5,6	0,97	6,7	90,9
	CV (%)		13,8	18,2	27,5	87,2	20,4

*Significativo em 5%. NS (nível de sombreamento); \bar{X} (média geral)

APÊNDICE H - Análise de variância da relação folha/fruto “a” (RFF_a), relação folha/fruto “b” (RFF_b), relação folha/fruto “c” (RFF_c) e relação folha/fruto “d” (RFF_d) em função dos níveis de sombreamento para o clone 3V, 6V e 12V da variedade Vitória Incaper 8142

Clones	FV	GL	Quadrados Médios			
			RFF _a	RFF _b	RFF _c	RFF _d
3V	NS	3	282830,6000*	11,2584*	2,3217*	66950,3013*
	Res.	16	14646,2816	0,8033	0,3296	5182,4418
	\bar{X}		257,0	2,11	1,75	203,3
	CV (%)		47,0	42,4	32,7	35,4
6V	NS	3	1883,7351*	0,0900*	0,1311*	2164,1998*
	Res.	16	210,1904	0,0232	0,0254	263,7983
	\bar{X}		34,0	0,30	0,32	35,5
	CV (%)		42,5	50,3	49,4	45,6
12V	NS	3	161032,1733*	9,0205*	31,8159*	255738,363*
	Res.	16	6497,8095	0,3475	1,8523	5986,9657
	\bar{X}		148,7	1,21	1,85	180,8
	CV (%)		54,1	48,7	73,3	42,8

*Significativo em 5%. NS (nível de sombreamento); \bar{X} (média geral)