

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
TROPICAL**

ANDRÉ VASCONCELLOS ARAÚJO
Magister Scientiae

**MICROCLIMA E CARACTERÍSTICAS
FISIOLÓGICAS DO CAFEEIRO CONILON,
CONSORCIADO COM SERINGUEIRA E
BANANEIRA**

**São Mateus, ES
Fevereiro de 2013**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
TROPICAL**

**MICROCLIMA E CARACTERÍSTICAS
FISIOLÓGICAS DO CAFEEIRO CONILON,
CONSORCIADO COM SERINGUEIRA E
BANANEIRA**

ANDRÉ VASCONCELLOS ARAÚJO

Dissertação apresentada à
Universidade Federal do Espírito
Santo, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Agricultura Tropical, para obtenção
do título de Mestre em Agricultura
Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Partelli

**São Mateus, ES
Fevereiro de 2013**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Araújo, André Vasconcellos, 1980-
A663m Microclima e características fisiológicas do cafeeiro conilon,
consociado com seringueira e bananeira / André Vasconcellos
Araújo. – 2013.
112 f. : il.

Orientador: Fábio Luiz Partelli.
Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) –
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário
Norte do Espírito Santo.

1. Nutrientes. 2. Clorofila. 3. Plantas - Efeito da luz. 4. Plantas
- Efeito da sombra. 5. Café conilon. I. Partelli, Fábio Luiz, 1979-.
II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário
Norte do Espírito Santo. III. Título.

CDU: 63

MICROCLIMA E CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DO CAFEIEIRO CONILON CONSORCIADO COM SERINGUEIRA E BANANEIRA

ANDRÉ VASCONCELLOS ARAÚJO

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada: 26/02/2013.



Prof. Dr. Paulo Cezar Cavatte
Universidade Federal do Espírito Santo



Dr. José Ricardo Macedo Pezzopane
Empresa Brasileira de Pesquisa
Agropecuária



Prof. Dr. Luis Fernando Tavares de
Menezes
Universidade Federal do Espírito Santo



Dr. Marcos Goes de Oliveira
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Fábio Luiz Partelli
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

AGRADECIMENTOS

A minha a família em especial minha mãe Daysemar, por ser uma pessoa muito importante em minha vida, não medindo esforços para me proporcionar o que sou hoje. Te amo mãe.

A Universidade Federal do Espírito Santo, ao Centro Universitário do Norte do Espírito Santo e ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, por me proporcionar conhecimento, crescimento profissional e pessoal.

Ao meu orientador, Fábio Luiz Partelli, sempre presente em cada tomada de decisão. Sua grande compreensão nas horas difíceis, pelos conhecimentos transmitidos, pela confiança, convivência e acima de tudo pela amizade. O meu muito obrigado.

Aos Profs. do programa e do Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas que colaboraram para meu aprendizado, na realização de trabalhos bem como pela atenção e amizade em especial os professores Antelmo Falqueto e Luis Fernando Tavares de Menezes .

Aos colegas de curso José Oliveira Rodrigues e Fernanda Duque pelas ajudas nos horários difíceis de provas, pesquisas e trabalhos.

Aos alunos da iniciação científica Gustavo Valani, Gleison Oliosí e Evelyn Trevisan pelos auxílios nos trabalhos de campo.

A minha diretora Derlinda Aguiar Livramento Carvalho e ao meu trabalho Centro Estadual Integrado de Educação Rural de Boa Esperança pelas liberações e dificuldades em minhas ausências e para toda equipe de trabalho.

A minha esposa Kelly Cristina Paes e minha filha Lis Paes Araújo por me ajudar e entender em minhas ausências de estudo.

Aos agricultores Fabrício Felsiberto Fiorot e Luis Carlos Valani da Cruz, que disponibilizaram as lavouras para execução do trabalho.

A todos que se fizeram presentes em minha vida e que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho de pesquisa.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. CAPÍTULOS	9
3.1. Arborização do cultivo de café Conilon com seringueira: caracterização do microclima e seus efeitos no crescimento do cafeeiro.	10
Resumo	10
Abstract	11
Introdução	12
Material e Métodos	14
Resultados e Discussão	17
Conclusões	35
Referências Bibliográficas	36
3.2. Microclima e crescimento do cafeeiro Conilon cultivado sob sombreamento com seringueira e a pleno sol.	43
Resumo	43
Abstract	44
Introdução	45
Material e Métodos	46
Resultados e Discussão	49
Conclusões	58
Referências Bibliográficas	59
3.3. Microclima e crescimento vegetativo do café Conilon consorciado com bananeiras.	65
Resumo	65
Abstract	66
Introdução	67
Material e Métodos	69
Resultados e Discussão	71
Conclusões	78
Referências Bibliográficas	79
4. CONCLUSÕES GERAIS	83
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
6. ANEXOS	99

RESUMO

ARAÚJO, André Vasconcellos; M. Sc; Universidade Federal do Espírito Santo; Fevereiro de 2013; **Microclima e características fisiológicas do cafeeiro Conilon, consorciado com seringueira e bananeira**; Orientador: Fábio Luiz Partelli.

Existem poucos estudos de café consorciado com seringueiras e bananeiras, com isso estudos sobre café sombreado são importantes para uma melhor compreensão dos sistemas. Objetivou-se estudar o efeito do consórcio com bananeiras e com seringueira em cafeeiro Conilon, fazendo uma caracterização microclimatológica. O presente trabalho foi realizado em três lavouras; 1) cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*), plantado no final de 2006, consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis*), plantada no final de 2007, a seringueira esta plantada em fileira dupla (33m X 3m), com 2,3m entre plantas, o café com espaçamento de 3m X 1m. 2) café Conilon, a pleno sol plantado no final de 2006 com espaçamentos de 3,0 X 1,1 e outra lavoura de café consorciada com seringueira com os seguintes espaçamentos 2,6 X 1,3 e 7,8 X 2,3m. 3) café Conilon consorciado com bananeira (*Musa sapientum* subgrupo Terra) com espaçamentos de 3,5 x 1,2 e 1,5 x 10,5 com 1 ano de idade. As lavouras foram plantadas no sentido leste oeste. Foram medidos a radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar em janeiro (verão) e setembro (inverno) de 2012. Realizou-se também avaliação da concentração de nutrientes foliares, medição dos internódios dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos, área foliar e estimativa do teor de clorofila *a*, *b* e total dos cafeeiros, no verão e no inverno de 2012. O sombreamento influenciou diretamente no microclima, reduzindo a luminosidade, temperatura no verão e no inverno e aumento da umidade relativa. Os ramos e a área foliar sofreram influencia do sombreamento, ocorrendo o maior estiolamento de ramos e área foliar nas lavouras sombreadas. Os macro e micro nutrientes foliares foram influenciados pelo sombreamento, apresentando maiores valores na lavoura

sombreada com seringueira para Fe e Mn. Os teores estimados de clorofila *b* e total foram maiores a pleno sol no verão e no inverno.

Palavras-chave: *Coffea canephora*, nutrientes, clorofila, luminosidade, estiolamento, sombreamento.

ABSTRACT

ARAÚJO, André Vasconcellos; M. Sc; Federal University of Espírito Santo; February 2013; Microclimate and physiological characteristics Conilon coffee, rubber and intercropped with banana; Advisor: Fábio Luiz Partelli.

There are few studies of coffee intercropped with banana and rubber trees, thus shaded coffee studies are important for a better understanding of the systems. The objective was to study the effect of intercropping with banana and rubber trees in coffee Conilon, making a micro-climatological characterization. This study was conducted in three fields: 1) Conilon coffee (*Coffea canephora*), planted in late 2006, intercropped with syringe (*Hevea brasiliensis*) planted in late 2007, this syringe planted in double rows (33m x 3m) , with 2.3 m between plants, coffee with spacing of 3m X 1m. 2) Conilon coffee, planted in full sun in late 2006 with a spacing of 3.0 X 1.1 and another coffee plantation intercropped with syringe with the following spacings 2.6 and 7.8 X 1.3 X 2.3 m . 3) Conilon coffee intercropped with banana (*Musa sapientum* subgroup Earth) with a spacing of 3.5 x 1.2 and 1.5 x 10.5 with 1 year of age. The crops were planted in east west direction. We measured solar radiation, temperature and relative humidity in January (summer) and September (winter) 2012. We also conducted evaluation of leaf nutrient content, measurement of primary branches and internodes of orthotropic, leaf area and estimation of chlorophyll a, b and total trees in the summer and winter of 2012. The shading directly influence the micro-climate, reducing solar radiation, temperature in summer and winter and increased humidity. The branches and leaf area suffered influences of shading, the largest occurring shading of branches and leaf area in plantations shaded. The macro and micro nutrients were influenced by leaf shading, showing higher values in shaded plantations with rubber for Fe and Mn. The levels of chlorophyll b and total estimated were higher in full sun in summer and winter.

Keywords: *Coffea canephora*, nutrients, chlorophyll, light, shading, shadowing.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café produzindo 50,4 milhões de sacas de 60 Kg em 2012, destes 12,5 milhões são de café Conilon, com o Espírito Santo produzindo 9,7 milhões de sacas (CONAB, 2013).

A agricultura familiar representa 84,4% dos estabelecimentos rurais do Brasil com uma área média de 18 hectares por propriedade, tendo 24,3% da área plantada do país. A agricultura familiar responde por 38% da produção agrícola gerando 54 bilhões de reais. Com isso emprega 74,4% dos trabalhadores rurais do Brasil, sendo mais de 12 milhões de pessoas, (FRANÇA et al., 2006).

O *Coffea* sp. pertence a família Rubiácea que apresenta numerosas variedades e cultivares, oriundos da África, onde é cultivada em locais predominantemente sombreados, em regiões montanhosas e de baixadas (MIRANDA et al., 1999).

Embora seja considerada uma cultura umbrófila, o cafeeiro pode ser perfeitamente cultivado em pleno sol, uma vez que é capaz de desenvolver características fisiológicas e anatômicas que permitem sua fotoaclimação sob altos níveis de irradiância (RAMALHO et al., 1997). De qualquer modo, para se avaliar apropriadamente os efeitos do sombreamento sobre a ecofisiologia do cafeeiro, faz-se necessário, conhecer o seu ambiente natural de evolução, onde é encontrado em estados silvestres. Isso permitiria reproduzir, dentre certos limites na lavoura, as condições ecológicas presumivelmente mais adequadas a espécie, com prováveis reflexos positivos sobre a produção.

O *Coffea canephora* (café Conilon e/ou Robusta) é originado das florestas equatoriais da bacia do rio do Congo, na África, estendendo-se para o centro, até o lago Vitória, em Uganda. A altitude desta vasta região varia desde o nível do mar até 1200 metros a precipitação é superior a 2000 mm, bem distribuída, com uma estação seca de dois a três meses. A umidade relativa do ar é invariavelmente alta, aproximando-se da saturação. O café Conilon desenvolve-se naturalmente como vegetação de estratos florestais intermediários, portanto, sob algum grau de sombreamento. Contudo, pode desenvolver-se exposto a plena luz solar. No entanto, o maior tamanho de suas

folhas, em relação ao de Arábica, poderia indicar, conforme Wilson, (1999), adaptação a sombreamento mais intenso, como ocorre normalmente em florestas equatoriais densas.

O sombreamento em cafeeiros com guandu proporciona menores taxas de transpiração e fotossíntese, maior crescimento em altura, menor número de ramos plagiotrópicos e folhas maiores, interceptando 50% da radiação incidente e não alterando o crescimento, a maturação a produção e o tamanho dos grãos (MORAIS et al., 2003; 2009).

A discussão sobre café sombreado versus café a pleno sol vem se desenvolvendo há mais de um século (MUSCHLER, 2001) e até hoje as informações disponíveis ainda são controversas (RIGHI, 2005; JARAMILLO-BOTERO et al., 2006).

Em tempos de aquecimento global, sustentabilidade e reflorestamento o sombreamento é uma ótima alternativa para se trabalhar em consórcios com culturas perenes, podendo proporcionar muitas vantagens, sendo elas climatológicas, edáficas e endógenas, tais como; redução dos extremos de temperatura do ar, do solo, velocidade dos ventos, manutenção de umidade relativa do ar, proporcionando um ambiente mais propício à manutenção de suas trocas gasosas, aumento do tamanho dos frutos (maior peneira), alongamento do período de maturação do fruto, dando mais flexibilidade às operações da colheita (CATEN, 2007; LIN, 2007; VALENTINI et al., 2010).

Devido a escassez de trabalhos sobre sombreamento com a cultura do café Conilon este trabalho vem a mostrar adaptabilidades ao sombreamento, seus efeitos climatológicos e fisiológicos sobre o café Conilon, consorciado com Seringueira e Bananeira.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O sistema de cultivo de cafeeiros arborizados surge como alternativa promissora e uma opção para os cafeicultores frente às constantes oscilações do café no mercado. A exploração de ambas as culturas, por meio de um sistema de cultivo adequado, intercalando-as, contribuirá para uma maior proteção do cafeeiro contra ventos frios, geadas e altas temperaturas, excesso de irradiação (MORAIS, 2007; PEZZOPANE, et al., 2010b) e, além disso, possibilitará a geração de novos empregos diretos e fixos no campo e agregar uma fonte de renda extra para os cafeicultores.

Alguns estudos indicam que o sombreamento resulta em redução da produtividade do café (MIRANDA et al., 1999; CAMPANHA et al., 2004), outros indicam manutenção dos mesmos níveis (SALGADO et al., 2006), ou a não diminuição da produção pelos efeitos do sombreamento (JARAMILLO-BOTERO et al., 2006) enquanto outros indicam aumento da produtividade (FERNANDES, 1986; BAGGIO et al., 1997).

A arborização pode promover mais biodiversidade e, portanto maior sustentabilidade ecológica, pode oferecer vantagens técnicas quando comparado ao cultivo a pleno sol, como a melhor qualidade de grãos, redução da pressão de pragas e doenças, menor erosão e lixiviação, maior ciclagem de nutrientes, teores mais elevados de matéria orgânica e nutrientes no solo, redução nos gastos com controle de espécies vegetais invasoras, manutenção de clima mais ameno e mais úmido, maior disponibilidade de água no solo e possibilidade de renda extra são algumas destas vantagens em potencial (ALTIERI, 1999; SOTO-PINTO et al., 2000; COELHO et al., 2006).

O uso de árvores consorciadas com café para o sequestro de carbono, pode reduzir a dependência externa de nitrogênio, tendo um grande potencial para a mitigação do aquecimento global. Principalmente quando se usa espécies que fazem associação com bactérias diazotróficas. Este potencial, é ainda superior no Brasil, uma vez que a maioria absoluta dos cultivos de café é a pleno sol. O uso de árvores para sequestro de carbono e produção de madeira e frutos tem sido proposto como um meio para aumentar a renda de pequenos produtores de café no México (SOTO-PINTO et al., 2000).

As plantas de café cultivadas na sombra sofrem menos estresses ambientais e têm maior potencial fisiológico para a fixação de carbono em comparação com plantas de café cultivadas à luz direta do sol. Cultivado na sombra plantas de café também produzem grãos maiores e mais pesados com gosto melhor de xícara. Se o cultivo do café sob as árvores de sombra permitiria outras fontes de renda, tais como frutas, lenha e madeira a ser produzido, pode ser socialmente mais aceitável, economicamente mais viável e ambientalmente mais sustentável (BOTE et al., 2011). Cafezais consorciados com *Erythrina* e *Gliricidia sepium*, sendo manejado com podas, fornece um serviço ecológico, aumento da disponibilidade de nitrogênio (COELHO et al., 2006; HAGAR et al., 2011).

Segundo Moreira (2009), em muitos países, o café é produzido em sistemas sombreados, no Brasil mais de 90% produzido a pleno sol. Boa parte dos cafés produzidos na África: Etiópia, Sumatra, Nova Guiné, Timor e América Latina: México, Nicarágua, El Salvador, Peru, Panamá e Guatemala são cultivados sob sombra.

A cafeicultura nacional caracteriza-se por extensas áreas de monocultivo a pleno sol apesar do fato de o café ser uma espécie originária de florestas caducifólias da Etiópia (RICCI et al., 2002). As plantações nacionais são implantadas em sistemas de monocultivo, sem árvores e com elevado uso de insumos (MOREIRA, 2004), sendo mundialmente criticadas devido à escassez de biodiversidade. Aparentemente, no Brasil, os primeiros produtores desconheciam como se cultiva o café em outros países e, utilizaram técnicas tradicionais de derrubada e queimada da mata igualmente adotada nos cultivos de cana-de-açúcar e algodão (DEAN, 1997).

Os sistemas agroflorestais (SAFs) se mostra como uma opção para a transição do modo convencional para uma agricultura de base ecológica, por apresentar bastante afinidade com os sistemas de produção e com as estratégias de manutenção social da agricultura familiar. Além disso, os SAFs têm um grande potencial para contribuir a uma melhor integração das florestas remanescentes da Mata Atlântica original, melhorando o desenvolvimento socioeconômico com maior sustentabilidade, diversificar a produção, diminuindo os efeitos da sazonalidade, aumentar os níveis de matéria orgânica

no solo, fixação biológica de nutrientes, modificação do microclima e otimização do sistema de produção.

Segundo Ricci et al. (2006), o sombreamento com Banana e *Erythrina verna*, reduz o diâmetro dos cafeeiros, o número de ramos produtivos e de nós por ramos, teor de K do solo após três anos. Porém aumenta a área foliar, teores de N e Mg no tecido foliar do cafeeiro, e o peso dos grãos, permitindo a obtenção de produção semelhante ao cultivo a pleno sol, retardando a maturação dos grãos.

Estudos realizados com café Arábica consorciados com banana mostraram uma atenuação média da radiação solar global de 21%, redução de 48% da velocidade dos ventos, evidenciando quanto mais próximo as bananeiras maiores taxas de crescimento para diâmetro de copa e altura da planta (PEZZOPANE et al., 2007). Café Arábica cultivados em Sistemas arborizados com coqueiro e seringueira mostraram diminuição da temperatura em todas as épocas do ano, sendo que consorciado com seringueira a diminuição da temperatura pode chegar em 3°C, elevando a temperatura mínima nos meses mais frios, sendo mais eficiente na diminuição da velocidade dos ventos e obtendo maior produtividade (VALENTINI et al., 2010), contribuindo para um *status* hídrico mais favorável, sendo uma alternativa promissora para reduzir a quantidade de água usada na irrigação, aumentando a eficiência do uso da água em lavouras de café Conilon (CATEN, 2007).

Formando ainda um microclima caracterizado por baixos níveis de luminosidade, menor demanda evaporativa e temperatura mais amena, que são favoráveis ao processo fotossintético do cafeeiro, o consórcio tipo renque apresentou-se mais favorável ao desenvolvimento das seringueiras a as características fisiológicas dos cafeeiros (OLIVEIRA et al., 2006). No caso do cafeeiro, as características anatômicas das folhas são altamente influenciadas pelo nível de radiação. Voltan et al. (1992), constataram que quando o nível de sombreamento diminuiu a taxas de transpiração, temperatura foliar, condutância estomática, fotossíntese, e eficiência fotoquímica; quando cultivado a pleno sol apresenta massa foliar específica maior, mas menor área foliar individual, quando comparado com os tratamentos sombreadas. Tais resultados mostram que o sombreamento excessivo (30% da luz solar) pode ser limitante para o crescimento das folhas da espécie de *C. canephora*.

Cafeeiros Conilon mostraram-se capazes de aumentar sua produção em sistemas consorciados com pupunheira atingindo obter 54 sacas por hectare, conseguindo ainda nos consórcios com espaçamentos mais adensados com pupunheira obter um maior rendimento comparados aos sistemas a pleno sol (BRUM, 2007).

Sistemas arborizados de cultivo de café Conilon consorciado com coqueiro-anão-verde e noqueira macadamia mostram que o sombreamento atenuam a temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento nas copas dos cafeeiros, alterando também os padrões de incidência de radiação fotossinteticamente ativa (PEZZOPANE et al., 2010b; 2011).

Considerando a necessidade de desenvolver sistemas de produção mais sustentáveis, os SAFs, podem ser uma opção para a transição a uma cafeicultura regional em bases mais sustentáveis. A Utilização de espécies de valor econômico é uma estratégia do agricultor e deve ser levada em consideração nas propostas de SAFs (SALES et al., 2009).

Os Sistemas Agroflorestais podem ser uma ótima opção para o agricultor e para o equilíbrio ecológico das propriedades o que o torna uma opção que poderá ser amplamente adotada em propriedades que tenham sua forma de produção classificada como agricultura familiar. Como benefício na adoção de SAFs pode-se citar a variabilidade de espécies utilizadas nos modelos de plantio, a melhoria da capacidade produtiva da terra, otimização da utilização dos recursos naturais disponíveis, se adaptado às condições ecológicas e dos produtores, obtendo assim uma maior produção por unidade de área.

Economicamente a diversificação da produção em diferentes épocas do ano pode ocasionar uma diminuição de riscos econômicos e uma melhor distribuição temporal. Para que o cenário seja de sucesso vale salientar que o agricultor deve adequar as culturas à sua capacidade de investimento, interação entre espécies, condições edafoclimáticas regionais e condições favoráveis de escoamento pela comercialização. Essas opções devem ser fundamentadas e amparadas por políticas agrícolas implantadas pelo setor público a fim de favorecer a adoção desses modelos (ABDO et al., 2008).

Cafezais cultivados em sistemas agroflorestais na região da zona da mata em Minas Gerais proporcionaram maior quantidade de serapilheira e

melhor capacidade de armazenar água a profundidades de 20-40 cm do que cafezais cultivados em sistemas de monocultura (CAMPANHA et al., 2007), também favorecendo a manutenção do pH e reduzindo a saturação do alumínio (NEVES et al., 2007). Em sistemas agroflorestais o valor total de produção foi em média 43% maior do que café a pleno sol ao longo de um período de 12 anos, apesar de um pouco mais elevados custos de implantação a diversificação da produção torna a renda adicional e oferece uma estratégia de mitigação de riscos (SOUZA et al., 2012).

As taxas de fotossíntese líquida do café Conilon são relativamente baixas (DAMATTA et al., 2003; 2007; PINHEIRO et al., 2005; PARTELLI et al., 2009). Isso indica que o Conilon, assim como as cultivares de café Arábica, exibe baixa eficiência fotossintética em relação à da maioria das plantas lenhosas (CANNELL, 1985).

Campostrini et al., (1998) concluíram que as diferenças de produtividades de cinco clones de Conilon não estiveram associadas a diferenças na capacidade fotossintética ou no rendimento quântico de folhas isoladas, tampouco com diferenças na concentração de pigmentos cloroplastídicos ou características morfológicas da folhagem. Resultados de DaMatta et al. (2000), também sugerem que diferenças clonais de produtividade não devem estar associadas com potenciais variações nas taxas de fotossíntese líquida de folhas isoladas. Segundo esses autores, provavelmente diferenças de produtividade estariam associadas mais diretamente com a manutenção de uma área foliar sadia (maiores taxas de fotossíntese da planta inteira, ao longo do tempo) e com uma arquitetura de copa mais favorável à maximização das trocas gasosas.

No cafeeiro, a maioria das plantas no processo de fotossíntese o primeiro composto formado é uma molécula de três carbonos (C₃), a fotossíntese é saturada a cerca de 1/3 da irradiância máxima incidente sobre a copa, cerca de 600-700 μmol (fótons) $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ em folhas expostas (DAMATTA et al., 1997). A irradiância excedente absorvida pela folha, se não dissipada satisfatoriamente, faz com que a planta perca o controle do metabolismo das espécies reativas de oxigênio, levando à ocorrência de danos fotooxidativos (DAMATTA et al., 2006), popularmente conhecidos como escaldadura.

A pleno sol, cafeeiros bem adubados e irrigados devem dissipar satisfatoriamente o excesso de energia radiante que recebem e, portanto, a escaldadura, caso ocorrente, deve afetar apenas marginalmente a produção do cafezal. Isso explicaria, pelo menos em parte, o sucesso do cultivo de Conilon, como também das cultivares Arábicas a pleno sol (DAMATTA et al., 1997, 2007), ainda que as espécies sejam originalmente de ambientes sombreados. Por outro lado, sob certas condições, os mecanismos de defesa da planta podem não ser suficientes para dissipar a energia excedente e, nesse caso, a ocorrência de escaldadura pode ser bastante expressiva. Dentre tais condições, destacam-se: cafezais mal adubados, carga pesada de frutos, déficit hídrico e extremos de temperatura, ou qualquer outro fator que leve ao depauperamento da planta. Nessas condições, a incidência de bicho mineiro, cercosporiose e ferrugem usualmente aumenta, também levando à abscisão foliar (RONCHI et al., 2007).

3. Capítulos

3.1. Arborização do cultivo de café Conilon com seringueira: caracterização do microclima e seus efeitos no crescimento do cafeeiro.

RESUMO

Estudos em cultivos de cafeeiros arborizados são importantes para uma melhor compreensão dos sistemas e, conseqüentemente, proporcionar maior sustentabilidade aos sistemas de produção de café. Objetivou-se neste trabalho caracterizar o microclima formado pela arborização realizada com seringueira e seus efeitos no crescimento do cafeeiro. O presente trabalho foi realizado em cultivo de (*Coffea canephora*), plantado no final de 2006, o café no espaçamento de 3m X 1m consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis*), plantada no final de 2007 (18°56'20,31''Sul e 39°58'36,78''Oeste). A seringueira esta plantada em fileira dupla (3m X 2,3m X 33m). A lavoura foi plantada no sentido leste oeste, dividida em duas partes lado norte e lado sul com as árvores fazendo a divisão da lavoura. O trabalho foi constituído por cinco tratamentos, conforme a distancia da seringueira: T1-3,0m, T2-6,0m, T3-9,0m, T4-12m, e T5-15m. Foram medidas a radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar em janeiro (verão) e setembro (inverno) de 2012. Realizou-se também avaliação da concentração de nutrientes foliares, medição dos internódios dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos, área foliar e estimação do teor de clorofila *a*, *b* e total dos cafeeiros, no verão e no inverno de 2012. O sombreamento influenciou diretamente no clima, reduzindo a temperatura no verão, aumentando a umidade relativa. A luminosidade no verão teve uma redução media de 875,0 lum/ft², ao longo de todo dia, no inverno no lado sul 984,6 lum/ft². Os comprimento dos ramos sofreram diferença estatística, a maior diferença ocorreu no ramo novo sem café no verão, com um estiolamento de 1,3cm entre o T1 e T5. A concentração de nutrientes foliares o P, Ca, S, Cu e Mn apresentaram diferença estatística significativa. Para o teor de clorofila só houve diferença estatística entre os tratamentos o teor de clorofila *b* e total no inverno. A área foliar foi diferente estatisticamente entre

todos os tratamentos no verão e no inverno, com o maior valor no T1 e o menor T5 no inverno.

Palavras-chave: *Coffea canephora*, *Hevea brasiliensis*, sombreamento, monocultivo.

Afforestation of coffee cultivation Conilon with rubber: characterization of microclimate and its effects in growth.

ABSTRACT

Studies in cultured wooded trees are important for a better understanding of the systems and thus provide greater sustainability for coffee production systems. The objective of this study is to characterize the microclimate formed by trees made with rubber and its effects in growth. This work was performed in cultivation (*Coffea canephora*), planted in late 2006, coffee in the spacing of 3m X 1m intercropped with rubber tree (*Hevea brasiliensis*), planted at the end of 2007 (18 ° 56'20, 31" S and 39 ° 58'36, 78" O). The rubber this planted in double rows (3m X 2.3 m X 33m). The crop was planted in the east west split into two parts north side and south side with trees making the division of farming. The work consisted of five treatments, as the distance from the syringe: T1-3, 0m, T2-6, 0m, T3-9, 0m, 12m-T4, and T5-15m. It was measured solar radiation, temperature and relative humidity in January (summer) and September (winter) 2012. We also conducted evaluation of leaf nutrient content, measurement of primary branches and internodes of orthotropic, leaf area and estimation of chlorophyll a, b and total trees in the summer and winter of 2012. The shading directly influence climate by reducing the temperature in the summer, increasing the relative humidity. The brightness in the summer had an average reduction of lum/ft² 875.0, throughout the day, in winter in the southern side lum/ft² 984.6. The length of the branches suffered statistically, the greatest difference was seen in the new branch without coffee in the summer, with a shading of 1.3 cm between the T1 and T5. The concentration of foliar P, Ca, S, Cu and Mn were statistically significant. For the chlorophyll content only

statistical difference between the treatments b and total chlorophyll content in winter. Leaf area was statistically different among all treatments in summer and winter, with the highest value in T1 and T5 lowest in winter.

Keywords: *Coffea canephora*, *Hevea brasiliensis*, shading, monoculture.

Introdução

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café produzindo 43,4 milhões de sacas, destes aproximadamente 29% são de café Conilon, sendo o Espírito Santo responsável pela maior proporção da produção (78%) dessa produção (ICO, 2013; CONAB, 2013). Em relação ao cultivo de seringueira, a América Latina é a terceira maior região produtora de borracha natural do mundo (IRSG, 2012). Sendo o Brasil o oitavo produtor mundial de borracha, com uma produção anual aproximada de 97 mil toneladas de borracha seca, para um consumo de 260 mil toneladas (ROSADO et al., 2007).

O sombreamento é uma, ótima alternativa para melhorar as condições térmicas e hídricas, resultando, em aumento de produtividade e redução no custo de produção sendo uma alternativa para o cultivo de café em algumas regiões marginais (LIN, 2007).

O cultivo de café sombreado na Costa Rica apresenta vantagens comparadas ao sistema de monocultivo, dentre elas maior estabilidade da produtividade (menor bienalidade), maior vida útil da lavoura, maior facilidade de certificação como café sustentável, diversidade de atividade no campo, economia de adubo nitrogenado (quando consorciado com leguminosa), menor estresse por alta temperatura, maior sequestro de carbono, dentre outras vantagens (SILES et al., 2010; HERGOUALC'H et al., 2012). No México, o uso de árvores para sequestro de carbono, produção de madeira, borracha e frutos tem sido proposto como um meio para aumentar a renda de pequenos produtores de café (SOTO-PINTO et al., 2000). Desta forma o uso de árvores em plantações de café para o sequestro de carbono e redução da dependência externa de nitrogênio tem um grande potencial para a mitigação do aquecimento global (MONTAGNINI et al., 2004).

A principal região produtora de café Conilon no Brasil se concentra no norte do Espírito Santo. Em boa parte dessa região, há expressivo déficit hídrico anual que, aliado à distribuição irregular de chuvas, promove um período seco, que se estende por aproximadamente cinco meses, coincidindo com a estação fria. É comum, também, a ocorrência de veranicos associada a temperaturas que se aproximam de, podendo eventualmente ultrapassar a, 40°C durante a fase crítica de enchimento de grãos, levando a quedas significativas na produtividade das lavouras. Ademais, os solos da região são rasos, de texturas predominantemente de média a arenosa, com baixa fertilidade natural, e apresentam baixa capacidade de retenção da água. Essas condições, aliadas à ocorrência de ventos fortes e à elevada taxa evapotranspiratória, impõem à cafeicultura do norte capixaba a necessidade de utilização da irrigação, o que contribui para a elevação do custo de produção do café (DAMATTA et al., 2007).

Os fortes ventos nordeste e sudeste, que normalmente ocorrem no final do período da seca (agosto), têm proporcionado prejuízo intenso à cafeicultura do Espírito Santo. Nesse período, as lavouras não-irrigadas, debilitadas pela colheita e poda e pelo longo período de déficit hídrico (abril a agosto), sofrem expressivo desfolhamento, tornando-se menos produtivas e longevas. Esses fatores, somados às frequentes oscilações do preço do café e à pressão da sociedade por uma cafeicultura mais sustentável, têm redirecionado a visão do cafeicultor quanto à condução de sua lavoura, principalmente para os aspectos relacionados à utilização de espécies perenes que possam ser consorciadas com o café, visando-se ao aumento da rentabilidade por área cultivada e à minimização dos efeitos adversos do clima (particularmente seca, altas temperaturas e ventos) sobre a lavoura.

Nesse contexto, na região de plantio de café Conilon no norte do Espírito Santo, o cultivo consorciado tem-se tornado uma prática cada vez mais comum. Registre-se que o café é uma mercadoria bastante vulnerável às flutuações de preço no mercado internacional e, seguramente, a diversificação é uma estratégia para manter ou melhorar o equilíbrio econômico da propriedade.

O estudo do microclima proporcionado pelo agrossistema são critérios de suma importância para definições de viabilidade de uma lavoura, bem como

seu manejo. Considerando a falta de trabalhos nesta área, objetivou-se com este estudo caracterizar o microclima formado no cultivo de café Conilon pela arborização realizada com seringueira e seus efeitos no crescimento do cafeeiro.

Material e Métodos

O presente trabalho foi realizado nos meses de janeiro (verão) e setembro (inverno) de 2012 em uma área de produção comercial de café Conilon (instalada no final de 2006) consorciado com seringueira (plantada no final de 2007), localizada no distrito de Água Limpa, município de Jaguaré, Espírito Santo, Brasil (18°56'20,31"S e 39°58'36,78"O). O Clima da região é tropical quente, a temperatura média anual é de 23,3°C. A precipitação média anual foi de 1.200 mm a 1.300 por ano com predominância das chuvas nos meses de outubro a janeiro, (PROATER, 2011). O solo é caracterizado como Latossolo vermelho amarelo distrófico, textura Areia Franca, fertilidade média a baixa (EMBRAPA, 1999). A análise de solo da lavoura na profundidade de 0 - 20 centímetros apresentou as seguintes características: pH: 6, P: 27mg/dm³, K: 45 mg/dm³, S: 7 mg/dm³, Ca: 2 cmol, Mg: 0,4 cmol, Al: 0 cmol, H+Al: 2 cmol, MO: 2 dag/Kg, Fe: 87 mg/dm³, Zn:14 mg/dm³, Cu: 2 mg/dm³, Mn: 24 mg/dm³, B: 0,38 mg/dm³, Na: 19 mg/dm³.

As seringueiras foram plantadas em fileira dupla (33m X 3m), com 2,3m entre plantas, o café com espaçamento de 3m X 1m. A lavoura foi plantada no sentido leste oeste fazendo um ângulo de 24,64° do Oeste para o Norte, estando dividida em duas partes lado norte e lado sul com as árvores fazendo a divisão da lavoura (Figura 1). As seringueiras estavam com diâmetro a altura do peito (DAP) média de 45 centímetros, altura de 10 metros, copa de sete metros de diâmetro, cada renque 100 metros de comprimento, possuindo quebra vento na frente e nos fundos com as seringueiras de 35 anos com altura de 17 metros, DAP 105 centímetros e 14 metros de diâmetro de copa, espaçados 3 x 7 metros. No lado norte, T1 representa a primeira linha de café ao lado das árvores, e T5 a última linha avaliada, que é a linha do meio da lavoura. No lado sul T1 a primeira linha de café ao lado das árvores até T5 que

é a linha do meio. Os aparelhos HOBO U12 foram fixados em varas de bambus, 50 metros a partir da primeira planta de café, para diminuir a interferência dos quebra ventos situados na frente e no final da lavoura.

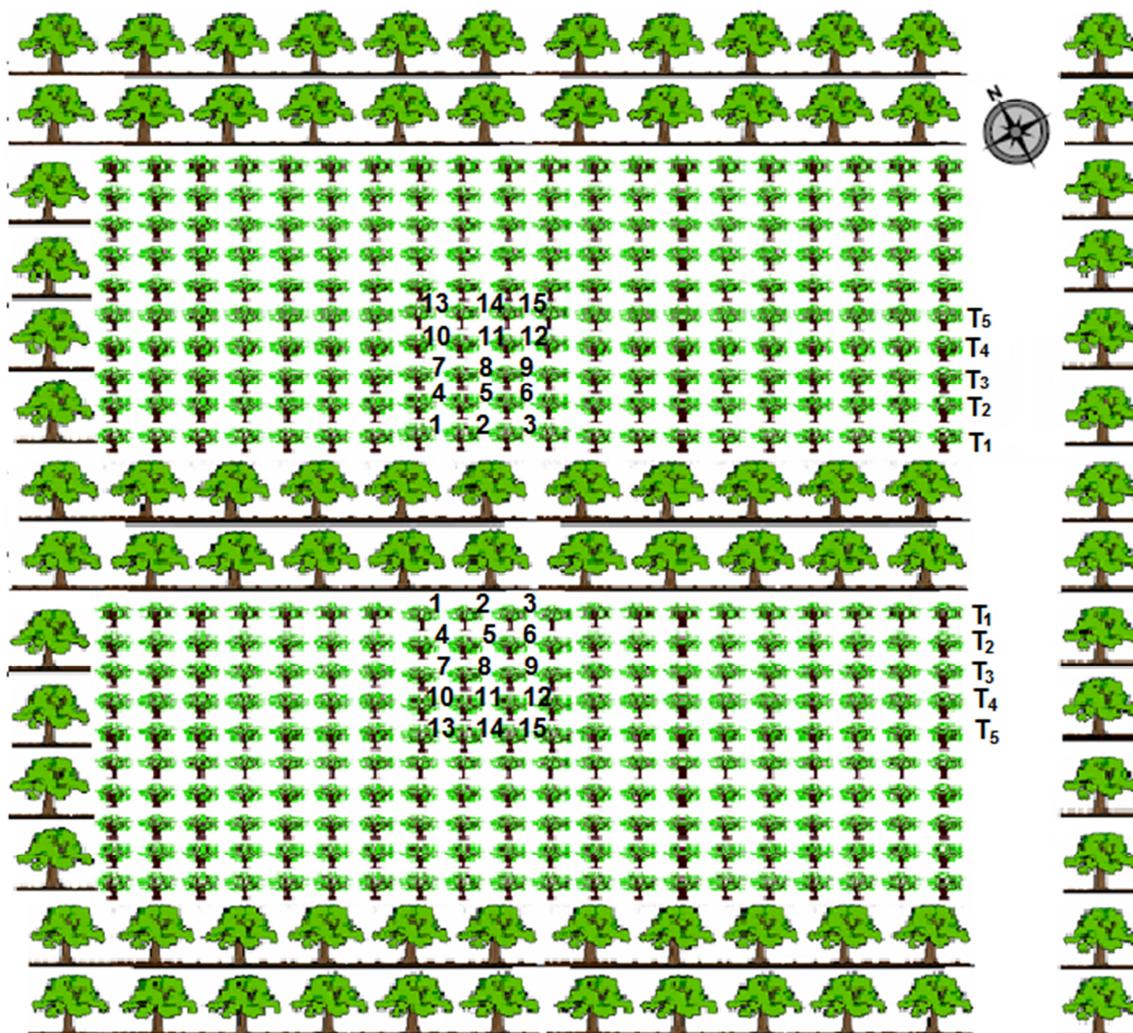


Figura 1 – Desenho esquemático com a disposição das culturas na área experimental, e a localização onde foram feitas as amostragens climatológicas, em Jaguaré-ES.

As avaliações microclimáticas foram realizadas nos dias 27 e 28 de janeiro e 12 e 13 de setembro, nestes dias o sol possuía uma declinação solar de -18,42 e -18,16 e 3,75 e 3,36.

Para a caracterização do microclima, foram quantificados a luminosidade, temperatura média e umidade relativa do ar. As medições foram realizadas com sensores do tipo HOBO U12 Temp/RH/Light/External Data

Logger, instalados três metros de altura (acima da copa do cafeeiro) acima das cinco primeiras linhas de café a contar da linha de seringueira do lado norte e sul. Cada sensor distou cinco metros na linha, avaliando 10 metros linear em cada linha. Foram colocados três sensores em cada posição. O aparelho realizou leituras de 10 em 10 minutos. As medições microclimáticas foram iniciadas 6 horas até 19 horas. Os tratamentos foram localizados em função do distanciamento das linhas de café em relação às árvores de seringueira.

Para as avaliações na planta foram realizadas duas repetições em cada lado Norte e Sul, totalizando quatro repetições em cada tratamento, com cada tratamento iniciado na primeira linha de café ao lado das árvores de seringueira.

O crescimento do cafeeiro em cada condição microclimática foi avaliado por medições de ramos plagiotrópicos e ortotrópico. Mediu-se o comprimento de ramos plagiotrópicos com frutos (CRPF), ramos plagiotrópicos jovens com ausência de frutos (CRPJ) e ramos ortotrópicos (CRO). Avaliou-se 20 plantas por tratamento com cinco repetições, dividindo o comprimento do ramo pelo número de nós, tendo-se o tamanho médio do entre nó (estiolamento). No ramo velho mediram-se as distancias dos nós com cafés e a ponta do ramo sem café separadamente, no ramo novo mediu-se o ramo todo, e no ramo ortotrópico mediu-se a partir do ramo mais novo sem café até a ponta.

Folhas foram coletadas para análise de concentração nutricional e medição da área foliar, fazendo-se uma amostra de 60 folhas em cada tratamento com quatro repetições. Coletaram-se as folhas no terço médio superior da planta, no terceiro e quarto par de folhas. A área foliar foi estimada segundo Partelli et al. (2006). Foi estimado o teor de clorofila *a*, *b* e total das folhas, localizadas no terço médio superior da planta no terceiro e quarto par de folhas, mantendo-se o mesmo padrão da amostragem foliar para evitar possível sombreamento, sendo amostradas 20 folhas por tratamento com cinco repetições, usando um medidor eletrônico de teor de clorofila, Falker clorofiLOG CFL 1030.

Foi realizado análise de variância para testar a hipótese de igualdade para todas as variáveis analisadas dentre as amostras provenientes dos diferentes tratamentos. Aplicou-se teste de Tukey para comparações múltiplas entre as médias, em nível de 95% de confiança.

Resultados e Discussão

Avaliações Microclimáticas

A variação da luminosidade demonstra o efeito da arborização em relação ao distanciamento dos cafés das árvores de seringueira, para o aumento dos valores de radiação solar observado (Figura 2), tornando o ambiente mais ameno propiciado pelo cultivo arborização.

A luminosidade apresentou características de cada estação do ano, com os maiores valores para luminosidade e temperatura no verão, os maiores valores ocorrem na parte da manhã, no lado norte. No inverno os maiores valores ocorrem na parte da tarde, tendo o efeito da arborização bem evidente, com os valores do T1 menor que com os tratamentos, com o T5 tendo os maiores valores tanto no lado norte quanto no sul.

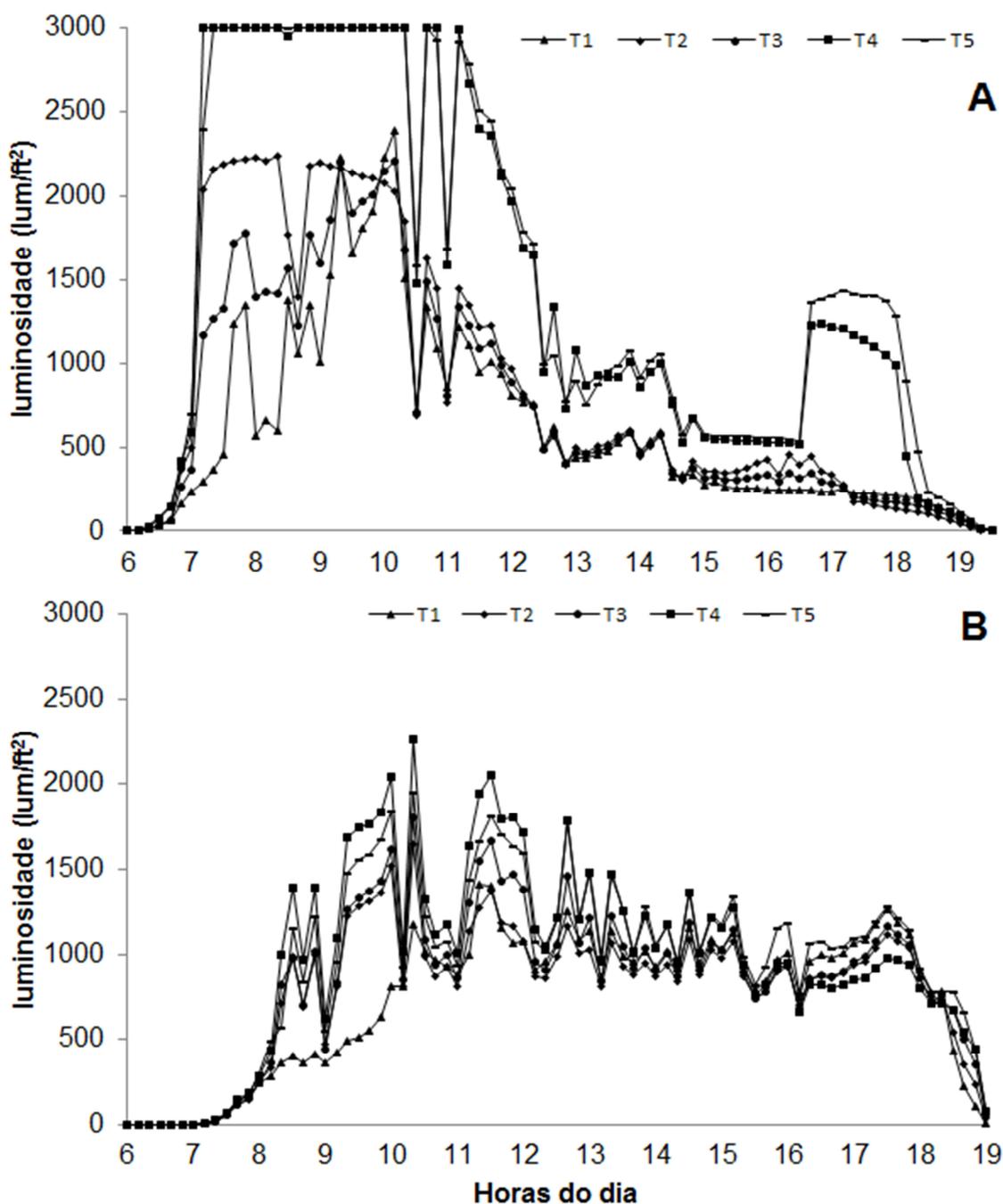


Figura 2 – Variação dos valores diários de luminosidade, observados no verão; A) Lado norte, B) Lado sul; T1 linha de café a 3 metros, T2 linha de café a 6 metros T3 linha de café a 9 metros T4 linha de café a 12 metros T5 linha de café a 15 metros, Jaguaré-ES.

Os valores obtidos no verão no lado norte (Figura 2A), mostraram que ao longo do dia os maiores valores se encontram no T4 e T5, e os menores na T1, sendo a maior diferença entre estes dois tratamentos obtidos as 7:20 horas, 362,6 lum/ft² no T1 e 2998,9 lum/ft² no T5, mantendo uma diferença

media de 875,0 lum/ft² no dia. Os maiores valores de temperatura foram registrados no verão devido à declinação solar de -18.42°, mostrando que o sol esta voltado para o hemisfério sul e no inverno formando um ângulo de 3.75°, estando mais distante do hemisfério sul chegando assim menos radiação solar. No lado sul (Figura 2B) os maiores valores foram obtidos no tratamento 4 e 5, os menores valores ocorreram no T1 e T2. Pezzopane et al. (2010b; 2011) verificaram em cafeeiros arborizados, as linhas próximos as árvores recebem menor quantidade de luminosidade, com boa parte da luminosidade ficando retidos nas copas das árvores, provocando alterações nas condições climáticas no ambiente próximo às plantas, atenuando a temperatura e aumentando a umidade relativa.

Morais et al. (2003) ao estudarem consórcio com guandu registraram uma interceptação muito menor dos raios solares pelos cafeeiros, apresentam menores taxas de transpiração e fotossíntese, maior crescimento em altura, menor número de ramos plagiotrópicos e folhas maiores com menor acúmulo de matéria seca.

No inverno no lado norte os valores mostram-se similares até 12:00h, após os valores variaram muito devido ao ângulo de 24,64°C, pois quando o sol estava se pondo fez sombra nas linhas de cafés mais próximas as árvores, deixando as carreiras ensolaradas por mais tempo (Figura 3A).

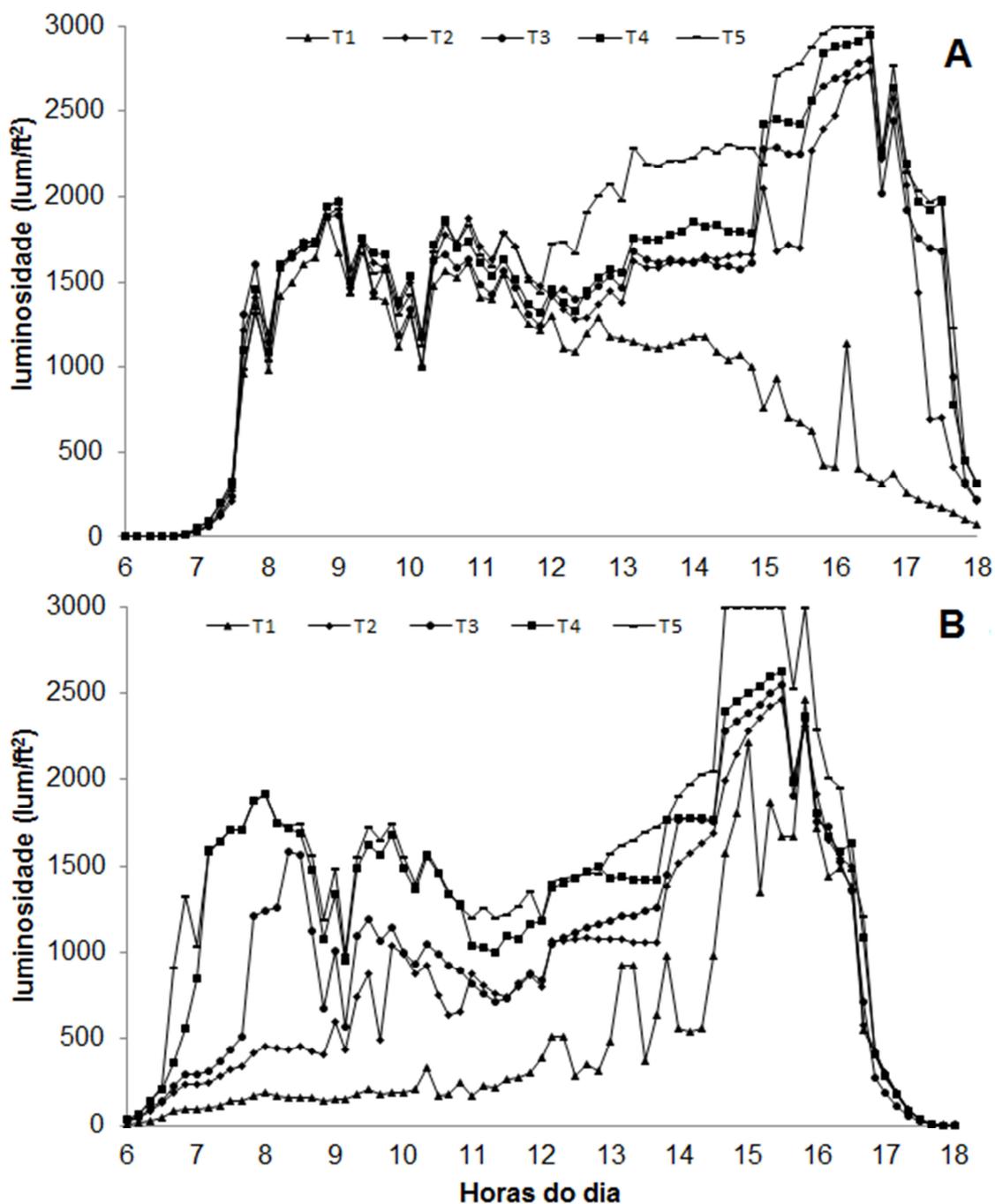


Figura 3 – Variação dos valores diários de luminosidade, observados no inverno; A) Lado norte, B) Lado sul; T1 linha de café a 3 metros, T2 linha de café a 6 metros T3 linha de café a 9 metros T4 linha de café a 12 metros T5 linha de café a 15 metros, Jaguaré-ES.

Os maiores valores foram obtidos no T5, e os menores valores registrados no T1, sendo a maior diferença obtida as 16:30 horas, 355,4 lum/ft² no T1, e 2998,9 lum/ft² no T5, mantendo uma diferença média de 738,2 lum/ft² ao longo de todo dia. No lado sul (Figura 3B), após às 15h houve pouca

diferença, pois o sol esta se pondo fazendo mais sol do lado sul devido ao ângulo de 24,64°C. Os maiores valores foram obtidos no T5, e os menores valores registrados no T1, com a maior diferença obtida as 8:00 horas, 188,7 lum/ft² no T1, e 1915,1 lum/ft² no T5 , mantendo uma diferença média de 984,6 lum/ft² ao longo de todo dia. Morais et al. (2009) estudando sombreamento, com interceptação de até 50% da radiação incidente sobre cafeeiros, em diferentes épocas do desenvolvimento de gemas florais, verificaram que não houve alteração do crescimento, a maturação, a produção e o tamanho dos grãos.

A Figura 3A, mostra uma luminosidade homogênea no início da manhã, na parte da tarde como o sol tendência para o lado sul, com o T1 ficando mais sombreado em relação aos tratamentos mais centrais. Observa-se na (Figura 3B) que a parte da manhã fica mais sombreada para os tratamentos 1, 2 e 3 já que o sol esta inclinado para o lado norte irradiando mais os T4 e T5 mais distantes das árvores, e na parte da tarde mostra a elevação da temperatura para todos os tratamentos, com exceção do T1 sombreado devido à declinação solar.

Pezzopane et al. (2007) em estudos realizados com café arábica consorciados com bananeiras mostraram uma atenuação media da radiação solar global de 21%. Siles et al. (2010) relataram que cafés arábica arborizados na Costa Rica com *Inga densiflora* mostraram uma redução de até 40% na transmitância da luz, aumentando a qualidade do café e da biomassa das plantas em até três vezes em relação a monocultura.

Os valores obtidos de temperatura média durante o verão e o inverno nos lados norte e sul no ano de 2012 (Figura 4), demonstra o potencial do consórcio propiciado pela arborização, em relação ao distanciamento dos cafés das árvores de seringueira, para a diminuição dos valores médios de temperatura observados, tornado ambiente mais ameno para o cultivo.

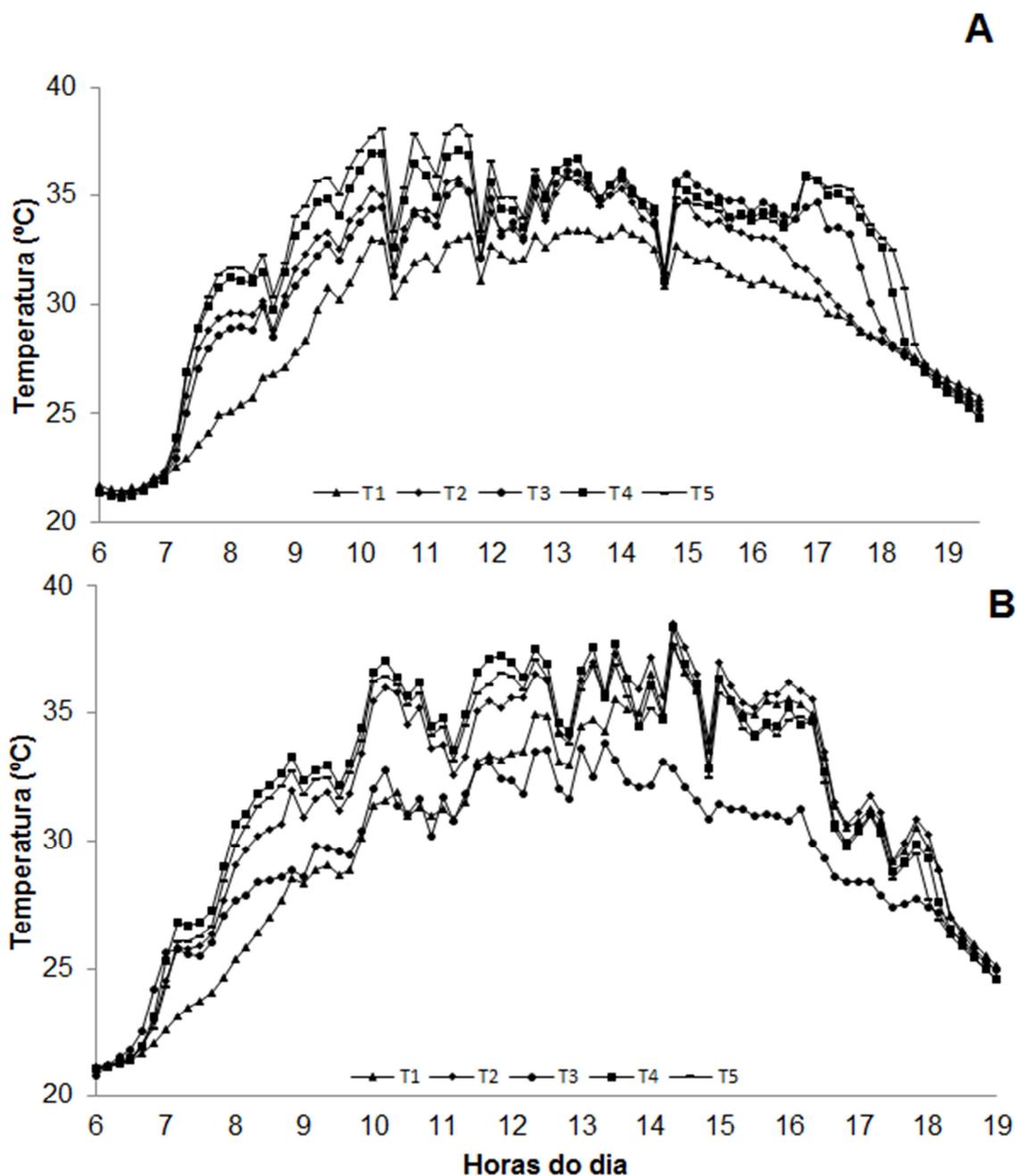


Figura 4 – Variação dos valores diários de temperatura média, observados no verão; A) Lado norte, B) Lado sul; T1 linha de café a 3 metros, T2 linha de café a 6 metros T3 linha de café a 9 metros T4 linha de café a 12 metros T5 linha de café a 15 metros, Jaguaré-ES.

Os maiores valores médios de temperatura foram obtidos no verão, todos no T5, sendo no lado norte as 11:30, 38,3°C e no lado sul as 14:20, 38,3°C, por sua vez nos mesmos horários o T1 apresentou 33°C no lado norte e no lado sul 32,8°C no T3. Observando uma diferença de 5,5°C no lado sul e 4°C no lado sul.

No inverno os maiores valores foram obtidos no lado sul 37°C as 14:40 no T5 e o menor valor foi obtido no T1, 31°C. No lado norte a maior temperatura foi encontrada as 13:10 no T5, 36°C e a menor temperatura no T1, 32°C. Pezzopane et al. (2010a) registraram redução de até 2,2°C em sistemas consorciados com noqueira macadâmia (Figura 5). Morais et al. (2006) também registraram redução de até 10°C em alguns momentos do dia no mês de setembro em sistemas sombreados com sombrite, reduzindo cerca de 60% da luz solar, propiciando um ambiente mais adequado ao cultivo dos cafeeiros, que por ser originária de condições de sub-bosques, encontra no sombreamento parcial um habitat favorável ao seu crescimento e desenvolvimento. Valentini et al. (2010), registraram em sistemas consorciados de café arábica com coqueiro e seringueira sendo no consórcio com seringueira observando uma redução de até 3°C, nos meses mais quentes do ano primavera e verão, que correspondem aos estádios fenológicos críticos da floração e da frutificação.

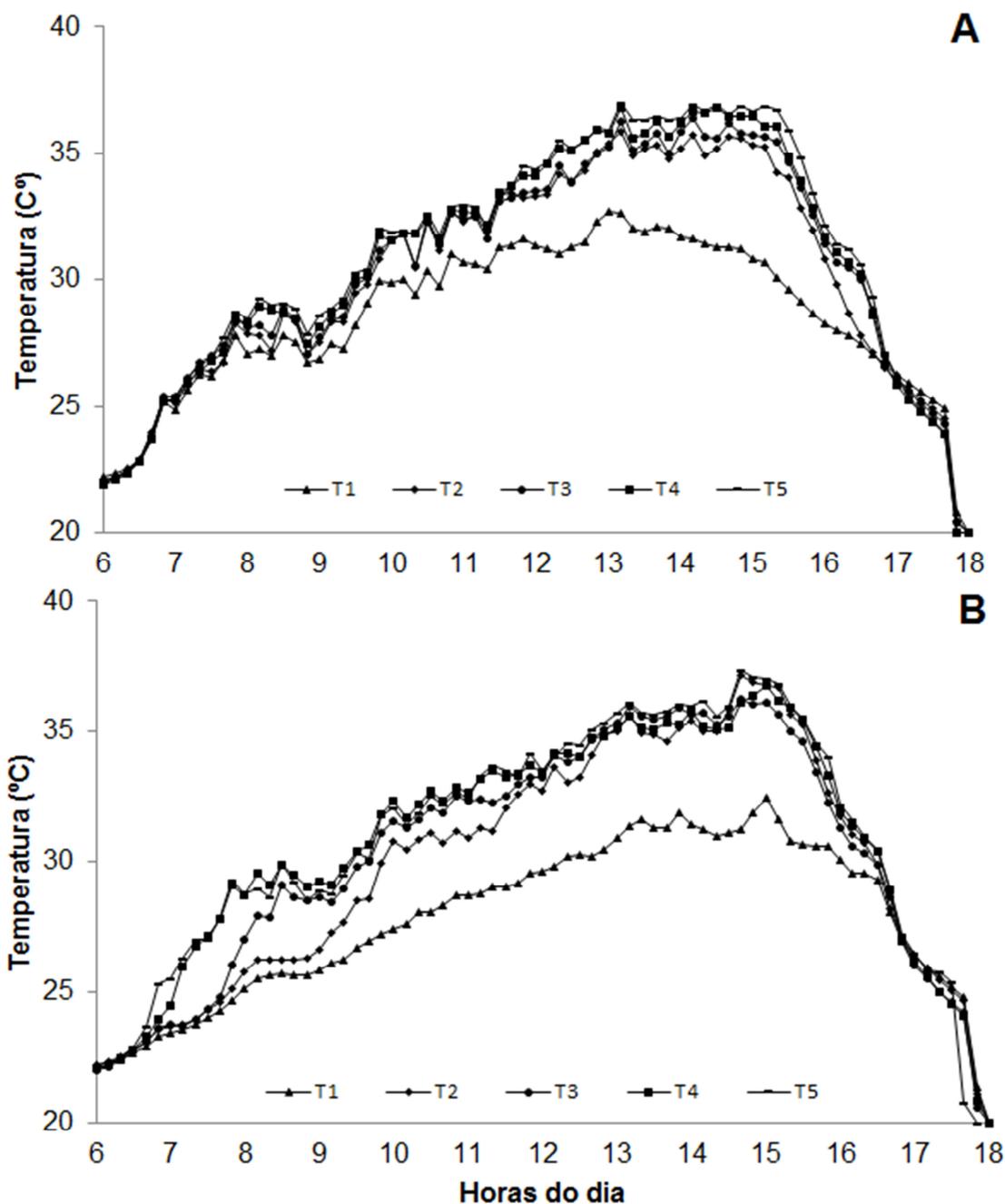


Figura 5 – Variação dos valores diários de temperatura média, observados no inverno; A) Lado norte, B) Lado sul; T1 linha de café a 3 metros, T2 linha de café a 6 metros T3 linha de café a 9 metros T4 linha de café a 12 metros T5 linha de café a 15 metros, Jaguaré-ES.

Observa-se uma temperatura menor em T1 do que nos outros tratamentos, e no final da tarde o T2 mostra uma significativa redução da temperatura (Figura 5A), isso pode ser devido ao ângulo de $-24,64^\circ$ que a lavoura faz com o sentido leste oeste, mostrando que devido ao ângulo os T1 e

T2 têm uma redução maior da temperatura em relação aos tratamentos 3, 4 e 5, pois devido ao ângulo o sol incidiu mais nos tratamentos mais centrais, no caso dos tratamentos 3, 4 e 5.

Na figura 5B, o efeito do ângulo mostra-se fazendo mais sombra no T1 na parte da manhã e a tarde o sol vira para o lado sul irradiando mais o T1, sombreando mais os tratamentos centrais T3, 4 e 5.

Os valores de umidade relativa do ar se comportaram inversamente proporcional a temperatura do ar (Figura 6). O efeito da arborização é demonstrado pela interceptação da radiação solar incidente sobre os cafeeiros, provocando alterações nas condições climáticas no ambiente próximo às plantas, atenuando extremos térmicos e aumentando a umidade relativa, com reflexos favoráveis no potencial produtivo da cultura.

Comparando o verão com o inverno, o verão caracterizou-se com valores não tão dispersos quanto no inverno. No inverno ficou bem caracterizado o efeito da arborização, aumentando os valores de umidade das linhas de cafés próximas as árvores de seringueira.

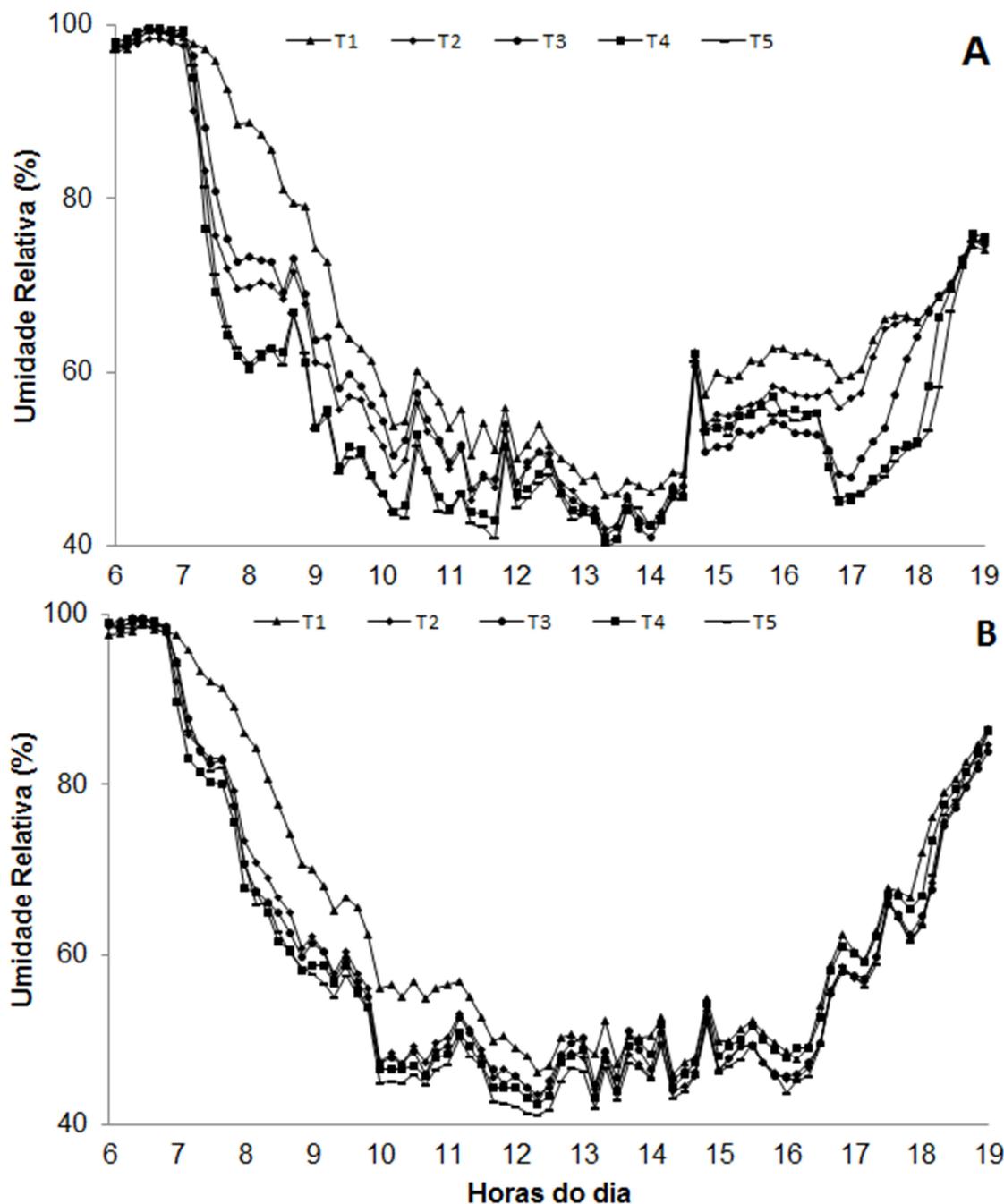


Figura 6 - Variação dos valores diários de umidade relativa do ar, observados no verão; A) Lado norte, B) Lado sul; T1 linha de café a 3 metros, T2 linha de café a 6 metros T3 linha de café a 9 metros T4 linha de café a 12 metros T5 linha de café a 15 metros, Jaguaré-ES.

Os valores obtidos no verão no lado norte (Figura 6), mostraram que ao longo do dia os maiores valores se encontram no T1 e os menores no T5, sendo a maior diferença entre estes dois tratamentos obtidos as 8:00 horas, 88,7% no tratamento 1 e 60,9% no T5, mantendo uma diferença média de

9,3% ao longo de todo dia. No lado sul os maiores valores foram obtidos no T1, e os menores no T5, onde obteve a maior diferença entre estes dois tratamentos medidos as 8:10 horas, 84,2% no T1 e 65,8% no T5, mantendo uma diferença média de 4,7% ao longo de todo dia. Pezzopane et al. (2011; 2010b) descrevem que o cultivo arborizado de cafés cultivados com noqueira macadâmia provoca alterações no regime de umidade relativa do ar, com maior efeito sobre os valores diurnos e no ponto de amostragem próximo ao renque de macadâmia, evidenciando até 5% de diferença. No cultivo arborizado com coqueiro anão verde promoveu redução na umidade relativa do ar em até 5%.

No inverno os valores obtidos no lado norte, mostraram que ao longo do dia os maiores valores se encontram no T1 e os menores na T4 e 5, sendo a maior diferença entre estes dois tratamentos obtidos as 15:20 horas, 66,2% no T1 e 47,2% no T4, mantendo uma diferença média de 7% ao longo de todo dia. No lado sul os maiores valores foram obtidos no T1, e os menores no T4, onde obteve a maior diferença entre estes dois tratamentos medidos as 15:20 horas, 63,7% no T1 e 47,6% no T4, mantendo uma diferença média de 9,3% ao longo de todo dia (Figura 7).

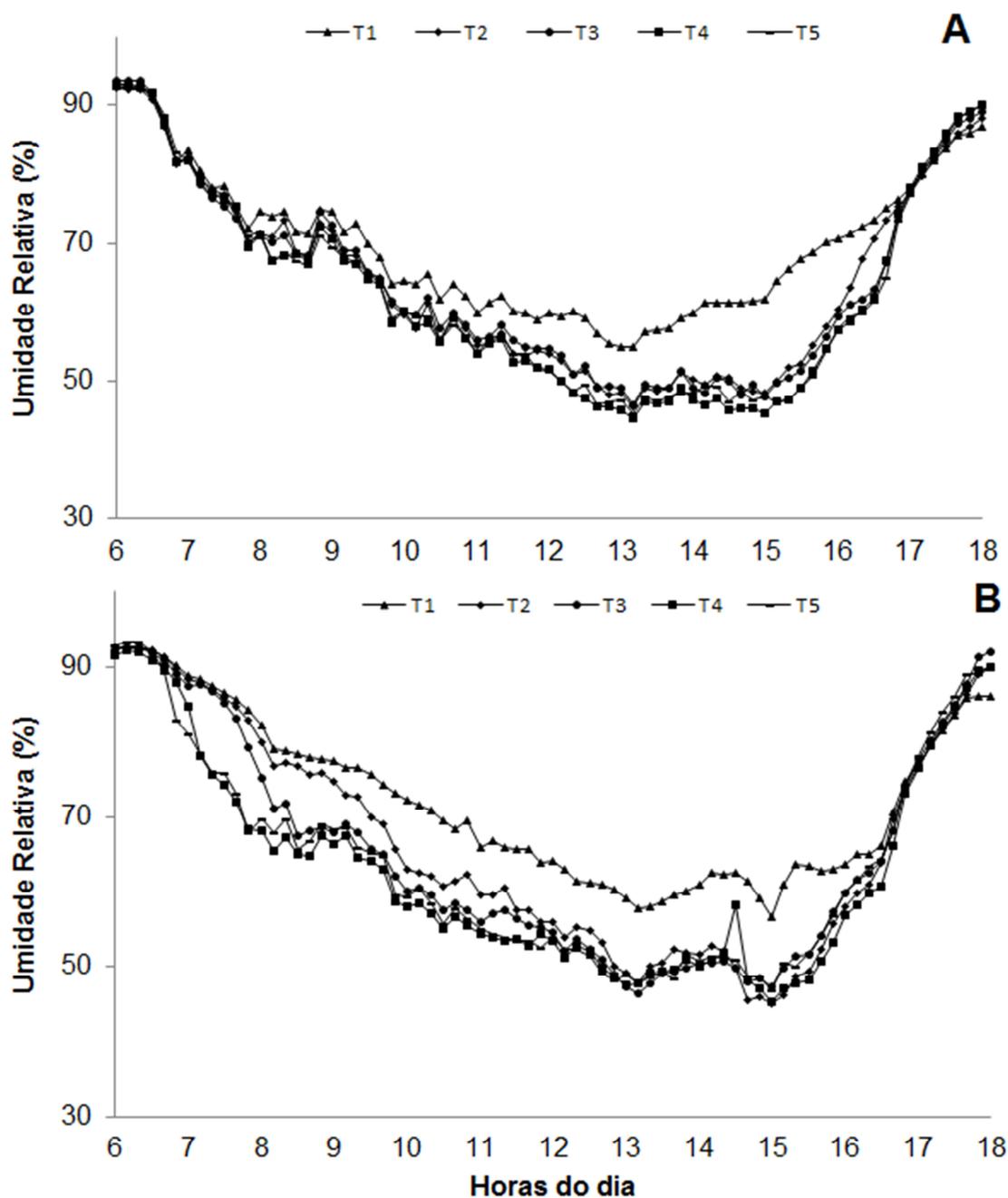


Figura 7 - Variação dos valores diários de umidade relativa do ar, observados no inverno; A) Lado norte, B) Lado sul; T1 linha de café a 3 metros, T2 linha de café a 6 metros T3 linha de café a 9 metros T4 linha de café a 12 metros T5 linha de café a 15 metros, Jaguaré-ES.

Avaliações na planta

O sombreamento aumentou o comprimento médio dos internódios dos cafeeiros em todos os tratamentos nas duas estações do ano, mostrando que são afetados significativamente pelo sombreamento em nível de $p < 0,01$ (Tabela 1). Os ramos velhos com café medidos no verão tiveram seu crescimento vegetativo a partir do inverno de 2011 até o verão de 2012, mostrando que houve diferença estatísticas sendo os tratamentos 1, 2, 3 e 4 iguais e apenas o T5 diferente dos demais, tendo os tratamentos 1, 2, 3 e 4 sofrendo um efeito maior do sombreamento das copas das árvores e pela própria planta por ser localizar bem abaixo da copa das arvores. A ponta do ramo velho sem café, houve uma diferença estatística significativa a $p < 0,01$ dos T4 e T5, dos T1, T2 e T3. No ramo novo sem café, sendo o T1 diferente estatisticamente dos T2 e T3, que são diferentes dos T3, T4 e T5. No ramo ortotrópico, T1 e T2 diferente estatisticamente dos T3, T4 e T5. No ramo novo sem café medido no inverno de 2012, T1, T2 e T3, diferentes do T4 e T5 (Tabela 1).

Os resultados mostram que quanto maior o nível de sombreamento, maior é o tamanho do internódio dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos. Isso implica em menor número de nós, mas não necessariamente menor produção dessas plantas, como identificado por Brum (2007) que constatou que o sistema consorciado entre pupunha e café Conilon foi mais produtivo que o monocultivo, e Ricci et al. (2006) não observaram diferenças estatísticas entre produtividade do cafeeiro Conilon sombreado e pleno sol, mas corroborando os resultados do estiolamento devido ao efeito do sombreamento. Brum (2007) mostrou que quanto maior o adensamento das pupunheiras aumentando a sombra, maior é o internódio dos ramos.

A ação do fitocromo no crescimento e desenvolvimento das plantas possibilita as plantas entender o sombreamento por outras plantas, as plantas alongam seu caule em resposta ao sombreamento, evitação a sombra. Devido ao sombreamento a radiação após passar pela copa das árvores, a luz vermelha fica retida nas folhas e transpassando a luz vermelho extremo, pelas folhas serem mais finas adaptadas ao sol. Tornando o ambiente relativamente mais rico em luz vermelho extremo do que em luz vermelho, promovendo a

transformação do fitocromo vermelho extremo (Pfr) em fitocromo vermelho (Pr) fazendo a razão (Pfr) fitocromo total (Ptotal) (Pfr/Ptotal) diminuir. Dessa forma, as plantas têm seus caules alongados e se ramificam menos, através de um gasto extra de reservas, reduzindo ainda a área foliar e o sistema radicular, diminuindo as ramificações laterais, devido a uma inibição do desenvolvimento das gemas laterais (MORGAN; SMITH, 1979; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Tabela 1 – Crescimento de ramos plagiométricos com frutos (RPCF), Ponta do ramos plagiométrico produtivo (PRPP), Ramo plagiométricos jovens (RPJ) e Ramos ortométricos (RO) de plantas de café Conilon cultivadas sob o efeito da arborização com seringueira, em janeiro (verão) e setembro (inverno) de 2012 em Jaguaré – ES.

	RPCF(V)	PRPP(V)	RPJ(V)	RO(V)	RPJ(I)	RO(I)
T1	5,1ab	3,6a	5,7a	4,1a	4,1a	2,5a
T2	5,2a	3,6a	5,1b	3,7a	4,1a	2,4a
T3	4,4ab	3,1ab	4,7bc	3,2b	3,8ab	2,3ab
T4	4,8ab	3,0b	4,5c	2,8b	3,5b	2,1b
T5	4,3b	2,9b	4,4c	2,9b	3,5b	2,0b
CV%	32,18	27,94	17,71	23,60	19,23	22,80

Medias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). T1 linha de café a 3 metros, T2 linha de café a 6 metros T3 linha de café a 9 metros T4 linha de café a 12 metros T5 linha de café a 15 metros, Jaguaré-ES.

A avaliação dos macro e micro nutrientes foliares, apresentaram uma grande diversidade de informações dentre as linhas de café seguindo o afastamento das árvores de seringueira até o quinto tratamento que simularia o pleno sol, que estava afastado 15 metros das árvores (Tabela 2).

Tabela 2 – Concentração (N, P, K, Ca, Mg e S g.Kg⁻¹ e Fe, Zn, Cu, Mn, e B mg.Kg⁻¹) média de nutrientes foliares na linha de cafés sobre o efeito do sombreamento, no verão em janeiro de 2012.

Trat.	Concentração foliar										
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Cu	Mn	B
T1	24,3a	1,3b	17,9a	17,3a	2,5a	1,3b	59,7a	9,7a	8,0a	97,7a	63,5a
T2	24,7a	1,5a	20,6a	14,5b	2,4a	1,4ab	54,5a	9,0a	6,0b	73,5ab	54,0a
T3	24,2a	1,4a	19,0a	14,0b	2,1a	1,4ab	61,7a	10,0a	7,2ab	74,2ab	51,0a
T4	23,8a	1,5a	18,4a	14,2b	2,3a	1,6a	65,7a	9,0a	7,2ab	65,0b	58,5a
T5	24,6a	1,4a	18,7a	14,4b	2,2a	1,4ab	61,5a	8,2a	8,2a	61,5b	57,0a
CV%	4,56	4,63	7,15	7,24	11,52	9,41	10,40	12,39	10,09	18,80	10,10

Medias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). T1 linha de café a 3 metros, T2 linha de café a 6 metros T3 linha de café a 9 metros T4 linha de café a 12 metros T5 linha de café a 15 metros, Jaguaré-ES.

O teor de N não apresentou diferença estatística entre as médias mostrando que o sistema sombreado não compromete a disponibilidade de N, para as plantas de café, uma vez que o T5 esta a 15 metros afastados das árvores. Ricci et al. (2006) mostraram que sistemas sombreados tiveram maiores teores de N em relação a monocultivos. A presença de espécies sombreadoras implica maior ciclagem de nutrientes pela queda de folhas e galhos, maior proteção do solo contra erosão, menor exposição do solo à radiação solar e maior presença de raízes que, por sua vez, evitam que o N seja perdido (MUÑOZ; ALVARADO, 1997).

A concentração de P foi menor na linha próximo a seringueira (sombreado), apresentando médias muito semelhantes, evidenciando diferença estatística entre as médias mostrando que o sistema sombreado. Segundo Brum (2007) outro sistema sombreado registrou o maior teor de P, e não o sistema monocultivo. Ricci et al. (2006) e Campanha et al. (2007) não observaram diferença estatística entre teor de P entre sistema sombreado e monocultivo.

Os teores de K, Mg, Fe e B não apresentaram diferença estatística, sendo iguais para todos os tratamentos, o que permite afirmar que o sombreamento não afeta a disponibilidade do nutriente na planta. Ricci et al. (2006) comparando sistemas sombreados com monocultivos, não obteve diferenças estatísticas para o K e Mg. Campanha et al. (2007) registrou

maiores valores de Fe e B em sistemas solteiros de café comparados com sistemas agroflorestais.

O teor de Ca, apresentou diferença estatística, sendo o maior valor ao lado da seringueira, 17,3 cmol, corroborado com os trabalhos de Brum (2007) e Campanha et al. (2007) que obtiveram os valores de Ca maior nos sistemas sombreados em comparação aos monocultivos, e Ricci et al. (2006) não registraram diferenças para disponibilidade do Ca na planta comparando sistemas sombreados de monocultivos. O cálcio é essencial para a integridade da membrana plasmática das células, e também tem papel importante na conversão de sinais vindo do ambiente. Quase sem exceção estresses abióticos e bióticos causam aumento na concentração do cálcio no citoplasma. O cálcio liga-se a proteína calmodulina, e a organelas celulares. Tem função na abertura do estômato e interage com o potássio nas relações osmóticas das células (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

O teor de S apresentou diferença estatística entre as médias mostrando o menor valor na linha de café ao lado das árvores de seringueira (Tabela 2), sendo igual ao T5, tratamento mais longe do sombreamento, mostrando que o sombreamento não afetou a disponibilidade no nutriente. Brum (2007) observou que o tratamento mais sombreado registrou maiores valores de S, comparado ao sistema de monocultivo. Campanha et al. (2007) registraram maiores valores de S no sistema agroflorestal comparado com o café solteiro.

O teor de Mn apresentou diferença estatística entre as medias, com os maiores valores na linha de café ao lado das árvores (Tabela 2), sofrendo maior efeito do sombreamento. Campanha et al. (2007), Brum (2007) e Gonçalves et al. (2007) contradizendo as informações, registraram, com maiores valores de Mn, em condições de maior disponibilidade de mais luz. O manganês é parte do fotossistema II, auxiliando na fotólise da água e transferência de elétrons para a clorofila. Também é constituinte integral da proteína superóxido dismutase, que tem função antioxidante. O manganês ativa também inúmeras outras enzimas (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Os valores de clorofila *a*, mostram uma homogeneidade dos dados dentre todos os tratamentos, não variando estatisticamente tanto no verão quanto no inverno (Tabela 3).

Tabela 3 - Teor médio estimado de clorofila (unidade ICF) na linha de cafés sob o efeito do sombreamento, no verão e inverno de 2012.

Tratamento	Clorofila <i>a</i>		Clorofila <i>b</i>		Clorofila Total	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
T1	41,13a	39,59a	18,33a	16,95c	59,06a	56,54c
T2	42,59a	41,39a	22,88a	25,54ab	65,47a	66,93ab
T3	43,03a	38,62a	20,71a	19,86bc	63,74a	66,93ab
T4	42,60a	41,20a	18,06a	23,69abc	60,66a	58,48bc
T5	41,97a	40,57a	19,75a	27,50a	61,73a	68,07a
CV%	5,50	9,39	52,67	36,10	20,02	17,27

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, na mesma linha, a Tukey a nível de 5% de probabilidade, T1 linha de café a 3 metros, T2 linha de café a 6 metros T3 linha de café a 9 metros T4 linha de café a 12 metros T5 linha de café a 15 metros, Jaguaré – ES.

Gonçalves et al. (2007) obtiveram resultados semelhantes, com os maiores valores de para clorofila *a*, encontrados em folhas mais sombreadas. Os valores de clorofila *b*, são homogêneos entre todos os tratamentos no verão, não variando estatisticamente, para o inverno os valores diferiram estatisticamente com o maior valor no ocorrendo no T5, mais distantes das árvores (Tabela 3). Gonçalves et al. (2007) registraram resultados semelhantes, com os maiores valores de para clorofila *b*, em folhas menos sombreadas. Campostrini e Maestri (1998) comparando clones com diferentes potenciais produtivos mostraram que diminui a concentração de clorofila *b* conforme aumenta a produtividade. Senevirathna et al. (2003) obtiveram concentração de clorofila total e relação da clorofila *a/b* por unidade de área foliar diminuída em resposta ao aumento da sombra.

Os valores de clorofila total, são homogêneos entre todos os tratamentos no verão, apesar de ter maiores médias T2, não diferem estatisticamente, para o inverno os valores diferiram estatisticamente com o maior valor no T5 (Tabela 3).

Gonçalves et al. (2007) registraram, maiores valores para clorofila *b*, a pleno sol comparado com ambientes sombreadas. Senevirathna et al. (2003) observaram a concentração de clorofila total, e relação da clorofila *a/b* menores a sombra. Contudo, a baixa relação entre as clorofilas *a* e *b*, características das plantas de sombra, tem sido mantida nas folhas expostas ao sol (DAMATTA;

MASTRI, 1997). Mayoli e Gitau (2012) e Oliveira (2009) observaram aumento do teor de clorofila total a sombra comparado com pleno sol.

Folhas desenvolvidas em ambientes sombreados, normalmente, apresentam um alto teor de clorofilas totais por unidade de massa, de forma a aumentar sua capacidade de absorção de luz (LEE et al., 1990; CAO, 2000; FENG et al., 2004). As membranas tilacoidais das plantas aclimatadas as baixas irradiâncias possuem uma grande concentração de pigmentos-antena associados aos centros de reação dos fotossintetizantes e uma menor quantidade de componentes de transportes de elétrons (ANDERSON, 1986). Portanto, nestas plantas, uma menor concentração de clorofilas se mostraria vantajoso, uma vez que haveria menor absorção de fótons, contribuindo, assim, para a atenuação dos efeitos deletérios das altas irradiâncias (MARTÍNEZ-FERRRI et al., 2004).

Niinemets et al. (1998) e Morais et al. (2004) esclarecem que plantas que possuem plasticidade fenotípica, como no caso do café, apresentam aumento nos teores de clorofila, queda na atividade da Rubisco (ribulose 1,5 bifosfato carboxilase/oxigenase) quando em ambientes com baixa disponibilidade de radiação.

O sombreamento aumentou o tamanho médio da área foliar total dos cafeeiros em todos os tratamentos nas duas estações do ano, mostrando que são afetados significativamente pelo sombreamento em nível de $p < 0,01$ (Tabela 4). No verão os T1 e T2 sofreram um efeito maior do sombreamento sendo eles iguais estatisticamente, os T3, T4 e T5 diferentes entre si, com o T5 tendo a menor área foliar total para esta estação.

No inverno todos os tratamentos são diferentes estatisticamente entre si, o T1 sofreu maior efeito do sombreamento com a maior área foliar total, e o tratamento 5 com a menor área foliar total, este sofrendo menor efeito da arborização.

Tabela 4 – Área foliar total (cm²) na linha de cafés sob o efeito do sombreamento, no verão e inverno de 2012, Jaguaré – ES.

	T1	T2	T3	T4	T5	CV%
Verão	93,24a	84,58a	72,11b	56,53c	45,42d	22,36
Inverno	109,07a	70,97b	62,03c	50,78d	34,55e	23,51

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, na mesma linha, a Tukey a nível de 5% de probabilidade. T1 linha de café a 3 metros, T2 linha de café a 6 metros T3 linha de café a 9 metros T4 linha de café a 12 metros T5 linha de café a 15 metros.

Ricci et al. (2006) avaliando cinco cultivares de café arábica e uma de Conilon, comparando sistemas sombreados e a pleno sol, registrou maiores índices de área foliar no sistema sombreado. Tabagiba et al. (2010) avaliando crescimento de mudas de café arábica sob diferentes níveis de radiação observou aumento da área foliar de acordo com a diminuição da luz. Righi (2007) verificaram num sistema de consórcio de café arábica com seringueira, registrou que conforme as linhas de café se distanciam das árvores o tamanho da área foliar diminui.

Valladares et al. (2006) documentado que espécies vegetais em que folhas de sombra, por receberem menor intensidade de fluxo de fótons, traduzem esse efeito pelo aumento da área foliar por unidade de massa. O aumento da área foliar seria uma estratégia de aclimatação das plantas, submetidas ao sombreamento, interceptando uma maior intensidade de luz. Outra estratégia de aclimatação seria a redução da espessura da cutícula e das camadas de parênquima o que facilita a passagem de luz de modo a aumentar a interceptação da irradiância pelas folhas mais internas da copa. O sombreamento de 70% seria vantajosos, uma vez que permitiu a fotossíntese e a abertura estomática ao meio dia, com menor perda de vapor d'água por transpiração (OLIVEIRA, 2009).

Conclusões

1. A Arborização promoveu a atenuação clima, reduzindo a luminosidade em até de 2000 lum/ft², a temperatura em até 5°C, e aumentou a umidade relativa do ar em até 27%.

2. O sombreamento promoveu o alongamento dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos e aumento da área foliar.
3. Ocorre diminuição da concentração de clorofila *b* e total, teores de foliares de P e S e aumento das concentrações de Ca e Mn com aumento do sombreamento.

Referências Bibliográficas

ANDERSON, J. M. Photoregulation of the composition, function and structure of Lakoid membranes. **A Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 37, v. 1, p. 93-136, 1986.

BRUM, V. J. Café Conilon em sombreamento com pupunha. 149p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, UFES-CAA, 2007.

CAMPANHA, M. M.; SANTOS, R. H. S.; FREITAS, G. B.; MARTINEZ, H. E. P.; JARAMILLO-BOTERO, C.; GARCIA, S. L. R. Análise comparativa das características da serapilheira e do solo em cafezais (*Coffea arabica* L.) cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura, na Zona da Mata MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 805-812, 2007.

CAMPOSTRINI, E.; MAESTRI, M. Photosynthetic potential of five genotypes of *Coffea canephora* Pierre. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 10, n.1, p. 13-18, 1998.

CAO, K. F. Leaf anatomy and chlorophyll content of 12 woody species in contrasting light conditions in Bornean heath forest. **Jornal of Botany**, Canadian, v. 78, n. 10, p.1245-1253, 2000.

CARDOSO, L. M.; MEER, P. V.; OENEMA, O.; JANSSEN, B.F.J.; KUYPER, T.W. Analysis of phosphorus by PNMR in Oxisols under agroforestry and conventional coffee systems in Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 112, n. 23, p. 51-70, 2003.

CATEN, A. T. **Trocas Gasosas e Metabolismo Antioxidativo em *Coffea canephora* em Resposta ao sombreamento Promovido Por *Hevea brasiliensis***. 44p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) Universidade Federal de Viçosa, UFV, Minas Gerais, 2007.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, **Safra Café 2012**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>. Acesso em 15/12/2013.

DAMATTA, F. M.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Photosynthesis performance of two coffee species under drought. **Photosynthetica**, Praga, v. 34, n. 2, p. 257-264, 1997.

ELVIRA, R.; ALONSO, S.; CASTILHO, J.; GIMENO, B. S. On the response of pigments and antioxidants of pinus hapelensis to Mediterranean climate factors and long-term ozone exposure. **New Phytologist**, Lancaster v. 138, n. 3, p.419-432, 1998.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Solos: **sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. Londrina: Planta, 2006. 403p.

EVANS, J. R.; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. **Plant Cell, Environment**. Oxford v. 24, n. 8, p. 755-767, 2001.

FENG, Y. L.; CAO, K. F.; ZHANG, J. L. Photosynthetic characteristics, dark respiration and leaf mass per unit area in seedlings of four tropical tree species grown under three irradiances. **Photosynthetica**, Praga, v. 42, n. 3, p. 431-437, 2004.

GONÇALVES, G. C.; GALLO, L. A.; FAVARIM, J. L. Assimilação do carbono por plantas de cafeeiro (*Coffea arabica* L. var. Obatã) crescendo a pleno sol e com sombreamento parcial. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 82, n. 1, p. 35-46, 2007.

HERGOUALC'H, K.; BLANCHARD, E.; SKIBAE, U.; HENAULT, C.; HARMAND, J. M. Changes in carbon stock and greenhouse gas balance in a coffee (*Coffea arabica*) monoculture versus an agroforestry system with *Inga densiflora*, in Costa Rica. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Zürich, v. 148, n. 1, p. 102-110, 2012.

ICO - International Coffee Organization. **Total Production of Exporting Countries Crop Years Commencing: 2006 to 2011**. Disponível em: http://www.ico.org/trade_statistics.asp. Acesso em 15/12/2012.

IRSG - International Rubber Study Group. **Quarterly Statistics**. Disponível em: <http://www.rubberstudy.com/statistics.aspx>. Acesso em 18/12/2012.

LEE, D. W.; BONE, R. A.; TARSIS, S. L.; STORCH, D. Correlates of leaf optical properties in tropical forest sun and extreme-shade plants. **American Journal of Botany**, Davis, v. 77, n. 3, p. 370-380, 1990.

LIN, B. B. Agroforestry management as an adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 144, n. 1-2, p. 85-94, 2007.

MARTÍNEZ-FERRI, E.; MANRIQUE, E.; VALLADARES, F.; BALAGUER, L. Winter photoinhibition in the field involves different processes in four co-occurring Mediterranean tree species. **Tree Physiology**, Durham, v. 24, n. 9, p. 981-990, 2004.

MAYOLI, R. N.; GITAU, K. M. The effects of shade trees on physiology of arabica coffee. **African Journal of Horticultural Science**, Kenya, v. 6, n. 1, p. 35-42, 2012.

MONTAGNINI, F.; NAIR, P. K. R.; Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 61, n. 1, p. 28 1-295, 2004.

MUÑOZ, G.; ALVARADO, J. Importancia de la sombra en el cafetal. **Agroforestería en las Américas**, Turrialba, v. 4, n. 13, p.25-29, 1997.

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

MORAIS, H.; CARAMORI P. H.; RIBEIRO, A. M. A.; GOMES J. C. Microclimatic characterization and productivity of coffee plants grown under shade of pigeon pea in Southern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 763-770, 2006.

MORAIS, H.; MEDRI, M. E.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. de A.; GOMES, J. C. Modification on leaf anatomy of *Coffea arabica* caused by shade of Pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n. 6, p. 863- 871, 2004.

MORAIS, H.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. A.; GOMES, J. C. Características fisiológicas e de crescimento de *Coffea arabica* sombreado com guandu (*Cajanus cajan*) e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1131-1137, 2003.

MORGAN, D. C.; SMITH, H. Systematic relationship between phytochrome-controlled development and species habitat for plants grown in simulated natural irradiation. **Planta**, Berkeley, v. 145, n. 3, p. 253-258, 1979.

NIINEMETS, U.; KULL, O.; TENHUNEN, J. D. An analyses of light effects on foliar morphology, physiology, and light interception in temperate deciduos

woods species of contrasting shade tolerance. **Tree Physiology**, Durham, v. 18, n. 10, p. 681- 696, 1998.

OLIVEIRA, A. A. G. Aclimação da maquinaria fotossintética do cafeeiro cultivado em diferentes níveis de luz e de disponibilidade hídrica. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) Universidade Federal de Viçosa, UFV, 2009.

OTTANDER, C.; CAMPBELL, D.; OQUIST, G. Seasonal changes in photosystem II organization and pigment composition in *Pinus sylvestris*. **Planta**, Berkeley, v. 197, n. 1, p. 176-183, 1995.

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.

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

PEZZOPANE, J. R. M.; CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; BONOMO, R. ; SARAIVA, G. S. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. **Revista ciência agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p.341-348, 2010a.

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

PEZZOPANE, J. R. M. ; PEDRO JÚNIOR, M. J.; GALLO, P. B. Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/banana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 256-264, 2007.

PROATER - **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural PROATER 2011 – 2013**, Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural do Espírito Santo. 2011.

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

RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S.; LUNZ, A. M. P.; PEREIRA, C. R.; DOURADO-NETO, D.; FAVARIN, J. L. Measurement and Simulation of Solar Radiation Availability in Relation to the Growth of Coffee Plants in an Agroforestry System With Rubber Trees. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 195-207, 2007.

ROSADO, P. L.; ALVARENGA, A. P.; PIRES, M. M.; SANTOS, D. F. Agronegócio da borracha natural. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 237, p. 12-22, 2007.

SENEVIRATHNA, A. M. W. K.; STIRLING, C. M.; RODRIGO, V. H. L. Growth, photosynthetic performance and shade adaptation of rubber (*Hevea brasiliensis*) grown in natural shade. **Tree Physiology**, Victoria, v. 23, n. 10, p. 705-712, 2003.

SILES, P.; HARMAND, J. M.; VAAST P. Effects of *Inga densiflora* on the microclimate of coffee (*Coffea arabica* L.) and overall biomass under optimal growing conditions in Costa Rica. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 78, n. 1, p. 269-286, 2010.

SOTO-PINTO, L.; PERFECTO, I.; HERNANDEZ, J. C.; NJETO, J. C. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 80, n. 6, p. 1-69, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução de SANTAREM E. R. et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 720 p.

TATAGIBA, S. D.; Santos, E. A.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. Mudanças de *Coffea canephora* cultivadas sombreadas e a pleno sol. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 219-226, 2010.

VALLADARES, F.; SANCHEZ-GOMES, D.; ZAVALA, M. A. Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. **Journal of Ecology**, London, v. 94, n. 6, p. 1103-1116, 2006.

VALENTINI, L. S. P.; CAMARGO, M. B. P.; ROLIM, G. S.; SOUZA, P. S.; GALLO, P. B. Temperatura do ar em sistemas de produção de café arábica em monocultivos e arborizados com seringueira e coqueiro anão na região de Mococa-SP. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 1005-1010, 2010.

VOLTAN, R. B. Q.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C. Variação na anatomia foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidades luminosas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v. 4, n. 2, p. 99-105, 1992.

3.2. Microclima e Crescimento do Cafeeiro Conilon Cultivado sob Sombreamento com Seringueiras e a pleno sol.

Resumo

Existem poucos estudos de café consorciado com seringueira. Objetivou-se estudar o efeito do sombreamento da seringueira sobre o cafeeiro Conilon, fazendo uma caracterização climatológica. O experimento foi composto por uma lavoura de café Conilon (*Coffea canephora*), cultivadas a pleno sol plantado no final de 2006 com espaçamentos de 3,0 x 1,0m e outra lavoura de café consorciada com seringueira (*Hevea brasiliensis*) sendo o café plantado a 2,6 x 1,3m e seringueira 7,8 x 2,3m, plantados no sentido Leste Oeste, em Jaguaré, Espírito Santo. Foram medidos a radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar em janeiro (verão) e setembro (inverno) de 2012. Realizou-se também avaliação da concentração de nutrientes foliares, medição dos internódios dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos, área foliar e estimativa do teor de clorofila *a*, *b* e total dos cafeeiros, no verão e no inverno de 2012. O sombreamento influenciou diretamente no clima, reduzindo, a temperatura do ar no verão e no inverno e aumentando a umidade relativa. A luminosidade no verão teve uma redução média de 1505,5 lum/ft², ao longo de todo dia, no inverno 2364,9 lum/ft². O sombreamento apresentou estiolamento de até 4,3cm maior que a pleno sol. A concentração foliares de Fe e o Mn apresentaram diferença estatística significativa. Para o teor de clorofila houve diferença estatística para o teor de clorofila *b* e total no verão e no inverno. A área foliar foi diferente estatisticamente para os dois tratamentos no verão e no inverno, com o maior valor na lavoura sombreada.

Palavras-chave: *Coffea canephora*, *Hevea brasiliensis*, sombreamento, monocultivo.

Abstract

Coffee are shaded sources of studies in many countries in search of a diversified production and higher quality. The objective was to study the effect of shading the syringe on the coffee, making a climatological characterization. The experiment was composed of a coffee plantation Conilon (*Coffea canephora*), planted in full sun in late 2006 with a spacing of 1.20 x 3.70 and another coffee plantation intercropped with syringe (*Hevea brasiliensis*) with the following spacings 1 , 20 x 3.70 and 2.0 x 7.0, planted in the East West in Jaguaré Espírito Santo. The work consisted of two treatments, one located in the crop in full sun and shaded plantations in another. We measured solar radiation, temperature and relative humidity in January (summer) and September (winter) 2012. We also conducted evaluation of leaf nutrient content, measurement of primary branches and internodes of orthotropic, leaf area and estimation of chlorophyll *a*, *b* and total trees in the summer and winter of 2012. The shading directly influence climate by reducing the temperature in summer and winter and increasing humidity. Irradiation summer had an average reduction of 1505.5 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ throughout the day, in winter $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}^{-1}$ 2364.9. The branches have undergone statistical differences, the biggest difference occurred in the new branch without coffee in the winter, with a shading of 4.3 cm. The concentration of foliar nutrients only Fe and Mn were statistically significant. For chlorophyll was no statistical difference in the chlorophyll content and total B in summer and winter. Leaf area was statistically different for the two treatments in summer and winter, with the highest value crop in shaded.

Keywords: *Coffea canephora*, *Hevea brasiliensis*, shading, monoculture.

Introdução

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café produzindo 50,4 milhões de sacas de 60 Kg em 2012, destes 12,5 milhões são de café Conilon, com o Espírito Santo produzindo 9,7 milhões de sacas. O café ocupa papel de elevada importância na agricultura e na economia brasileira, sendo o segundo maior consumidor mundial de café (CONAB, 2013).

O Brasil é o oitavo produtor mundial de borracha, com uma produção anual aproximada de 97 mil toneladas de borracha seca, para um consumo de 260 mil toneladas (ROSADO et al., 2007). Contudo apresenta grande potencial de crescimento e renda.

Para alcançar o desenvolvimento que combina a manutenção totalmente funcional e um ambiente diversificado é um grande desafio, especialmente desde o sucesso com o desenvolvimento sustentável integrado, estas estratégias de desenvolvimento ilusório (ADAMS et al., 2004). No entanto, o sombreamento para o café deve abordar a diversificação e recuperação das áreas, tendo um ambiente socialmente justo e ecologicamente corretos (TEJEDA-CRUZ et al., 2010).

O café sombreado, é provavelmente o exemplo de práticas agrícolas mais sustentáveis. Estudos realizados nos últimos 20 anos demonstraram que o café de sombra é um agroecossistema onde a biodiversidade pode ser conservada, ao contrário de cafés cultivados a pleno sol (PERFECTO et al., 2002). Além disso, durante a última década, o café sombreado tem promovido uma atividade comercial que é compatível com a conservação da floresta e sua fauna relacionados (PERFECTO et al., 2002, RAPPOLE et al., 2003, DIETSCH et al., 2004, RAMAN, 2006) desde então, café sombreado tem mantido uma alta diversidade de espécies de animais e plantas (PERFECTO et al., 1996, MOGUEL et al., 1999, PERFECTO et al., 2002).

A literatura tem destacado a importância da sombra para os cafezais mostrando que cultivados na sombra sofrem menos pressões ambientais, maior potencial fisiológico para a fixação de carbono, melhor desempenho fotossintético em comparação com plantas de café a pleno sol, produzindo grãos maiores, melhorando ainda a qualidade organoléptica dos grãos se menor

incidencia de cercosporiose (BOTE et al., 2011, STEIMAN et al., 2011, BALIZA et al., 2012). Ronquim et al, (2006) analisando folhas de cafés arábica registrou aumento da fotossíntese líquida diária em três vezes, em dias nublados com parando folhas expostas a pleno sol.

Sistemas agroflorestais bem desenvolvidos ja equilibrados com um periodo de 12 anos mostram que apesar de ter um custo de implantação mais elevado pode ter em média, produção 43% maior do que a pleno sol, oferecendo mitigação de ambientais e economicas (SOUZA et al., 2012). Cafés cultivados em sistemas agroflorestais associados com *Grevillea robusta*, em seis tipos de adensamentos e na presença da espécie florestal *Schizolobium amazonicum* (bandarra) obtiveram produtividade superior do cafe cultivado a pleno sol (RODRIGUES, 2009). Contudo demais literaturas citam que o sombreamento diminui sua produção (RICCI et al., 2006).

Existe uma demanda por conhecimento sobre os sistemas de produção de café arborizados em termos agronômicos e econômicos principalmente no café Conilon. As informações sobre práticas de manejo que permitam um desempenho favorável destes sistemas de produção, com conhecimento sobre a escolha das espécies arbóreas adequadas, seu espaçamento, a frequência da poda, a nutrição dos cafeeiros e seleção de cultivares mais adaptadas a estas condições, ainda não são suficientemente claras para sua inserção bem-sucedida nos agroecossistemas e cadeias produtivas locais (JARAMILLO-BOTERO et al., 2006).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o microclima e o desenvolvimento vegetativo do *Coffea canephora* a pleno sol e arborizado com seringueira.

Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida nos meses de janeiro e julho de 2012, em uma propriedade particular no distrito de Água Limpa, município de Jaguaré, Espírito Santo, Brasil (18°56'30,44" Sul e 39°58'30,01" Oeste). O Clima tropical quente, a temperatura média anual e de 23,3°C. A precipitação média anual gira em torno de 1.200 mm a 1.300 por ano com predominância das chuvas nos meses de outubro a janeiro, em uma altitude media de 70 metros e máxima de 224

metros (PROATER, 2011). Tipo de Solo Latossolo vermelho amarelo distrófico, textura Areia Franca, fertilidade média a baixa (EMBRAPA, 1999).

O experimento foi composto por uma lavoura de café cultivada a pleno sol com espaçamentos de 2,6 x 1,3m e uma lavoura de café consorciada com seringueira com o café plantado a 2,6 x 1,3m no final do ano de 2006 e a seringueira plantada a 7,8 x 2,3m e a seringueira no final do ano de 2007, ambos no sentido Leste Oeste.

As amostragem de fertilidade do solo foram realizadas em janeiro de 2012 com trado tipo sonda na projeção da copa dos cafeeiros e das seringueiras (Tabela 1).

Tabela 1 - Característica química do solo na camada 0-20, Jaguaré - ES.

	pH	P	K	S	Fe	Zn	Cu	Mn	B	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	MO
	mg/dm ³										cmol				dag/Kg
T1	5,9	3	29	6	65	4	0,2	19	0,30	11	1,3	0,3	0	2,2	1,7
T2	5,4	2,4	42	5	55	11,9	0,7	17	0,43	17	0,9	0,3	0,3	2,9	1,7

A caracterização climatológica envolveu as seguintes variáveis: irradiância solar, temperatura e umidade relativa do ar. As medições foram feitas com aparelhos HOBO U12 Temp/RH/Light/External Data Logger, instalados três metros acima das linhas de café: na lavoura a pleno sol e na lavoura de café consorciada com seringueira. Os dados microclimáticos foram coletados durante um dia no verão em janeiro e um dia no inverno em julho, iniciando as medições antes do nascer do sol durando até o por do sol.

As avaliações microclimáticas foram realizadas em janeiro dias 27 e 28 e setembro dias 12 e 13, nestes dias o sol possuía uma declinação solar de -18,42 e -18,16 e 3,75 e 3,36.

Os tratamentos foram localizados na lavoura a pleno sol e na consorciada com seringueira, o microclima foi fornecido por cada ambiente diferente (lavoura solteira e arborizada). A lavoura a pleno sol, e uma lavoura sombreada. Os aparelhos foram fixados com varas de bambus com três metros de altura no meio da lavoura. Na lavoura a pleno sol os aparelhos ficaram localizados por volta dos 100 metros a partir da primeira planta de café, para diminuir a interferência da estrada, e distanciados a 200 metros de uma mata

localizada no final da lavoura. Foram colocados três equipamentos HOBOS em cada linha caracterizando três repetições fazendo aferições no verão e no inverno. Os aparelhos fizeram leituras de 10 em 10 minutos, cada HOBO distou cinco metros na linha.

O crescimento do cafeeiro em cada condição microclimática foi avaliado por medições de ramos plagiotrópicos e ortotrópico. Mediu-se o comprimento de ramos plagiotrópicos com frutos (CRPF), ramos plagiotrópicos jovens com ausência de frutos (CRPJ) e ramos ortotrópicos (CRO). Avaliou-se 20 plantas por tratamento, dividindo o comprimento do ramo pelo número de nós, tendo-se o tamanho médio do entre nó (estiolamento). No ramo velho mediram-se as distancias dos nós com cafés e a ponta do ramo sem café separadamente, no ramo novo mediu-se o ramo todo, e no ramo ortotrópico mediu-se a partir do ramo mais novo sem café até a ponta. Folhas foram coletadas para análise de concentração nutricional e medição da área foliar, fazendo-se uma amostra de 60 folhas em cada parcela e quatro repetições por tratamento. Coletaram-se as folhas no terço médio superior da planta, no terceiro e quarto par de folhas. A área foliar foi estimada segundo Partelli et al. (2006).

Foi estimado o teor de clorofila *a*, *b* e total das folhas, localizadas no terço médio superior da planta no terceiro e quarto par de folhas, mantendo-se o mesmo padrão da amostragem foliar para evitar possível sombreamento, sendo amostradas 20 folhas por tratamento, usando um medidor eletrônico de teor de clorofila, Flaquer clorofila CFL 1030.

Foi realizado análise de variância para testar a hipótese de igualdade para todas as variáveis analisadas dentre as amostras provenientes dos diferentes tratamentos. Aplicou-se teste de Tukey para comparações múltiplas entre as médias, em nível de 95% de confiança.

Resultados e Discussão

Avaliações Microclimáticas

O sombreamento com seringueira diminuiu a transmissividade dos raios solares em relação ao cultivo e pleno sol (Figura 1). Demonstra que a arborização pode ser utilizada com objetivo de amenizar a luminosidade, tornando o ambiente mais ameno propiciando diminuição de algumas normas climatológicas.

A lavoura a pleno sol apresentou valores muito superiores, de radiação cada estação do ano. Os maiores valores ocorrem na parte da manhã tanto no verão quanto no inverno. No verão em alguns momentos da manhã a lavoura sombreada apresentou picos de luminosidade quase alcançando os valores da lavoura a pleno sol, com a parte da tarde registrando valores muito inferiores da lavoura a pleno sol. No inverno a lavoura sombreada registrou valores muito inferiores comparados com a lavoura a pleno sol.

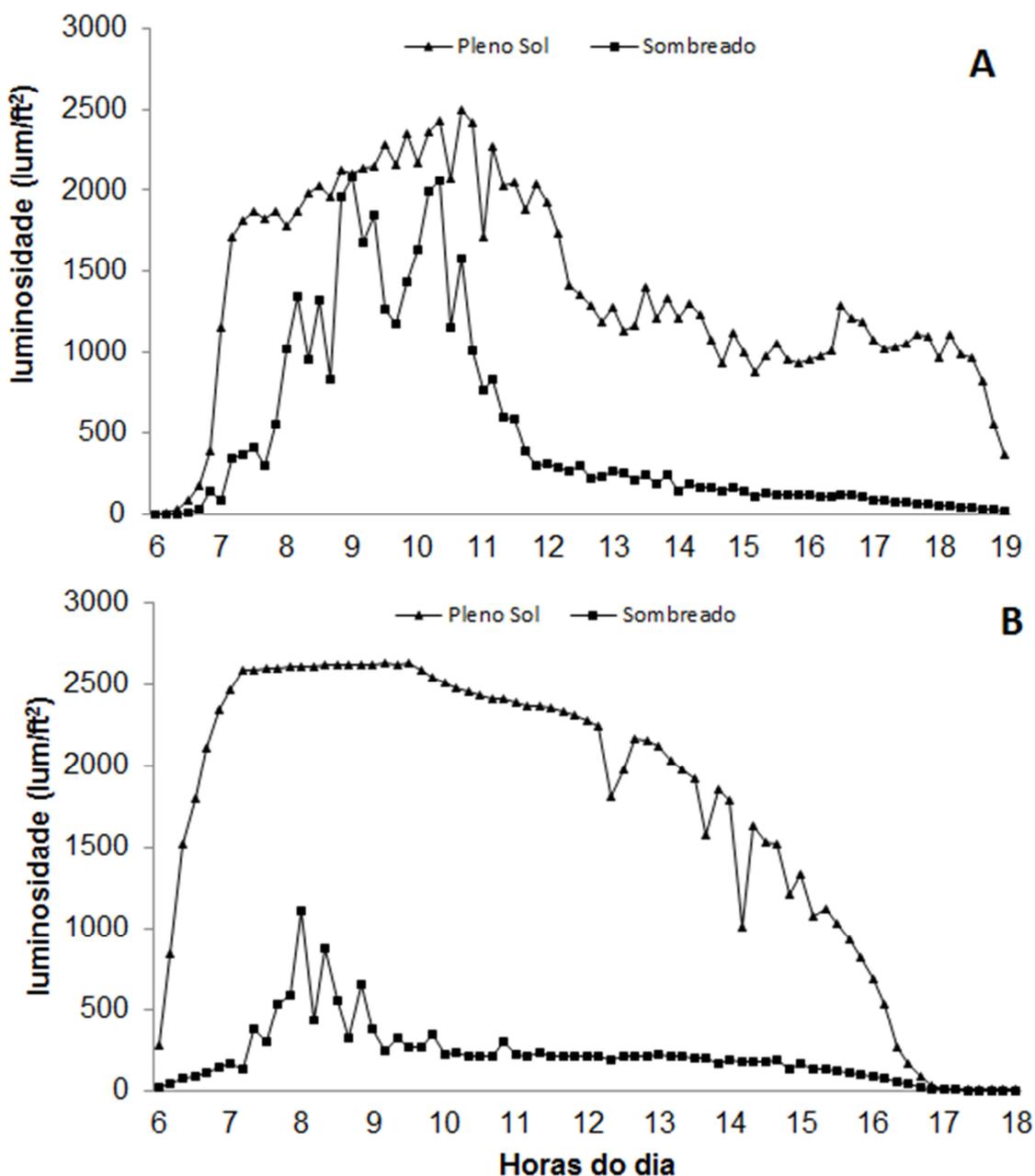


Figura 1 - Variação dos valores diários de luminosidade, observados no verão (A) e inverno (B); Jaguaré-ES.

No verão os maiores valores se encontram na lavoura a pleno sol na parte da manhã (Figura 1A), sendo que os menores valores foram registrados na lavoura sombreada na parte da tarde, a maior diferença de luminosidade no verão foi as 7:40 horas, 300,4 lum/ft² e 1824,8 lum/ft², tendo uma diferença média de 883,8 lum/ft² no dia. No inverno manteve-se o mesmo padrão porem a lavoura sombreada registrou valores menores na parte da manhã, tendo sua

maior diferença as 9:30 horas de 264,4 lum/ft² e 2629, 4 lum/ft² com uma diferença de 2364,9 lum/ft², com uma diferença de 1505,5 lum/ft² no dia.

Café Arábica cultivados a sombra na Etiópia registraram taxas fotossintéticas 31% maiores e condutância estomatal 40% maior, menor transpiração e temperatura foliar (BOTE et al., 2011).

Cultivos de cafés consorciados com coqueiro anão verde, noqueira macadamia e *Inga densiflora*, registram diminuição de até 80% da luminosidade, atenuando as extremas térmicas (SILES et al., 2010). Os estudos mostram que a interceptação de 40 a 50% da radiação solar não alterou o crescimento, a maturação, a produção e o tamanho dos grãos, aumentando a qualidade do café e da biomassa das plantas em até três vezes em relação a monocultura (MORAIS et al., 2009; PEZZOPANE et al., 2010b; 2011).

Estudos em sistemas agroflorestais mostram que cafés Arábica só tem limitações de condutância estomática e disponibilidade de luz para fotossíntese da folha do café com níveis de sombreamento acima de 45% (FRANCK et al., 2009). Ronquim et al. (2006), Folhas de cafés Arábica aumentou sua fotossíntese líquida diária em três vezes, em dias nublados pela manhã com irradiâncias em torno de (800-1100 $\mu\text{molm}^{-2} \text{s}^{-1}$) e vapor de pressão (0,5-2,5 kPa).

Os valores obtidos de temperatura média durante o verão e o inverno, demonstram o potencial do consórcio propiciado pela arborização, as árvores de seringueira, diminuíram os valores médios de temperatura, tornando o ambiente mais ameno para o cultivo (Figura 2).

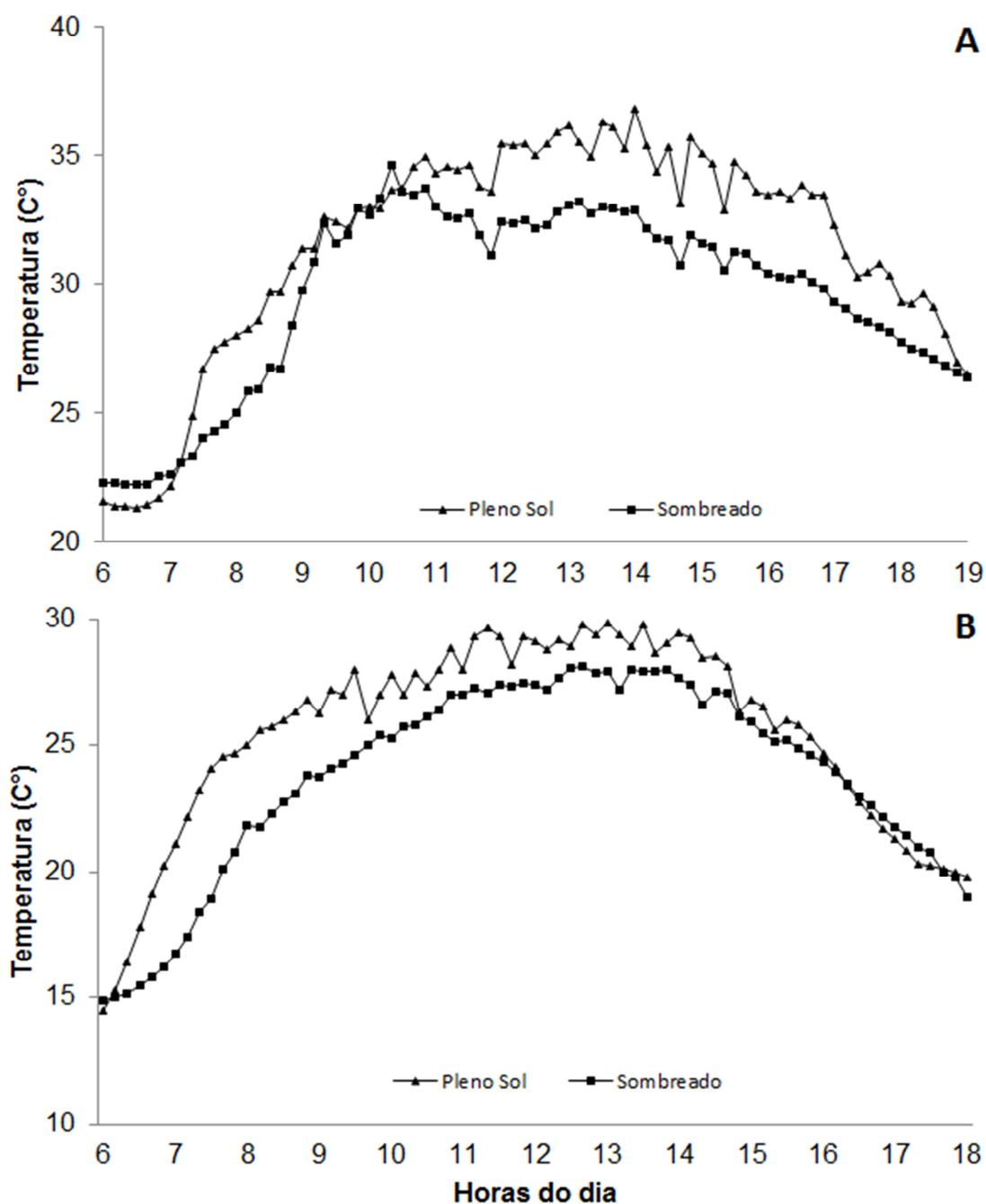


Figura 6 - Variação dos valores diários de temperatura, observados no verão (A) e no inverno (B), Jaguaré-ES.

As maiores valores de temperatura foram obtidos no verão, na lavoura a pleno sol, as 14:00 horas, 36,8°C. Nos mesmos horários foi registrada a maior diferença com 32,9°C na lavoura sombreada com uma diferença de 3,9°C (Figura 2A). No inverno a maior temperatura foi obtido a 13:00 horas 29,8°C, com a lavoura sombreada registrando 27,9°C no mesmo horário, porém a

maior diferença foi obtida as 7:20 horas com uma diferença de 4,8°C (Figura 2B).

Cultivos de cafés Arábica e Conilon consorciados com árvores mostram uma redução de até 3°C na temperatura nos meses mais quentes e críticos épocas de floração e frutificação (PEZZPANE et al., 2010a; VALENTINI et al., 2010).

Os valores de umidade relativa do ar se comportaram o contrário a temperatura (Figura 3). O efeito da arborização é mais bem demonstrado no inverno, pois no verão o lavoura sombreada registrou vários picos de temperatura ao longo de todo o dia onde as medição ficaram próximas as da lavoura a pleno sol.

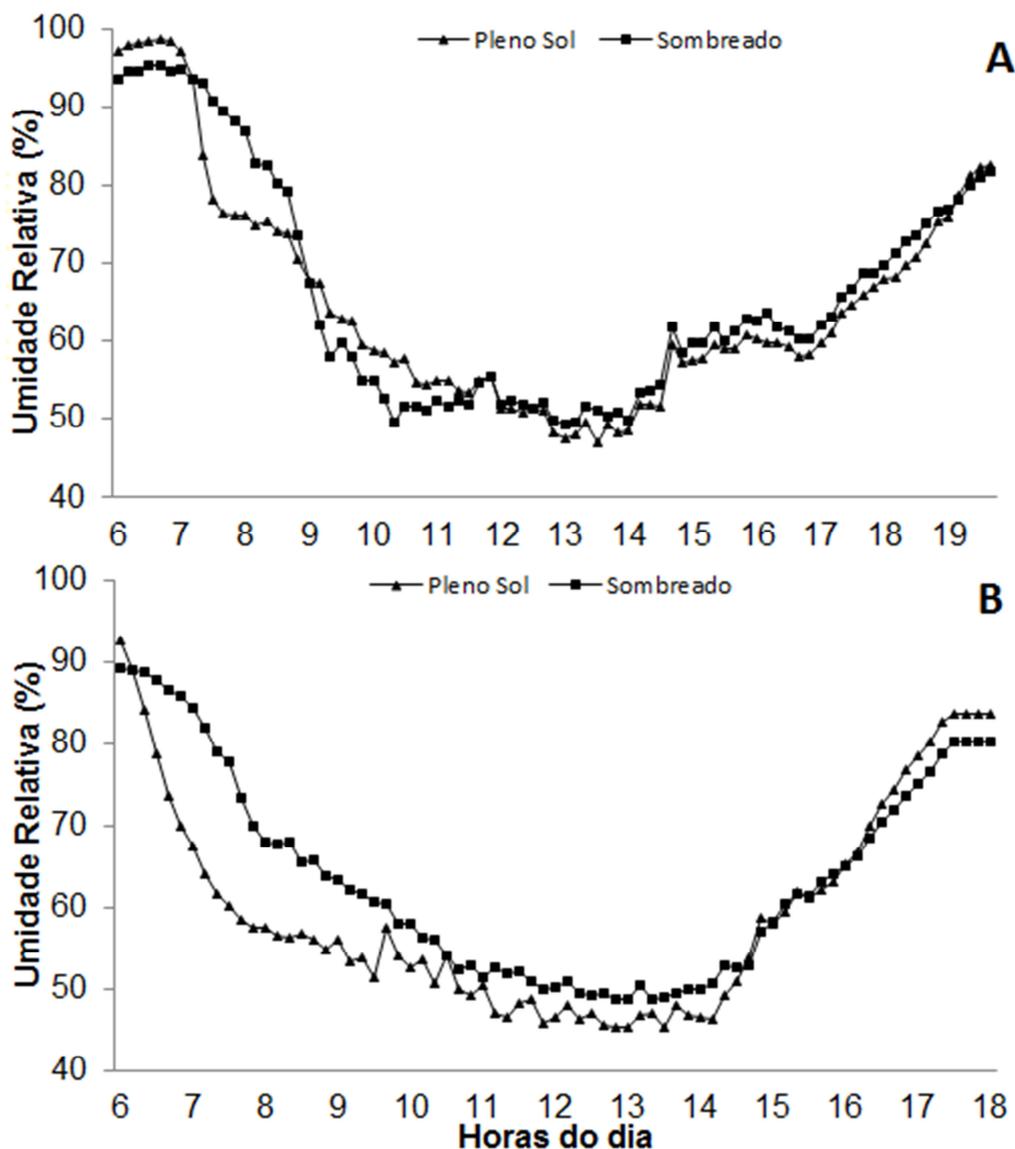


Figura 3 - Variação dos valores diários de umidade, observados no verão (A) e no inverno (B); Jaguaré-ES.

No verão os maiores valores obtidos se encontram na lavoura sombreada e os menores valores na lavoura a pleno sol, sendo a maior diferença entre as duas lavouras obtido as 7:40 horas, 89,5% na lavoura sombreada e 76,4% na lavoura a pleno sol, mantendo uma diferença média de 1,09% ao longo de todo dia. No inverno foram registrados as menores médias, com a lavoura a pleno sol registrando a menor média de todas, sendo a maior diferença entre as duas lavouras as 7:10 horas, 81,9% na lavoura sombreada e 64,1% na lavoura a pleno sol, mantendo uma diferença média de 4,05% ao longo de todo dia.

Pezzopane et al. (2010b; 2011), cultivando cafés com árvores tendo um sistema sombreado, registrou aumentos médio diário de até 5% da umidade relativa do ar comparados com cultivos solteiros.

Avaliações na Planta

O cultivo sombreado proporcionou o aumento do comprimento médio dos internódios dos cafeeiros em todos os tratamentos nas duas estações do ano, mostrando que são afetados significativamente pelo sombreamento em nível de $p < 0,01$ (Tabela 2). Nas medições realizadas no inverno foi encontrado maior alongamento de ramo, em um ramo plagiotrópico jovem, a diferença de comprimento do internódio foi de 4,3 centímetros.

Tabela 2 – Crescimento de ramos plagiotrópicos com frutos (RPCF), Ponta do ramos plagiotropico produtivo (PRPP), Ramo plagiotrópicos jovens (RPJ) e Ramos ortotrópicos (RO) de plantas de café Conilon cultivadas sob o efeito da arborização com seringueira, em janeiro (verão) e setembro (inverno) de 2012 em Jaguaré – ES.

	RPCF(V)	PRPP(V)	RPJ(V)	RO(V)	RPJ(I)	RO(I)
Pleno Sol	3,6b	2,6b	3,8b	2,5b	2,9b	1,7b
Sombreado	6,2a	4,3a	7,6a	6,5a	7,2a	4,6a
CV%	47,72	34,88	14,93	22,78	16,74	38,12

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Os cultivos onde árvores proporcionam sombreamento provocam estiolamento de ramos e quanto maior o adensamento maior o estiolamento (RICCI et al., 2006; BRUM, 2007).

Com um ambiente relativamente mais rico em luz vermelho extremo em resposta ao sombreamento, as plantas alongam o caule, se ramificam menos, através de um gasto extra de reservas, devido a uma inibição do

desenvolvimento das gemas laterais (MORGAN; SMITH, 1979; TAIZ; ZEIGER, 2004;).

Fazendo uma avaliação de 11 macro e micro nutrientes foliares, três nutrientes apresentaram diferença estatística (Tabela 3).

Tabela 3 – Concentração (N, P, K, Ca, Mg e S g/Kg e Fe, Zn, Cu, Mn, e B mg/Kg) média de nutrientes foliares na linha de cafés sob o efeito do sombreamento, no verão em janeiro de 2012, Jaguare-ES.

Concentração nutricional foliar											
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Cu	Mn	B
Pleno Sol	25,8a	1,5a	19,6a	19,8a	2,7a	1,8a	67,5b	9,7a	8,2a	89,2b	61,5a
Sombreado	26,5a	1,4a	22,0a	22,2a	2,4a	2,0a	100,7a	11,0a	9,7a	141,0a	74,7a
CV%	7,06	2,59	8,09	7,10	16,16	9,82	19,02	10,22	16,67	22,63	8,25

Medias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu e B não apresentaram diferença estatística, sendo iguais para os dois tratamentos, com o sombreamento não afetando a disponibilidade do nutriente na planta. Ricci et al. (2006) comparando sistemas sombreados com a pleno sol, corroboram os resultados não observando diferença estatística para N, P, K, Ca e Mg, não avaliando S, Zn, Cu e B.

O teor de Fe e o Mn apresentaram diferença estatística, sendo o maior valor na lavoura sombreada. Gonçalves, (2007) utilizando plantas de café Arábica corrobora os resultados para o Fe (Tabela 3).

O Fe é um micronutriente encontrado também na forma de complexos, sendo parte integral de varias proteínas e ativador de enzimas, muito importante na transferência de elétrons pela cadeia transportadora de elétrons e fosforilação oxidativa e no fotossistema I (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Campanha et al. (2007); Brum (2007) e Gonçalves (2007) contradizendo as informações, registraram, com maiores valores de Mn, em condições de maior disponibilidade de mais luz. O manganês é parte do fotossistema II, auxiliando na fotólise da água e transferência de elétrons para a clorofila. Também é constituinte integral da proteína superóxido dismutase, que tem

função antioxidante. O manganês ativa também inúmeras outras enzimas (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Os valores de clorofila *a*, mostram uma homogeneidade dos dados dentre os dois tratamentos, não variando estatisticamente tanto no verão quanto no inverno (Tabela 4).

Corroborando os resultados encontrados por Gonçalves (2007), que também obteve valores muito semelhantes para clorofila *a* dentre os dois tratamentos, não encontrando diferença estatística.

Tabela 4 - Teor médio estimado de clorofila (unidade ICF) A, B e total a pleno sol e sombreado, no verão e inverno de 2012.

	Clorofila <i>a</i>		Clorofila <i>b</i>		Clorofila Total	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Pleno Sol	42,0a	42,0a	29,3a	28,4a	71,3a	70,5a
Sombreado	41,5a	41,2a	20,8b	20,8b	62,3b	62,1b
CV%	4,98	4,56	40,53	42,78	17,29	17,84

Medias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Os valores de clorofila *b* e total, diferiram estatisticamente no verão e no inverno com os maiores valores ocorrendo na lavoura a pleno sol (Tabela 4). Gonçalves (2007); Senevirathna et al. (2003) e Matos et al., (2009) registraram resultados semelhantes, com os maiores valores de para clorofila *b* e total, em folhas menos sombreadas.

A baixa relação de clorofila *a/b* em plantas sombreadas indica aumento da partição de clorofila em complexos de captação da luz. Evans e Pooter (2001), aumentando assim a eficiência de coleta de luz em ambientes com pouca luz. Niinemets et al. (1998) e Moraes et al. (2004) esclarecem que plantas que possuem plasticidade fenotípica, como no caso do café, apresentam aumento nos teores de clorofila, queda na atividade da Rubisco (ribulose 1,5 bifosfato carboxilase/oxigenase) quando em ambientes com baixa disponibilidade de radiação.

O sombreamento aumentou o tamanho médio da área foliar total dos cafeeiros na lavoura sombreada no verão e no inverno, mostrando que são afetados significativamente pelo sombreamento em nível de $p < 0,01$ (Tabela 6).

Tabela 6 – Área foliar total (cm²) na linha de cafés sob o efeito do sombreamento, no verão e inverno de 2012, Jaguaré – ES.

	Verão	Inverno
Pleno Sol	31,8b	32,5b
Sombreado	120,1a	123,5a
CV%	24,65	24,82

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, na mesma linha, a Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Tabagiba et al. (2010) avaliando crescimento de mudas de café arábica sob diferentes níveis de radiação observou aumento da área foliar de acordo com a diminuição da luz. Valladares et al. (2006) documentando tal efeito em diferentes espécies vegetais em que folhas de sombra, por receberem menor intensidade de fluxo de fótons, traduzem esse efeito pelo aumento da área foliar por unidade de massa. O aumento da área foliar seria uma estratégia de aclimatação das plantas, submetidas ao sombreamento, interceptando uma maior intensidade de luz. Outra estratégia de aclimatação seria a redução da espessura da cutícula e das camadas de parênquima o que facilita a passagem de luz de modo a aumentar a interceptação da irradiância pelas folhas mais internas da copa. Segundo Oliveira (2009) o sombreamento a 70% seria vantajoso, uma vez que permitiu a fotossíntese e a abertura estomática ao meio dia, com menor perda de vapor d'água por transpiração.

Conclusões

1. A arborização do cafeeiro Conilon com seringueira diminuiu significativamente a luminosidade e a temperatura, e aumentou a umidade relativa do ar ao longo do dia.
2. O sombreamento promoveu o maior crescimento da área foliar e de ramo do cafeeiro Conilon no inverno.
3. O sombreamento causou aumento do teor de Clorofila *b*, total e dos teores foliares de Fe e Mn.

Referências Bibliográficas

ADAMS, W. M.; AVELING, R.; BROCKINGTON, D.; DICKSON, B.; ELLIOTT, J.; HUTTON, J.; ROE, D.; VIRA, B.; WOLMER, W. Biodiversity Conservation and the Eradication of Poverty. **Science**, New York, v. 306, n. 5699, p.1146-1149, 2004.

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

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

BRUM, V. J. **Café Conilon em sombreamento com pupunha**. 149p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, UFES-CAA, 2007.

CAMPANHA, M. M.; SANTOS, R. H. S.; FREITAS, G. B.; MARTINEZ, H. E. P.; JARAMILLO-BOTERO, C.; GARCIA, S. L. R. Análise comparativa das características da serapilheira e do solo em cafezais (*Coffea arabica* L.) cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura, na Zona da Mata MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 805-812, 2007.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**. Primeira estimativa Safra Café 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=> =. Acesso em 30/01/2013.

DIETSCH, T. V.; PHILPOTT, S. M.; RICE, R. A.; GREENBERG, R. BICHER, P. Conservation policy in coffee landscapes. **Science**, New York, v. 303, n. 5658, p. 625-626, 2004.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Solos: **sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. Londrina: Planta, 2006. 403p.

EVANS, J.R.; H. POORTER. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. **Plant Cell, Environment**, Oxford, v. 24, n. 8, p. 755–767, 2001.

FRANCK, N.; VAAST, P. Limitation of coffee leaf photosynthesis by stomatal conductance and light availability under different shade levels. **Trees**, Berlin, v. 23, n. 4, p. 761–769, 2009.

GONÇALVES, G. C.; GALLO, L. A.; FAVARIM, J. L. Assimilação do Carbono por plantas de Cafeeiro (*Coffea arabica* L. var. Obatã) Crescendo a Pleno Sol e com Sombreamento Parcial. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 82, n. 1, p. 35-46, 2007.

JARAMILLO-BOTERO, C.; SANTOS, R. H. S.; HERMINIA E. P.; CECON, P. R.; SANTOS, C.; PERIN, A. Desenvolvimento reprodutivo e produção inicial de cafeeiros sob diferentes níveis de sombreamento e adubação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 307, p. 343-349, 2006.

JARAMILLO-BOTERO, C.; HERMINIA E. P.; SANTOS, R. H. S. Características do café (*Coffea arabica* L.) sombreado no norte da América Latina e no Brasil: Análise comparativa. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 94-102, 2006.

MATOS, F. S.; WOLFGRAMM, R.; GONCALVES, F. V.; CAVATTE, P. C.; VENTRELLA, M. C.; DAMATTA, F. M. Phenotypic plasticity in response to light

in the coffee tree. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 67, n. 2, p. 421-427, 2009.

NIINEMETS, U.; KULL, O.; TENHUNEN, J. D. An analyses of light effects on foliar morphology, physiology, and light interception in temperate deciduos woods species of contrasting shade tolerance. **Tree Physiology**, Durham, v. 18, n. 10, p. 681- 696, 1998.

MOGUEL, P.; TOLEDO, V. M. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. **Conservation Biology**, Hoboken, v. 13, n. 1, p. 11-21, 1999.

MORAIS, H.; MEDRI, M.E.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P.H.; RIBEIRO, A.M. de A.; GOMES, J.C. Modification on leaf anatomy of *Coffea arabica* caused by shade of Pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n. 6, p. 863- 871, 2004.

MORAIS, H.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. A.; GOMES, J. C. Características fisiológicas e de crescimento de *Coffea arabica* sombreado com guandu (*Cajanus cajan*) e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1131-1137, 2003.

MORGAN, D. C.; SMITH, H. Systematic relationship between phytochrome-controlled development and species habitat for plants grown in simulated natural irradiation. **Planta**, Berkeley, v. 145, n. 3, p. 253-258, 1979.

OLIVEIRA, A. A. G. **Aclimação da maquinaria fotossintética do cafeeiro cultivado em diferentes níveis de luz e de disponibilidade hídrica**. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) Universidade Federal de Viçosa, UFV, 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.

PERFECTO, I.; ARMBRECHT, I. The coffee agroecosystem in the Neotropics: combining ecological and economic goals. in J. H. Vandemeer, editor. **Tropical Agroecosystems**. New York, p.157-192, 2002.

PERFECTO, I.; RICE, R. A.; GREENBERG, R.; VAN DER VOORT, M. E. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. **Bioscience**, Reston, v. 46, n. 8, p. 598-608, 1996.

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

PEZZOPANE, J. R. M.; CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; BONOMO, R. ; SARAIVA, G. S. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. **Revista ciência agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 341-348, 2010(a).

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

PROATER - **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural Proater 2011 – 2013**, Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural do Espírito Santo. 2011.

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

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

ROSADO, P. L.; ALVARENGA, A. P.; PIRES, M. M.; SANTOS, D. F. Agronegócio da borracha natural. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 237, p.12-22, 2007.

RAMAN, T. R. S. Effects of habitat structure and adjacent habitats on birds in tropical rainforest fragments and shaded plantations in the Western Ghats, India. **Biodiversity and Conservation**, Canberra, v. 15, n. 4, p. 1577-1607, 2006.

RAPPOLE, J. H.; KING, D. I. VEGA J. H. R. Coffee and conservation. **Conservation Biology**, Hoboken v. 17, n. 1, p. 334-336, 2003.

RODRIGUES, V. G. S. **Avaliação do desenvolvimento vegetativo de cafeeiros arborizados e a pleno sol**. Embrapa Rondônia, 2009 (Circular Técnica nº 112).

SENEVIRATHNA, A. M. W. K.; STIRLING, C. M.; RODRIGO, V. H. L. Growth, photosynthetic performance and shade adaptation of rubber (*Hevea brasiliensis*) grown in natural shade. **Tree Physiology**, Victoria, v. 23, n. 10, p. 705-712, 2003.

SILES, P.; HARMAND, J. M.; VAAST P. Effects of *Inga densiflora* on the microclimate of coffee (*Coffea arabica* L.) and overall biomass under optimal growing conditions in Costa Rica. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 78, n. 1, p. 269-286, 2010.

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

SOUZA, H. N.; GRAAFF, J.; PULLEMAN, M. M. Strategies and economics of farming systems with coffee in the Atlantic Rainforest Biome. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 84, n. 2, p. 227-242, 2012.

TABAGIBA, S. D.; Santos, E. A.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. Mudanças de *Coffea canephora* cultivadas sombreadas e a pleno sol. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 219-226, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução de E. R. Santarem et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 720 p.

TEJEDA-CRUZ, C.; SILVA-RIVERA, E.; BARTON, J. R.; SUTHERLAND, W. J. Why shade coffee does not guarantee biodiversity conservation. **Ecology and Society**, Nova Scotia, v. 15, n. 1, art. 13, 2010.

VALLADARES, F.; SANCHEZ-GOMES, D.; ZAVALA, M. A. Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. **Journal of Ecology**, v. 94, n. 6, p. 1103-1116, 2006.

VALENTINI, L. S. P.; CAMARGO, M. B. P.; ROLIM, G. S.; SOUZA, P. S.; GALLO, P. B. Temperatura do ar em sistemas de produção de café arábica em monocultivos e arborizados com seringueira e coqueiro anão na região de Mococa-SP. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 1005-1010, 2010.

3.3. Microclima e Crescimento Vegetativo do Café Conilon Consorciado com Bananeiras.

Resumo

Devido a escassa literatura de consórcio de café Conilon com bananeiras. Objetivou-se estudar o efeito do consórcio de cafés com bananeiras, fazendo uma caracterização climatológica e fisiológica. O experimento foi composto por uma lavoura de café consorciada com banana com espaçamentos de 3,50 x 1,20 e 10,5 x 1,5 com um ano de idade, plantados no sentido Leste Oeste, em Boa Esperança, Espírito Santo. O trabalho foi constituído por três tratamentos, um tratamento localizado na linha de café do centro da lavoura, um na linha de cafés ao lado da linha de bananas e um na linha de bananas. Foram medidos a radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar em 11/02 no verão e em 30/06 no inverno de 2012. Realizou-se também avaliação da concentração de nutrientes foliares, medição dos internódios dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos, área foliar e estimação do teor de clorofila *a*, *b* e total dos cafeeiros, no verão e no inverno de 2012. O consórcio influenciou minimamente no microclima, reduzindo, a temperatura e aumentando a umidade relativa. A luminosidade no verão teve uma redução média de até 141,7 lum/ft², ao longo de todo dia, no inverno de até 726,7 lum/ft². Os ramos e a área foliar não sofreram diferença estatística, não sendo alongados pela sombra. Para o teor de clorofila houve diferença estatística para o teor de clorofila *b* e total no verão.

Palavras-chave: *Coffea canephora*, *Musa* sp., crescimento de ramo, área foliar e sombreamento.

Abstract

Due to the sparse literature consortium Conilon coffee with bananas. The objective was to study the effect of the consortium coffee with bananas, making a climatological and physiological characterization. The experiment was composed of a coffee plantation intercropped with banana with spacing of 3.50 x 1.20 and 10.5 x 1.5 with on year old, planted in the East West in Boa Esperança, Espírito Santo. The work consisted of three treatments, one located in the center line of coffee crop, two cafes in line next to the line of bananas and three in the line of bananas. We measured solar radiation, temperature and relative humidity at 11/02 in summer and 30/06 in the winter of 2012. We also conducted evaluation of leaf nutrient content, measurement of primary branches and internodes of orthotropic, leaf area and estimation of chlorophyll *a*, *b* and total trees in the summer and winter of 2012. The consortium minimally influenced the microclimate, reducing the temperature and increasing humidity. Irradiation summer had a mean decrease of $141.7 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ throughout the day, in winter $726.7 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. The branches and leaf area suffered no statistical difference, not being elongated by the shade. For chlorophyll was no statistical difference for the *b* and total chlorophyll content in the summer.

Keywords: *Coffea canephora*, *Musa* sp., Branch growth, leaf area and shading.

Introdução

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café produzindo 50,4 milhões de sacas de 60 Kg em 2012, destes 12,5 milhões são de café Conilon, com o Espírito Santo produzindo 9,7 milhões de sacas. O café ocupa papel de elevada importância na agricultura e na economia brasileira, sendo o segundo maior consumidor mundial de café (CONAB, 2013).

A bananicultura tem evoluído consideravelmente nas últimas três décadas, por ser um dos cultivos perenes de mais rápido retorno do capital investido, apresentando um fluxo contínuo de produção a partir do primeiro ano, o que a torna muito atraente para os agricultores. A produção mundial atingiu 97,4 milhões de toneladas em 2009, destacando-se o Brasil como quarto país produzindo mais de sete milhões de toneladas, com mais de 460 mil hectares plantados (FAO, 2011).

O *Coffea canephora* (Conilon e/ou Robusta) é originado das florestas equatoriais da bacia do rio do Congo na África, estendendo-se para o centro, até o lago Vitória, em Uganda. O café Conilon desenvolve-se naturalmente como vegetação de estratos florestais intermediários, portanto sob algum grau de sombreamento (CHARRIER et al., 1985).

Árvores que oferecem sombra ao café geralmente podem reduzir o estresse, evidenciando a importância dos efeitos diferentes de árvores de sombra e, portanto, a necessidade de sombra, é fortemente afetando as condições locais e práticas de gestão, tais como o uso de insumos externos, fertilizantes e agrotóxicos.

O cultivo sombreado aumenta a porcentagem de frutos verdes presentes no início da colheita, sendo benéfico devido a falta de mão-de-obra, aumentando a área foliar, a altura e o diâmetro da copa, a distância entre nós, o número de folhas nos ramos, o número de ramos e o teor de N foliar, devido ao consórcio com árvores fixadoras de nitrogênio. A produtividade não é influenciada pelos sistemas de cultivo, demonstrando que o cafeeiro sofre alterações vegetativas que possibilitam a essa espécie produzir bem, quando cultivada em ambientes adequadamente sombreados (RICCI et al., 2011).

OUMA (2009) sugere que o cultivo do café e da banana em associação poderia ser mais rentável do que o monocultivo do café com uma única

colheita. Além disso, sistemas de cultura mista é menos arriscado para os agricultores, pois a chance de falha da cultura simultânea ou preços baixos para ambas as culturas é menor (FERNANDES et al., 1985; ODUOL et al., 1990). Cafés cultivados em sistemas consorciados com árvores de sombra como banana e eritrina, possuem um custo de implantação até 19% mais elevados que cultivos a pleno sol, porém a receita bruta obtida com a consorciação do cafeeiro com a bananeira, nos dois primeiros anos de produção, chega a 66,6% maior (RICCI, 2007), favorecendo também o maior desenvolvimento da comunidade microbiana do solo (GLAESER et al., 2010).

Uma vez que publicações sobre café consorciado com sistemas agroflorestais ou com árvores frutíferas têm documentado os possíveis benefícios na produção de café (BEER et al, 1998; STAVER et al., 2001) e qualidade de grãos de café (MUSCHLER, 2001), é possível que o uso de banana como uma colheita de sombra no café pode contribuir para a produção de café melhorados.

Bananeiras cultivadas em sistemas de consórcios com café Arábica podem ser muito benéficos, proporcionando atenuação dos valores médios de radiação solar global, assim minimizando possíveis escaldaduras de folhas e danos fotossintéticos pelos excessos de luminosidade que chegam a quase 3000 lum/ft², atenuando também a velocidade dos ventos, com isso favorecendo valores maiores de umidade do ar (PEZZOPANE et al., 2005). Avaliando o crescimento vegetativo, o café localizado próximo da bananeira apresentou maior altura e diâmetro da copa, já avaliando produção e rendimento, as plantas de café próximo a bananeira apresentam maior produtividade e rendimento (PEZZOPANE et al., 2007).

Café Arábica cultivado consorciado com coqueiro anão verde mostram que diminuem os valores da radiação fotossinteticamente ativa, temperatura média e umidade relativa do ar significativamente nas plantas situadas na mesma linha que os coqueiros (PEZZOPANE et al., 2011).

Estudo em Uganda na África conduzidos com café Arábica e Conilon consorciado com banana mostram-se mais rentáveis do que o café como monocultivo. Melhoram a produtividade e tem maiores retornos do sistema agrícola, tendo benefícios com o consórcio, melhorando o manejo do solo melhorado práticas de nutrição das plantas, utilizando densidades de plantas

ideais para os consórcios. Pequenos agricultores na África Subsaariana muitas vezes com recursos limitados, os sistemas consorciados como o café de banana, pode ser uma oportunidade para otimizar recursos, minimizar riscos, encontrando um equilíbrio entre alimentos e geração de renda (VAN ASTEN et al., 2011).

Segundo Ricci et al (2011), avaliando áreas de cultivo de café Arábica e Conilon sombreado com bananeiras durante quatro anos, mostraram alterações vegetativas, porém não reduzindo a produtividade comparadas a cultivos a pleno sol, com medias de 27,5 e 21,6 sacas por hectare respectivamente. O sombreamento para o café Conilon aumentou o diâmetro dos frutos secos e o peso dos grãos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o microclima e o desenvolvimento vegetativo do *Coffea canephora*, em um sistema de cultivo de café consorciado com bananeiras e a pleno sol.

Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida nos meses de janeiro e julho de 2012, em uma propriedade particular distrito de Km 20, município de Boa Esperança, Espírito Santo, Brasil (18°29'36,89''Sul e 40°23'01,75''Oeste). O Clima da região e denominado tropical quente, com temperatura média anual e de 24,6 C°. A precipitação média anual foi de 1.442 mm no ano com predominância das chuvas nos meses de outubro a janeiro, em uma altitude média de 140 metros (PRONATER, 2011). Tipo de solo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, textura areia franca, fertilidade média a baixa (EMBRAPA, 1999).

O experimento foi composto por uma lavoura de café Conilon (*Coffea canephora*) consorciada com banana (*Musa* sp.) sub grupo da terra, com espaçamentos de 3,50 x 1,20 e 10,5 x 1,5 com um ano de idade, plantados no sentido Leste Oeste. A lavoura se caracteriza por ser uma lavoura de café com uma linha de banana na entre linha de café a cada três linha de café.

O trabalho, teve três tratamentos com quatro repetições, sendo um tratamento localizado na linha de café do centro da lavoura (T1), um na linha de cafés ao lado da linha de bananas (T2) e um na linha de bananas (T3).

As amostragem de fertilidade do solo foram realizadas em janeiro de 2012 com trado tipo sonda na projeção da copa dos cafeeiros e das bananeiras (Tabela 1).

Tabela 1 - Características químicas do solo a 0 – 20 cm, Boa Esperança - ES.

	pH	P	K	S	Fe	Zn	Cu	Mn	B	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	MO
	mg/dm ³										cmol				Dag/Kg
T1	6,7	6,0	54,6	5,0	95,6	2,7	0,9	49,6	0,45	29,6	2,8	0,8	0	1,2	2,2
T2	6,5	6,3	23,6	4,6	82	2,2	0,4	40,3	0,3	11,3	2,2	0,7	0	1,5	2,2
T3	6,3	5,0	32,0	4,6	83,3	2,0	0,6	39,3	0,51	15,6	2,1	0,6	0	1,5	1,7

A caracterização climatológica envolveu as seguintes variáveis: irradiância solar, temperatura e umidade relativa do ar. As medições foram realizadas com aparelhos HOBO U12 Temp/RH/Light/External Data Logger, instalados 30 centímetros acima das plantas de café e nas bananeiras na mesma altura das plantas de café. Os dados microclimáticos foram coletados nos dias 11\02 no verão e dia 30\06 no inverno, iniciando as medições antes do nascer do sol durando até o por do sol.

Os aparelhos foram fixados com varas de bambus a 1,5 metros de altura do solo no meio da lavoura por volta dos 250 metros a partir da primeira planta de café, para diminuir a interferência da estrada e de outras lavouras ao redor. Foram colocados quatro HOBOS em cada linha caracterizando quatro repetições. O aparelho fez as leituras de 10 em 10 minutos, cada HOBO distou 5 metros na linha.

Para as avaliações na planta foram realizadas quatro repetições apenas nas linha de café no centro da lavoura T1 e na linha de café ao lado das bananeiras.

O crescimento do cafeeiro em cada condição microclimática foi avaliado por medições de ramos plagiotrópicos e ortotrópico. Mediu-se o comprimento de ramos plagiotrópicos com frutos (CRPF), ramos plagiotrópicos jovens com ausência de frutos (CRPJ) e ramos ortotrópicos (CRO). Avaliou-se 20 plantas por tratamento, dividindo o comprimento do ramo pelo número de nós, tendo-se o tamanho médio do entre nó (estiolamento). No ramo velho mediram-se as

distancias dos nós com cafés e a ponta do ramo sem café separadamente, no ramo novo mediu-se o ramo todo, e no ramo ortotrópico mediu-se a partir do ramo mais novo sem café até a ponta. Folhas foram coletadas para análise de concentração nutricional e medição da área foliar, fazendo-se uma amostra de 60 folhas em cada parcela e quatro repetições por tratamento.

Coletaram-se as folhas no terço médio superior da planta, no terceiro e quarto par de folhas. A área foliar foi estimada segundo Partelli et al. (2006). Foi estimado o teor de clorofila *a*, *b* e total das folhas, localizadas no terço médio superior da planta no terceiro e quarto par de folhas, mantendo-se o mesmo padrão da amostragem foliar para evitar possível sombreamento, sendo amostradas 20 folhas por tratamento, usando um medidor eletrônico de teor de clorofila, Flaquer clorofiLOG CFL 1030.

Foi realizado análise de variância para testar a hipótese de igualdade para todas as variáveis analisadas dentre as amostras provenientes dos diferentes tratamentos. Aplicou-se teste de Tukey para comparações múltiplas entre as médias, em nível de 95% de confiança.

Resultados e Discussão

Avaliações Microclimáticas

A radiação apresentou características de cada estação do ano, no verão os maiores valores, na parte da tarde. O inverno registrando valores menores que o verão, com os maiores valores também ocorrem na parte da tarde. As bananeiras parecem não influenciar significativamente na interceptação da luminosidade, pois os valores se mostram homogêneos nos dois tratamentos, provocando somente um auto sombreamento (Figura 1).

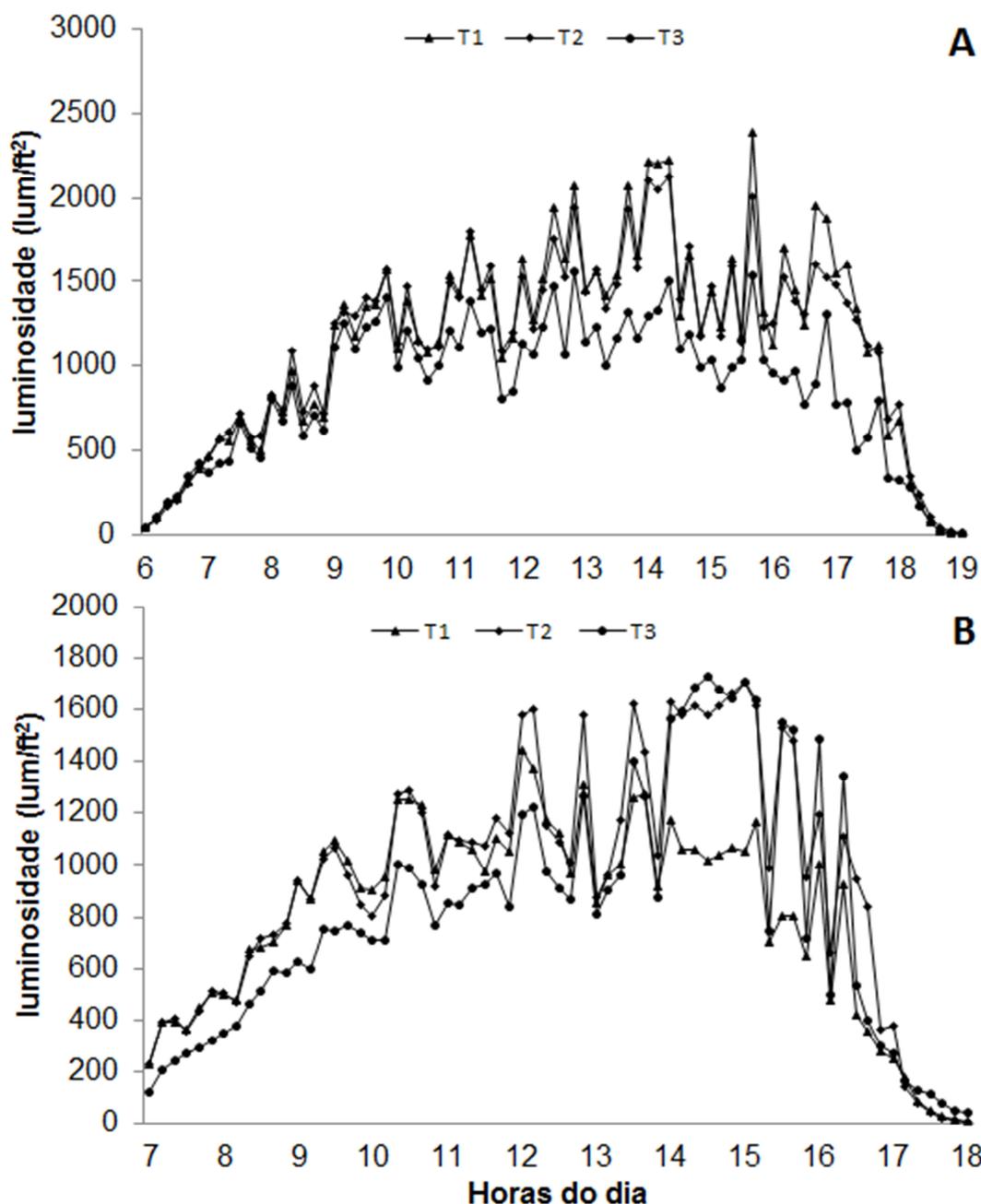


Figura 1 - Variação dos valores diários de luminosidade, observados no verão (A) e inverno (B); T1 linha de café a 5,25 metros, T2 linha de café a 1,75 metros T3 linha de banana, Boa Esperança - ES.

Os Tratamentos 1 e 2 apresentaram valores bem semelhantes no verão e no inverno, com o Tratamento 3 registrando os menores valores. O inverno foi o período que mostrou a maior diferença 726,1 lum/ft², as 15:30 horas, com o T1 805,8 lum/ft² e T2 1531,9 lum/ft² (Figura 1B).

Estudos realizados com café Arábica consorciados com bananeiras mostraram uma atenuação média da radiação solar global de 27% (PEZZOPANE et al., 2005; 2007).

Pesquisas mostram que o consórcio pode ser uma alternativa para diminuir as extremas climatológicas e consórcios com bananeiras mostram que também podem ser uma alternativa para aumentar a produção (VAN ASTEN, et al., 2011).

Os valores de temperatura durante o verão e o inverno se mostraram muito semelhantes nos T1 e T2, com exceção do T3 que registrou temperaturas menores. O inverno foi o período que mostrou a maior diferença 2,1°C as 14:50 horas, com o T1 33,1°C e T2 35,3°C. No verão a maior diferença foi de 0,9°C as 16:10 horas, com T1 35,9°C e T2 35,0°C (Figura 2).

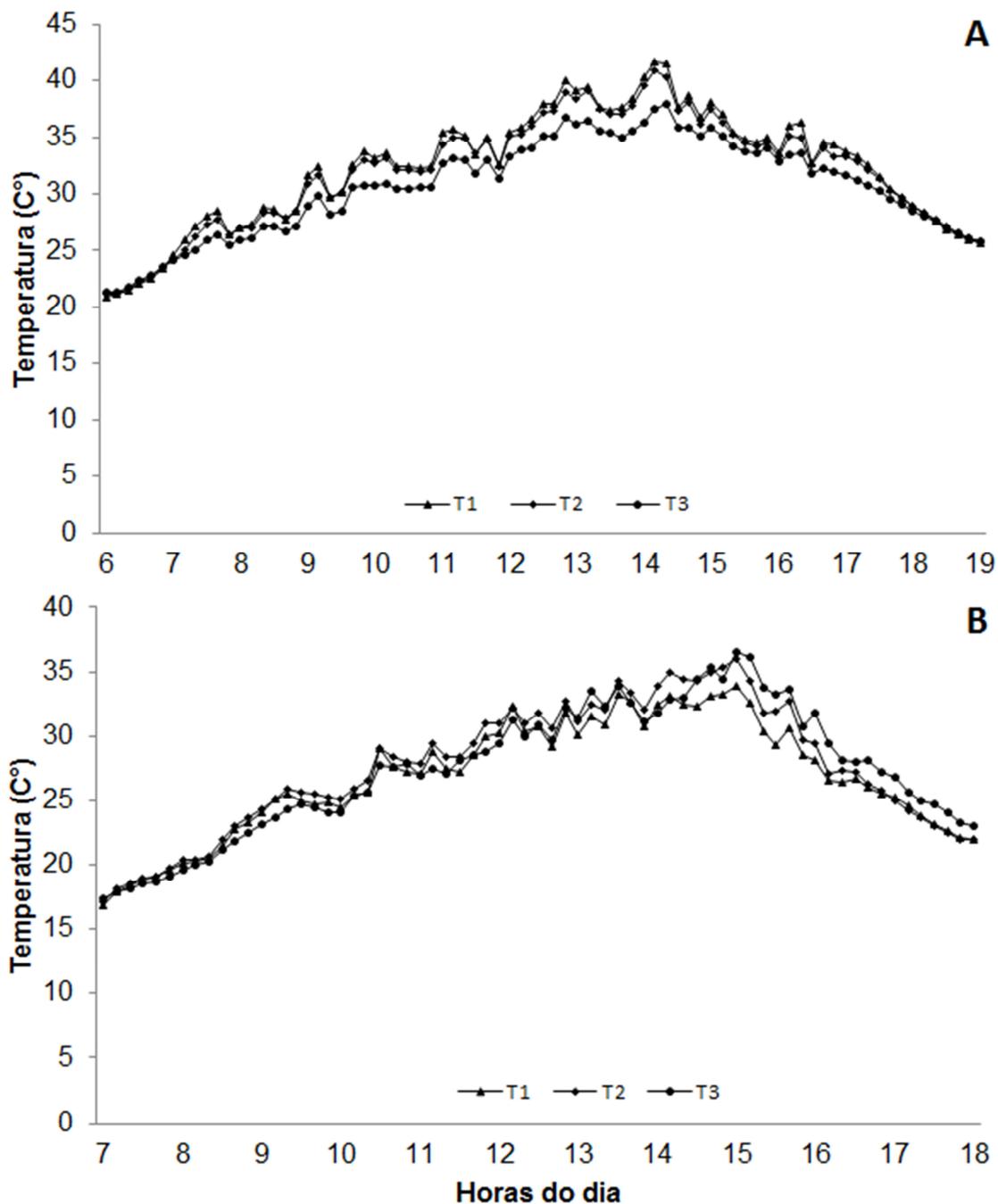


Figura 2 - Variação dos valores diários de temperatura, observados no verão e inverno; A)Verão B)Inverno; T1linha de café a 5,25 metros, T2 linha de café a 1,75 metros T3 linha de banana, Boa Esperança - ES.

Pezzopane et al. (2007) registraram diminuição de no máximo $0,3^{\circ}\text{C}$ em café Arábica consorciados com banana em sistemas adensados, valores muito semelhantes pois no verão a maior diferença foi $1,2^{\circ}\text{C}$.

Os valores de umidade relativa caracterizaram-se pela pequena variação no verão e inverno. O verão teve menores valores 30,1°C as 14:10 horas comparados ao inverno 38,8°C no mesmo horário (Figura 3).

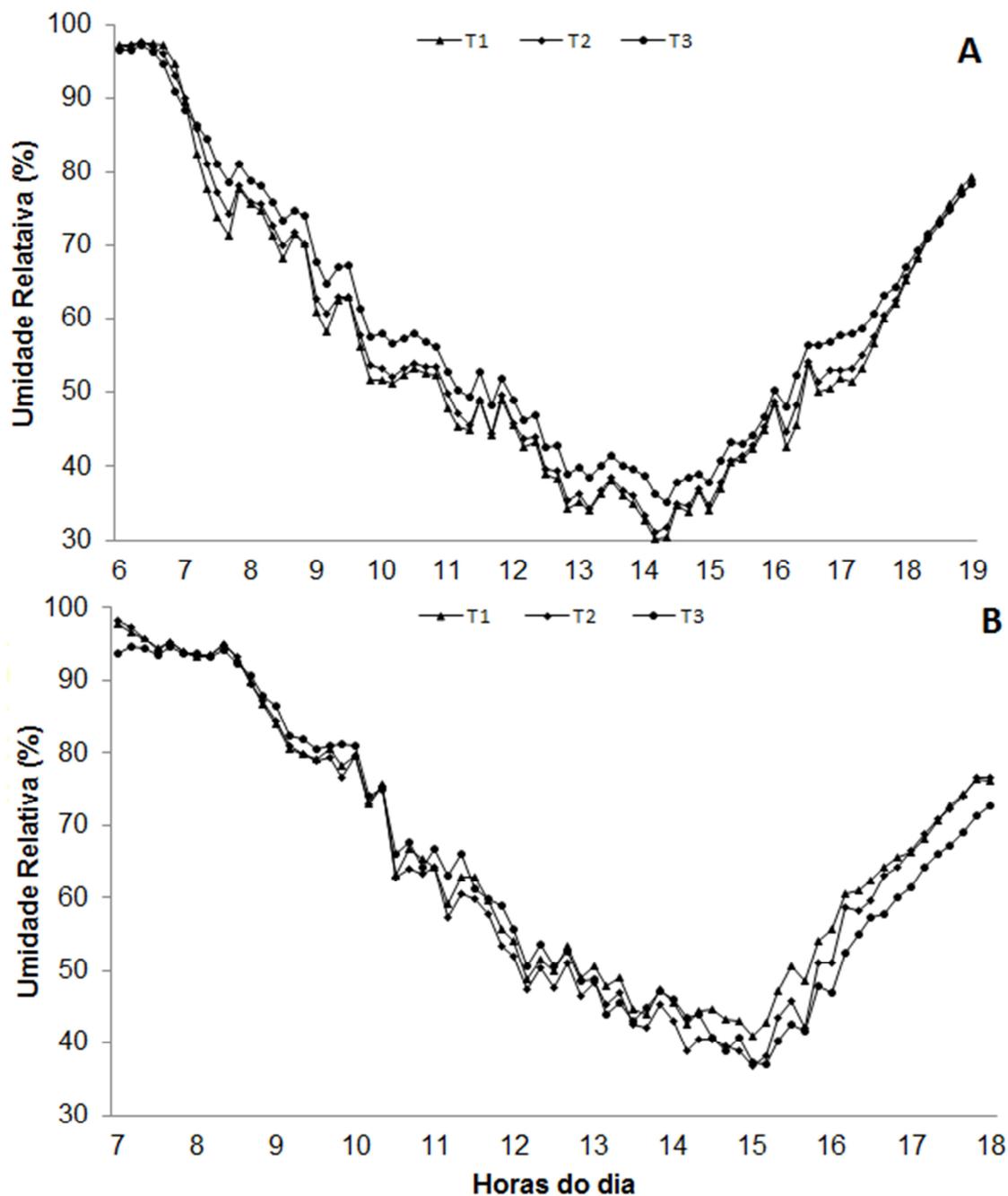


Figura 3 - Variação dos valores diários de umidade relativa, observados no verão (A) e inverno (B); T1 linha de café a 5,25 metros, T2 linha de café a 1,75 metros T3 linha de Banana, Boa Esperança - ES.

Pezzopane et al. (2007), observaram em cultivos de café Arábica consorciados com bananeiras em sistemas adensados registram uma diferença máxima de 1,4% no outono, enquanto consórcios de Conilon com bananeiras em sistemas largos registraram valores de até 6,2% as 15:40 horas no inverno e 2,5% no verão as 9:10 horas.

Avaliações na Planta

O sombreamento proporcionado pelas bananeiras foi muito pequeno para aumentar o comprimento médio dos internódios dos cafeeiros. Os ramos não foram significativamente afetados pelo sombreamento no verão e nem no inverno (Tabela 2). Os ramos velhos com café medidos no verão, tiveram seu crescimento vegetativo a partir do inverno de 2011 até o verão de 2012 e os ramos novos seu crescimento no final da primavera inicio do verão.

Tabela 2 – Crescimento de ramos plagiotrópicos com frutos (RPCF), Ponta do ramos plagiotropico produtivo (PRPP), Ramo plagiotrópicos jovens (RPJ) e Ramos ortotrópicos (RO) de plantas de café Conilon cultivadas sob o efeito da arborização com seringueira, em janeiro (verão) e setembro (inverno) de 2012 em, Boa Esperança - ES.

	RPCF(V)	PRPP(V)	RPJ(V)	RO(V)	RPJ(I)	RO(I)
T1	5,3a	4,5a	5,4a	4,3a	4,6a	3,1a
T2	5,1a	4,3a	5,3a	4,3a	4,6a	3,3a
CV%	12,93	12,84	10,87	16,19	9,75	20,23

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). T1 linha de café a 5,5m, T2 linha de café a 1,75m.

Os valores de macro e micro nutrientes foliares se mostraram diferentes sofrendo uma grande influencia do consórcio, porém as plantas do T2 apresentaram valores inferiores comparados com T1 mais afastada da bananeira, com exceção do K que registrou maiores valores no T2, devido a adubação de palha de café nas duas culturas, entende-se que houve excesso do material que é rico em K (Tabela 3).

Tabela 3 – Concentração (N, P, K, Ca, Mg e S g.Kg⁻¹ e Fe, Zn, Cu, Mn, e B mg.Kg⁻¹) média de nutrientes foliares na linha de cafés sob o efeito do sombreamento, no verão em janeiro de 2012, Boa Esperança - ES.

Concentração nutricional foliar											
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Cu	Mn	B
T1	26,0a	1,4a	9,0b	17,3a	4,1a	1,3a	57,4a	8,6a	7,8a	43,2a	81,2a
T2	25,0a	1,3b	14,8a	14,8b	2,7b	1,1b	51,0a	8,4a	5,8a	35,6a	62,8b
CV%	4,20	2,63	11,11	6,10	6,31	7,04	15,59	10,52	21,81	13,43	8,21

Medias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). T1 linha de café a 5,5m, T2 linha de café a 1,75m.

Os teores de P, K, Ca, Mg, S e B. registraram diferença estatística, entende-se que houve comprometimento do nutrientes para as plantas de café.

Os valores de luminosidade, temperatura e umidade relativa do ar, tiveram uma mínima variação, com o clima não influenciando no alongamento dos ramos, nem no tamanho da área foliar, entende-se que não interferiu na variação dos nutrientes foliares. Os nutrientes com menores valores estão localizados no T2, como a linha de café ficando muito próxima das bananeiras, entende-se que houve competição do sistema radicular pelos nutrientes, diminuindo assim o nutriente para o café próximo das bananeiras.

Os valores de clorofila *a*, não variou estatisticamente verão e no inverno (Tabela 4). Gonçalves (2007) também obteve resultados semelhantes, com os valores de clorofila *a*, sendo valores muito próximos não encontrando diferença estatística.

Os valores de clorofila *b* e total, não variaram estatisticamente no inverno, sendo observado diferença estatística no verão para clorofila *b* e total com os maiores valores registrados mais próximo as bananeiras.

Tabela 4 - Teor médio estimado de clorofila (unidade ICF) *a*, *b* e total, no verão e inverno de 2012, Boa Esperança - ES.

	Clorofila <i>a</i>		Clorofila <i>b</i>		Clorofila Total	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
T1	39,2a	42,6a	14,3b	42,7a	53,5b	85,3a
T2	40,3a	41,9a	20,7a	42,3a	61,0a	84,3a
CV%	4,16	4,65	41,10	26,04	14,93	14,03

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, na mesma coluna, a Tukey a nível de 5% de probabilidade. T1 linha de café a 5,5m, T2 linha de café a 1,75m.

Corroborando com os resultados obtidos neste trabalho, Oliveira (2009) e Mayoli et al., (2012) observaram aumento do teor de clorofila total a sombra comparado com pleno sol. Folhas desenvolvidas em ambientes sombreados, normalmente, apresentam um alto teor de clorofilas totais por unidade de massa, de forma a aumentar sua capacidade de absorção de luz (LEE et al., 1990; CAO, 2000; FENG et al., 2004).

Apesar dos maiores valores de área foliar serem registrados no T2, a área foliar não diferiu estatisticamente dentre os dois tratamentos com o consórcio não influenciando no tamanho da área foliar total dos cafeeiros nas duas estações do ano (Tabela 5).

Tabela 5 – Área foliar total (cm²), no verão e inverno de 2012. Boa Esperança-ES.

	Verão	Inverno
T1	70,8a	72,5a
T2	72,3a	74,1a
CV%	21,97	22,09

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, na mesma linha, a Tukey a nível de 5% de probabilidade. T1 linha de café a 5,5m, T2 linha de café a 1,75m.

Conclusões

1. Ocorreu diminuiu a luminosidade e a temperatura, e aumentou a umidade relativa do ar ao longo do dia nas proximidades das bananeiras.
2. Não houve modificações na área foliar e o tamanho do internódios do cafeeiro Conilon nas duas estações do ano, nas carreiras das bananeiras.

3. O consórcio diminuiu os teores de foliares de P, K, Ca, Mg, S, B e a concentração de Clorofila *b* e total.

Referências Bibliográficas

BEER, J.; MUSCHLER, R.; KASS, D.; SOMARRIBA, E. Shade management in coffee and cacao plantations. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 38, n. 2, p. 139–164, 1998.

CAO, K. F. Leaf anatomy and chlorophyll content of 12 woody espécies in contrasting light conditions in Bornean heath forest. **Jornal of Botany Canadian**, Ottawa, v. 78, n. 10, p.1245-1253, 2000.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira. Primeira estimativa Safra Café 2013**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=> =. Acesso em 30/01/2013.

CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. Botanical classification of coffee. In: CLIFFORD M. N.; WILLSON, K. C. (eds.) coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage. London: Croom Herm, Westport, Conn, p.13-47, 1985.

EMBRAPA - **Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária**. Solos: sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

FENG, Y. L.; CAO, K. F.; ZHANG, J. L. Photosynthetic characteristics, dark respiration and leaf mass per unit area in seedlings of four tropical tree species grown under three irradiances. **Photosynthetica**, Praga, v. 42, n. 3, p. 431-437, 2004.

FAO - Food and Agriculture Organization. Disponível em: http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=pesquisa-culturas_pesquisadas-banana.php&menu=2, Consultado em 13/06/2012.

FERNANDES, E. C. M.; OKTINGATI, A.; MAGHEMBE, J. The Chagga homegardens: a multistoried agroforestry cropping system on Mt. Kilimanjaro (Northern Tanzania). **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 2, n. 4, p. 73–86, 1985.

GLAESER, D. F.; MERCANTE, F. M.; ALVES, M. A. M; SILVA, R. F.; KOMORI, O. M. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos de café. **Ensaio e Ciência**, Campo Grande, v. 14, n. 2, p. 103-114, 2010.

GONÇALVES, G. C.; GALLO, L. A.; FAVARIM, J. L. Assimilação do Carbono por plantas de Cafeeiro (*Coffea arabica* L. var. Obatã) Crescendo a Pleno Sol e com Sombreamento Parcial. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 82, n. 1, p. 35-46, 2007.

LEE, D. W.; BONE, R. A.; TARSIS, S. L.; STORCH, D. Correlates of leaf optical properties in tropical forest sun and extreme-shade plants. **American Journal of Botany**, Davis, v. 77, n. 3, p. 370-380, 1990.

MAYOLI, R. N.; GITAU, K. M. The effects of shade trees on hysiology of arabica coffee. **African Journal of Horticultural Science**, Kenya, v. 6, n. 1, p. 35-42, 2012.

ODUOL, P. A.; ALUMA, J. R. W. The banana (*Musa* spp.) – coffee Robusta: traditional agroforestry system of Uganda. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 11, n. 3, p. 213–226, 1990.

OLIVEIRA, A. A. G. **Aclimação da maquinaria fotossintética do cafeeiro cultivado em diferentes níveis de luz e de disponibilidade hídrica**. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) Universidade Federal de Viçosa, UFV, 2009.

OUMA, G. Intercropping and its application to banana production in East Africa: a review. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, Tampa, v. 1, n. 1, p. 13–15, 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.

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

PEZZOPANE, J. R. M. ; JÚNIOR, M. J. P.; GALLO, P. B.; CAMARGO, M. B. P.; FAZUOLI, L. C. Avaliações fenológicas e agronômicas em café arábica cultivado a pleno sol e consorciado com banana prata anã. **Bragantia**, São Paulo, v. 66, n. 4, p. 527-533, 2007.

PEZZOPANE, J. R. M. ; JÚNIOR, M. J.; GALLO, P. B. Radiação solar e saldo de radiação em cultivo de café a pleno sol e consorciado com banana 'Prata Anã. **Bragantia**, São Paulo, v. 64, n. 3, p. 487-499, 2005.

PROATER - **Programa De Assistência Técnica E Extensão Rural Proater** 2011 – 2013, Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural do Espírito Santo. 2011.

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

RICCI, M. dos S. F. Custos de implantação e de manutenção e receitas brutas obtidas com o cultivo orgânico de café nos sistemas a pleno sol e consorciado à banana e *Erythrina verna*. In: **V Simpósio de Pesquisa dos Cafés do**

Brasil., 2007, Águas de Lindóia, SP. **Anais** -
<http://simposiocafe.sapc.embrapa.br>, 2007.

STAVER, C.; GUHARAY, F.; MONTERROSO, D.; MUSCHLER, R.G. Designing pest-suppressive multistrata perennial crop systems: shade-grown coffee in Central America. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v.53, n. 3, p.151-170, 2001.

MUSCHLER, R. G. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 51, n. 2, p. 131-139, 2001.

VAN ASTEN, P. J. A.; WAIREGI, L. W. I.; MUKASA, D.; URINGI, N. O. Agronomic and economic benefits of coffee–banana intercropping in Uganda’s smallholder farming systems. **Agricultural Systems**, Netherlands, v. 104, n. 4, p. 326-334, 2011.

4. CONCLUSÕES GERAIS

Houve atenuação das variáveis climáticas reduzindo a luminosidade e a temperatura devido a interceptação dos raios solares promovido pelas plantas utilizadas no consórcio, promovendo também o aumento da umidade relativa do ar.

O sombreamento promoveu mudanças no crescimento do cafeeiro Conilon alongando os ramos plagiotrópicos, ortotrópicos e a área foliar. Ainda diminuindo a concentração de clorofila *b* e total, teores de foliares de P e S e aumento das concentrações de Ca, Mn, e Fe. Com um consórcio muito adensado pode-se limitar os teores foliares de P, K, Ca, Mg, S e B.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDO, M. T. V. N.; VALERI, S. V.; MARTINS, A. L. M. Sistemas Agroflorestais e Agricultura Familiar: uma parceria interessante. **Revista Tecnologia e Inovação Agropecuária**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 50-59, 2008.

ADAMS, W. M.; AVELING, R.; BROCKINGTON, D.; DICKSON, B.; ELLIOTT, J.; HUTTON, J.; ROE, D.; VIRA, B.; WOLMER, W. Biodiversity Conservation and the Eradication of Poverty. **Science**, New York, v. 306, n. 5699, p.1146-1149, 2004.

ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 74, n. 1, p. 19-31, 1999.

ANDERSON, J. M. Photoregulation of the composition, function and structure of Lakoid membranes. **A Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 37, v. 1, p. 93-136, 1986.

BAGGIO, A. J.; CARAMORI, P. H.; ANDROCIOLI FILHO, A.; MONTOYA, L. Productivity of southern coffee plantations shaded by different stockings of *Grevillea robusta*. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 37, n. 2, p. 111-120, 1997.

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

BEER, J.; MUSCHLER, R.; KASS, D.; SOMARRIBA, E. Shade management in coffee and cacao plantations. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 38, n. 2, p. 139-164, 1998.

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

BRUM, V. J. **Café Conilon em sombreamento com pupunha**. 149p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, UFES-CAA, 2007.

CAMPANHA, M. M.; SANTOS, R. H. S.; FREITAS, G. B.; MARTINEZ, H. E. P.; GARCIA, S. L. R.; FINGER, F. L. Growth and yield of coffee plants in agroforestry and monoculture systems in Minas Gerais, Brazil. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 63, n. 1, p. 75-82, 2004.

CAMPANHA, M. M.; SANTOS, R. H. S.; FREITAS, G. B.; MARTINEZ, H. E. P.; JARAMILLO-BOTERO, C.; GARCIA, S. L. R. Análise comparativa das características da serapilheira e do solo em cafezais (*Coffea arabica* L.) cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura, na Zona da Mata MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 805-812, 2007.

CAMPOSTRINI, E.; MAESTRI, M. Photosynthetic potential of five genotypes of *Coffea canephora* Pierre. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 10, n. 1, p. 13-18, 1998.

CANNELL, M. G. R. Physiology of coffee crop. In: CLIFFORD, M. N.; WILLSON, K. C. (Eds.). **Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage**. London: Croom Helm, 1985, p. 108-134.

CAO, K. F. Leaf anatomy and chlorophyll content of 12 woody species in contrasting light conditions in Bornean heath forest. **Jornal of Botany**, Canadian, v. 78, n. 10, p.1245-1253, 2000.

CARDOSO, L. M.; MEER, P.V.; OENEMA. O.; JANSSEN, B.F.J.; KUYPER, T.W. Analysis of phosphorus by PNMR in Oxisols under agroforestry and

conventional coffee systems in Brazil. **Geoderina**, Amsterdam, v. 112, n. 23, p. 51-70, 2003.

CATEN, A. T. **Trocas Gasosas e Metabolismo Antioxidativo em *Coffea canephora* em Resposta ao sombreamento Promovido Por *Hevea brasiliensis***. 44p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) Universidade Federal de Viçosa, UFV, Minas Gerais, 2007.

CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. Botanical classification of coffee. In: CLIFFORD M. N.; WILLSON, K. C. (eds.) **Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage**. London: Croom Herm, Westport, Conn, p.13-47, 1985.

COELHO, R. A.; SILVA, G. T. A.; RICCI, M. S. F.; RESENDE, A. S. Efeito de leguminosa arbórea na nutrição nitrogenada do cafeeiro (*Coffea canephora* Pierre ex Froehn) consorciado com bananeira em sistema orgânico de produção. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 21-27, 2006.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira. Primeira estimativa Safra Café 2013**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=> =. Acesso em 30/01/2013.

DAMATTA, F. M.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Photosynthesis performance of two coffee species under drought. **Photosynthetica**, Pragua, v. 34, n. 2, p. 257-264, 1997.

DAMATTA, F. M.; SILVEIRA, J. S. M.; DUCATTI, C.; LOUREIRO, M. Eficiência do uso da água e tolerância à seca em *Coffea canephora*. In: **I Simpósio de Pesquisa de Cafés do Brasil, 2000**, Poços de Caldas. Simpósio de Pesquisa de Cafés do Brasil. Brasília: EMBRAPA CAFÉ / MINASPLAN, v. 2. p. 907-910, 2000.

DAMATTA, F. M.; CHAVES, A. R.; PINHEIRO, H. A.; DUCATTI, C.; LOUREIRO, M. Drought tolerance of two field-grown clones of *Coffea canephora*. **Plant Science**, Limerick, v. 164, n. 1, p. 111-117, 2003.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 55-81, 2006.

DAMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, 19, n. 4, p. 485-510, 2007.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história da devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras, 484p, 1997.

DIETSCH, T. V.; PHILPOTT, S. M.; RICE, R. A.; GREENBERG, R. BICHER, P. Conservation policy in coffee landscapes. **Science**, New York, v. 303, n. 5658, p. 625-626, 2004.

ELVIRA, R.; ALONSO, S.; CASTILHO, J.; GIMENO, B. S. On the response of pigments and antioxidants of pinus hapelensis to Mediterranean climate factors and long-term ozone exposure. **New Phytologist**, Lancaster v. 138, n. 3, p.419-432, 1998.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Solos: **sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. Londrina: Planta, 2006. 403p.

EVANS, J. R.; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning

in maximizing carbon gain. **Plant Cell, Environment**. Oxford v. 24, n. 8, p. 755-767, 2001.

FAO - Food and Agriculture Organization. 2011. Disponível em: http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=pesquisa-culturas_pesquisadas-banana.php&menu=2, Consultado em 13/06/2012.

FENG, Y. L.; CAO, K. F.; ZHANG, J. L. Photosynthetic characteristics, dark respiration and leaf mass per unit area in seedlings of four tropical tree species grown under three irradiances. **Photosynthetica**, Praga, v. 42, n. 3, p. 431-437, 2004.

FERNANDES, E.C.M.; OKTINGATI, A.; MAGHEMBE, J. The Chagga homegardens: a multistoried agroforestry cropping system on Mt. Kilimanjaro (Northern Tanzania). **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 2, n. 4, p. 73–86, 1985.

FERNANDES, D. R. Manejo do cafezal. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.) *Cultura do Cafeeiro*. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa de Potassa e do Fósforo, p. 275-3011, 1986.

FERRARI, T. K.; XAVIER, L. E. M. Agricultura familiar no estado do Espírito Santo. In: **I Encontro de Economia do Espírito Santo, 2010**, Vitória. I Encontro de Economia do Espírito Santo, 2010.

FRANÇA, C. G.; DEL GROSSI, M. E.; VICENTE, P. M. A. **Agricultura familiar no Brasil e o censo agropecuário, 2006**. Disponível em: <http://www.mst.org.br> Acesso em 07 de setembro de 2011.

FRANCK, N.; VAAST, P. Limitation of coffee leaf photosynthesis by stomatal conductance and light availability under different shade levels. **Trees**, Berlin, v. 23, n. 4, p. 761–769, 2009.

GLAESER, D. F.; MERCANTE, F. M.; ALVES, M. A. M; SILVA, R. F.; KOMORI, O. M. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos de café. **Ensaio e Ciência**, Campo Grande, v. 14, n. 2, p. 103-114, 2010.

GONÇALVES, G. C.; GALLO, L. A.; FAVARIM, J. L. Assimilação do Carbono por plantas de Cafeeiro (*Coffea arabica* L. var. Obatã) Crescendo a Pleno Sol e com Sombreamento Parcial. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 82, n. 1, p. 35-46, 2007.

HAGGAR, J.; BARRIOS, M.; BOLANOS, M.; MERLO, M.; MORAGA, P.; MUNGUÍA, R.; PONCE, A.; ROMERO, S.; SOTO, G.; STAVER, C.; VIRGINIO, E. M. F. Coffee agroecosystem performance under full sun, shade, conventional and organic management regimes in Central America. **Agroforest System**, Dordrecht, v. 82, n. 3, p. 285–301, 2011.

HERGOUALC'H, K.; BLANCHARD, E.; SKIBAE, U.; HENAULT, C.; HARMAND, J. M. Changes in carbon stock and greenhouse gas balance in a coffee (*Coffea arabica*) monoculture versus an agroforestry system with *Inga densiflora*, in Costa Rica. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Zürich, v. 148, n. 1, p. 102-110, 2012.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006. Agricultura Familiar, primeiros resultados**. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Brasília: MPOG, 2009.

ICO - International Coffee Organization. **Total Production of Exporting Countries Crop Years Commencing: 2006 to 2011**. Disponível em: http://www.ico.org/trade_statistics.asp. Acesso em 15/12/2012.

IRSG - International Rubber Study Group. **Quarterly Statistics**. Disponível em: <http://www.rubberstudy.com/statistics.aspx>. Acesso em 18/12/2012.

JARAMILLO-BOTERO, C.; MARTINEZ, H. E. P.; SANTOS, R. H. S. Características do café (*Coffea arabica* L.) sombreado no norte da América Latina e no Brasil: análise comparativa. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 94-102, 2006.

JARAMILLO-BOTERO, C.; SANTOS, R. H. S.; HERMINIA E. P.; CECON, P. R.; SANTOS, C.; PERIN, A. Desenvolvimento reprodutivo e produção inicial de cafeeiros sob diferentes níveis de sombreamento e adubação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 307, p. 343-349, 2006.

LEE, D. W.; BONE, R. A.; TARSIS, S. L.; STORCH, D. Correlates of leaf optical properties in tropical forest sun and extreme-shade plants. **American Journal of Botany**, Davis, v. 77, n. 3, p. 370-380, 1990.

LIN, B. B. Agroforestry management as an adaptative strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 144, n. 1-2, p. 85-94, 2007.

MARTÍNEZ-FERRI, E.; MANRIQUE, E.; VALLADARES, F.; BALAGUER, L. Winter photoinhibition in the field involves different process in four co-occurring Mediterranean tree species. **Tree Physiology**, Durham, v. 24, n. 9, p. 981-990, 2004.

MATOS, F. S.; WOLFGRAMM, R.; GONCALVES, F. V.; CAVATTE, P. C.; VENTRELLA, M. C.; DAMATTA, F. M. Phenotypic plasticity in response to light in the coffee tree. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 67, n. 2, p. 421-427, 2009.

MAYOLI, R. N.; GITAU, K. M. The effects of shade trees on hysiology of arabica coffee. **African Journal of Horticultural Science**, Kenya, v. 6, n. 1, p. 35-42, 2012.

MONTAGNINI, F.; NAIR, P. K. R.; Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 61, n. 1, p. 28 1-295, 2004.

MIRANDA, G. M.; PEREIRA, R. C. A.; BERGO, C. L. Comportamento de seis linhagens de café (*Coffea arabica*) em condições de sombreamento e a pleno sol no estado do Acre, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 62-69, 1999.

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

MORAIS, H.; CARAMORI, P. H.; KOGUISHI, M. S.; GOMES, J. C.; RIBEIRO, A. M. A. Caracterização microclimática de cafeeiros cultivados sob malha de sombreamento e a pleno sol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v. 15, n. 2, p. 133-142, 2007.

MORAIS, H.; CARAMORI P. H.; RIBEIRO, A. M. A.; GOMES J. C. Microclimatic characterization and productivity of coffee plants grown under shade of pigeon pea in Southern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 763-770, 2006.

MORAIS, H.; MEDRI, M. E.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. de A.; GOMES, J. C. Modification on leaf anatomy of *Coffea arabica* caused by shade of Pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n. 6, p. 863- 871, 2004.

MORAIS, H.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. A.; GOMES, J. C. Características fisiológicas e de crescimento de *Coffea arabica* sombreado com guandu (*Cajanus cajan*) e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1131-1137, 2003.

MOREIRA, C. F. **Caracterização de sistemas de café orgânico sombreado e a pleno sol no sul de Minas Gerais**. 78p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

Moreira C. F. **Sustentabilidade de sistemas de produção de café sombreado orgânico e convencional**. 146 p. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

MORGAN, D. C.; SMITH, H. Systematic relationship between phytochrome-controlled development and species habitat for plants grown in simulated natural irradiation. **Planta**, Berkeley, v. 145, n. 3, p. 253-258, 1979.

MOGUEL, P.; TOLEDO, V. M. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. **Conservation Biology**, Hoboken, v. 13, n. 1, p. 11-21, 1999.

MUSCHLER, R. G. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v. 2, n. 51, p. 131–139, 2001.

MUÑOZ, G.; ALVARADO, J. Importancia de la sombra en el cafetal. **Agroforestería en las Américas**, Turrialba, v. 4, n. 13, p.25-29, 1997.

NEVES, Y. P.; MARTINEZ, H. E. P.; SOUZA, C. M.; CECON, P. R. Teor de água e fertilidade do solo com cafeeiros cultivados em sistemas agroflorestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 575-588, 2007.

NIINEMETS, U.; KULL, O.; TENHUNEN, J. D. An analyses of light effects on foliar morphology, physiology, and light interception in temperate deciduous woods species of contrasting shade tolerance. **Tree Physiology**, Durham, v. 18, n. 10, p. 681- 696, 1998.

ODUOL, P. A.; ALUMA, J. R. W. The banana (*Musa* spp.) – coffee Robusta: traditional agroforestry system of Uganda. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 11, n. 3, p. 213-226, 1990.

OUMA, G. Intercropping and its application to banana production in East Africa: a review. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, Tampa, v. 1, n. 1, p. 13-15, 2009.

OTTANDER, C.; CAMPBELL, D.; OQUIST, G. Seasonal changes in photosystem II organization and pigment composition in *Pinus sylvestris*. **Planta**, Berkeley, v. 197, n. 1, p. 176-183, 1995.

OLIVEIRA, C. R. M. D.; DELFINO, J. P. R.; SOARES, A. M.; OLIVEIRA, L. E. M.; MACEDO, R. L. G. Trocas gasosas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) e seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) em diferentes sistemas de cultivo na região de Larvas, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 197-206, 2006.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; VIANA, A. P.; BATISTA-SANTOS, P.; RODRIGUES, A. P.; LEITÃO, A. E.; RAMALHO, J. C. Low temperature impact on photosynthetic parameters of coffee genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 11, p. 1404-1415, 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.

PERFECTO, I.; ARMBRECHT, I. The coffee agroecosystem in the Neotropics: combining ecological and economic goals. in J. H. Vandemeer, editor. **Tropical Agroecosystems**. New York, p.157-192, 2002.

PERFECTO, I.; RICE, R. A.; GREENBERG, R.; VAN DER VOORT, M. E. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. **Bioscience**, Reston, v. 46, n. 8, p. 598-608, 1996.

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

PEZZOPANE, J. R. M.; CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; BONOMO, R. ; SARAIVA, G. S. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. **Revista ciência agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p.341-348, 2010a.

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

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; GALLO, P. B. Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/banana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 256-264, 2007.

PEZZOPANE, J. R. M. ; JÚNIOR, M. J.; GALLO, P. B. Radiação solar e saldo de radiação em cultivo de café a pleno sol e consorciado com banana 'Prata Anã. **Bragantia**, São Paulo, v. 64, n. 3, p. 487-499, 2005.

PINHEIRO, H. A.; DAMATTA, F. M.; CHAVES, A. RODRIGUES M.; LOUREIRO, M. E.; DUCATTI, C. Drought tolerance is associated with root depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora* Pierre. **Annals of Botany**, Leicester, v. 96, n. 1, p. 101-108, 2005.

PROATER - **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural PROATER 2011 – 2013**, Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural do Espírito Santo. 2011.

RAMALHO, J. C.; PONS, E. L.; GROENVELD, H. W.; NUNES, M. A. Photosynthetic responses of *Coffea arabica* leaves to a short-term high light exposure in relation to N availability. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 101, n. 1, p. 229-239, 1997.

RAMAN, T. R. S. Effects of habitat structure and adjacent habitats on birds in tropical rainforest fragments and shaded plantations in the Western Ghats, India. **Biodiversity and Conservation**, Canberra, v. 15, n. 4, p. 1577-1607, 2006.

RAPPOLE, J. H.; KING, D. I. VEGA J. H. R. Coffee and conservation. **Conservation Biology**, Hoboken v. 17, n. 1, p. 334-336, 2003.

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

RICCI, M. dos S. F. Custos de implantação e de manutenção e receitas brutas obtidas com o cultivo orgânico de café nos sistemas a pleno sol e consorciado à banana e *Erythrina verna*. In: **V Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil.**, 2007, Águas de Lindóia, SP. Anais - <http://simposiocafe.sapc.embrapa.br>, 2007.

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

RICCI, M. S. F.; MANOEL, R. M.; SEGGES, J. H.; OLIVEIRA, F. F.; MIRANDA, S. C.; Influência da arborização no crescimento, estado nutricional, produtividade e qualidade de bebida de café conilon (*Coffea canephora*) sob manejo orgânico. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 2002.** Caxambu. Resumos. Caxambu, p. 300, 2002.

RONCHI, C. P.; DAMATTA, F. M. Aspectos fisiológicos do Café Conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. (Ed.). **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, p. 95-119, 2007.

RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S.; LUNZ, A. M. P.; PEREIRA, C. R.; DOURADO-NETO, D.; FAVARIN, J. L. Measurement and Simulation of Solar Radiation Availability in Relation to the Growth of Coffee Plants in an Agroforestry System With Rubber Trees. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 195-207, 2007.

ROSADO, P. L.; ALVARENGA, A. P.; PIRES, M. M.; SANTOS, D. F. Agronegócio da borracha natural. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 237, p. 12-22, 2007.

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

RODRIGUES, V. G. S. **Avaliação do desenvolvimento vegetativo de cafeeiros arborizados e a pleno sol**. Embrapa Rondônia, 2009 (Circular Técnica nº 112).

SALES, E. F.; TEIXEIRA, A. F. R.; ARAUJO, J. B. S.; CAPORAL, F. R.; SILVA, V. M. Desenvolvimento de Sistemas Agroflorestais com Cafezais no Estado do Espírito Santo: uma Aproximação a uma Proposta de Transição Agroecológica. In: **VI Congresso Brasileiro de Agroecologia / II Congresso LatinoAmericano de Agroecologia, 2009**, Curitiba. Anais do VI Congresso Brasileiro de Agroecologia, II Congresso Latino Americano de Agroecologia, 2009.

SALGADO, B. G.; MACEDO, R. L. G.; ALVARENGA, M. I. N.; VENTURIN, N. Avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais com cafeeiro

(*Coffea arabica* L.) em Lavras-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 343-349, 2006.

SENEVIRATHNA, A. M. W. K.; STIRLING, C. M.; RODRIGO, V. H. L. Growth, photosynthetic performance and shade adaptation of rubber (*Hevea brasiliensis*) grown in natural shade. **Tree Physiology**, Victoria, v. 23, n. 10, p. 705-712, 2003.

SILES, P.; HARMAND, J. M.; VAAST P. Effects of *Inga densiflora* on the microclimate of coffee (*Coffea arabica* L.) and overall biomass under optimal growing conditions in Costa Rica. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 78, n. 1, p. 269-286, 2010.

SOTO-PINTO, L.; PERFECTO, I.; HERNANDEZ, J. C.; NJETO, J. C. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 80, n. 6, p. 1-69, 2000.

STAVER, C.; GUHARAY, F.; MONTERROSO, D.; MUSCHLER, R.G. Designing pest-suppressive multistrata perennial crop systems: shade-grown coffee in Central America. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 53, n. 3, p. 151-170, 2001.

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

SOUZA, H. N.; GRAAFF, J.; PULLEMAN, M. M. Strategies and economics of farming systems with coffee in the Atlantic Rainforest Biome. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 84, n. 2, p. 227-242, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução de SANTAREM E. R. et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 720 p.

TATAGIBA, S. D.; Santos, E. A.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. Mudanças de *Coffea canephora* cultivadas sombreadas e a pleno sol. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 219-226, 2010.

TEJEDA-CRUZ, C.; SILVA-RIVERA, E.; BARTON, J. R.; SUTHERLAND, W. J. Why shade coffee does not guarantee biodiversity conservation. **Ecology and Society**, Nova Scotia, v. 15, n. 1, art. 13, 2010.

USCHLER, R.G. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 51, n. 2, p. 131-139, 2001.

VALENTINI, L. S. P.; CAMARGO, M. B. P.; ROLIM, G. S.; SOUZA, P. S.; GALLO, P. B. Temperatura do ar em sistemas de produção de café arábica em monocultivos e arborizados com seringueira e coqueiro anão na região de Mococa-SP. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 1005-1010, 2010.

VALLADARES, F.; SANCHEZ-GOMES, D.; ZAVALA, M. A. Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. **Journal of Ecology**, London, v. 94, n. 6, p. 1103-1116, 2006.

VOLTAN, R. B. Q.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C. Variação na anatomia foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidades luminosas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v. 4, n. 2, p. 99-105, 1992.

VAN ASTEN, P.J.A.; WAIREGI, L.W.I.; MUKASA, D.; URINGI, N.O. Agronomic and economic benefits of coffee–banana intercropping in Uganda’s smallholder farming systems. **Agricultural Systems**, Netherlands, v. 104, n. 4, p. 326-334, 2011.

WILSON, K. C. Coffee, Cocoa and Tea. Wallingford: CABI Publishing, 1999. 300p.

6. ANEXOS



Vista frontal da lavoura em Jaguaré-ES. **A)** 10 linhas de cafés entre os renques de seringueira; **B)** HOBO em cada linha, em Jaguaré-ES.



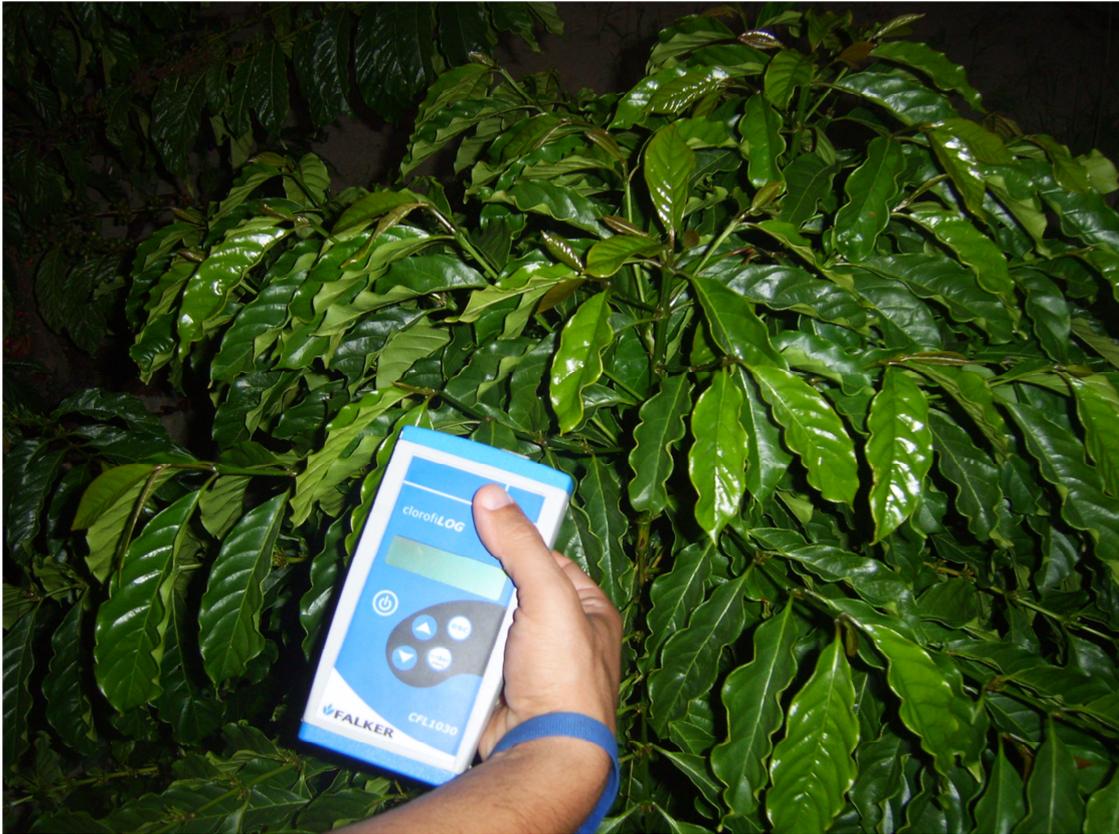
Vista frontal das lavouras em Jaguaré-ES. **A)** lavoura a pleno sol e **B)** lavoura de café consorciada com seringueira.



Vista frontal da lavoura dispondo os dois tratamentos e a localização onde foram feitas as amostragens climatológicas pelos HOB0 em cada linha, Boa Esperança - ES. **A)** tratamentos 1 e 2 e **B)** tratamento 3.



A) Ramo velho com café, **B)** Ponta do ramo velho sem café, **C)** Ramo novo sem café, e **D)** Ramo ortotrópico.



Medição do teor de clorofila *a*, *b* e total de clorofila em cada tratamento.