

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

EVELYN TREVISAN

**MICROCLIMA SOB A COPA DO MAMOEIRO
CULTIVADO COM CAFÉ E EM DIFERENTES
ORIENTAÇÕES DE PLANTIO, AO LONGO DO ANO**

**São Mateus - ES
Julho de 2017**

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

**MICROCLIMA SOB A COPA DO MAMOEIRO
CULTIVADO COM CAFÉ E EM DIFERENTES
ORIENTAÇÕES DE PLANTIO, AO LONGO DO ANO**

EVELYN TREVISAN

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

Orientador: Prof. D.Sc. Fábio Luiz Partelli

**São Mateus - ES
Julho de 2017**

MICROCLIMA SOB A COPA DO MAMOEIRO CULTIVADO COM CAFÉ E EM DIFERENTES ORIENTAÇÕES DE PLANTIO, AO LONGO DO ANO

EVELYN TREVISAN

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

Aprovada: 28 de julho de 2017

Dr. José Altino Machado Filho
Instituto Capixaba de Pesquisa,
Assistência Técnica e Extensão Rural

Dr. Marcos Goes Oliveira
Universidade Federal do Espírito
Santo
Co-orientador

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

A Deus, *“Porque dele e por ele, e para ele, são todas as coisas; glória, pois, a ele eternamente. Amém”*. (Romanos 11:36).

Aos meu pais, Vitorino e Angela, pelo amor incondicional, carinho e amparo.

Ao meu irmão Gelber e meu noivo Lucas, pelo carinho e amor.

DEDICO.

Agradecimentos

A Deus pelo dom da vida, por ser meu refúgio e fonte de fé e esperança em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais, Vitorino e Angela e meu irmão Gelber, que nunca mediram esforços pra que eu pudesse alcançar meus objetivos.

Ao meu noivo, por todo carinho e amparo nas horas mais difíceis da minha vida.

A Universidade Federal do Espírito Santo, por me proporcionar a oportunidade de cursar o mestrado e realizar parte de um sonho.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pelo apoio financeiro com o fornecimento da bolsa estudantil.

A empresa Caliman Agrícola, por ceder a área experimental para que eu pudesse realizar a pesquisa.

Ao meu orientador Dr. Fábio Luiz Partelli, por aceitar o desafio de me orientar, pela amizade, pelos ensinamentos, dedicação, paciência e acima de tudo pela confiança e compreensão.

Ao meu Co-orientador Marcos Goes Oliveira, pela amizade e pelos ensinamentos e companheirismo durante as avaliações do trabalho.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, pelo esforço, dedicação e ensinamentos passados ao longo de suas disciplinas.

Ao Gustavo Pereira Valani, que me auxiliou durante todo o período do experimento na coleta dos dados, você foi peça essencial para conclusão dessa etapa. Agradeço pela dedicação, compromisso e amizade.

As minhas amigas Joice Paraguassú e Thaimã Rodrigues, por todo companheirismo e amizade durante todo esse tempo, obrigado por cada palavra de apoio. Aos meus amigos Gleison Oliosí e João Antônio Dutra Giles pela amizade, tornando os dias melhores.

A república “castelinho azul” por ter me recebido de braços abertos, obrigada Gleisiele Rangel, Eveline Malaquias e Yasmin Costa por tornarem meus dias ainda melhores. E aos demais que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente para realização desse sonho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	V
ABSTRACT.....	VII
1. CAPÍTULOS	1
1.1. MICROCLIMA E DESENVOLVIMENTO DE <i>Coffea canephora</i>	
CONSORCIADO COM <i>Carica papaya</i>	2
Resumo	2
Abstract.....	3
Introdução	4
Material e Métodos	6
Resultados e Discussão	8
Conclusões.....	23
Referências	24
1.2. MICROCLIMA SOB A COPA DO MAMOEIRO PLANTADO NO	
SENTIDO NORTE-SUL E LESTE-OESTE.....	28
Resumo	28
Abstract.....	29
Introdução	30
Material e métodos	32
Resultados e discussão.....	33
Conclusões.....	48
Referências	49

RESUMO

TREVISAN, Evelyn; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Julho de 2017; **Microclima sob a copa do mamoeiro cultivado com café e em diferentes orientações de plantio, ao longo do ano**; Orientador: Fábio Luiz Partelli, Co-orientador: Marcos Goes Oliveira.

O café Conilon é uma espécie originalmente adaptada a ambientes parcialmente sombreados, entretanto, no Brasil, seu cultivo é realizado a pleno sol. Durante a fase crítica de enchimento dos grãos, o cafeeiro frequentemente é submetido a temperaturas elevadas, o que pode causar estresse à cultura, exigindo diferentes técnicas para mitigar esses problemas. Dessa forma, o sombreamento surge como uma técnica para mitigação de variáveis climáticas. Neste contexto, desenvolveram-se dois trabalhos: o primeiro objetivou-se avaliar o microclima e o desenvolvimento do cafeeiro Conilon, em um sistema de cultivo de café consorciado com mamoeiro. O mamoeiro foi plantado no espaçamento de 3,20x2,40m, em julho de 2014, já o café, foi implantado no espaçamento de 3,20x1,60m, em março de 2015, na linha do mamoeiro. Considerou-se como tratamentos as distâncias da linha do cafeeiro e mamoeiro (40 e 80cm norte e sul) e a pleno sol, na orientação norte e sul. Avaliou-se as variáveis atmosféricas (temperatura, irradiância, umidade relativa), área foliar e índice relativo de clorofila, comprimento dos ramos plagiotrópicos, ortotrópicos e número de nós, em três épocas do ano. O consórcio do cafeeiro Conilon com Mamoeiro proporcionou diminuição da irradiância e da temperatura, e valores superiores de umidade relativa do ar durante o dia em todas as épocas avaliadas. O sombreamento proporcionou maior expansão foliar, entretanto não influenciou no crescimento de ramos plagiotrópicos e ortotrópicos e no número de nós. O sistema de consórcio do cafeeiro Conilon com mamoeiro nas condições estudadas apresentou potencial. O segundo teve como objetivo avaliar as variações dos fatores ambientais sob a copa do mamoeiro, plantado no sentido de orientação Norte-Sul e Leste-Oeste. Foram utilizadas duas áreas de mamão, uma plantada na orientação Norte-Sul e outra Leste-Oeste, implantadas no espaçamento 3,20x2,40m, ambas plantadas em abril de 2015. Considerou-se como tratamentos as distâncias da linha do mamoeiro, e um local a pleno sol, onde avaliou-se, no sentido Norte-Sul: na linha de plantio do mamão (T1), à 40cm

lado oeste (T2 O), 40cm lado leste (T3 L) e a pleno sol (T4 Sol); no sentido Leste-Oeste: na linha de plantio do mamão (T1), à 40cm lado norte (T2 N), 40cm lado Sul (T3 S) e na linha de plantio a pleno sol (T4 Sol). Avaliou-se as variáveis atmosféricas (temperatura, irradiância, umidade relativa). O mamoeiro plantado no sentido Leste-Oeste, nas condições estudadas, proporcionou menor irradiação incidente, redução na temperatura e valores superiores de umidade relativa do ar sob sua copa. De acordo com as condições microclimática apresentadas, torna-se possível o consórcio do mamoeiro plantado nos dois sentidos.

Palavras-chave: *Coffea canephora*, *Carica papaya*, consorciamento, sentidos de plantio.

ABSTRACT

TREVISAN, Evelyn; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; July, 2017; **Microclimate under the canopy of papaya cultivated with coffee and in different planting orientations, throughout the year**; Advisor: Fábio Luiz Partelli, Co-advisor: Marcos Goes Oliveira.

The Conilon coffee is a species originally adapted to partially shaded environments, however, in Brazil, its cultivation is carried out in full sun. During the critical stage of grain filling, coffee is often subjected to high temperatures, which can cause crop stress, requiring different techniques to mitigate these problems. Thus, shading appears as a technique for mitigating climatic variables. In this context, two works were developed: the first one was to evaluate the microclimate and the development of the coffee Conilon, in a system of coffee cultivation consorciado with papaya. The papaya tree was planted at 3,20x2,40m spacing, in July 2014, and the coffee was planted at 3,20x1,60m spacing in March 2015, in the papaya line. The distances of the coffee and papaya line (40 and 80cm north and south) and full sun in the north and south orientation were considered as treatments. It was evaluated the atmospheric variables (temperature, irradiance, relative humidity), leaf area and relative index of chlorophyll, length of the plagiotropic, orthotropic and number of nodes, in three seasons of the year. The consortium of the Conilon coffee plant with Mamoeiro provided a decrease in irradiance and temperature, and higher values of relative air humidity during the day in all evaluated periods. The shading provided greater leaf expansion, however did not influence the growth of plagiotropic and orthotropic branches and the number of nodes. The system of consortium of the coffee plant Conilon with papaya under the conditions studied presented potential. The second one had the objective to evaluate the variations of the environmental factors under the canopy of papaya, planted in the sense of North-South and East-West orientation. Two areas of papaya, one planted in the North-South orientation and the other East-West, were planted at a spacing of 3.20x2.40m, both planted in April 2015. The treatments were considered the distances of the papaya line, and one In the north-south direction: at the planting line of the papaya (T1), at 40cm west side (T2 O),

40cm east side (T3 L) and at full sun (T4 Sol) ; In the East-West direction: in the planting line of the papaya (T1), at 40cm north side (T2 N), 40cm South side (T3 S) and in the planting line at full sun (T4 Sun). Atmospheric variables (temperature, irradiance, relative humidity) were evaluated. The papaya planted in the east-west direction, under the conditions studied, provided less incident radiation, reduction in temperature and higher values of relative humidity of the air under its canopy. According to the microclimatic conditions presented, the consortium of papaya planted in both directions becomes possible.

Key words: *Coffea canephora*, *Carica papaya*, consorciamiento, sentdos of planting.

1. CAPÍTULOS

1.1. MICROCLIMA E DESENVOLVIMENTO DE *Coffea canephora* CONSORSIADO COM *Carica papaya*

Resumo

Dentre as inúmeras espécies do gênero *Coffea*, o café Arábica (*Coffea arabica* L.) e café Conilon e/ou Robusta (*C. canephora* Pierre ex A. Froehner) são consideradas as principais espécies cultivadas em todo o mundo. No Brasil, o cultivo do café Conilon é realizado a pleno sol. Durante a fase crítica de enchimento dos grãos, o cafeeiro frequentemente é submetido a temperaturas elevadas, o que pode causar estresse à cultura, exigindo diferentes técnicas para mitigar esses problemas. Dessa forma, o sombreamento surge como uma técnica para mitigação de variáveis climáticas, além de proporcionar sustentabilidade ao sistema. O objetivo deste trabalho foi avaliar o microclima e o desenvolvimento do cafeeiro Conilon, em um sistema de cultivo de café consorciado com mamoeiro. O mamoeiro foi plantado no espaçamento de 3,20x2,40m, em julho de 2014. O café foi implantado no espaçamento de 3,20x1,60m, em março de 2015, na linha do mamoeiro. Considerou-se como tratamentos as distâncias da linha do cafeeiro e mamoeiro (40 e 80cm norte e sul) e a pleno sol, na orientação norte e sul. Avaliou-se as variáveis atmosféricas (temperatura, irradiância, umidade relativa), área foliar e índice relativo de clorofila, comprimento dos ramos plagiotrópicos, ortotrópicos e número de nós, em três épocas do ano. A hipótese de igualdade das variáveis amostradas foram avaliadas pela análise de variância. O teste de Tukey foi utilizado para comparação de médias a um nível de confiança de 95%. O consórcio do cafeeiro Conilon com Mamoeiro proporcionou diminuição da

irradiância e da temperatura, e valores superiores de umidade relativa do ar durante o dia em todas as épocas avaliadas, tornando o ambiente mais ameno para o cultivo. O sombreamento proporcionou maior expansão foliar, entretanto não influenciou no crescimento de ramos plagiotrópicos e ortotrópicos e no número de nós. O sistema de consórcio do cafeeiro Conilon com mamoeiro nas condições estudadas apresentou potencial.

Palavras-chave: Café conilon, consórcio, sistemas agroflorestais.

Abstract

Among the enumerated species of *Coffea* genus, Arabica coffee (*Coffea arabica* L.) and Conilon and / or Robusta coffee (*C. canephora* Pierre ex A. Froehner) are considered the main species cultivated worldwide. Conilon coffee cultivation is carried out in full sun. During the critical stage of grain filling, coffee is often subjected to high temperatures, which can cause crop stress, requiring different techniques to mitigate these problems. Thus, shading appears as a technique to mitigate climate variables, in addition to providing sustainability to the system. The objective of this work was to evaluate the microclimate and the development of the Conilon coffee in a system of coffee cultivation intercropped with papaya. The papaya was planted at 3,80x1,60m spacing in July 2014. The coffee was planted at 3.80x1m spacing in March 2015, in the papaya line. The distances of the coffee and papaya line (40 and 80cm north and south) and full sun in the north and south orientation were considered as treatments. It was evaluated the atmospheric variables (temperature, irradiance, relative humidity), leaf area and relative index of chlorophyll, length of the plagiotropic, orthotropic and number of nodes, in three seasons of the year. The equality hypothesis of the variables sampled was evaluated by analysis of variance. The Tukey test was used to compare means at a 95% confidence level. The consortium of the Conilon coffee plant with Mamoeiro provided a decrease in irradiance and temperature, and higher values of relative humidity during the day in all the evaluated periods, making the environment more pleasant for cultivation. The shading provided greater leaf expansion, however did not influence the growth of plagiotropic and

orthotropic branches and the number of nodes. The system of consortium of the coffee plant Conilon with papaya under the conditions studied presented potential.

Key words: Conil coffee, consortium, agroforestry systems.

Introdução

Dentre as numerosas espécies do gênero *Coffea*, o café Arábica (*Coffea arabica* L.) e café Conilon e/ou Robusta (*C. canephora* Pierre ex A. Froehner) são consideradas as principais espécies cultivadas em todo o mundo. A produção mundial de café em 2016 ultrapassou 151,6 milhões de sacas e destes, 56,4 milhões de sacas são do *C. canephora* (ICO, 2017). O Brasil, em 2016, manteve sua posição de destaque como segundo maior produtor mundial de *C. canephora*, com produção efetiva de 43,38 milhões de sacas beneficiadas, o que representa 84,6 % do total nacional, sendo os estados do Espírito Santo, Rondônia e Bahia os maiores produtores de Conilon, com participação média da ordem de 63%, 20% e 10%, respectivamente (CONAB, 2017).

O café é originário de regiões tropicais da África, a espécie *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, conhecida por café Conilon ou café Robusta, é uma espécie originalmente adaptada a ambientes parcialmente sombreados (RODRIGUES, 2007). O cultivo do café Conilon no Brasil é realizado a pleno sol, segundo Ferrão et al. (2007), um dos motivos da baixa adoção de arborização em lavouras de café Conilon está relacionado com o fato desta espécie ser originada de uma região caracterizada por temperaturas elevadas e estação seca moderada a acentuada, o que se entende por maior adaptação a rigores climáticos.

O mamão (*Carica papaya* L.), é uma fruta tropical de consumo mundial, em todas as feiras e mercados dos cinco continentes é encontrada. O Brasil destaca-se como o segundo maior produtor de mamão do mundo e responde, em média, por 16% da produção desse fruto (FAO, 2015). O consumo do mamão ocorre em todo o país, mas a produção está concentrada no Nordeste e no Sudeste, 49,4% na Bahia, 24,7% no Espírito Santo (IBGE, 2015).

O cafeeiro conilon possui uma fase crítica na qual, frequentemente, é submetido a temperaturas elevadas, algumas vezes superior a 38 °C, é a fase de enchimento dos grãos (PARTELLI et al., 2014a). Estas condições aliadas à ocorrência de ventos fortes e altas taxas de evapotranspiração, podem causar estresse à cultura exigindo diferentes técnicas para mitigar esses problemas (PARTELLI et al., 2014b).

Estudos tem demonstrados que em cafeeiros em cultivos arborizados ocorre atenuação das variáveis, além de proporcionar maior sustentabilidade aos sistemas climáticas (PEZZOPANE et al., 2007; PARTELLI et al., 2014b; ARAÚJO et al., 2015; 2016; OLIOSI et al., 2016). O sombreamento adequado pode permitir ao cafezal receber radiação solar suficiente e adequada, melhorar as condições microclimáticas via redução dos extremos de temperatura, criar condições de conservação de umidade do solo, reduzir a evapotranspiração e possíveis danos pelos ventos (DAMATTA; RAMALHO, 2006).

As regiões tropicais apresentam comprovado potencial para fruticultura tropical, e essa pode ser uma alternativa para o cultivo consorciado com o cafeeiro, além de ser uma alternativa promissora e uma opção para os cafeicultores frente às constantes oscilações do preço do café no mercado. Entre as frutíferas com boas características para a arborização, com bom valor de mercado e sistema de comercialização na região, o mamoeiro surge como uma alternativa viável, pois possui um ciclo curto, em média 2 anos. O mamoeiro pode ser plantado na linha de plantio ou na entrelinha do cafeeiro, entretanto não há informações sobre qual sistema de plantio é mais adequado, a forma mais comum encontrada é o plantio do café na mesma linha do mamoeiro. Assim, o sistema de cultivo de cafeeiros arborizados surge como alternativa promissora e uma opção para os agricultores frente às constantes oscilações do preço do café no mercado.

Dessa forma, considerando os possíveis benefícios do sistema de consórcio em questão, o objetivo deste trabalho foi avaliar o microclima e o desenvolvimento inicial do cafeeiro Conilon, em um sistema de cultivo de café consorciado com mamoeiro.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em propriedade particular situada no município de Sooretama, Espírito Santo, Brasil (19°11'S, 40°05'O), em altitude de 59m e relevo plano, sendo utilizada uma área de mamoeiro, com 19 meses de idade, implantada no espaçamento 3,20x2,40m, plantado em julho de 2014. Juntamente com o mamoeiro, foi implantado o cafeeiro Conilon, com 11 meses de idade, implantado no espaçamento 3,20x1,60m, plantada em março de 2015.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos, sendo cinco níveis de sombreamento, observados pela distância entre o mamoeiro e o cafeeiro e um a pleno sol. Os tratamentos foram, T1: na linha de plantio do mamão; T2 N: situado à 40cm da linha de plantio no lado Norte; T3 N: situado à 80cm da linha de plantio no lado Norte; T4 S: situado à 40cm da linha de plantio no lado Sul; T5 S: situado à 80cm da linha de plantio no lado Norte; T6 Sol: situado na linha de plantio a pleno sol (FIGURA 1). A parcela experimental foi constituída por três repetições, onde foi realizada a caracterização microclimática.

O experimento foi conduzido durante um ano, sendo realizada a caracterização microclimática, onde se aferiu dados de irradiância, temperatura e umidade relativa do ar. As medições foram realizadas com o auxílio dos aparelhos HOBO U12 Temp/RH/Light/External Data Logger, sendo estes fixados em ripas de madeira com um metro de altura e dispostos na lavoura acima da copa do cafeeiro, permanecendo na área durante todo o dia, sendo retirados após o pôr do sol, quando a luminosidade não é mais quantificada. Foram colocados três equipamentos HOBOS em cada distância, caracterizando três repetições por tratamento. Os dados microclimáticos foram coletados no dia 02/02/2016 (Verão), 15/06/2016 (Outono), 08/09/2016 (Inverno), iniciando-se as medições antes do nascer do sol e permanecendo até o pôr do sol, em dias com poucas nuvens. Neste período, a declinação solar era -16,76° no Verão, 23,35° no Outono e 5,26° no Inverno.

Para as avaliações do índice relativo de clorofila, os tratamentos foram as plantas situadas no sistema de consórcio com o mamoeiro do lado Sul (T3 S) e lado Norte (T4 N) e as plantas situadas a pleno sol, lado Sul (T1 SOL S) e lado Norte (T2 SOL N). As avaliações do índice relativo de clorofila foram realizadas

por meio de um medidor eletrônico do teor de clorofila (clorofiLOG) portátil CFL 1030 da marca Falker no mesmo dia das avaliações microclimáticas, sendo coletadas vinte e cinco folhas por tratamento (25 repetições por tratamento) do 3º e 4º par de folhas completamente desenvolvidos, selecionados ao acaso no terço médio da planta. Posteriormente, acondicionou-se as folhas em sacos de papel identificados, sendo realizadas medições do comprimento da nervura central e da maior largura do limbo foliar para mensuração da área foliar individual, conforme a metodologia proposta por Partelli et al. (2006).

Para avaliação do crescimento, os tratamentos foram as plantas situadas no sistema de consórcio com o mamoeiro do lado Sul (T3 S) e lado Norte (T4 N) e as plantas situadas a pleno sol, lado Sul (T1 SOL S) e lado Norte (T2 SOL N). Foram marcados um ramo plagiotrópico e um ramo ortotrópico com aproximadamente três nós, em cada tratamento, com seis repetições. As medições foram realizadas no mesmo dia das avaliações microclimáticas, com o auxílio de uma fita métrica, juntamente com a contagem do número de nós em cada ramo marcado.

Os dados microclimáticos, área foliar, índice relativo de clorofila e crescimento foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa Assistat (SILVA, 2017).

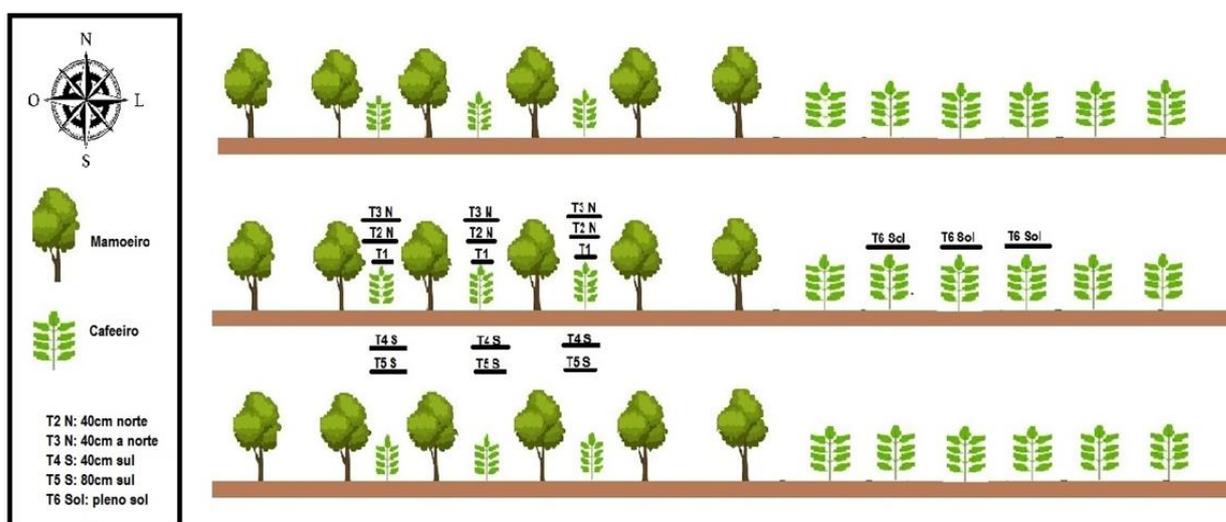


FIGURA 01. Esquema ilustrativo dos tratamentos dispostos na área experimental.

Resultados e Discussão

O consórcio do cafeeiro conilon com o mamoeiro promoveu uma redução na irradiação incidente no cafeeiro. Dessa forma, a irradiância média no café a pleno sol apresentou valores superiores nas épocas avaliadas, sendo observadas variações em função da distância em relação à linha de plantio do mamoeiro e cafeeiro, das posições Norte e Sul da linha e do horário do dia (Figuras 2 e 3). Estes resultados corroboram com os obtidos por Oliosí et al. (2016) em estudo com cafeeiro Conilon arborizado com Cedro Australiano.

No Verão (Figura 2A), observou-se menor incidência de irradiância na linha do mamoeiro e cafeeiro (T1), apresentando uma interceptação média de 42% da irradiância incidente na área a pleno sol (T6 Sol). Os demais tratamentos (T2 N, T3 N, T4 S e T5 S), apresentaram interceptação de 26%, 6%, 10 e 2 %, respectivamente.

Observando o comportamento diário da irradiância no Verão (Figura 3A), nota-se valores inferiores durante todo o dia para a distância de 40cm à norte da linha do mamoeiro e cafeeiro (T2 N). A distância situada a 80cm no lado Norte (T3) apresentou valores superiores de irradiância durante todo o dia, sendo semelhante aos observados a pleno sol (T6 Sol). Já as distâncias situadas no lado Sul (T4 S e T5 S) apresentaram valores superiores de irradiância durante todo o dia. A distância de 40cm (T4S) apresentou valores elevados durante todo o dia quando em comparação com a mesma distância do lado norte (T2 N), e a distância de 80cm (T5 S), também apresentou valores semelhantes às situadas a pleno sol (T6 Sol), durante o dia. Esta variação de comportamento observado ao longo do dia nas diferentes distâncias e orientação norte e sul, se dá em função da posição do sol e sua declinação.

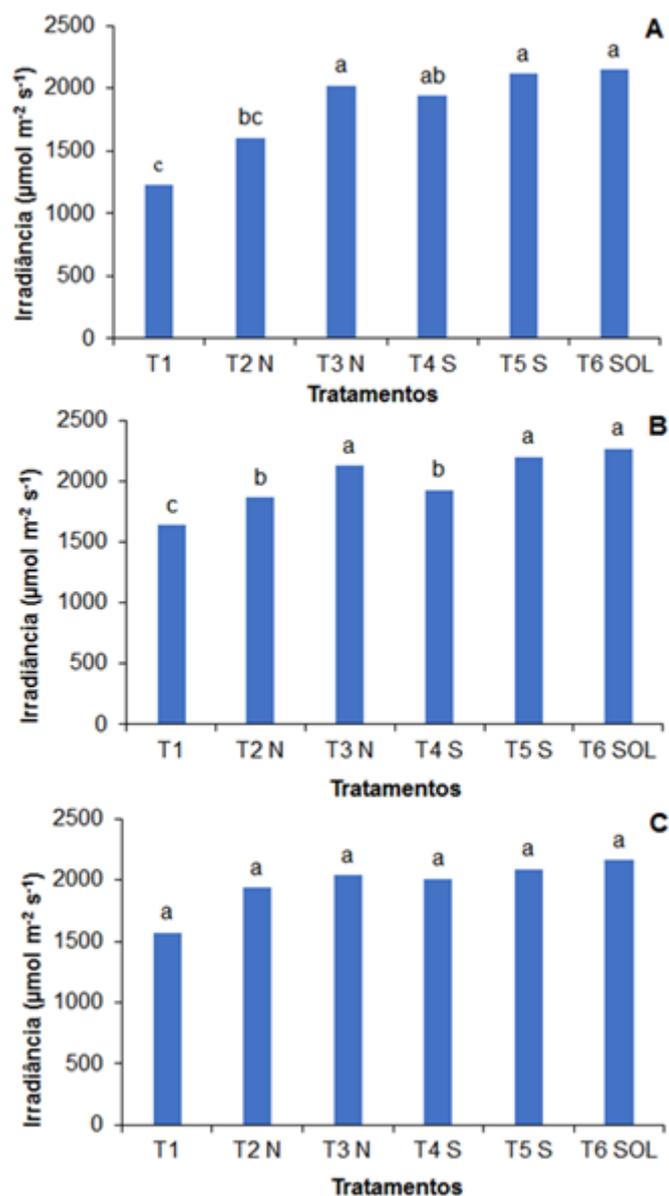


FIGURA 02. Valores médios diários de Irradiância no Verão (A), Outono (B) e Inverno (C), em cafeeiro Conilon consorciado com Mamoeiro, onde: T1: na linha de plantio do mamão; T2 N: situado à 40cm da linha de plantio no lado Norte; T3 N: situado à 80cm da linha de plantio no lado Norte; T4 S: situado à 40cm da linha de plantio no lado Sul; T5 S: situado à 80cm da linha de plantio no lado Norte; T6 Sol: situado na linha de plantio a pleno sol (T6 Sol). CV%: Verão= 7,58%; Outono= 3,34%; Inverno= 12,81%.

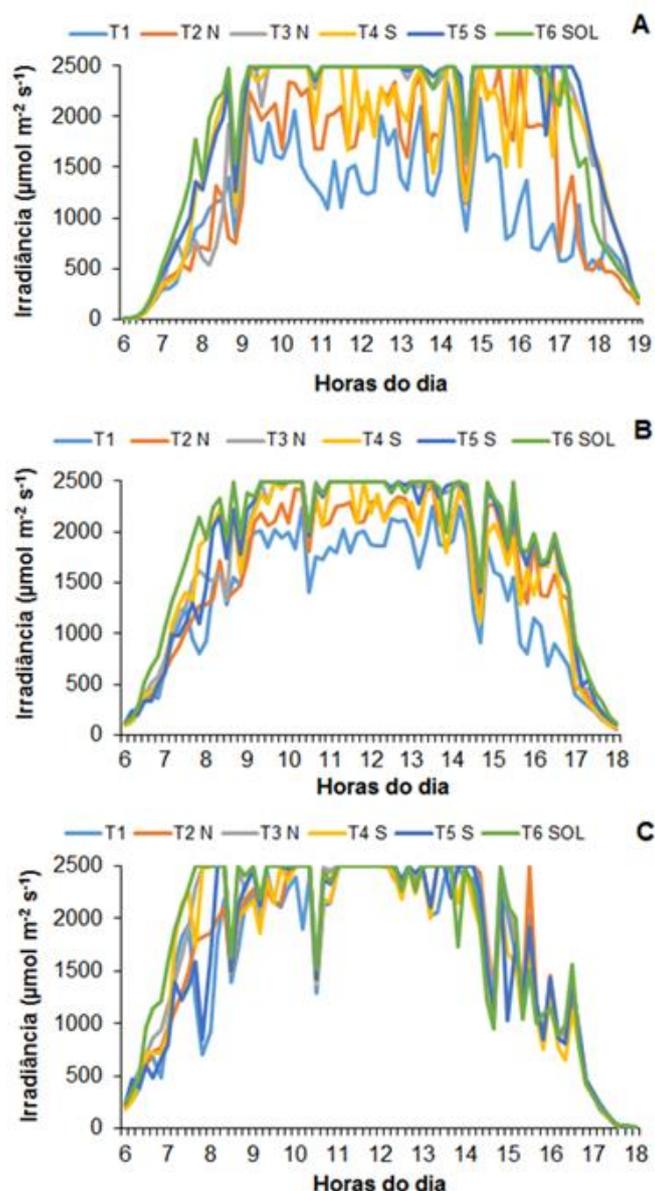


FIGURA 03. Valores diários de Irradiância no Verão (A), Outono (B) e Inverno (C), em cafeeiro Conilon consorciado com Mamoeiro, onde: T1: na linha de plantio do mamão; T2 N: situado à 40cm da linha de plantio no lado Norte; T3 N: situado à 80cm da linha de plantio no lado Norte; T4 S: situado à 40cm da linha de plantio no lado Sul; T5 S: situado à 80cm da linha de plantio no lado Norte; T6 Sol: situado na linha de plantio a pleno sol (T6 Sol).

No Outono (Figura 2B), observou-se valores inferiores de irradiância no tratamento situado na linha do mamoeiro e cafeeiro (T1) e nos tratamentos

situados a 40cm norte (T2 N) e sul (T4 S), apresentando interceptação média de 28%, 18% e 15%, respectivamente, da irradiância incidente. Os tratamentos situados a 80cm norte (T3 N) e sul (T5 S) apresentaram valores de irradiância semelhantes ao tratamento a pleno sol (T6 Sol), não diferindo estatisticamente. Observando o comportamento diário (Figura 3B), nota-se valores inferiores de irradiância durante todo o dia nos tratamentos na linha do mamoeiro e cafeeiro (T1) e a 40cm norte (T2 N) e sul (T4 S). Já os tratamentos a 80cm norte e sul (T3 N e T5 S), mantém valores semelhantes aos observados no tratamento a pleno sol (T6 Sol), não havendo portanto, variações no período da manhã e tarde.

No Inverno, observou-se que em todos os tratamentos, os valores de irradiância foram semelhantes, não diferindo estatisticamente entre si (Figura 2 C). Mesmo não havendo diferença estatística, nota-se que houve uma interceptação média de 27% no tratamento situado na linha do mamoeiro e cafeeiro (T1). Observando o comportamento diário da irradiância (Figura 2C), nota-se que no horário mais quentes do dia, 12h, todos os tratamentos obtiveram comportamentos semelhantes.

Observou-se nas estações do ano, Verão, Outono e Inverno, interceptação média de 17%, 14% e 11% da irradiância incidente, respectivamente, apresentando interceptação média de 14% nas três épocas avaliadas. Já analisando o tratamento situado na linha do mamoeiro e cafeeiro (T1), nota-se que a interceptação foi de 42%, 28% e 27% no Verão, Outono e Inverno, respectivamente. A variação observada pode ter sido ocorrida em função do mamoeiro estar no final ciclo produtivo, apresentando menor quantidade de folhas, o que conseqüentemente promove um menor sombreamento nas plantas de café.

Em estudos de cafeeiro arborizado com seringueira, Partelli et al. (2014b) também verificaram menor quantidade de radiação recebida nas linhas próximas as árvores, sendo boa parte desta retida em suas copas, promovendo assim alterações nas condições microclimáticas no ambiente próximo as plantas de café.

Trabalho realizado por Araújo et al. (2016) em café conilon arborizado com seringueira, revelaram redução de 88% e 72% na transmitância da luz no verão e inverno, respectivamente, promovendo maior estiolamento dos ramos e maior expansão foliar no café sombreado. Entretanto, em cultivos de cafés em sistema

de consórcio com *Musa* AAB (PEZZOPANE et al., 2005; 2007) e com coqueiro (PEZZOPANE et al., 2011), registram atenuação de até 27% da irradiância, fato que não se mostrou relevante para alterações no crescimento e desenvolvimento dos cafeeiros. Estudos com cafés Arábica arborizados com *Inga densiflora* mostraram redução de 40% na transmitância da luz, aumentando a qualidade do café e da biomassa das plantas em até três vezes em relação a monocultura (SILES et al., 2010). Morais et al. (2009) em estudo com cafeeiro sombreado, observaram que a interceptação de 50% da radiação incidente sobre a lavoura não alteraram o crescimento, a maturação, a produção e o tamanho dos grãos.

Segundo Kumar & Tieszen (1980), o limite máximo aceitável de sombreamento em café, que é uma planta C3, está entre 40 e 70%. Para DaMatta (2004), em regiões tropicais, o sombreamento em cultivos arborizados, deve cobrir cerca de 20% da superfície, sendo que o excesso de sombreamento pode ser prejudicial à produção dos cafeeiros.

O consórcio do cafeeiro Conilon com Mamoeiro promoveu redução da temperatura média diária em todas as épocas avaliadas, com a linha do cafeeiro a pleno sol (T6 Sol) apresentando valores superiores, sendo observadas variações em função da distância em relação à linha do Mamoeiro e Cafeeiro, da posição Norte ou Sul da linha, do horário do dia e da época do ano (Figuras 4 e 5). Essa redução da temperatura na linha mais próxima ao mamoeiro pode ser em função da menor irradiância incidente, conforme apresentado nas Figuras 2 e 3.

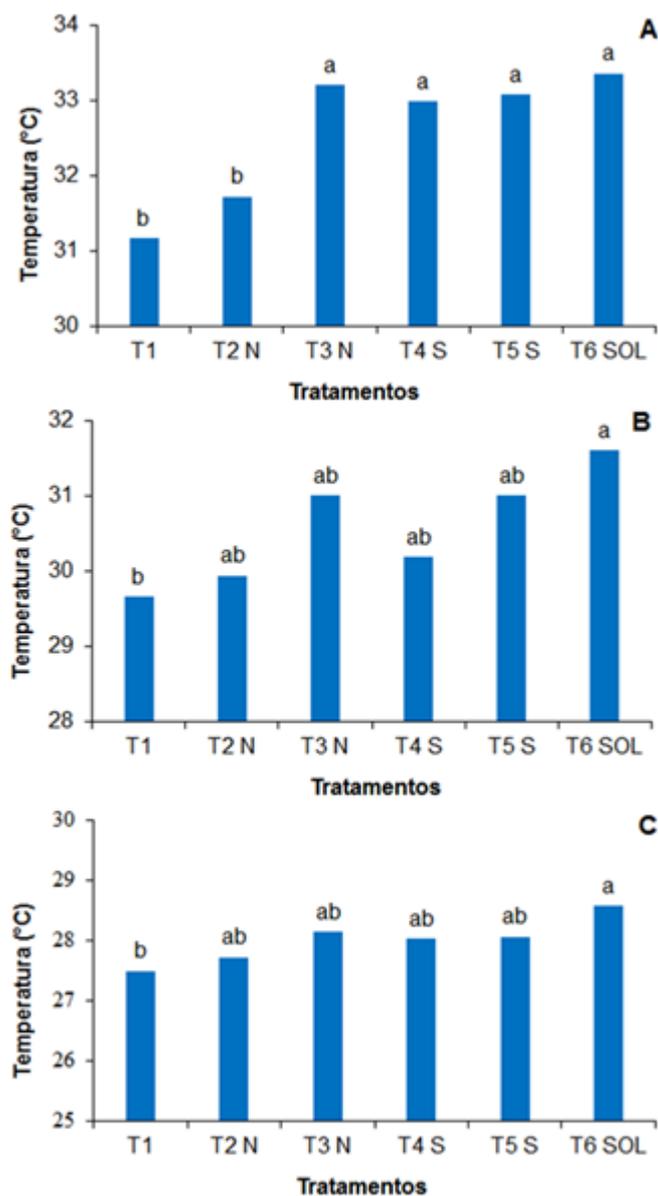


FIGURA 04. Valores médios diários de Temperatura no Verão (A), Outono (B) e Inverno (C), em cafeeiro Conilon consorciado com Mamoeiro, onde: T1: na linha de plantio do mamão; T2 N: situado à 40cm da linha de plantio no lado Norte; T3 N: situado à 80cm da linha de plantio no lado Norte; T4 S: situado à 40cm da linha de plantio no lado Sul; T5 S: situado à 80cm da linha de plantio no lado Norte; T6 Sol: situado na linha de plantio a pleno sol (T6 Sol). CV%: Verão= 1,25%; Outono= 2,14%; Inverno= 1,24%.

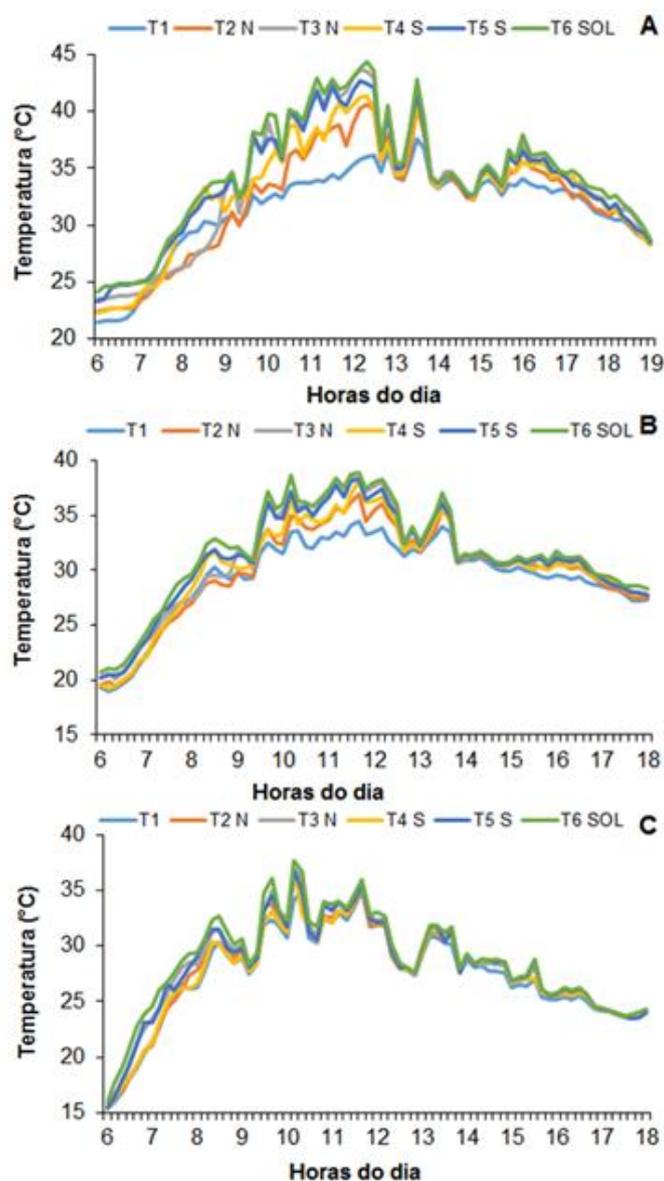


Figura 05. Valores diários de Temperatura no Verão (A), Outono (B) e Inverno (C), em cafeeiro Conilon consorciado com Mamoeiro, onde: T1: na linha de plantio do mamão; T2 N: situado à 40cm da linha de plantio no lado Norte; T3 N: situado à 80cm da linha de plantio no lado Norte; T4 S: situado à 40cm da linha de plantio no lado Sul; T5 S: situado à 80cm da linha de plantio no lado Norte; T6 Sol: situado na linha de plantio a pleno sol (T6 Sol).

No Verão (Figura 4A), observou-se valores inferiores de temperatura média diária no café situado na linha do mamoeiro e na distância de 40cm a norte da

linha do mamão e café (T2 N), apresentando redução média de 2,2 e 1,6°C, respectivamente, comparado à média de temperatura apresentada pela distância a pleno sol (T6 Sol). Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente do tratamento situado a pleno sol. Observando o comportamento diário da temperatura (Figura 5A), nota-se que o valor mais elevado de temperatura foi obtido no tratamento a pleno sol (T6 Sol) as 12:20h, apresentando um valor de 44,3°C, e uma temperatura de 36°C foi registrada ao mesmo tempo no tratamento situado na linha do mamão (T1), apresentando uma diferença portanto, de 8,3°C. Nota-se também valores inferiores nos tratamentos próximos ao Mamoeiro, do lado norte (T1, T2 N e T3 N) pela manhã, contudo, a partir do meio dia até o fim da tarde observa-se valores inferiores para as distâncias de 80cm lado sul (T5 S), já a distância de 40cm sul (T4 S) se manteve superior ao de mesma distância do lado norte (T2 N) durante todo o dia. Essa variação de comportamento ocorre, principalmente, em função da declinação solar.

No Outono (Figura 4B), observou-se valores inferiores de temperatura média diária no tratamento na linha do mamoeiro e a 40cm norte e sul (T1, T2N e T4 S), apresentando redução média de 1,9, 1,6 e 1,4°C, respectivamente, comparado à média de temperatura apresentada pelo tratamento a pleno sol (T6 Sol). Observando o comportamento diário da temperatura (Figura 5B), nota-se que a maior temperatura foi registrada as 11:40h no tratamento a pleno sol, apresentando 38,9°C e, nesse mesmo horário, o tratamento situado na linha do mamoeiro registrou 34,5°C de temperatura, apresentando assim, uma diferença de 4,4°C. Nota-se também que os tratamentos situados a norte e sul, apesar de não diferirem estatisticamente entre si, o situados a 40cm sul (T4 S) se manteve com valores superiores ao longo do dia em relação a mesma distância lado norte (T2 N), já os situados a 80cm, tiveram um comportamento diferente, do lado norte (T3 N) obteve valores inferiores pela manhã, comparado com o tratamento lado sul (T5 S), entretanto, a tarde, todos os tratamentos apresentaram valores semelhantes de temperatura.

No Inverno (Figura 4C), observou-se valores inferiores de temperatura média diária no cafeeiro situado na linha do mamoeiro (T1), apresentando redução média de 1,07°C, comparado à média de temperatura apresentada pelo café a pleno sol (T6 Sol) ao longo do dia. Os demais tratamentos (T2 N, T3 N, T4 S e T5 S), apresentaram redução média de 0,85, 0,43, 0,54 e 0,50°C,

respectivamente, e não diferiram entre si estatisticamente. Observando o comportamento diário da temperatura (Figura 5C), nota-se que o valor mais elevado de temperatura ocorreu as 10:10h da manhã, no tratamento a pleno sol (T6 Sol), com 37,68°C, nesse mesmo horário, o tratamento situado na linha do mamoeiro (T1) apresentou 34,17°C de temperatura, apresentando uma diferença de 3,51°C de temperatura. Observa-se também valores inferiores nos tratamentos situado na linha do mamoeiro e a 40cm lado sul e norte (T1, T2 N e T4 S) nas primeiras horas da manhã, contudo, ao longo do dia a temperatura tende a ser semelhante entre os tratamentos.

Em estudo com cafeeiro Conilon arborizado com bananeira e seringueira, Araújo et al. (2015; 2016) observaram redução na temperatura em 3,1°C no verão em café consorciado com bananeira e 3,9°C no verão e 1,9% no inverno, no café arborizado com seringueira, em relação ao sistema a pleno sol. Já Partelli et al. (2014b), também estudando café arborizado com seringueira, observou uma redução de até 6,2°C de temperatura nas linhas mais próxima à Seringueira.

O Excesso de temperatura pode cessar muitos processos metabólicos e promover a produção de moléculas reativas, danificando assim as folhas (DAMATA; RAMALHO, 2006). As maiores reduções de temperatura foram observadas no período do verão, que caracteriza-se como um período quente, sendo também o período de frutificação do cafeeiro e de maiores taxas de crescimento vegetativo (PARTELLI et al., 2010; 2013). Neste período foi observada redução média diária de até 2,2°C (Figura 4A), contribuindo para a mitigação dos efeitos das altas temperaturas sobre o cafeeiro.

O consórcio do cafeeiro Conilon com Mamoeiro promoveu o aumento da Umidade Relativa do ar em todas as épocas avaliadas, com o tratamento do cafeeiro a pleno sol (T6 Sol) apresentando valores inferiores, sendo observadas variações em função da distância em relação à linha do mamoeiro, da posição Norte ou Sul da linha, do horário do dia e da época do ano (Figuras 6 e 7).

Observando os valores diários de umidade relativa do ar (Figura 7), nota-se uma tendência de comportamento inversamente proporcional à temperatura, apresentando maiores valores no início da manhã, diminuindo ao longo do dia com o aumento da temperatura, e aumentando novamente no fim da tarde. O maior valor de umidade relativa foi observado no inverno, as 06:20h da manhã, com 96,31% no tratamento situado na linha do mamoeiro, nesse mesmo horário,

o tratamento situado a pleno sol apresentou 88,05%, uma diferença de 8,26%. Entretanto, a maior diferença foi notada no verão, as 06:40h da manhã, o tratamento na linha do mamoeiro apresentou um valor de 92,95% de umidade relativa e, nesse mesmo horário, o tratamento a pleno sol apresentou 63,52%, com uma diferença de 29,43%.

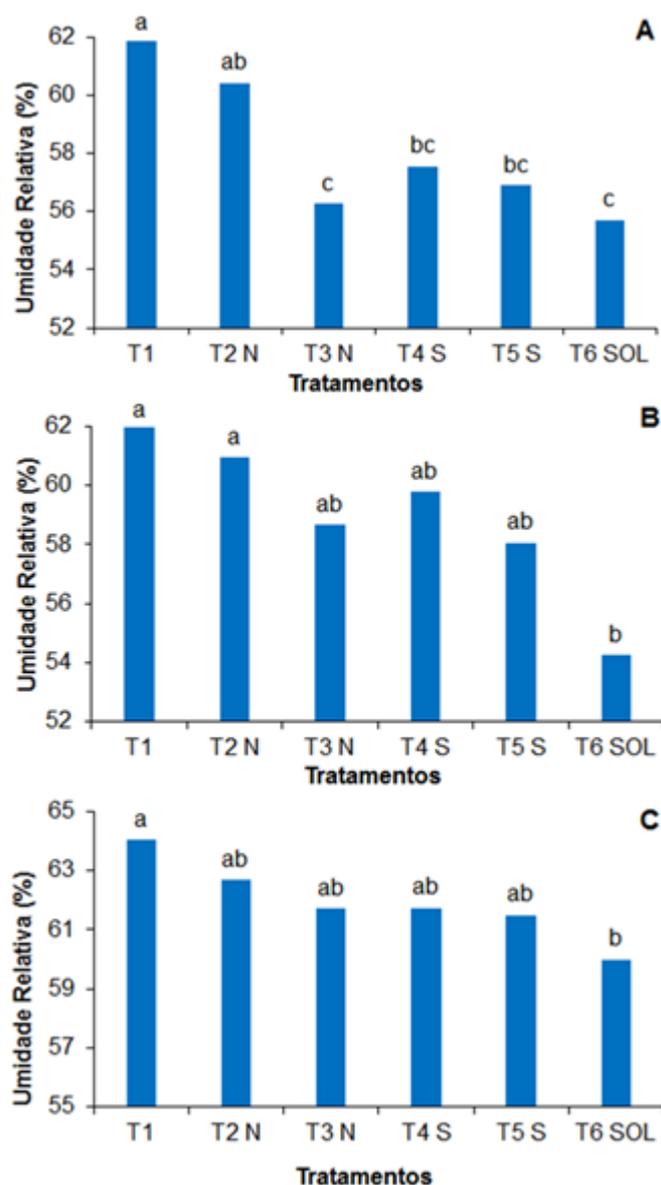


Figura 06. Valores diários de Umidade Relativa no Verão (A), Outono (B) e Inverno (C), em cafeeiro Conilon consorciado com Mamoeiro, onde: T1: na linha de plantio do mamão; T2 N: situado à 40cm da linha de plantio no lado Norte; T3 N: situado à 80cm da linha de plantio no lado Norte; T4 S: situado à 40cm da linha

de plantio no lado Sul; T5 S: situado à 80cm da linha de plantio no lado Norte; T6 Sol: situado na linha de plantio a pleno sol (T6 Sol). CV%: Verão= 2,29%; Outono= 5,69%; Inverno= 1,90%.

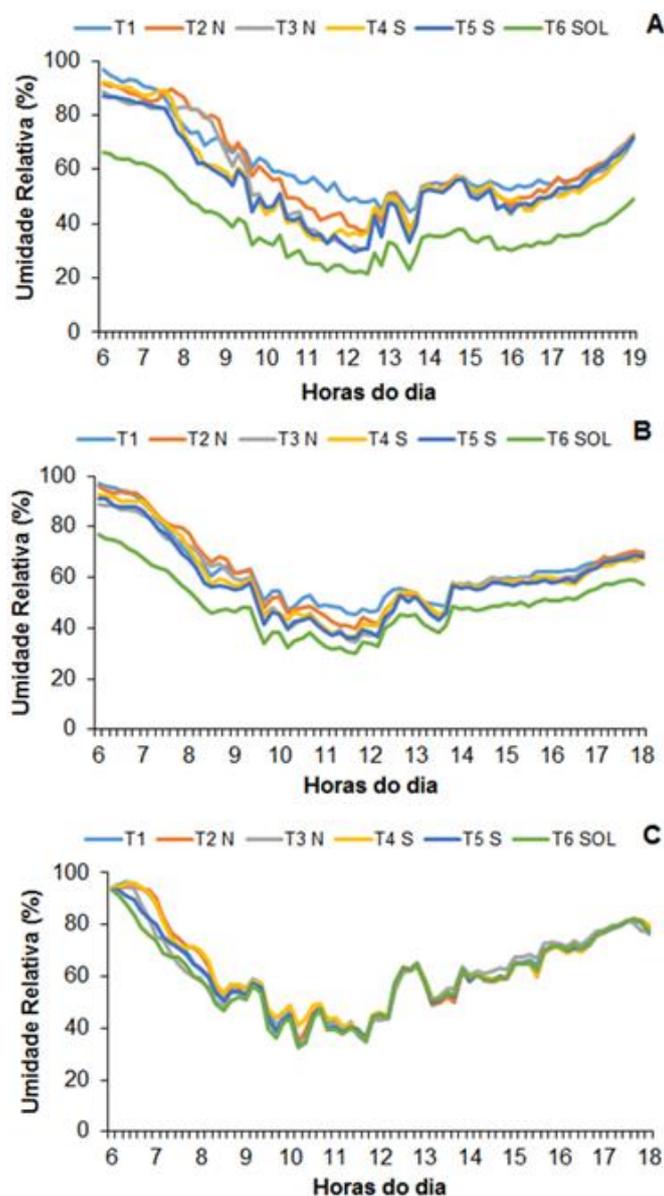


Figura 07. Valores diários de Umidade Relativa no Verão (A), Outono (B) e Inverno (C), em cafeeiro Conilon consorciado com Mamoeiro, onde: T1: na linha de plantio do mamão; T2 N: situado à 40cm da linha de plantio no lado Norte; T3 N: situado à 80cm da linha de plantio no lado Norte; T4 S: situado à 40cm da linha de plantio no lado Sul; T5 S: situado à 80cm da linha de plantio no lado Norte; T6 Sol: situado na linha de plantio a pleno sol (T6 Sol).

Em trabalho realizado com café Conilon consorciado com Macadâmia, Pezzopane et al. (2010) também observaram aumento médio diário de até 5% da umidade relativa do ar comparados com cultivos a pleno sol. Esses valores corroboram com os obtidos nesse estudo (Figura 5), com a maior diferença observada no outono, com 7,71%, seguida do verão com 6,15% e no inverno, com 4,05%, comparando o tratamento a pleno sol (T6 Sol) e o situado na linha do mamoeiro (T1). A diminuição da temperatura, aliada à manutenção de maiores taxas de umidade relativa do ar e baixa velocidade do vento, reduz o déficit de vapor de água entre as folhas e a atmosfera, diminuindo a perda de água da planta por transpiração (DaMATTA, 2004).

O consórcio promoveu aumento na área das folhas do cafeeiro em todas as épocas avaliadas (Tabela 1), com os valores inferiores sendo observado no cafeeiro cultivado a pleno sol, no lado norte (T2 Sol N). Resultados semelhantes foram encontrados por Oliosi et al. (2016), onde observaram maior área foliar em cafeeiro Conilon arborizado com Cedro Australiano, comparado ao cultivo a pleno sol.

TABELA 1 – Área foliar e teor médio estimado de clorofila *a*, *b* e total (unidade ICF), em folhas de cafeeiro consorciado com mamoeiro, no verão (V), outono (O) e inverno (I) de 2016, em Sooretama, ES.

TRATAMENTOS	AF (cm ²)			Clorofila <i>a</i>			Clorofila <i>b</i>			Clorofila Total			Relação Clorofila <i>a/b</i>		
	V	O	I	V	O	I	V	O	I	V	O	I	V	O	I
T1 SOL S	43,0 a	42,8 ab	26,3 ab	41,9 a	41,0 a	25,8 b	23,9 a	28,7 a	16,0 b	65,8 a	69,8 a	41,8 b	1,8 a	1,5 a	1,8 ab
T2 SOL N	36,5 b	38,1 b	28,7 ab	42,4 a	39,7 a	35,0 a	24,8 a	25,0 a	22,2 a	67,2 a	64,9 a	57,2 a	1,8 a	1,7 a	1,6 b
T3 S	47,0 a	43,5 ab	24,1 b	42,5 a	40,4 a	30,0 ab	26,6 a	26,6 a	12,9 b	69,2 a	67,0 a	42,9 b	1,6 a	1,6 a	2,4 a
T4 N	48,3 a	46,1 a	30,9 a	41,6 a	40,6 a	23,7 b	24,6 a	26,2 a	12,1 b	66,3 a	66,8 a	35,8 b	1,7 a	1,6 a	2,2 a
CV (%)	20,05	20,85	28,84	3,88	4,86	38,26	15,52	19,78	45,89	7,97	10,49	37,9	14,2	22	34,23

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). T1 SOL S: café a pleno sol lado sul; T2 SOL N: café a pleno sol norte; T3 S: café na linha do mamoeiro sul; T4N: café na linha do mamoeiro norte.

As diferenças entre as épocas do ano, bem como os lados (Norte ou Sul) do cafeeiro podem estar relacionadas à inclinação do sol e/ou ao nível de irradiância. Observa-se que no verão e outono os resultados foram semelhantes, com maior índice de área foliar nas plantas situadas na linha do mamoeiro, tanto ao lado sul quanto ao norte (T3 S e T4 N) e, o menor valor sendo observado no cafeeiro a pleno sol, na orientação norte. Já no inverno, o comportamento é diferente das demais épocas, sendo o menor valor observado no tratamento situado na linha do mamoeiro, lado sul (T3 S). O mamão possui um ciclo de aproximadamente 24 meses, na avaliação de inverno, a idade do mamoeiro já ultrapassava os 24 meses, fato que pode ter contribuído com o menor sombreamento sobre as plantas de café. Tabagiba et al. (2010), avaliando o crescimento de mudas de café Arábica sob diferentes níveis de radiação, observaram aumento da área foliar de acordo com a diminuição da luz. Esses resultados também foram encontrados por Ricci et al. (2013), observando que pode ser um mecanismo utilizado pelo cafeeiro para compensar a menor luminosidade recebida. Resultados obtidos em diversos cultivares mostrou que o cafeeiro, quando cultivado em condições sombreadas, desenvolve folhas mais finas e maior área foliar, afim de obterem maior interceptação da luz disponível (FAHL et al., 1994; TAIZ & ZEIGER, 2010).

O consórcio não alterou os valores clorofila *a*, *b* e total no verão e outono nos tratamentos a pleno sol e sombreado (Tabela 1). Entretanto, no inverno observa-se valores superiores nos tratamentos a pleno sol.

No verão, os valores de clorofila *a*, *b* e Total não diferiram estatisticamente entre os tratamentos avaliados (Tabela 1). Estes resultados corroboram com os resultados relatados Partelli et al. (2014b) e Araújo et al. (2016), que observaram respostas semelhantes para o cafeeiro arborizado com seringueira.

No inverno observa-se valores superiores de clorofila *a*, *b* e total no tratamento situado a pleno sol lado norte (T2 SOL N). Resultados semelhantes foram encontrados por Partelli et al (2014b) para clorofila *b* e total no inverno, em cafeeiros situados mais distantes da seringueira e para Gonçalves et al. (2007), para a clorofila *b*, em folhas menos sombreadas. Segundo Feng & Zhang (2004), as 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. Entretanto, no período da avaliação no inverno, a

radiação foi semelhante para todos os tratamentos (Figura 1), não havendo portanto, sombreamento nas plantas próximas ao mamoeiro. De acordo com Okada et al. 1992, a luz tem o efeito de retardar a deterioração de clorofilas e proteínas. As clorofilas são rapidamente degradadas nas folhas sob total escuridão, no entanto, sua decomposição é acentuadamente atrasada através da incidência de luz branca fraca.

O crescimento de ramos plagiotrópicos, ortotrópicos não apresentaram variações na resposta ao sombreamento ao longo das épocas avaliadas e sentido de orientação (Tabela 2). Resultados diferentes foram apresentados por Oliosi et al. (2016) em cafeeiro Conilon arborizado com Cedro Australiano, onde observaram maior crescimento nas plantas arborizadas quando comparadas às cultivadas a pleno sol.

TABELA 2 – Comprimento, em cm, de ramos plagiotrópicos, ortotrópicos e número de nós em plantas de café Conilon cultivadas em consórcio com mamoeiro no verão, outono e inverno de 2016, em Sooretama, ES.

TRATAMENTOS	Plagiotrópico			Ortotrópico			Nós		
	V	O	I	V	O	I	V	O	I
T1 SOL S	38,0 a	50,2 a	56, a	28,7 a	43,2 a	48,8 a	8,7 a	12,8 a	14,7 a
T2 SOL N	38,9 a	47,7 a	58,5 a	27,2 a	39,8 a	47,5 a	8,8 a	13,0 a	15,7 a
T3 S	41,2 a	57,0 a	60,6 a	22,9 a	36,7 a	42,4 a	8,5 a	13,8 a	14,7 a
T4 N	38,7 a	56,3 a	61,5 a	22,8 a	37,0 a	42,3 a	7,3 a	12,5 a	14,0 a
CV (%)	20,52	13,25	13,11	23,09	12,75	14,66	24,45	16,21	10,72

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). T1 SOL S: café a pleno sol lado sul; T2 SOL N: café a pleno sol norte; T3 S: café na linha do mamoeiro sul; T4N: café na linha do mamoeiro norte.

O consórcio do cafeeiro com o mamoeiro não influenciou de forma significativa o número de nós por ramo plagiotrópico durante o ano (Tabela 2), sendo um indicativo de produção de grãos semelhante nos diferentes níveis de sombreamento. Resultados semelhantes foram encontrados por Ricci et al. (2013) onde observaram número de rosetas semelhantes entre o cafeeiro arborizado e a pleno sol. O sombreamento provoca alterações no microclima e, em razão da plasticidade do cafeeiro, pode afetar sua anatomia (MORAIS et al., 2003) e fisiologia (MORAIS et al., 2004) foliar. Entretanto, esses impactos dependem de alguns fatores, como o tipo, densidade, duração e época de sombreamento, bem

como das condições climáticas vigentes e o clima local, genótipo testado, idade da planta, entre outros fatores (MORAIS et al., 2008).

Conclusões

O consórcio do cafeeiro Conilon com Mamoeiro nas condições estudadas proporcionou diminuição da irradiância e da temperatura, e valores superiores de umidade relativa do ar durante o dia em todas as épocas avaliadas, tornando o ambiente mais ameno para o cultivo.

O sombreamento proporcionou maior expansão foliar, demonstrando uma adaptação do cafeeiro. Entretanto não influenciou no crescimento de ramos plagiotrópicos e ortotrópicos e no número de nós.

O sistema de consórcio do cafeeiro Conilon com mamoeiro nas condições estudadas apresentou potencial, pois não afetou negativamente o cafeeiro e ao mesmo tempo ocorre produção de frutas.

Referências

- ARAÚJO, A. V.; PARTELLI, F. L.; OLIVEIRA, M. G.; PEZZOPANE, J. R. M.; FALQUETO, A. R.; CAVATTE, P. C. Microclima e crescimento vegetativo do café conilon consorciado com bananeiras. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 214-222, 2015.
- ARAÚJO, A. V.; PARTELLI, F. L.; OLIOSI, G.; PEZZOPANE, J. R. M. Microclimate, development and productivity of robusta coffee shaded by rubber trees and at full sun. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 700-709, 2016.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de café, safra 2017, primeiro levantamento. Brasília, 2017. 98p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_17_14_51_54_boletim_cafe_-_janeiro_de_2017.pdf> acesso em 10 de maio, 2017.
- DAMATTA, F. M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crops Research**, Phoenix, v. 86, n. 1, p. 99-114, 2004.
- 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**, v. 18, n. 1, p. 55-81, 2006.
- FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C.; VEGA, J.; MAGALHÃES, A. C. Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants (*Coffea arabica* L.). **Journal of Horticultural Science**, v. 69, p. 161-169, 1994.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 6 maio 2017.
- 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.
- FERRÃO, M. A. G. *et al.* **Origem, dispersão geográfica, taxonomia e diversidade genética em Coffea canéfora**. In: FERRÃO, R. G. *et al.* (Ed.). *Café Conilon*. Vitória, ES: Incaper, 2007. Cap. 3, p. 65-91.
- 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**, v. 82, n. 1, p. 35-46, 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de Dados Agregados. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?ti=1&tf=99999&e=v&p=PA&z=t&o=11>>. Acesso em: 6 maio 2017.

ICO - INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. Relatório sobre o Mercado de café. ICO, 2016. Disponível em: <http://www.ico.org/pt/new_historical_p.asp?section=Estat%EDstica>. Acesso em: 15 março. 2017.

MORAIS, H. et al. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 11, p. 1131-1137, 2003.

MORAIS, H.; MEDRI, M. E.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. A.; GOMES, J. C. Modifications on leaf anatomy of *Coffea arabica* caused by shade of pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 4, n. 6, p. 863-871, 2004.

MORAIS, H.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; KOGUISGI, M. S. GOMES, J. C.; RIBEIRO, A. M. Desenvolvimento de gemas florais, florada, fotossíntese e produtividade de cafeeiros em condições de sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 4, p. 465-472, abr. 2008.

MORAIS, H.; CARAMOR, 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**, v. 39, n. 2, p. 400-406, 2009.

OKADA, K. et al. Effects of light on degradation of chlorophyll and proteins during senescence of detached rice leaves. **Plant cell physiology**, v. 33, n. 8, p. 1183-1191, 1992.

OLIOSI, G.; GILES, J. A. D.; RODRIGUES, W. P.; RAMALHO, J. C.; PARTELLI, F. L. Microclimate and development of *Coffea canephora* cv. Conilon under different shading levels promoted by Australian cedar (*toona ciliata* M. Roem. Var. Australis). **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 4, p. 528-538, 2016.

PARTELLI, F. L. et al. Estimativa da área foliar do cafeeiro conilon a partir do comprimento da folha. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 306, p. 204-210, 2006.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; SILVA, M. G.; RAMALHO, J. C. Seasonal vegetative growth of different age branches of Conilon coffee tree. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 619-626, 2010.

PARTELLI, F. L.; MARRÉ, W. B.; FALQUETO, A. R.; VIEIRA, H. D.; CAVATTI, P. C. Seasonal vegetative growth in genotypes of *Coffea canephora*, as related to climatic factors. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, p. 108-116, 2013.

PARTELLI, F.L., ESPINDULA, M. C., MARRÉ, W. B., VIEIRA, H. D. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of conilon coffee with different ripening cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 214-222, 2014a.

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

PEZZOPANE, J. R. M., PEDRO 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**, v. 64, p. n. 03, 485 - 497, 2005.

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 (Online)**, v. 11, n. 03, p. 256-264, 2007.

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. 1257-1263, 2010.

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 Agrônômica**, v. 42, n. 4, p. 865-871, 2011.

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

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

RODRIGUES, V. G. S. **Arborização de café Robusta e implicações na formação de liteira e no estabelecimento de plantas companheiras**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2007. (Circular Técnica, 91).

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. **Agroforest Syst**, v. 78, n. 1, p. 269-286, 2010.

SILVA, F. A. S. ASSISTAT - Statistical Assistance. Versão 7.6 beta. Campina Grande, UFCG, 2017. Disponível em: <<http://www.assistat.com/index.html>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

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**, v. 18, n. 3, p. 219-226, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 5th ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2010, 782 p.

KUMAR, D.; TIESZEN, L. L. Photosynthesis in *Coffea arabica*. Effects of light and temperature.

1.2.MICROCLIMA SOB A COPA DO MAMOEIRO PLANTADO NO SENTIDO NORTE-SUL E LESTE-OESTE

Resumo

O mamoeiro (*Carica papaya* L.), é uma planta amplamente cultivada em regiões de clima tropical, o Brasil, atualmente destaca-se como o segundo maior produtor de mamão, a produção está concentrada 49,4% na Bahia, 24,7% no Espírito Santo. O mamoeiro apresenta um ciclo de aproximadamente 24 meses, o que apresenta-se como uma boa alternativa para possíveis consórcios com outras culturas. O norte do Espírito Santo também é destaque nacional com a produção do café conilon (*Coffea canephora*), essa, portanto, pode ser uma boa alternativa para o cultivo consorciado com o mamoeiro. As variações no ângulo zenital solar, ao longo do dia, impõem condições diferenciadas de variáveis climáticas entre as faces Norte-Sul e Leste-Oeste das copas das plantas, o que certamente irá determinar uma resposta microclimática diferenciada entre ambas as faces. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar as variações dos fatores ambientais sob a copa do mamoeiro, plantado no sentido de orientação Norte-Sul e Leste-Oeste. Foram utilizadas duas áreas de mamão, uma plantada na orientação Norte-Sul e outra Leste-Oeste, implantadas no espaçamento 3,20x2,40m, ambas plantadas em abril de 2015. Considerou-se como tratamentos as distâncias da linha do mamoeiro, e um local a pleno sol, onde avaliou-se, no sentido Norte-Sul: na linha de plantio do mamão (T1), à 40cm lado oeste (T2 O), 40cm lado leste (T3 L) e a pleno sol (T4 Sol); no sentido Leste-Oeste: na linha de plantio do mamão (T1), à 40cm lado norte (T2 N), 40cm lado Sul (T3 S) e na linha de plantio a pleno sol (T4 Sol). Avaliou-se as variáveis atmosféricas (temperatura,

irradiância, umidade relativa). A hipótese de igualdade das variáveis amostradas foram avaliadas pela análise de variância. O teste de Tukey foi utilizado para comparação de médias a um nível de confiança de 95%. O mamoeiro plantado no sentido Leste-Oeste, nas condições estudadas, proporcionou menor irradiação incidente, redução na temperatura e valores superiores de umidade relativa do ar sob sua copa, em relação ao mamoeiro plantado no sentido Norte-Sul. De acordo com as condições microclimática apresentadas, torna-se possível o consorciamento do mamoeiro plantado no sentido Leste-Oeste com o cafeeiro.

Palavras chave: *Carica papaya*, consórcio, *Coffea canephora*, sentidos de orientação.

Abstract

The papaya (*Carica papaya* L.), a plant widely cultivated in tropical regions, Brazil, currently stands out as the second largest producer of papaya, production is concentrated 49.4% in Bahia, 24.7% In the Holy Spirit. The papaya tree has a period of about 24 months, which is a good alternative for possible consortia with other crops. Northern Espírito Santo is also a national highlight with the production of conilon coffee (*Coffea canephora*), which may be a good alternative for intercropping with papaya. Variations in the solar zenith angle, throughout the day, impose differentiated conditions of climatic variables between the North-South and East-West faces of the canopy of the plants, which will certainly determine a differentiated microclimatic response between both faces. Thus, the objective of this work was to evaluate the variations of the environmental factors under the canopy cup planted in the North-South and East-West direction. Two areas of papaya, one planted in the North-South orientation and the other East-West, were planted at a spacing of 3.20x2.40m, both planted in April 2015. The treatments were considered the distances of the papaya line, and one In the north-south direction: at the planting line of the papaya (T1), at 40cm west side (T2 O), 40cm east side (T3 L) and at full sun (T4 Sol) ; In the East-West direction: in the planting line of the papaya (T1), at 40cm north side (T2 N), 40cm South side (T3 S) and in

the planting line at full sun (T4 Sun). Atmospheric variables (temperature, irradiance, relative humidity) were evaluated. The equality hypothesis of the variables sampled was evaluated by analysis of variance. The Tukey test was used to compare means at a 95% confidence level. The papaya planted in the East-West direction, under the conditions studied, provided lower incident radiation, lower temperature and higher values of relative humidity of the air under its canopy, compared to the papaya planted in the north-south direction. According to the microclimatic conditions presented, it becomes possible to consorciate the papaya planted in the East-West direction with the coffee tree.

Key words: *Carica papaya*, consortium, *Coffea canephora*, orientation directions.

Introdução

O mamoeiro (*Carica papaya* L.), é uma planta amplamente cultivada em regiões de clima tropical, é uma fruta de consumo mundial. No Brasil, as condições climáticas são favoráveis à sua exploração econômica e alta produtividade, atualmente destaca-se como o segundo maior produtor de mamão do mundo e responde, em média, por 16% da produção desse fruto (FAO, 2017). O consumo do mamão ocorre em todo o país, mas a produção está concentrada no Nordeste e no Sudeste, 49,4% na Bahia, 24,7% no Espírito Santo (IBGE, 2015).

O mamoeiro apresenta um ciclo que pode variar de 24 à 30 meses, e por ser uma cultura que necessita de renovação constante dos pomares, apresenta-se como uma boa alternativa para possíveis consórcios com outras culturas, visando o melhor aproveitamento do solo, dos recursos e otimização das áreas de plantio, além de gerar uma renda extra ao produtor.

O Norte do Espírito Santo é uma região que apresenta, além do comprovado potencial para fruticultura tropical, destaque nacional com a produção do café conilon (*Coffea canephora*), os maiores produtores brasileiros de café robusta são os estados do Espírito Santo, Rondônia e Bahia, com participação média da ordem de 63%, 20% e 10%, respectivamente

(CONAB, 2017). Essa, portanto, pode ser uma boa alternativa para o cultivo consorciado com o mamoeiro. O cafeeiro pode ser plantado na linha de plantio ou na entrelinha do mamoeiro, entretanto não há informações sobre qual sistema de plantio é mais adequado, a forma mais comum encontrada é o plantio do café na mesma linha do mamoeiro. Assim, o sistema de cultivo de consórcio de café e mamão, surge como alternativa promissora e uma opção para os produtores de café e mamão frente às constantes oscilações do preço dos produtos no mercado.

O café conilon é uma espécie originalmente adaptada a ambientes parcialmente sombreados (RODRIGUES, 2007). Entretanto, o seu cultivo no Brasil é realizado a pleno sol. De acordo com Damatta e Ramalho (2006), o sombreamento adequado pode permitir ao cafezal receber radiação solar suficiente e adequada, melhorar as condições microclimáticas via redução dos extremos de temperatura, criar condições de conservação de umidade do solo, reduzir a evapotranspiração e possíveis danos pelos ventos. Estudos tem demonstrados que em cafeeiros em cultivos arborizados ocorre atenuação das variáveis climáticas (ARAÚJO et al., 2015; 2016; OLIOSI et al., 2016; PARTELLI et al., 2014), além de proporcionar maior sustentabilidade aos sistemas (PEZZOPANE et al., 2007).

As variações no ângulo zenital solar, ao longo do dia, impõem condições diferenciadas de variáveis climáticas, como radiação, temperatura e umidade relativa, entre as faces Norte-Sul e Leste-Oeste das copas das plantas, o que certamente irá determinar uma resposta microclimática diferenciada entre ambas as faces. O conhecimento do comportamento microclimático setorizado sob a copa do mamoeiro, poderá subsidiar informações para um melhor manejo das culturas que estiverem em consórcio, pela atenuação das variáveis climáticas.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar as variações dos fatores ambientais sob a copa do mamoeiro, plantado no sentido de orientação Norte-Sul e Leste-Oeste, nas quatro estações do ano.

Material e métodos

O experimento foi realizado em uma propriedade particular situada no município de Sooretama, Espírito Santo, Brasil (19°11'S, 40°05'O), em altitude de 59m e relevo plano. Foram utilizadas duas áreas de mamão, uma plantada na orientação Norte-Sul e outra Leste-Oeste, com aproximadamente 1 ano de idade, implantadas no espaçamento 3,20x2,40m, ambas plantadas em abril de 2015. As áreas situavam-se uma ao lado da outra.

Foram avaliados quatro pontos, sendo três distâncias (locais) de sombreamento com mamoeiro, e um local a pleno sol, onde avaliou-se, no sentido Norte-Sul: T1: situado na linha de plantio do mamão; T2 O: situado à 40cm da linha de plantio no lado oeste; T3 L: situado à 40cm da linha de plantio no lado leste; T4 Sol: situado na linha de plantio a pleno. No sentido Leste-Oeste: T1: situado na linha de plantio do mamão; T2 N: situado à 40cm da linha de plantio no lado norte; T3 S: situado à 40cm da linha de plantio lado Sul; T4 Sol: situado na linha de plantio a pleno sol. A parcela experimental foi constituída por três repetições, onde foi realizada a caracterização microclimática.

A caracterização microclimática envolveu as variáveis irradiância, temperatura e umidade relativa do ar. As medições foram realizadas com aparelhos HOBO U12 Temp/RH/Light/External Data Logger, sendo estes fixados em ripas de madeira com um metro de altura e dispostos na lavoura abaixo da copa do mamoeiro, sendo estes programados previamente para a realização de leituras com intervalos de 10 minutos durante todo o dia. Foram colocados três equipamentos HOBOS em cada distância, caracterizando três repetições por tratamento. Os dados microclimáticos foram coletados no dia 03/02/2016 (Verão), 21/04/2016 (Outono), 08/08/2016 (Inverno) e 15/12 (Primavera), iniciando-se as medições antes do nascer do sol e permanecendo até o pôr do sol, em dias com poucas nuvens. Neste período, a declinação solar era -16,47° no Verão, 12,26° no Outono, 15,8° no Inverno e -23,32° na Primavera.

Os dados microclimáticos, foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa Assistat (SILVA, 2017).

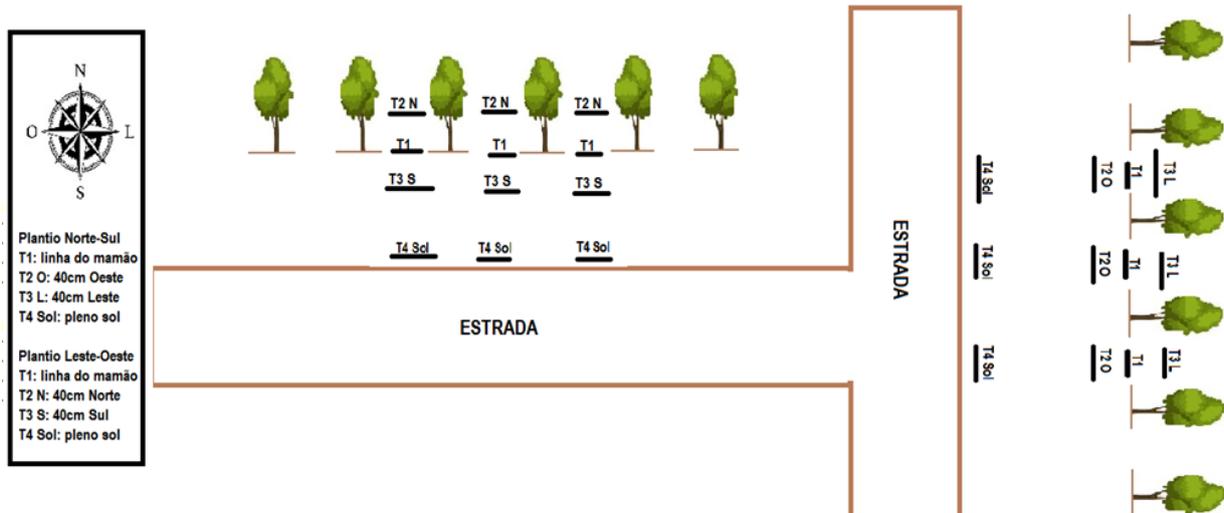


FIGURA 01. Esquema ilustrativo dos tratamentos dispostos nas áreas experimentais.

Resultados e discussão

Os resultados observados no presente estudo demonstraram que o mamoeiro plantado no sentido Leste-Oeste proporcionou menor irradiação incidente sob sua copa, em relação ao mamoeiro plantado no sentido Norte-Sul (Figuras 2 e 3). A irradiância média no mamoeiro plantado no sentido Norte-Sul apresentou valores superiores ao do mamoeiro plantado no sentido Leste-Oeste, nas épocas avaliadas, sendo observadas variações em função da distância em relação à linha de plantio, das posições Norte/Sul e Leste/Oeste da linha e do horário do dia (Figuras 4 e 5).

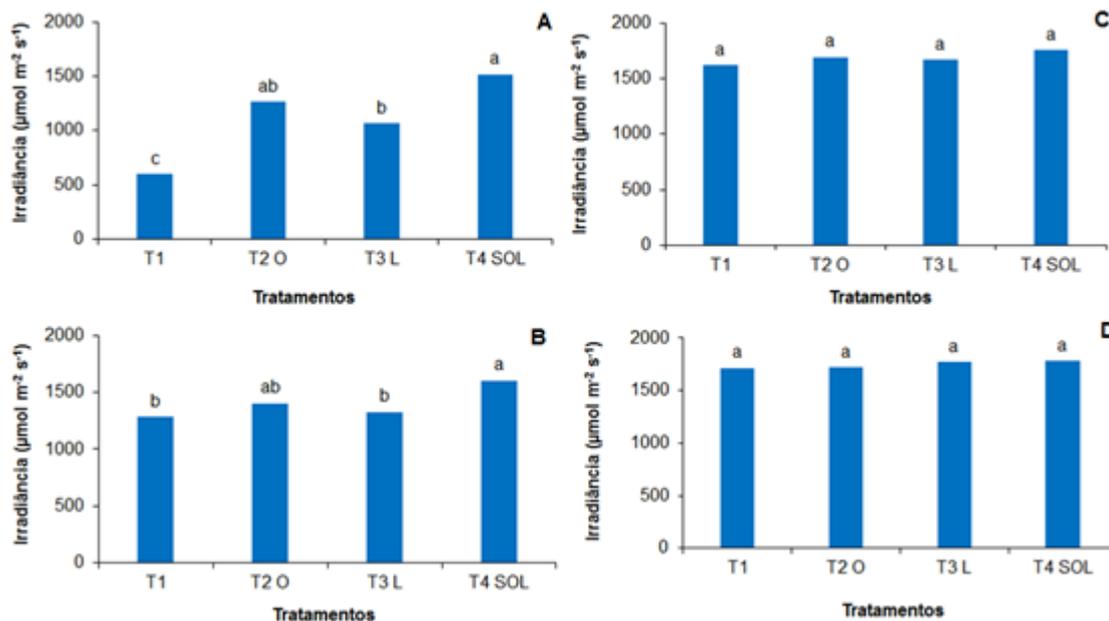


Figura 02. Valores médios diários de Irradiância no Verão (A), Outono (B), Inverno (C) e Primavera (D), em Mamoeiro plantado no sentido Norte-Sul, onde: T1: situado na linha de plantio do mamão; T2 O: situado à 40cm da linha de plantio no lado oeste; T3 L: situado à 40cm da linha de plantio no lado leste; T4 Sol: situado na linha de plantio a pleno. CV%= Verão: 11,74; Outono: 7,7; Inverno: 6,72 e Primavera: 4,13.

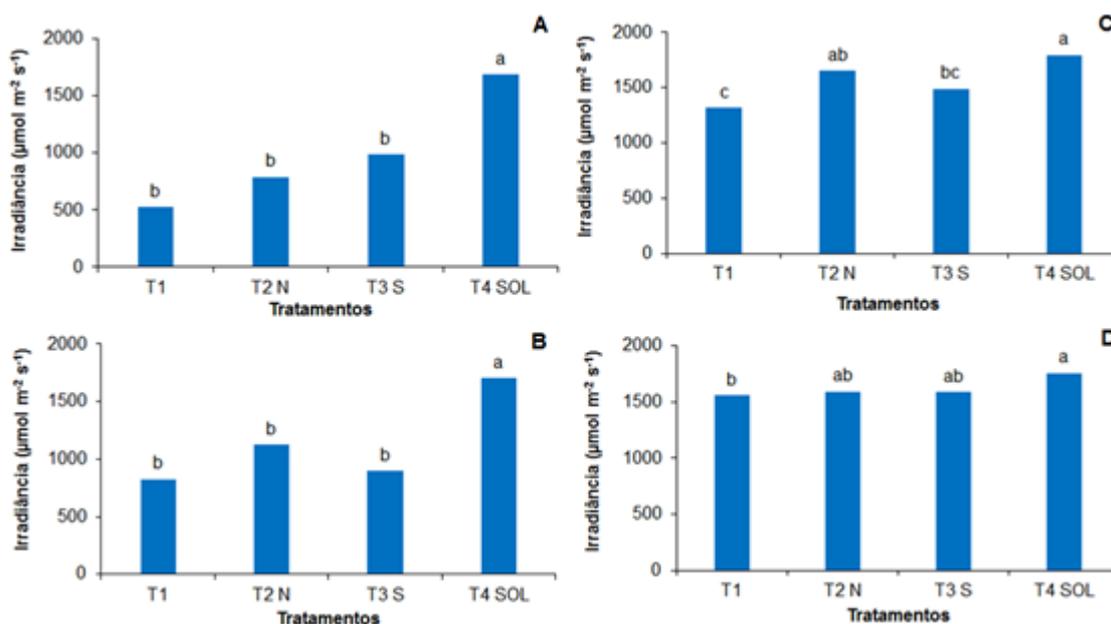


Figura 03. Valores médios diários de Irradiância no Verão (A), Outono (B), Inverno (C) e Primavera (D), em Mamoeiro plantado no sentido Leste-Oeste, onde: T1: situado na linha de plantio do mamão; T2 N: situado à 40cm da linha de plantio no lado norte; T3 S: situado à 40cm da linha de plantio lado Sul; T4 Sol:

situado na linha de plantio a pleno sol. CV%= Verão:19,5; Outono: 18,81; Inverno: 5,84 e Primavera: 4,37.

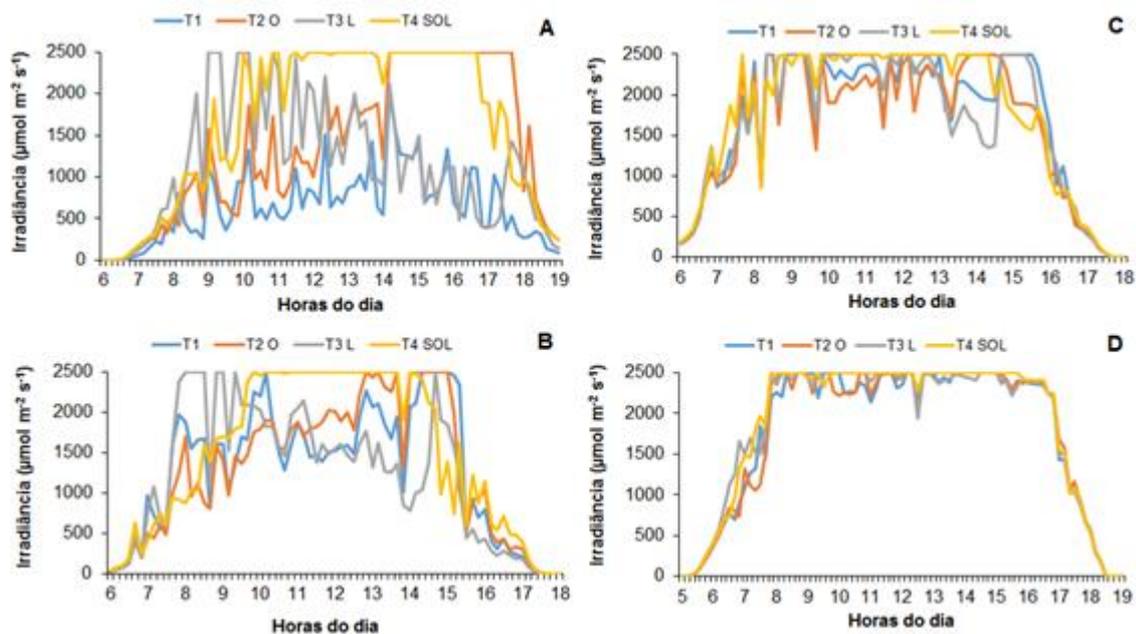


Figura 04. Valores diários de Irradiância no Verão (A), Outono (B), Inverno (C) e Primavera (D), em Mamoeiro plantado no sentido Norte-Sul, onde: T1: situado na linha de plantio do mamão; T2 O: situado à 40cm da linha de plantio no lado oeste; T3 L: situado à 40cm da linha de plantio no lado leste; T4 Sol: situado na linha de plantio a pleno sol.

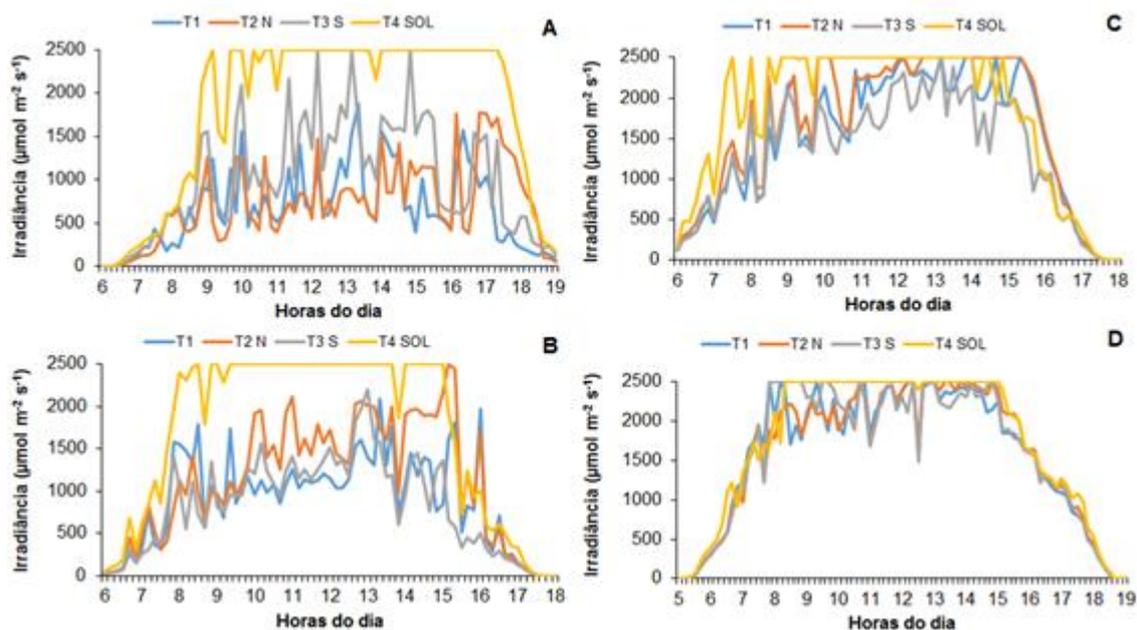


Figura 05. Valores diários de Irradiância no Verão (A), Outono (B), Inverno (C) e Primavera (D), em Mamoeiro plantado no sentido Leste-Oeste, onde: T1: situado na linha de plantio do mamão; T2 N: situado à 40cm da linha de plantio no lado norte; T3 S: situado à 40cm da linha de plantio lado Sul; T4 Sol: situado na linha de plantio a pleno sol.

No Verão (Figura 2A), observou-se menor incidência de irradiância na linha do mamoeiro (T1), apresentando uma interceptação média de 60% da irradiância incidente na área a pleno sol (T4 Sol). Os demais tratamentos (T2 O e T3 L), apresentaram interceptação de 16 e 30%, respectivamente. Observando o comportamento diário da irradiância no Verão (Figura 4A), nota-se valores inferiores durante todo o dia para o tratamento situado na linha do mamoeiro (T1). Observa-se que o valor mais elevado de irradiância foi obtido no tratamento a pleno sol (T4Sol) as 13:30h, apresentando um valor de $2499 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e uma irradiância de $846,8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ foi registrada ao mesmo tempo no tratamento situado na linha do mamão (T1), apresentando uma atenuação portanto, de 42%.

A distância situada a 40cm no lado Leste (T3 L) apresentou valores superiores de irradiância durante a manhã, e após o meio dia, o valor de irradiância diminuiu. Já o tratamento situado a 40cm Oeste (T2 O), teve um comportamento inverso ao apresentado no T3 L, com menor valor de irradiância no período da manhã, com aumento após o meio dia, até o fim do dia. Esta variação de comportamento observado ao longo do dia nas diferentes distâncias e

orientação leste e oeste, se dá em função do movimento diurno do sol, que é de leste para oeste, o ponto do horizonte leste em que o Sol nasce e o ponto do horizonte oeste em que ele se põe. Já no mamoeiro plantado no sentido leste oeste (Figura 3A), no verão, a menor irradiância foi observado nos tratamentos na linha do mamoeiro e a 40cm norte e sul (T1, T2 N e T3 S), apresentou uma interceptação média de 68, 53 e 41%, respectivamente.

Observando o comportamento diário da irradiância no Verão (Figura 5A), nota-se valores semelhantes de irradiância para os tratamentos T1, T2 N e T3 S, e valores superiores para o tratamento a pleno sol, durante todo o dia. Observa-se que o valor mais elevado de irradiância foi obtido no tratamento a pleno sol (T4Sol) as 13:30h, apresentando um valor de $2498,9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e uma irradiância de $1167 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ foi registrada ao mesmo tempo no tratamento situado na linha do mamão (T1), apresentando uma atenuação portanto, de 61%.

No Outono (Figura 2B), no mamão plantado sentido Norte-Sul, observou-se valores inferiores de irradiância no tratamento situado na linha do mamoeiro (T1) e nos tratamentos situados a 40cm leste (T3 L), apresentando interceptação média de 20% e 17%, respectivamente, da irradiância incidente no tratamento a pleno sol (T4 Sol).

Observando o comportamento diário (Figura 4B), nota-se valores superiores de irradiância no tratamento a 40cm leste (T3 L) pela manhã e, inferior do meio dia até o fim do dia. Já o tratamento à 40cm oeste, obteve valores inferiores pela manhã e elevados a tarde, até o fim do dia. No tratamento situado na linha do mamoeiro (T1), nota-se valores mais elevados de irradiância pela manhã, uma redução nos horários mais quentes do dia, novamente um aumento no início da tarde e, no final da tarde uma redução dos valores. Observa-se que o valor mais elevado de irradiância foi obtido no tratamento a pleno sol (T4Sol) as 12:00h, apresentando um valor de $2498,9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e uma irradiância de $1527 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ foi registrada ao mesmo tempo no tratamento situado na linha do mamão (T1), apresentando uma atenuação portanto, de 38%.

No mamoeiro plantado no sentido Leste-Oeste oeste (Figura 3B), no outono, a menor irradiância foi observado nos tratamentos na linha do mamoeiro e a 40cm norte e sul (T1, T2 N e T3 S), apresentou uma interceptação média de 51, 34 e 47%, respectivamente. Observando o comportamento diário (Figura 5B), nota-se valores inferiores de irradiância nos tratamentos situado na linha do

mamoeiro, a 40cm norte sul (T1, T2 N e T3 S). Observa-se que o valor mais elevado de irradiância foi obtido no tratamento a pleno sol (T4Sol) as 12:30h, apresentando um valor de $2498,9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e uma irradiância de $1141 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ foi registrada ao mesmo tempo no tratamento situado na linha do mamão (T1), apresentando uma atenuação portanto, de 54%.

No Inverno e na Primavera, no mamoeiro plantado no sentido Norte-Sul (Figura 2C, D), observou-se que em todos os tratamentos, os valores de irradiância foram semelhantes, não diferindo estatisticamente entre si. Observando o comportamento diário da irradiância (Figura 4C, D), nota-se que no horário mais quentes do dia, 12h, todos os tratamentos obtiveram comportamentos semelhantes. No mamoeiro plantado no sentido Leste-Oeste (Figura 3C), nota-se valores inferiores de irradiância no tratamento situado na linha do mamoeiro e a 40cm lado sul (T1 e T3 S), com atenuação de 26 e 16%, respectivamente, em relação ao tratamento a pleno sol (T4 Sol).

Na primavera, no mamoeiro plantado no sentido Leste-Oeste (Figura 3D), observa-se menor valor de irradiância no tratamento situado na linha do mamoeiro (T1), com atenuação da irradiância de 11%, em relação ao tratamento a pleno sol. Observando o comportamento diário (Figura 5D), nota-se que o valor mais elevado de irradiância foi obtido no tratamento a pleno sol (T4Sol) as 11:50h, apresentando um valor de $2498,9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e uma irradiância de $2176,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ foi registrada ao mesmo tempo no tratamento situado na linha do mamão (T1), apresentando uma atenuação portanto, de 12,8%.

Observou-se nas estações do ano, Verão, Outono, Inverno e Primavera, interceptação média de 35,7%, 16,6%, 5,5% e 2,7% da irradiância incidente no plantio sentido Norte-Sul, e 54,47%, 44,33%, 17% e 10%, no sentido de plantio Leste-Oeste, respectivamente, apresentando interceptação média de 15,1% e 31,45% nas quatro épocas avaliadas, nos sentidos Norte-Sul e Leste-Oeste, respectivamente. Já analisando o tratamento situado na linha do mamoeiro (T1), nota-se que a interceptação foi de 60,5%, 20%, 7,7% e 3,9% no sentido de plantio Norte-Sul e 68,75%, 34,13%, 26,3% e 11,1%, no sentido de plantio Leste-Oeste, no Verão, Outono, Inverno e Primavera, respectivamente.

A atenuação da irradiância promovida pelas diferentes orientações de plantio do mamoeiro, pode favorecer o microclima para o plantio de outras espécies na sua linha de plantio. Em estudos de café arborizado com seringueira,

Araújo et al. (2016) verificou menor quantidade de radiação recebida no cafeeiro arborizado, em relação ao plantio a pleno sol, com interceptação de 88,04% no inverno e 72,49% no verão, o que promoveu maior estiolamento dos ramos e maior expansão foliar no café sombreado. Entretanto, em estudos com interceptação de irradiância de 40 a 50%, o crescimento do cafeeiro, bem a maturação do grão de café, o rendimento e o tamanho dos grãos não foram alterados (Pezzopane et al., 2011).

O mamoeiro plantado no sentido Norte-Sul e Leste-Oeste proporcionou redução da temperatura média diária sob sua copa em todas as épocas avaliadas (Figuras 6 e 7). Observa-se variações em função da distância em relação à linha de plantio, das posições Norte-Sul e Leste-Oeste da linha e do horário do dia (Figuras 8 e 9).

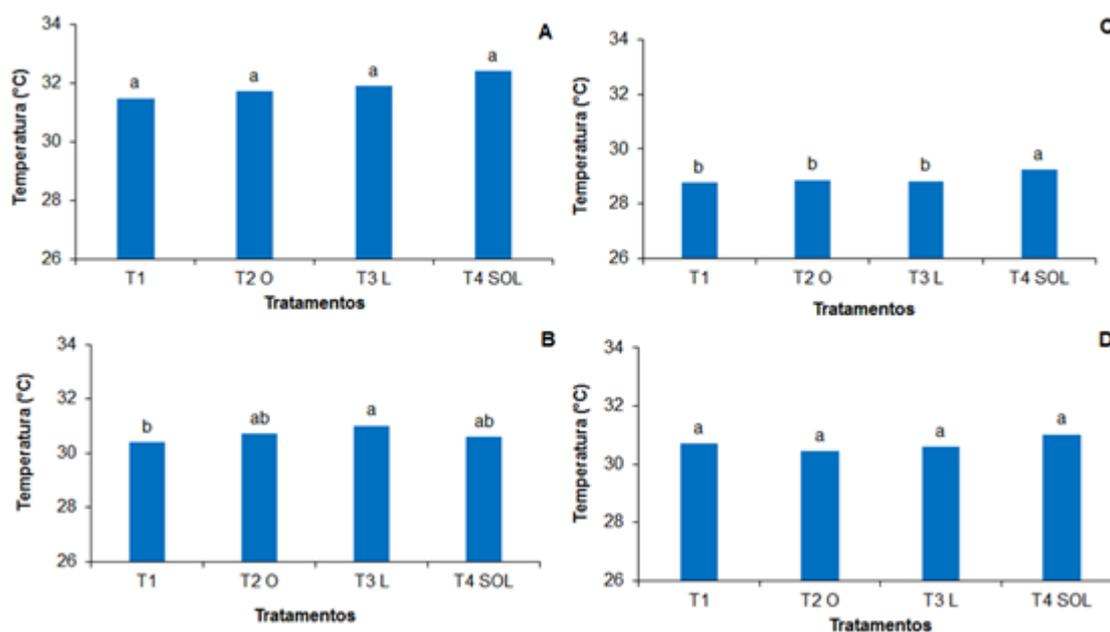


Figura 06. Valores médio diário de Temperatura no Verão (A), Outono (B), Inverno (C) e Primavera (D), em Mamoeiro plantado no sentido Norte-Sul, onde: T1: situado na linha de plantio do mamão; T2 O: situado à 40cm da linha de plantio no lado oeste; T3 L: situado à 40cm da linha de plantio no lado leste; T4 Sol: situado na linha de plantio a pleno sol. CV%= Verão: 1,21; Outono: 0,58; Inverno: 0,50 e Primavera: 1,61.

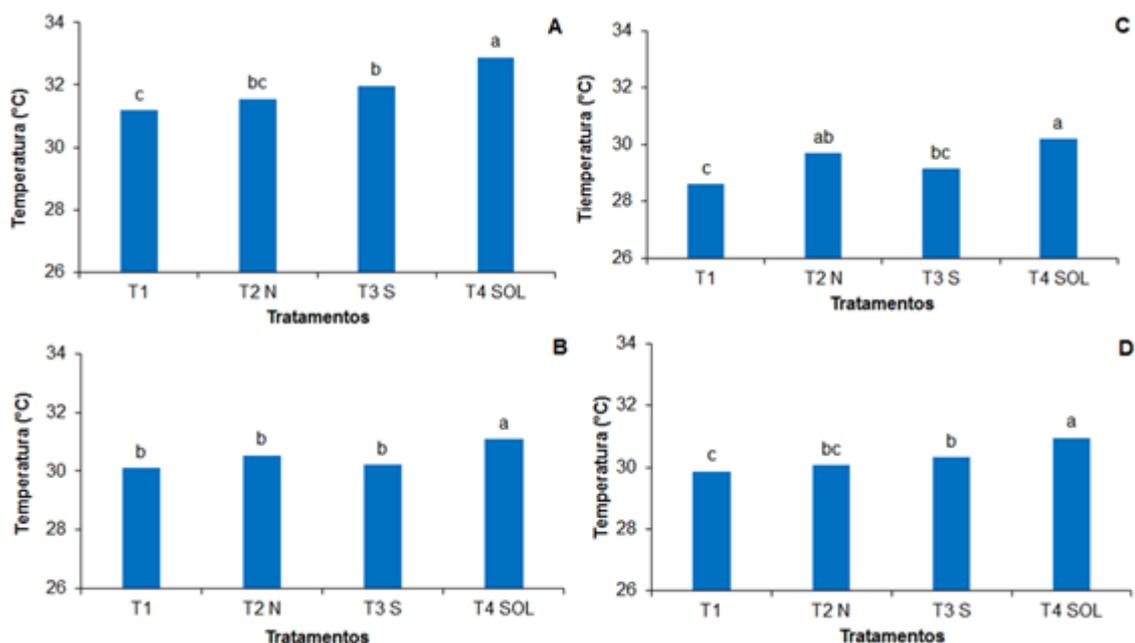


Figura 07. Valores médio diário de Temperatura no Verão (A), Outono (B), Inverno (C) e Primavera (D), em Mamoeiro plantado no sentido Leste-Oeste, onde: T1: situado na linha de plantio do mamão; T2 N: situado à 40cm da linha de plantio no lado norte; T3 S: situado à 40cm da linha de plantio lado Sul; T4 Sol: situado na linha de plantio a pleno sol. CV%= Verão: 0,70; Outono:0,67; Inverno:0,83 e Primavera: 0,47.

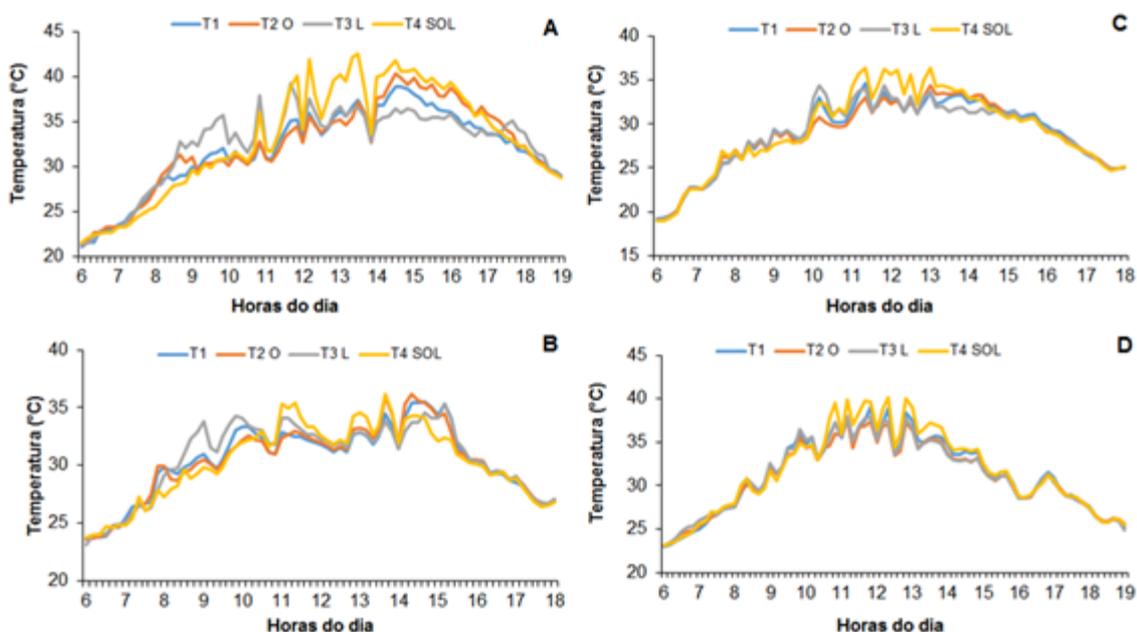


Figura 08. Valores diários de Temperatura no Verão (A), Outono (B), Inverno (C) e Primavera (D), em Mamoeiro plantado no sentido Norte-Sul, onde: T1: situado

na linha de plantio do mamão; T2 O: situado à 40cm da linha de plantio no lado oeste; T3 L: situado à 40cm da linha de plantio no lado leste; T4 Sol: situado na linha de plantio a pleno sol.

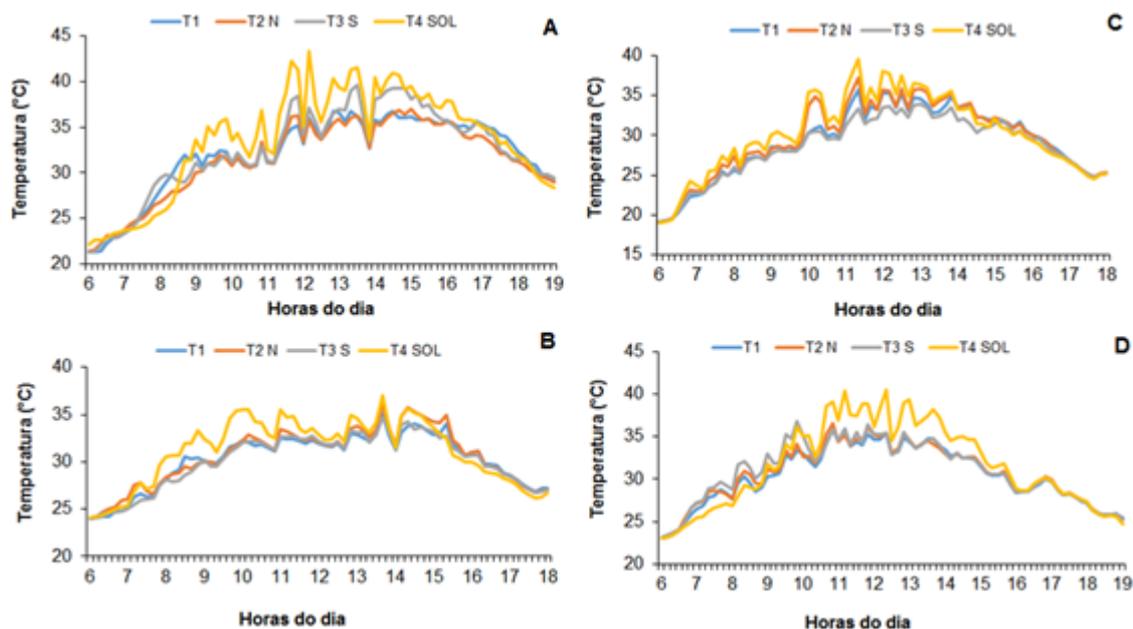


Figura 09. Valores diários de Temperatura no Verão (A), Outono (B), Inverno (C) e Primavera (D), em Mamoeiro plantado no sentido Leste-Oeste, onde: T1: situado na linha de plantio do mamão; T2 N: situado à 40cm da linha de plantio no lado norte; T3 S: situado à 40cm da linha de plantio lado Sul; T4 Sol: situado na linha de plantio a pleno sol.

No Verão e na Primavera, no mamoeiro plantado no sentido Norte-Sul (Figura 6A, D), observou-se que em todos os tratamentos, os valores de temperatura foram semelhantes, não diferindo estatisticamente entre si. Observando o comportamento diário da temperatura (Figura 8 A), nota-se que o valor mais elevado foi obtido no tratamento a pleno sol (T4 Sol) às 13:30h, apresentando um valor de 42,60 °C e uma temperatura de 37,42°C foi registrada ao mesmo tempo no tratamento situado na linha do mamão (T1), apresentando uma atenuação portanto, de 5,18 °C. Já na Primavera (Figura 8 D), o valor mais elevado de temperatura foi registrado no tratamento a pleno sol, às 12:20h, apresentando um valor de 40,23 °C e, no mesmo horário, uma temperatura de

38,93 °C foi registrada no tratamento situado na linha do mamão, havendo assim uma atenuação de 1,3 °C.

No mamoeiro plantado no sentido Leste-Oeste (Figura 7 A), a menor temperatura foi observado nos tratamentos na linha do mamoeiro e a 40cm norte (T1 e T2 N), apresentou uma atenuação média de 1,7 e 1,3 °C, respectivamente. Observando o comportamento diário (Figura 9 A), nota-se que o valor mais elevado de temperatura foi obtido no tratamento a pleno sol (T4Sol) as 13:30h, apresentando um valor de 41,40 °C e, uma temperatura de 36,15 °C foi registrada ao mesmo tempo no tratamento situado na linha do mamão (T1), apresentando uma atenuação portanto, de 5,35 °C.

No outono, no mamoeiro plantado no sentido Norte-Sul (Figura 6 B), observou-se valores inferiores de temperatura nos tratamentos na linha do mamoeiro e a 40cm Leste, com atenuação média de 0,60 e 0,40 °C. Observando o comportamento diário da temperatura (Figura 8 B), nota-se que o tratamento situado à 40cm Leste obteve os maiores valores de temperatura no período da manhã, já no período da tarde, o tratamento situado a 40cm à Oeste e o tratamento a pleno sol, apresentaram os maiores valores de temperatura. No mamoeiro plantado no sentido Leste-Oeste (Figura 7 B), a maior temperatura foi observado no tratamento à pleno sol (T4 Sol), os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si. Observando o comportamento diário (Figura 8 B), nota-se que o valor mais elevado de temperatura foi obtido no tratamento a pleno sol (T4 Sol) as 13:40h, apresentando um valor de 36,9 °C e, uma temperatura de 35 °C foi registrada ao mesmo tempo no tratamento situado na linha do mamão (T1), apresentando uma atenuação portanto, de 1,9 °C. As variações no comportamento ao longo do dia se dá em função do movimento diurno do sol, que é de leste para oeste, o ponto do horizonte leste em que o Sol nasce e o ponto do horizonte oeste em que ele se põe.

No Inverno, o mamoeiro plantado no sentido Norte-Sul (Figura 6 C), observou-se valor superior de temperatura no tratamento situado à pleno sol, os demais tratamentos não diferiram entre si estatisticamente. Observando o comportamento diário da temperatura (Figura 8 C), nota-se que o valor mais elevado de temperatura foi obtido no tratamento a pleno sol (T4 Sol) as 11:30h, apresentando um valor de 36,4 °C e, uma temperatura de 34,7 °C foi registrada ao mesmo tempo no tratamento situado na linha do mamão (T1), apresentando

uma atenuação portanto, de 1,7 °C. No mamoeiro plantado no sentido Leste-Oeste (Figura 7 C), a menor temperatura foi observada no tratamento situado na linha do mamoeiro e à 40cm Leste (T1 e T3 L), com uma atenuação de 1,6 e 1 °C, respectivamente. Observando o comportamento diário (Figura 9 C), nota-se que o valor mais elevado de temperatura foi obtido no tratamento a pleno sol (T4 Sol) as 12:10h, apresentando um valor de 37,7 °C e, uma temperatura de 35,3 °C foi registrada ao mesmo tempo no tratamento situado na linha do mamão (T1), apresentando uma atenuação portanto, de 2,4 °C.

Na Primavera, no mamoeiro plantado no sentido Leste-Oeste (Figura 7 D), observa-se valores inferiores de temperatura nos tratamentos situados na linha do mamão e à 40cm norte (T1 e T2 N), apresentando uma atenuação de 1 e 0,8 °C, respectivamente. Observando o comportamento diário (Figura 9 D), nota-se que o tratamento à 40cm sul (T3 S) detém os maiores valores de temperatura pela manhã, após o meio dia até o fim da tarde, observa-se os maiores valores de temperatura no tratamento a pleno sol. Nota-se também que o valor mais elevado de temperatura foi obtido no tratamento a pleno sol (T4 Sol) às 12:20h, apresentando um valor de 40,4 °C e, uma temperatura de 35,5 °C foi registrada ao mesmo tempo no tratamento situado na linha do mamão (T1), apresentando uma atenuação portanto, de 4,9 °C. Esta variação de comportamento observado ao longo do dia nas diferentes distâncias e orientação norte e sul, se dá em função da posição do sol e sua declinação.

Sabe-se que a alta temperatura combinada com alta irradiação pode resultar em danos nas folhas, por dificultar vários processos metabólicos foliares e aumentar o rendimento de moléculas altamente reativas de clorofila e oxigênio (RAMALHO et al., 1998; DAMATTA & RAMALHO, 2006). Dessa forma, a atenuação da temperatura, em especial nos meses mais quentes do ano, torna-se uma importante técnica de mitigação de variáveis climáticas para algumas culturas, em especial ao cafeeiro, que coincide com sua época da frutificação e, de maiores taxas de crescimento vegetativo (PARTELLI et al., 2010; 2013).

O mamoeiro plantado no sentido Norte-Sul e Leste-Oeste promoveu o aumento da Umidade Relativa do ar em algumas das épocas avaliadas, com o tratamento do cafeeiro a pleno sol (T6 Sol) apresentando valores inferiores (Figuras 10 e 11). Observa-se variações em função da distância em relação à linha do mamoeiro, da posição Norte ou Sul da linha, do horário do dia e da época

do ano. Observando os valores diários de umidade relativa do ar (Figuras 12 e 13), nota-se uma tendência de comportamento inversamente proporcional à temperatura, apresentando maiores valores no início da manhã, diminuindo ao longo do dia com o aumento da temperatura, e aumentando novamente no fim da tarde.

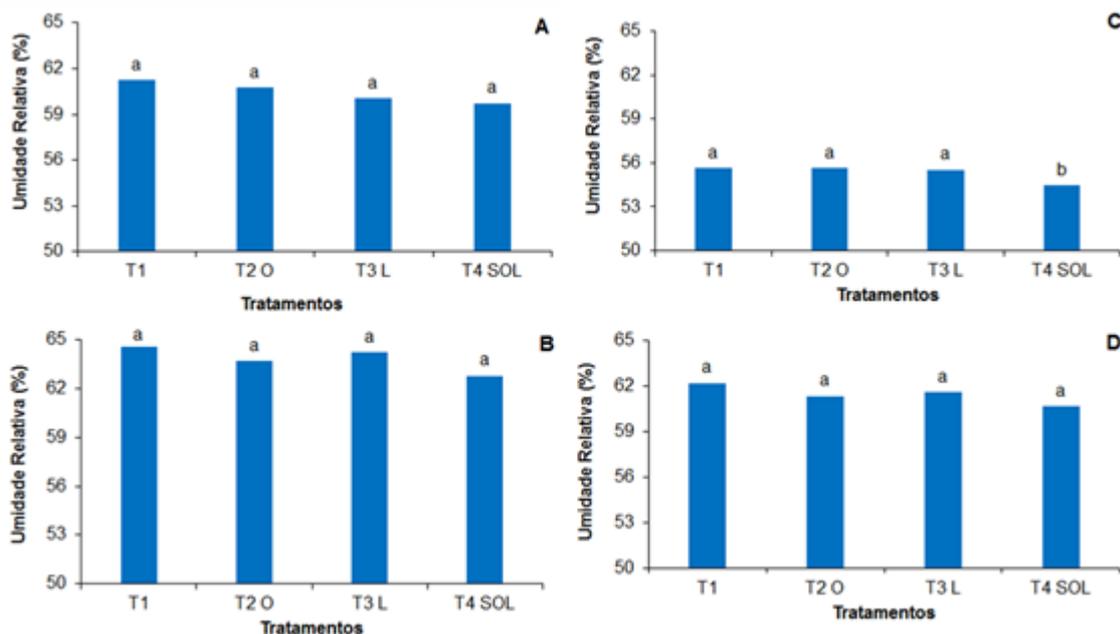


Figura 10. Valores médio diário de Umidade Relativa no Verão (A), Outono (B), Inverno (C) e Primavera (D), em Mamoeiro plantado no sentido Norte-Sul, onde: T1: situado na linha de plantio do mamão; T2 O: situado à 40cm da linha de plantio no lado oeste; T3 L: situado à 40cm da linha de plantio no lado leste; T4 Sol: situado na linha de plantio a pleno sol. CV%= Verão: 1,64; Outono: 1,13; Inverno: 0,59 e Primavera: 1,89.

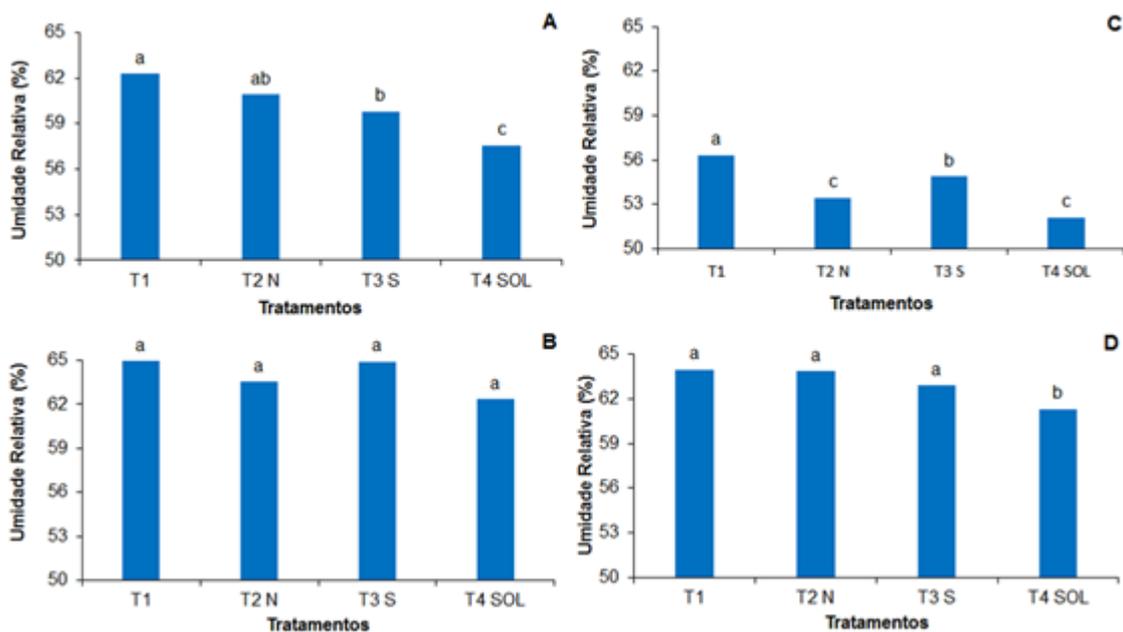


Figura 11. Valores médio diário de Umidade Relativa no Verão (A), Outono (B), Inverno (C) e Primavera (D), em Mamoeiro plantado no sentido Leste-Oeste, onde: T1: situado na linha de plantio do mamão; T2 N: situado à 40cm da linha de plantio no lado norte; T3 S: situado à 40cm da linha de plantio lado Sul; T4 Sol: situado na linha de plantio a pleno sol. CV%= Verão: 1,09; Outono: 1,70; Inverno: 1,0 e Primavera: 0,83.

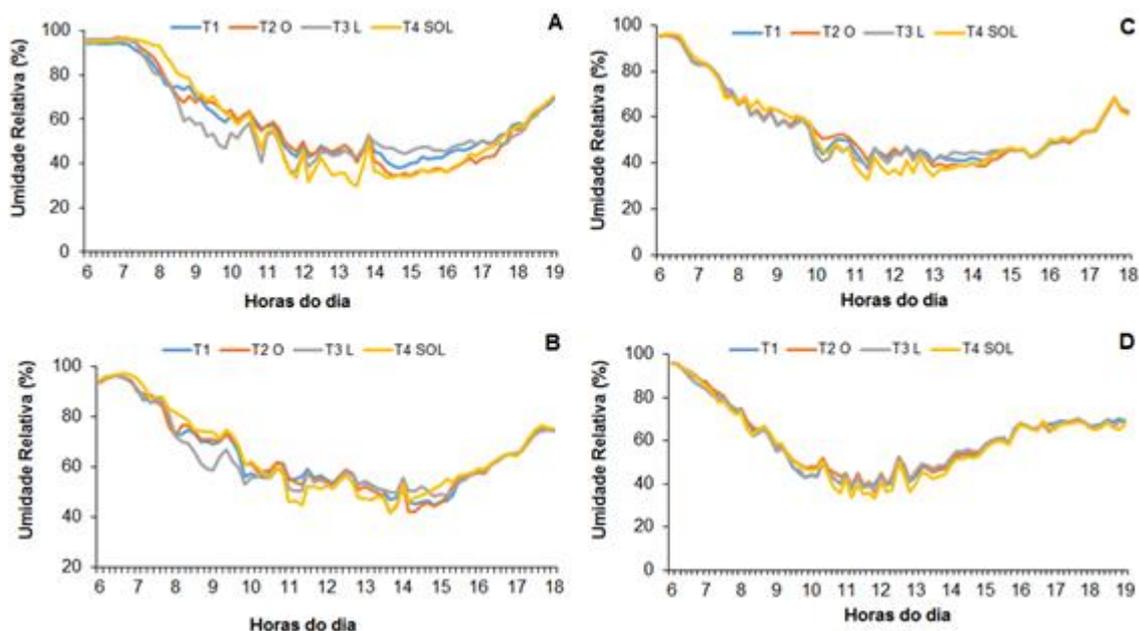


Figura 12. Valores diários de Umidade Relativa no Verão (A), Outono (B), Inverno (C) e Primavera (D), em Mamoeiro plantado no sentido Norte-Sul, onde: T1:

situado na linha de plantio do mamão; T2 O: situado à 40cm da linha de plantio no lado oeste; T3 L: situado à 40cm da linha de plantio no lado leste; T4 Sol: situado na linha de plantio a pleno sol.

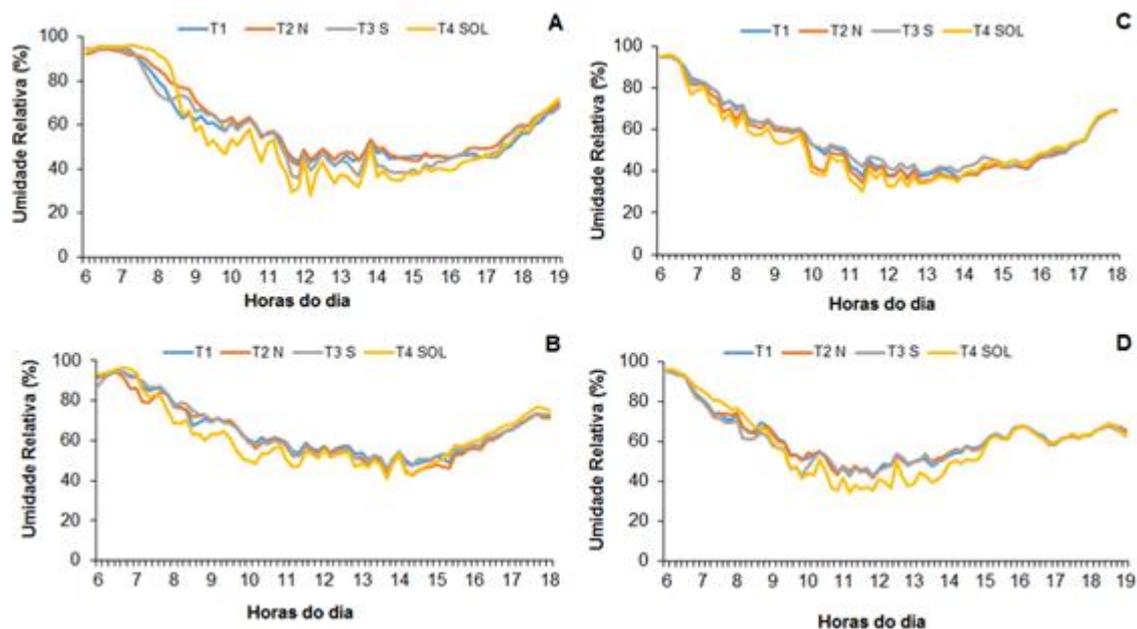


Figura 13. Valores diários de Umidade Relativa no Verão (A), Outono (B), Inverno (C) e Primavera (D), em Mamoeiro plantado no sentido Leste-Oeste, onde: T1: situado na linha de plantio do mamão; T2 N: situado à 40cm da linha de plantio no lado norte; T3 S: situado à 40cm da linha de plantio lado Sul; T4 Sol: situado na linha de plantio a pleno sol.

No Verão, Outono e na Primavera, no mamoeiro plantado no sentido Norte-Sul (Figura 10A, B e D), observou-se que em todos os tratamentos, os valores de Umidade Relativa foram semelhantes, não diferindo entre si estatisticamente, esse resultado pode estar relacionado com a temperatura e irradiância que também foram semelhantes estatisticamente em alguma épocas avaliadas. Já no Inverno (Figura 10 C) o menor valor de umidade relativa foi registrado no tratamento a pleno sol (T4 Sol), já os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si.

Observando o comportamento diário da umidade relativa no verão (Figura 12 A), nota-se que pela manhã o menor valor é observado no tratamento à 40cm leste (T3 L), e aumenta a tarde até o final do dia. De maneira contrária, o

tratamento situado à 40cm oeste (T2 O), apresenta um maior valor de umidade relativa pela manhã e após o meio dia até o final da tarde, os valores diminuem, esse comportamento é em função do movimento diurno do sol, em que nasce ao leste e se movimenta e se põe à oeste. Nota-se que o menor valor de umidade relativa foi registrado no tratamento a pleno sol, às 12:10h, apresentando 29,48%, já nesse mesmo horário, no tratamento situado na linha do mamoeiro, apresenta um valor de 41,27%, havendo portanto um aumento de 11,79% de umidade relativa.

Já no Outono, Inverno e Primavera (Figura 12B, C e D), os menores valores registrados de umidade relativa também foram no tratamento a pleno sol, nos horários 12:40h, 11:20h e 11:50h, apresentando 41,68%, 33% e 33,42% de umidade relativa, e no tratamento situado na linha do mamoeiro (T1), nesses mesmo horários, apresentaram 47,2%, 37,63 e 39,93% de umidade relativa, havendo assim um aumento na umidade relativa de 2,52%, 4,63% e 6,51%, no outono, inverno e primavera, respectivamente.

No mamoeiro plantado no sentido Leste-Oeste (Figura 11), observou-se que em todas as épocas avaliadas (Figura 11 A, B, C e D), o maior valor de umidade relativa foi registrado no tratamento situado na linha do mamoeiro (T1), e o menor valor, no tratamento a pleno sol (T4 Sol). Observando o comportamento diário da umidade relativa no verão (Figura 13 A) nota-se que o menor valor de umidade relativa foi registrado no tratamento a pleno sol, às 12:10h, apresentando 28,25%, já nesse mesmo horário, no tratamento situado na linha do mamoeiro, apresenta um valor de 43,30%, havendo portanto um aumento de 15% de umidade relativa. Já no Inverno e Primavera (Figura 12C e D), os menores valores registrados de umidade relativa também foram no tratamento a pleno sol, nos horários 11:20h e 11:10h, apresentando 37,56% e % e 42,81% de umidade relativa, e no tratamento situado na linha do mamoeiro (T1), nesses mesmo horários, apresentaram 30,20 e 34,37% de umidade relativa, havendo assim um aumento na umidade relativa de 7,36% e 8,44%, no inverno e primavera, respectivamente.

A manutenção da umidade atmosférica alta nos dias quentes, aliada à manutenção de maiores taxas de umidade relativa do ar e baixa velocidade do vento, reduz o déficit de vapor de água entre as folhas e a atmosfera, diminuindo a perda de água da planta por transpiração (LIN, 2007). A este benefício obtido

em sistemas sombreados, juntam-se igualmente níveis mais baixos de irradiância ao nível foliar, diminuindo a probabilidade de sobre-excitação e fotoinibição dos componentes do sistema fotossintético. Estes ocorrem, principalmente, nas horas mais quentes e de maior irradiância do dia, quando as plantas são expostas a pleno Sol, quer considerando períodos mais curtos, de horas (RAMALHO et al., 1997), ou mais longos, de dias (RAMALHO et al., 2000).

Conclusões

O mamoeiro plantado no sentido Leste-Oeste nas condições estudadas proporcionou a diminuição da irradiação incidente e da temperatura, e valores superiores de umidade relativa do ar sob sua copa, em relação ao mamoeiro plantado no sentido Norte-Sul.

Torna-se possível o consórcio do mamoeiro plantado nos dois sentidos, pois o sombreamento proporcionado foi brando, promovendo atenuação das variáveis climáticas.

Das épocas do ano avaliadas, no verão se obteve as maiores atenuações das variáveis climáticas.

Referências

ARAÚJO, A. V.; PARTELLI, F. L.; OLIVEIRA, M. G.; PEZZOPANE, J. R. M.; FALQUETO, A. R.; CAVATTE, P. C. Microclima e crescimento vegetativo do café conilon consorciado com bananeiras. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 214-222, 2015.

ARAÚJO, A. V.; PARTELLI, F. L.; OLIOSI, G.; PEZZOPANE, J. R. M. Microclimate, development and productivity of robusta coffee shaded by rubber trees and at full sun. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 4, p. 700-709, 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de café, safra 2017, primeiro levantamento. Brasília, 2017. 98p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_17_14_51_54_boletim_cafe_-_janeiro_de_2017.pdf> acesso em 10 de maio, 2017.

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**, v. 18, n. 1, p. 55-81, 2006.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 6 maio 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de Dados Agregados. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?ti=1&tf=99999&e=v&p=PA&z=t&o=11>>. Acesso em: 6 maio 2017.

LIN, B. B. The role of agroforestry in water conservation: the effect of shade on evapotranspiration in coffee agroecosystems, mitigation of microclimate variation through agroforestry: protecting coffee agriculture from the impacts of climate change. **Agricultural and Forest Meteorology**, New Haven, v. 144, n. 1, p. 85-94, 2007.

OLIOSI, G.; GILES, J. A. D.; RODRIGUES, W. P.; RAMALHO, J. C.; PARTELLI, F. L. Microclimate and development of *Coffea canephora* cv. Conilon under different shading levels promoted by Australian cedar (*toona ciliata* M. Roem. Var. Australis). **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 4, p. 528-538, 2016.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; SILVA, M. G.; RAMALHO, J. C. Seasonal vegetative growth of different age branches of Conilon coffee tree. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 619-626, 2010.

PARTELLI, F. L.; MARRÉ, W. B.; FALQUETO, A. R.; VIEIRA, H. D.; CAVATTI, P. C. Seasonal vegetative growth in genotypes of *Coffea canephora*, as related to climatic factors. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, p. 108-116, 2013.

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

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 (Online)**, v. 11, n. 03, p. 256-264, 2007.

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 Agrônômica**, v. 42, n. 4, p. 865-871, 2011.

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

RAMALHO, J. C.; CAMPOS, P. S.; TEIXEIRA, M.; NUNES, M. A. Nitrogen dependent changes in antioxidant systems and in fatty acid composition of chloroplast membranes from *Coffea arabica* L. plants submitted to high irradiance. **Plant Science**, Davis, v. 135, n. 2, p. 115-124, 1998.

RAMALHO, J. C.; PONS, T. L.; GROENEVELD, H. W.; AZINHEIRA, H. G.; NUNES, M. A. Photosynthetic acclimation to high light conditions in mature leaves of *Coffea arabica* L.: role of xanthophylls, quenching mechanisms and nitrogen nutrition. **Australian Journal of Plant Physiology**, Camberra, v. 27, p. 43-51, 2000.

RODRIGUES, V. G. S. **Arborização de café Robusta e implicações na formação de liteira e no estabelecimento de plantas companheiras**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2007. (Circular Técnica, 91).

SILVA, F. A. S. ASSISTAT - Statistical Assistance. Versão 7.6 beta. Campina Grande, UFCG, 2017. Disponível em: <<http://www.assistat.com/indexi.html>>. Acesso em: 15 mar. 2017.