

# CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS, FENOLOGIA E MORFOLOGIA EXTERNA DE CAFEEIROS EM SISTEMAS ARBORIZADOS E A PLENO SOL

Marta dos Santos Freire Ricci<sup>1</sup>, David Goronci Cochetto Junior<sup>2</sup>,  
Fernanda Fátima Delgado de Almeida<sup>3</sup>

(Recebido: 10 de julho de 2012; aceito: 22 de março de 2013)

**RESUMO:** Objetivando-se avaliar as modificações ocorridas nas condições microclimáticas, na fenologia e na morfologia externa de cafeeiros, em sistema arborizado e a pleno sol, o presente trabalho foi desenvolvido em área do projeto Sistema Integrado de Produção Agroecológica, situado em Seropédica, RJ. Três sistemas de cultivo do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) foram avaliados, sendo dois sistemas nos quais o cafeeiro foi consorciado com as leguminosas arbóreas *Gliricidia sepium* e *Erythrina poeppigiana*, e um terceiro sistema, representado pelo cultivo do cafeeiro a pleno sol. Os cafeeiros foram plantados em 1999, no espaçamento de 3,0 m x 1,5 m, e as espécies arbóreas no espaçamento 9 m x 9 m, tendo sido recepadados 15 meses antes do início do trabalho. Entre julho de 2010 e junho de 2011 foram avaliadas as seguintes variáveis: a) no ambiente de cultivo: temperaturas máximas e mínimas do ar, do solo e das folhas; b) início e duração das fases fenológicas; c) morfologia externa do cafeeiro: altura, número de ramos plagiotrópicos, distância entre rosetas e área foliar. No sistema arborizado, durante as estações da primavera e verão, as temperaturas máximas foram significativamente mais elevadas que as observadas no cultivo a pleno sol, enquanto no outono e inverno, as temperaturas mínimas médias observadas no cultivo a pleno sol foram significativamente menores que as observadas no cultivo do cafeeiro com gliricídia. A arborização reduziu a amplitude térmica e as temperaturas do solo e foliar. Não houve alteração em relação ao início e duração das fases fenológicas em relação ao cultivo a pleno sol. Em todos os sistemas foram observados três florescimentos, ocorridos entre 10 de setembro e o início de outubro, sendo de 280 dias a duração entre a florada principal e a maturação máxima. Vinte e um meses após terem sido recepadados, os cafeeiros arborizados com a gliricídia apresentaram maior altura, maior número de ramos plagiotrópicos, maior distância entre as rosetas e maior área foliar em relação ao cultivo a pleno sol.

**Termos para indexação:** *Coffea canephora*; *Gliricidia sepium*; *Erythrina poeppigiana*; sistemas agroflorestais; sombreamento.

## MICROWEATHER CONDITIONS, PHENOLOGY AND EXTERNAL MORPHOLOGY OF COFFEE TREES IN SHADED AND FULL SUN SYSTEMS

**ABSTRACT:** Aiming to evaluate the modification occurred in microweather condition, phenology and external morphology of coffee trees in shaded and full sun systems, the present study took place in an area of the Agroecological Production Integrated System (Sistema Integrado de Produção Agroecológica), in Seropédica, RJ. Three Conilon (*Coffea canephora*) coffee cropping systems were evaluated, in which two of them the coffee tree was consorted with arboreal legume *Gliricidia sepium* and *Erythrina poeppigiana*, and one third system, represented by the coffee cultivation at full sun. The trees were planted in 1999, using 3,0 m x 1,5 m spacing, and the arboreal species in 9 m x 9 m spacing, being cut back 15 months before the beginning of the work. Between July 2010 and June 2011 the following variables were evaluated: a) in the cropping environment: maximum and minimum air, soil and leaves temperatures; b) beginning and duration of phenological phases; c) external morphology of the coffee tree: height, number of primary branches, distance between rosettes and leaf area. In the shaded system, during the seasons of spring and summer, maximum temperatures were significantly higher than those observed in cultivation in full sun, while in autumn and winter, the average minimum temperatures observed in the unshaded crop were significantly lower than those observed in the cultivation of coffee with gliricidia. The afforestation reduced temperature range and soil temperatures and leaf. There was no change in relation to the onset and duration of phenological phases in relation to growing in full sun. In all three systems were observed blooms, occurred between 10 September and early October, with the duration of 280 days between the main flowering and maturation maximum. Twenty-one months after they were pruning the trees wooded with gliricidia had higher height, the greater number of primary branches, greater distance between the rosettes and greater leaf area in relation to growing in full sun.

**Index terms:** *Coffea canephora*, *Gliricidia sepium*, *Erythrina poeppigiana*, agroforestry systems, shading.

### 1 INTRODUÇÃO

A espécie *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, conhecida por café Conilon ou café Robusta, é uma espécie originalmente adaptada a ambientes parcialmente sombreados, sendo

uma prática comum a sua consorciação com árvores em países tropicais (RODRIGUES, 2007). O termo arborização é muito utilizado para indicar um sombreamento ralo do cafeeiro, cujo percentual deve atingir de 30% a 50% da cobertura do terreno, tendo o resgate dessa prática

<sup>1</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia/Embrapa Agrobiologia - Cx. P. 74.505 - Antiga Rodovia Rio-São Paulo - Km 47 - Ecologia - 23851-970 - Seropédica - RJ - marta@cnpab.embrapa.br

<sup>2</sup>Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Instituto de Agronomia/UFRRJ - Km 07 - BR 465 - 23890-00 - Seropédica - RJ - davidgoronci@hotmail.com

<sup>3</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Agrobiologia - Fazendinha Agroecológica do Km 47 - Ecologia - 23890-000 - Seropédica - RJ - fernandadelga@yahoo.com.br

começada nos anos 1990, quando a crise do preço internacional do grão forçou os países produtores a desenhar estratégias de recuperação econômica, principalmente nos países da América Latina (RODRIGUES, 2009).

O cafeeiro pode ser cultivado em diferentes ambientes devido a sua plasticidade fenotípica, bem como à existência de diferentes cultivares (CARVALHO, 2008; RICCI et al., 2011). No Brasil, contudo, o cultivo do cafeeiro arábica tem sido conduzido, na maioria das áreas, na condição de monocultivo ou a pleno sol culturais (RICCI; ARAÚJO; FRANCH, 2002). A situação não é diferente com o cultivo de *C. canephora*. As experiências brasileiras com esse tipo de cultivo ainda são escassas. Veneziano (2003) mencionou que em Rondônia, segundo maior produtor brasileiro de cafeeiro Conilon, somente cerca de 24,2% das lavouras do Estado encontravam-se consorciadas com algum tipo de componente arbóreo, no ano de 2003.

A preferência pelo cultivo a pleno sol deve-se, em parte, ao fato de que os produtores acreditam que a arborização reduz a produção, aumenta a necessidade de mão de obra e dificulta a passagem de máquinas (RICCI et al., 2006). Segundo Matta e Rodríguez (2007), outra razão que dificulta o uso da prática da arborização de cafezais no Brasil está associada à existência de trabalhos científicos que relataram efeitos contraditórios acerca dos efeitos da arborização sobre o rendimento do cafeeiro, mostrando resultados positivos, negativos ou até mesmo nulos do consórcio entre árvore e cafeeiro. As informações existentes na literatura são escassas e variam de acordo com as condições regionais de altitude, temperatura, radiação fotossinteticamente ativa e fertilidade do solo, bem como com a espécie arbórea utilizada.

Diversos estudos sobre a influência do sombreamento exercido pela prática da arborização sobre a ecofisiologia e a morfologia do cafeeiro já foram realizados (BALIZA et al., 2011; LEAL, 2004; MATTA, 2004; MORAIS et al., 2004; PEZZOPANE; PEDRO JÚNIOR; GALLO, 2005; RICCI et al., 2006, 2010, 2011). Com base em algumas observações, Lunz (2006) menciona que, dentre os maiores benefícios ecofisiológicos que o cafeeiro recebe pela arborização, estão a redução do estresse do cafeeiro pela melhoria do microclima e condições do solo, por meio da diminuição da amplitude térmica; a alteração na quantidade e qualidade da radiação solar transmitida pelo dossel das árvores; a redução da velocidade do vento; a manutenção ou aumento da

umidade do ar e do solo, inclusive reduzindo-se o processo de erosão. Esse autor menciona ainda que o grau de modificação do microclima depende da intensidade do sombreamento promovido e das condições microclimáticas locais. A atenuação da intensidade de radiação em climas mais quentes e em altitudes maiores (800 a 1000m), causam efeitos microclimáticos mais evidentes.

Excesso de radiação e altas temperaturas fazem com que as lavouras produzam de forma abundante, exigindo um grande aporte de nutrientes para não ocorrer o esgotamento dos cafeeiros, e que, além disso, a alta intensidade luminosa pode saturar o aparelho fotossintético do cafeeiro, acarretando fotoinibição e redução da longevidade da cultura (FAHL et al., 1994; LEAL, 2004).

Do ponto de vista de morfologia externa da planta, Matta e Rodríguez (2007) consideram a redução do número de nós produtivos por ramo como o principal fator de redução da produção em condições de sombreamento excessivo, podendo reduzir a produção em função do menor número de nós formados e da diminuição do número de botões florais por nós. Nesse sentido, Ricci et al. (2010), trabalhando com as espécies *C. arábica L.* e *C. canephora*, concluíram que o sombreamento alterou algumas características vegetativas do cafeeiro, porém não reduziu a produção de grãos em relação ao cultivo a pleno sol.

Considerando que o ciclo fenológico do cafeeiro apresenta sucessivas fases vegetativas e reprodutivas, as quais sofrem influência das condições climáticas (CAMARGO; CAMARGO, 2001; PEZZOPANE et al., 2003), diagnosticar possíveis alterações ocorridas nesse ciclo fenológico quando o cafeeiro é cultivado em ambientes sombreados, pode auxiliar no entendimento de possíveis modificações ocorridas em cafeeiros cultivados em ambientes arborizados ou em sistemas agroflorestais, subsidiando dessa maneira, aspectos relacionados ao manejo aplicado na condução da lavoura consorciadas com espécies arbóreas ou arbustivas.

Objetivou-se, no trabalho, avaliar as modificações ocorridas nas condições microclimáticas, na fenologia e na morfologia externa de cafeeiros, em sistema arborizado e a pleno sol.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no período de julho de 2010 a agosto de 2011, na área do Sistema Integrado de Produção Agroecológica,

conhecida como Fazendinha Agroecológica km 47, uma área destinada à pesquisa em produção orgânica pertencente à Embrapa Agrobiologia, em parceria com a UFRRJ e a Pesagro-RJ, situada em Seropédica, RJ.

A área está localizada entre os paralelos 22°49' e 22°45' S de latitude Sul e os meridianos 43°38' e 43°42' de longitude Oeste, a uma altitude de 33 m. O clima da região apresenta verões úmidos e invernos secos, com temperatura média anual de 24,6°C e precipitação média de 1.300 mm, sendo os meses de julho e agosto os mais secos (RICCI et al., 2010).

O solo da área experimental foi classificado como Planossolo e apresentou, em abril de 2010, as seguintes características: pH em água = 5,6; Al<sup>3+</sup> = 0,0 cmolc dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 2,3 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 1,5 cmolc dm<sup>-3</sup>; P disponível = 39,6 mg dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 121 mg dm<sup>-3</sup>.

A área de estudo encontrava-se cultivada com café Conilon clonal 8121 (*C. canephora*), de ciclo médio, cujas mudas foram provenientes da EMCAPA/ES, conduzido sob manejo orgânico, em que três sistemas de cultivo (tratamentos) foram avaliados: 1. café arborizado com *Gliricidia sepium* Kunth; 2. café cultivado a pleno sol e; 3. café arborizado com *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O. F. Cook. Os cafeeiros e as espécies arbóreas foram plantadas em 1999, respectivamente nos espaçamentos 3,0 m x 1,5 m e 9 m x 9 m.

Em outubro de 2009, foi realizada uma receita nos cafeeiros, podando-se toda a parte aérea na altura de 50 cm do solo.

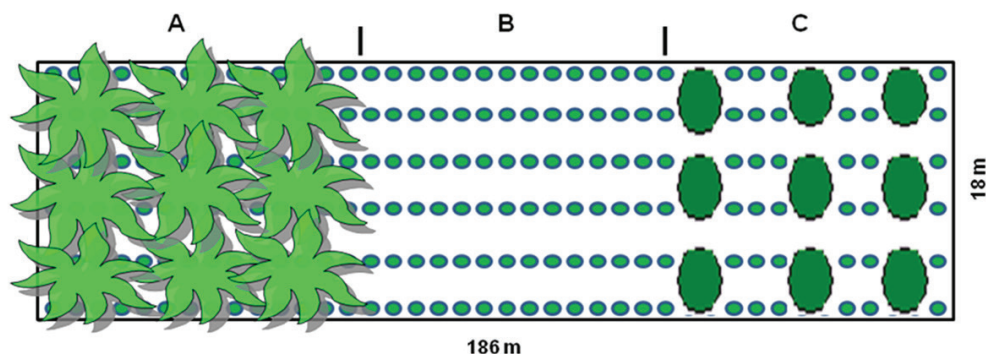
Ambas as espécies arbóreas são da família leguminosae e caducifólias (LORENZI, 1998), tendo sido, em abril de 2011, podadas, com o objetivo de ajustar-se o nível de sombreamento. O nível de sombreamento foi avaliado com auxílio de um radiômetro constituído por um medidor de luz

LI-250A, acoplado em um sensor tipo LI-191SA Line Quantum Sensor, de 1 m de comprimento, que determina a radiação fotossinteticamente ativa (RAFA), região do espectro eletromagnético entre 400-700 nm. A leitura da RAFA foi obtida percorrendo-se as entrelinhas do cafeeiro com o sensor em nível nos três sistemas estudados. No sistema arborizado com gliricídia, a radiação variou de 11% (inverno) a 62% (verão), enquanto com eritrina, de 2% (inverno) a 6% (verão).

Como no desenho experimental apresentado na Figura 1 não existem repetições “verdadeiras”, utilizou-se um modelo ‘quase-experimental’ (SAMPHERE, 2006 citado por GUEDES, 2010), no qual as parcelas não foram aleatorizadas, e sim distribuídas em faixas; sendo consideradas como “pseudo-repetições” seis linhas de cafeeiros amostradas dentro de cada sistemas de cultivo. A pseudo-repetição é definida como o uso de estatísticas que servem para testar efeitos de tratamentos em que não há repetições dos mesmos, embora possam ocorrer repetições amostrais, como foi o caso do presente estudo.

Os três sistemas de cultivo foram dispostos em áreas experimentais contínuas, em uma encosta com declividade de aproximadamente 10% (Figura 1). Foi utilizado um modelo ‘quase-experimental’ (GUEDES, 2010), no qual as parcelas não foram aleatorizadas, e sim distribuídas em faixas, sendo consideradas como repetições seis linhas de cafeeiros de cada sistema de cultivo (tratamento). Para a realização das avaliações fenológicas e morfológicas, foram selecionados quatro cafeeiros em cada linha de cultivo.

Entre maio de 2010 e abril de 2011, foram monitoradas semanalmente, as temperaturas do ar, do solo e da superfície da folha (filoplano), sempre às 13h. Para a tomada dos dados de temperatura do ar, foram utilizados termômetros de máxima e



**FIGURA 1** – Representação esquemática da distribuição das parcelas experimentais, com cultivo de café em sistema arborizado com gliricídia (A), café cultivado a pleno sol (B) e café arborizado com eritrina (C).



mínima do tipo capela, dispostos a 1,5 m de altura do solo. A temperatura do solo foi tomada sob a copa do cafeeiro, a 5 cm de profundidade, em oito pontos por parcela.

A temperatura foliar foi tomada em oito cafeeiros, utilizando-se um termômetro digital infravermelho Raytek-MT4, sendo realizadas duas leituras em lados opostos de cada cafeeiro.

Para o estudo do desenvolvimento fenológico, selecionou-se um ramo plagiotrópico do terço médio do cafeeiro, na orientação norte, de onde foram retiradas todas as flores das floradas ocorridas. Foram considerados os 12 distintos estádios fenológicos propostos por Pezzopane et al. (2003), que vão desde gemas dormentes até o grão seco, sendo atribuídos valores numéricos, como os descritos a seguir: 0 (gema dormente); 1 (gema intumescida); 2 (abotoado); 3 (florada); 4 (pós-florada); 5 (chumbinho); 6 (expansão dos frutos); 7 (grão verde); 8 (verde cana); 9 (cereja); 10 (passa); 11 (seco). Utilizando-se a escala apresentada, as notas de desenvolvimento fenológico foram atribuídas no período compreendido entre junho de 2010 a agosto de 2011, em intervalos de 7 a 15 dias, tendo sido considerado como estágio atual aquele que apresentou mais de 50% de ocorrência no ramo.

Em julho e janeiro/2010 e julho/2011, foram realizadas as seguintes avaliações morfológicas externas: altura de planta, número de ramos plagiotrópicos, distância entre rosetas e área foliar. A altura foi tomada a partir da superfície do solo até a gema apical do ramo ortotrópico mais alto. O número de ramos plagiotrópicos foi contado a partir de dois ramos ortotrópicos tomados ao acaso em cada cafeeiro. Para a contagem do número de rosetas por ramo foram selecionados dois ramos plagiotrópicos no terço médio da planta, de ramos ortotrópicos distintos, de onde foram tomados também os dados de distância entre rosetas, com auxílio de um paquímetro digital. A área foliar foi determinada com auxílio de um medidor de área foliar do tipo LI-COR 3100, com base em oito folhas por repetição.

A produtividade foi estimada com base em 10 cafeeiros selecionados ao acaso em cada repetição, coletando-se apenas os frutos no estágio 'cereja' maduro. Os frutos frescos foram pesados e secos ao sol até atingir 11% de umidade, quando então foram novamente pesados (peso seco de café em coco) e amostras foram coletadas para análise das características físicas dos grãos e classificação por peneira.

Após verificação de homogeneidade das variâncias entre os tratamentos, dois a dois, a hipótese de igualdade das médias entre tratamentos foi verificada por meio da interpretação dos intervalos de confiança (IC), para a diferença entre as médias dos tratamentos dois a dois em cada variável, com nível de confiança de 95% (dados não apresentados). Os limites inferiores (LI) e superiores (LS) dos intervalos de confiança para a diferença entre médias duas a duas, foram calculados pela equação:

$$LI = (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - t.SE ; LS = (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) + t.SE$$

Os valores  $\bar{X}_1$  e  $\bar{X}_2$  representam as médias amostrais de dois dos sistemas de cultivo; SE, o erro padrão das diferenças entre as médias dos sistemas, e  $t$ , um valor tabelado. Quando o valor zero (0) está incluído no IC, conclui-se que as médias dos dois tratamentos em comparação são estatisticamente iguais e atribuem-se letras iguais para os tratamentos. Quando o IC não abrange o zero, conclui-se que as médias são significativamente diferentes e atribuem-se letras distintas aos tratamentos. Foi utilizado o programa SISVAR (FERREIRA, 2000), para estimação dos intervalos de confiança.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de temperaturas observados durante as estações do ano, encontram-se na Tabela 1. Durante o período de estudo (um ano agrícola), foram observadas temperaturas máximas do ar mais elevadas, no cultivo do cafeeiro a pleno sol.

Neste sistema, nas estações primavera e verão, as temperaturas máximas foram, respectivamente, 3,9°C e 4,75°C mais elevada que as temperaturas máximas dos sistemas arborizados, considerando-se a média dos dois sistemas de cultivo, os quais não apresentaram diferença significativa entre si.

No outono e inverno, as temperaturas mínimas médias observadas no cultivo a pleno sol foram significativamente menores que as observadas no cultivo do cafeeiro com gliricídia, sendo respectivamente, 1,80 e 1,40 menor. No sistema café com eritrina a temperatura mínima não diferiu dos demais sistemas, exceto na primavera, quando apresentou uma temperatura mínima mais elevada que a observada no cultivo a pleno sol.

**TABELA 1** – Valores de temperaturas máxima, média e mínima do ar; amplitude térmica; temperaturas do solo e do filo plano, avaliadas durante as quatro estações do ano, nos diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro avaliados. Seropédica, RJ, 2010-2011.

Épocas avaliadas	Sistemas de Cultivo		
	Pleno Sol	Gliricídia	Eritrina
Temperatura máxima do ar (°C)			
Inverno 2010	37,6 a	33,1 b	35,5 b
Primavera 2010	39,6 a	35,5 b	35,9 b
Verão 2011	44,4 a	39,0 b	40,3 b
Outono 2011	36,9 a	31,8 b	33,3 ab
Temperatura mínima do ar (°C)			
Inverno 2010	11,7 b	13,1 a	13,2 ab
Primavera 2010	17,0 b	17,8 a	18,0 a
Verão 2011	21,0 b	22,2 a	21,5 ab
Outono 2011	15,6 b	17,4 a	16,4 ab
Temperatura média do ar (°C)			
Inverno 2010	24,6 a	23,1 b	24,3 a
Primavera 2010	28,3 a	26,6 b	27,0 b
Verão 2011	32,7 a	30,6 b	30,9 b
Outono 2011	29,2 a	24,6 b	24,8 ab
Amplitude térmica (°C)			
Inverno 2010	25,9 a	20,0 b	22,3 ab
Primavera 2010	22,6 a	17,7 b	17,9 b
Verão 2011	23,4 a	16,8 b	18,8 b
Outono 2011	21,3 a	14,4 b	16,9 ab
Temperatura do solo (°C)			
Inverno 2010	22,6 ab	22,5 b	22,9 a
Primavera 2010	27,8 a	25,8 b	27,1 a
Verão 2011	31,8 a	28,5 b	30,2 a
Outono 2011	24,6 a	23,7 b	24,9 a
Temperatura do filo plano (°C)			
Inverno 2010	27,0 a	25,8 b	24,8 b
Primavera 2010	35,0 a	32,8 b	31,3 c
Verão 2011	38,4 a	33,9 b	35,9 ab
Outono 2011	32,5 a	28,7 b	31,2 ab

Letras minúsculas iguais na linha, não diferem entre si, pelo intervalo de confiança para a diferença entre as médias dos tratamentos, comparados dois a dois, com 95% confiança.

Considerando-se a temperatura média anual dos três sistemas de cultivo, a do sistema a pleno sol foi de 28,8°C, cerca de 3°C acima da temperatura recomendada para cultivo de café Conilon, que é de 22 a 26°C (AMARAL et al., 2007; GUERREIRO FILHO et al., 2008). Nos sistemas arborizados, as temperaturas médias anuais do ar foram de 26,2°C e 26,8°C, no cultivo com gliricídia e eritrina, respectivamente, valores

que se aproximam da recomendada. Cafeeiros arábica, quando cultivados em áreas com temperaturas do ar médias anuais acima de 23°C, tais como apresentadas pela área a pleno sol no presente estudo, podem apresentar frutificação e maturação demasiadamente precoces, causando vários inconvenientes, inclusive a perda da qualidade do produto, visto que a sua colheita e secagem irão ocorrer precocemente, em época

ainda muito quente e úmida (MORAIS et al., 2008, 2009).

A amplitude térmica, isto é, a diferença entre a temperatura máxima e a temperatura mínima registrada num determinado período, foi maior no cultivo a pleno sol em comparação ao cultivo com gliricídia, em todas as estações do ano (Tabela 1), bem como foi maior na primavera e no verão, em relação ao cultivo com eritrina. De acordo com Matta e Rodríguez (2007), o sombreamento melhora as condições microclimáticas, via redução dos extremos de temperatura do ar e do solo, regulando a disponibilidade hídrica do solo.

No cultivo a pleno sol, a temperatura do filo plano, medida nas horas mais quentes do dia em todas as estações avaliadas, foi aproximadamente 3°C, portanto mais elevada que nos sistemas arborizados (Tabela 1). Na primavera, no cultivo com eritrina, essa diferença chegou a ser ainda maior, não diferindo dos outros sistemas de cultivo nas demais estações avaliadas. Quando submetido à temperaturas foliares mais elevadas, o cafeeiro diminui a condutância estomática, diminuindo a taxa fotossintética (FREITAS et al., 2003; RENA; MAESTRI, 1986), sendo isso um resultado positivo que a arborização pode proporcionar ao cafeeiro.

Ao longo do ano, a temperatura do solo foi cerca de 2°C menor no sistema café com gliricídia em relação ao cultivo com eritrina, exceto no inverno, que não diferiu do sistema a pleno sol. Segundo Rodrigues et al. (2002), a redução da temperatura do solo pode diminuir a taxa de decomposição da matéria orgânica, melhorando as características físicas, químicas e biológicas do solo devido à mineralização mais gradual de nutrientes. A arborização auxilia na manutenção da fertilidade do solo uma vez que a estabilização da temperatura do solo resulta em maior capacidade de ciclagem de nutrientes e adição de resíduos, menores perdas de nitrogênio por volatilização, quando comparado ao cultivo a pleno sol (MATTA; RODRÍGUEZ, 2007; MORAIS et al., 2004).

A arborização não alterou as fases fenológicas dos cafeeiros nos diferentes sistemas de produção (Figura 1), considerando tanto o seu início, como a duração das fases fenológicas, conforme as fases propostas por Pezzopane et al. (2003), que vão desde a gema dormente até a do grão seco. Em todos os sistemas de cultivo foi observada a ocorrência de três florescimentos sucessivos, ocorridos entre o segundo decêndio de setembro e início de outubro, sendo de 280 dias a

duração do intervalo entre a florada principal e a maturação máxima.

Camargo e Camargo (2001) consideram como florada principal aquela que ocorre após uma deficiência hídrica acentuada durante o período de repouso das gemas. Nas condições brasileiras, geralmente em agosto, ocorre a quebra de dormência das gemas do cafeeiro, induzida tanto pelo início das chuvas, como pela elevação da temperatura (PEZZOPANE et al., 2003).

No presente estudo, a segunda florada foi considerada a principal e serviu de base para a avaliação do desenvolvimento reprodutivo, tendo ocorrido no final de setembro, em todos os sistemas de cultivo estudados, em decorrência de chuvas de 30,4 mm, verificadas no segundo decêndio de setembro.

De acordo com os resultados obtidos, a menor radiação incidente dos sistemas arborizados e a ocorrência de temperaturas mais amenas não alterou o desenvolvimento fenológico e o ciclo reprodutivo do cafeeiro, ao contrário do que foi observado por Lunz (2006), embora a maturação dos grãos seja influenciada pelas condições climáticas (PEZZOPANE et al., 2003), proporcionando maior duração do estágio 'cereja'.

Embora os cafeeiros se encontrassem em fase de crescimento, por terem sido recepados em outubro de 2009, foi possível observar, 21 meses após a recepa, diferenças morfológicas em função dos diferentes níveis de radiação recebidas nos sistemas arborizados, em relação aos sistemas a pleno sol (Tabela 2).

Maiores valores de altura e número de ramos plagiotrópicos foram observados no cultivo com gliricídia, estando, possivelmente, relacionados ao maior nível de sombreamento presente nesse sistema de cultivo. O crescimento mais intenso de cafeeiros, em altura, observado em cultivos sombreados corresponde ao efeito de estiolamento, um mecanismo da planta para otimizar a captação de luz, conforme já havia sido observado em outros estudos (CAMARGO et al., 2007; CARELLI et al., 1999; MORAIS, 2003).

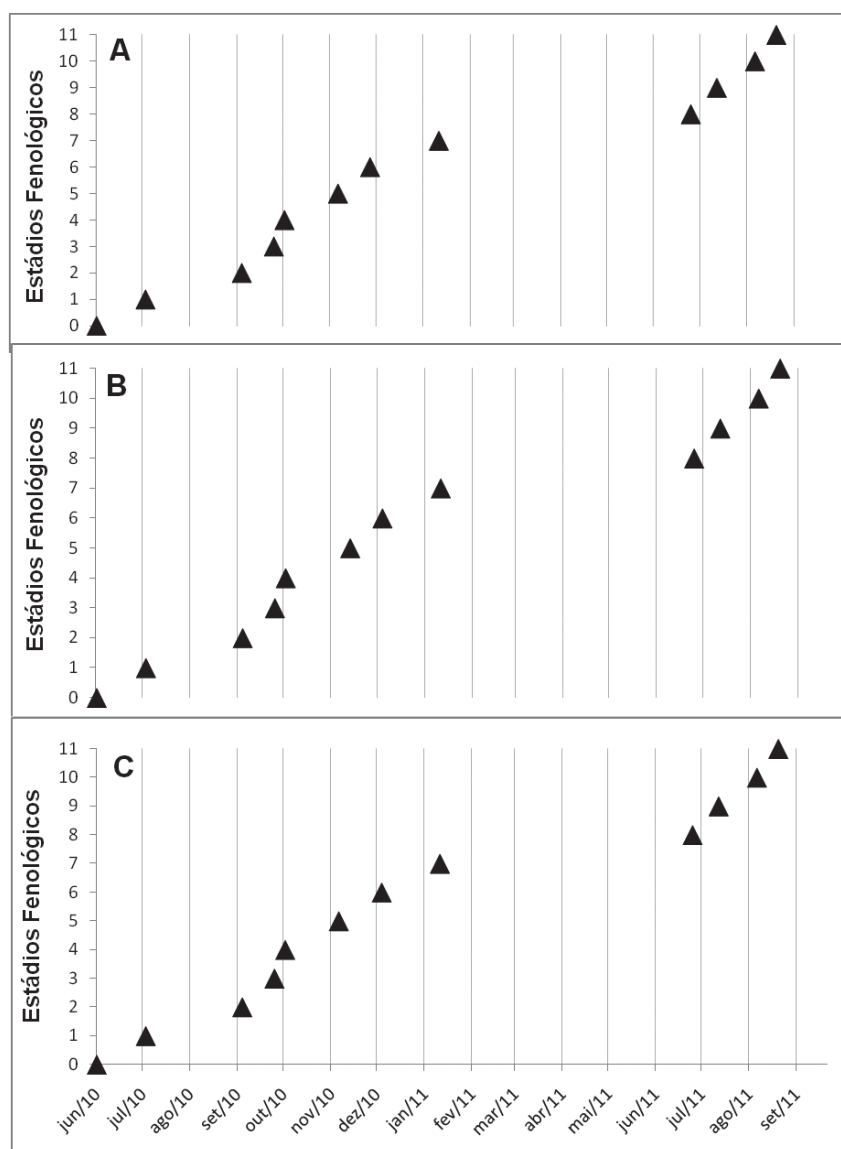
Na primeira avaliação realizada observou-se menor número de rosetas por ramo nos cafeeiros cultivados com gliricídia, sistema que apresentou o maior nível de sombreamento entre os sistemas estudados (Tabela 2), sendo que, na última avaliação, não houve diferença entre os sistemas de cultivo para essa variável. Contudo, a distância entre as rosetas aumentou no cultivo com gliricídia em relação ao cultivo a pleno sol e ao cultivo com eritrina.

Matta e Rodríguez (2007) explicam que cafeeiros cultivados em ambientes sombreados, à medida que o nível de sombreamento aumenta, ocorre um maior estímulo à emissão de gemas vegetativas e à diminuição da formação de gemas florais. Conseqüentemente, tais alterações causam uma redução do número de rosetas por ramo e do número de botões florais por roseta, o que pode ocasionar queda de produção, considerando-se que essa é uma importante variável responsável pela produção.

No presente estudo, foi observado um aumento na distância entre as rosetas, sem contudo

reduzir o número de rosetas por ramo. O resultado, pode ser explicado por um possível aumento do comprimento (variável não avaliada no presente estudo), dos ramos dos cafeeiros cultivados em ambientes sombreados, conforme observado por Lunz (2006).

O sombreamento aumentou a área foliar dos cafeeiros, tendo sido, em todas as épocas avaliadas, a maior média observada no sistema café com gliricídia, e as menores, no café cultivado a pleno sol (Tabela 2). O cultivo do cafeeiro com gliricídia apresentou uma expansão de área foliar constante, visto que na estação com



**FIGURA 1** – Estádios fenológicos em função dos sistemas de cultivo do cafeeiro. (A) café com gliricídia; (B) café a pleno sol; (C) café com eritrina; 0 (gema dormente); 1 (gema intumescida); 2 (abotoado); 3 (florada); 4 (pós-florada); 5 (chumbinho); 6 (expansão dos frutos); 7 (grão verde); 8 (verde cana); 9 (cereja); 10 (passa); 11 (seco). Seropédica, RJ, 2010-2011.

maior radiação incidente (verão), as folhas dos cafeeiros encontravam-se com elevado nível de sombreamento promovido pela gliricídia. Nos demais sistemas houve uma acentuada redução da área foliar no período de maiores temperaturas e radiação incidente. De acordo com Morais (2003) e Ricci et al. (2011), a expansão da área foliar do cafeeiro, quando sombreado, é um mecanismo utilizado para compensar a menor luminosidade recebida.

Matta e Rodríguez (2007) concluíram que, em plantações de café sob baixos níveis de radiação, é comum observar respostas dos cafeeiros com adaptações a ambientes sombreados, como: aumento da área foliar específica, baixo ponto de compensação de luz, redução da espessura da cutícula, aumento do tamanho dos estômatos, porém redução da sua densidade, redução do ponto de saturação luminosa, redução da atividade e da quantidade de enzima ribulose-1,5-bis-fosfato carboxilase oxigenase e alteração do ângulo de inserção das folhas a fim de incrementar

a interceptação da radiação pelo dossel foliar. Entretanto, o cafeeiro pode aclimatar-se à radiação plena ou à disponibilidade de luz alta, apesar dos danos foto-oxidativos observados, os quais podem ocorrer nas folhas de cafeeiros transferidos de um ambiente sombreado para outro a pleno sol (BALIZA et al., 2012; MATTA; RAMALHO, 2006).

Os resultados observados no presente estudo demonstraram que a arborização do cafeeiro pode atingir níveis elevados de sombreamento, caso a poda anual não seja realizada sistematicamente, tal como o que ocorreu no sistema café com gliricídia (11% no inverno a 62% no verão). Alterações significativas nas características morfológicas do cafeeiro podem ocorrer, tais como altura das plantas, número de rosetas, distância entre as rosetas e área foliar. Nos sistemas de cultivo, nos quais o nível de sombreamento varia pouco, como no sistema café com eritrina (de 2% no inverno a 6% no verão), alterações morfológicas externas significativas não são observadas no cafeeiro.

**TABELA 2** – Médias de altura, número de ramos plagiotrópicos e de rosetas, distância entre rosetas e área foliar de cafeeiros em três épocas do ano e em diferentes sistemas de produção. Seropédica, RJ.

Épocas avaliadas	Sistemas de Cultivo		
	Pleno Sol	Gliricídia	Eritrina
Altura (m)			
Jul 2010 – 9 meses após a recepa	1,38 b	1,67 a	1,31 b
Jan 2011 – 15 meses após a recepa	1,57 b	2,00 a	1,56 b
Jul 2011 – 21 meses após a recepa	1,86 b	2,24 a	1,77 b
Número de ramos plagiotrópicos			
Jul 2010 – 9 meses após a recepa	18,76 a	20,37 a	19,80 a
Jan 2011 – 15 meses após a recepa	31,58 b	35,66 a	32,62 ab
Jul 2011 – 21 meses após a recepa	38,45 b	43,50 a	35,79 b
Número de rosetas			
Jul 2010 – 9 meses após a recepa	4,70 a	4,12 b	5,12 a
Jan 2011 – 15 meses após a recepa	4,91 a	5,37 a	5,10 a
Jul 2011 – 21 meses após a recepa	10,08 a	9,29 a	9,72 a
Distância entre rosetas (cm)			
Jul 2010 – 9 meses após a recepa	5,34 b	6,58 a	5,61 b
Jan 2011 – 15 meses após a recepa	4,78 c	6,88 a	5,67 b
Jul 2011 – 21 meses após a recepa	3,63 b	5,06 a	3,86 b
Área foliar (cm <sup>2</sup> )			
Jul 2010 – 9 meses após a recepa	56,66 b	68,88 a	63,63 ab
Jan 2011 – 15 meses após a recepa	37,84 c	76,72 a	44,82 b
Jul 2011 – 21 meses após a recepa	48,13 c	83,29 a	63,51 b

Letras minúsculas iguais, na linha, não diferem entre si pelo intervalo de confiança para a diferença entre as médias dos tratamentos dois a dois com 95% confiança.



#### 4 CONCLUSÕES

A arborização do cafeeiro *C. canephora* com *E. poeppigiana* e *G. sepium*, nas condições climáticas do estado do RJ, reduz a amplitude térmica do ar e as temperaturas das folhas e do solo.

O sombreamento proporcionado pelo cultivo de árvores com o cafeeiro não altera a sua fenologia, quando comparada ao cultivo a pleno sol.

A arborização dos cafeeiros com gliricídia resulta em maiores valores de altura, número de ramos plagiotrópicos, distância entre as rosetas e área foliar, em relação ao cultivo a pleno sol.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, pelo apoio financeiro ao projeto e concessão da bolsa de Apoio Técnico.

#### 6 REFERÊNCIAS

AMARAL, J. A. T. et al. Crescimento vegetativo e produtividade de cafeeiros Conilon propagados por estacas em tubetes. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1624-1629, nov./dez. 2007.

BALIZA, D. P. et al. Trocas gasosas e características estruturais adaptativas de cafeeiros cultivados em diferentes níveis de radiação. *Coffee Science*, Lavras, v. 7, p. 250-258, 2012.

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

CAMARGO, F. T. de et al. Crescimento e maturação do fruto do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em um sistema arborizado e em monocultivo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. Anais... Brasília: EMBRAPA Café, 2007. 1 CD-ROM.

CARELLI, M. L. C. et al. Carbon isotope discrimination and gas exchange in *Coffea* species grown under different irradiance regimes. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Brasília, v. 11, n. 2, p. 63-68, 1999.

CARVALHO, C. H. S. de (Ed.). *Cultivares de café: origem, características e recomendações*. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. 334 p.

FAHL, J. I. et al. Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants

(*Coffea arabica* L.). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, London, v. 69, n. 1, p. 161-169, 1994.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. *Programa e Resumos...* São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FREITAS, R. B. de et al. Influência de diferentes níveis de sombreamento no comportamento fisiológico de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 27, n. 4, p. 804-810, jul./ago. 2003.

GUEDES, A. de M. **Tipos de desenhos de investigação:** experimentais, quase experimentais e não experimentais. Disponível em: <<http://www.investigalog.com/investigacion/tipos-de-desenhos-de-investigacao-experimentais-quase-experimentais-e-nao-experimentais/>>. Acesso em: 22 dez. 2010.

GUERREIRO-FILHO, O. et al. Origem e classificação botânica do cafeeiro. In: CARVALHO, C. H. S. (Org.). **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. p. 27-34.

LEAL, A. C. **Avaliação de espécies florestais para a arborização de cafeeiros no norte do Paraná:** efeitos na produtividade e na proteção contra geadas e radiação. 2004. 115 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 1998. v. 2. 352 p.

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

MATTA, F. M. da. Ecophysiological constrains on the production of shaded and unshaded coffee: a review. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 86, n. 2, p. 99-114, 2004.

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

- MATTA, F. M. da; RODRÍGUEZ, N. Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del eotrópico: una vision agronómica y ecofisiológica. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 25, n. 1, p. 113-122, 2007.
- MORAIS, H. **Efeito do sombreamento de cafeeiros (Coffea Arabica L.) com guandu (Cajanus cajan L.) no norte do Paraná**. 2003. 118 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2003.
- MORAIS, H. et al. Desenvolvimento de gemas florais, florada, fotossíntese e produtividade de cafeeiros em condições de sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, p. 465-472, 2008.
- \_\_\_\_\_. Modifications on leaf anatomy of Coffea arabica caused by shade of pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n. 6, p. 863-871, 2004.
- \_\_\_\_\_. Sombreamento de cafeeiros durante o desenvolvimento das gemas florais e seus efeitos sobre a frutificação e produção. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 400-406, mar./abr. 2009.
- PEZZOPANE, J. R. M. et al. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 499-505, 2003.
- 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**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 487-499, 2005.
- RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B. et al. (Ed.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p. 13-85.
- RICCI, M. dos S. F.; ARAÚJO, M. C. F.; FRANCH, C. M. C. **Cultivo orgânico do café: recomendações técnicas**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2002. 101 p.
- RICCI, M. dos S. F. et al. Cultivo orgânico de cultivares de café a pleno sol e sombreado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 569-575, abr. 2006.
- \_\_\_\_\_. Produtividade e alterações vegetativas em cafeeiros cultivados em sistemas agroflorestais. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia, 2010. 6 p. (Boletim de Pesquisa, 65).
- \_\_\_\_\_. Vegetative and productive aspects of organically grown coffee cultivars undershaded and unshaded systems. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 4, p. 424-430, 2011.
- 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).
- \_\_\_\_\_. **Avaliação do desenvolvimento vegetativo de cafeeiros arborizados e a pleno sol**. Porto Velho: EMBRAPA Rondônia, 2009. 4 p. (Circular Técnico, 112).
- RODRIGUES, V. G. S. et al. Arborização em lavouras de café Conilon: experiência de agricultores em Rondônia. Porto Velho: EMBRAPA Rondônia, 2002. (Comunicado Técnico, 215).
- VENEZIANO, W. Recursos genéticos: características, uso e manejo. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO AGRONEGÓCIO DO CAFÉ NA AMAZÔNIA, 1., 2002, Ji-Paraná. Anais... Porto Velho: EMBRAPA Rondônia, 2003. (Documentos, 78). 1 CD-ROM.