

ARBORIZAÇÃO DE CAFEZEIROS COM BRACATINGA (*Mimosa scabrella* Bentham)

Alex Carneiro Leal*, Ronaldo Viana Soares**, Paulo Henrique Caramori***, Antônio Carlos Batista**

* Eng. Florestal, M.Sc., Pesquisador do Instituto Agronômico do Paraná, alex@iapar.br

** Eng. Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciência Florestais, UFPR.

*** Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador do Instituto Agronômico do Paraná.

Recebido para publicação: 25/01/2005 - Aceito para publicação: 25/04/2005

Resumo

Arborização de cafezeiros com bracatinga (Mimosa scabrella Bentham). Embora comum em diversos países, a arborização de cafezais não é utilizada extensivamente nas principais regiões produtoras no Brasil. A redução de produtividade devido ao sombreamento excessivo proporcionado pelas árvores é apontada como a razão principal para a não adoção dessa prática. Entretanto, alguns resultados experimentais a favor da arborização de cafezais têm sido registrados. Entre os benefícios da arborização, a proteção contra geadas de radiação é considerado o mais importante, pois a ocorrência de geadas é a principal limitação da cafeicultura no Paraná. Neste trabalho foi avaliada a arborização com bracatingas em duas densidades de plantio na produtividade dos cafeeiros, durante o biênio 2002-2003. Os resultados mostraram redução estatisticamente significativa da produtividade nos tratamentos arborizados, em relação à produtividade dos cafeeiros a pleno sol, com intensidade proporcional à densidade de arborização. A proteção contra geadas de radiação foi avaliada pela diferença entre as temperaturas mínimas das folhas dos cafeeiros nos tratamentos arborizados e a pleno sol em noites com intensa perda radiativa. Em comparação com os cafeeiros a pleno sol, foram registradas temperaturas mais altas nas folhas dos cafeeiros arborizados durante as horas mais frias do dia. Concluiu-se que a arborização com bracatingas permite proteção contra geadas de radiação a partir do primeiro ano de idade.

Palavras-chave: Sistemas agroflorestais; *Coffea arabica* L.; sombreamento.

Abstract

Shading coffee with bracatinga (Mimosa scabrella Bentham) trees. Although common in many countries, shading coffee is not a frequent practice in Brazil. The reduction in productivity caused by excessive shade is the main reason for avoiding this practice. However, some favorable experimental results of shading coffee have been obtained. Among the benefits of shade trees for coffee production systems, radiative frost protection is considered the most important since frosts is the main constraining factor assessing coffee production in southern Brazil. In this paper, the productivity of coffee shaded with bracatinga trees grown at two densities were compared along the biennium 2002-2003. The results showed significant reduction in coffee bean productivity wich was proportional to shade tree densities. The frost protection effect was evaluated by the difference in minimum temperature of coffee leaves among the experimental treatments during selected nights with intense radiative loss. The coffee leaf temperature in shaded plots were higher than in the plots with no shelter trees during the coldest hours of the day. The results indicated that bracatinga trees may protect coffee plants against radiative frosts from one year after planting.

Keywords: Agroforestry systems; *Coffea arabica* L.; shade trees.

INTRODUÇÃO

Embora comum em diversos países, a prática agroflorestal de arborização de cafezais não é utilizada extensivamente nas principais regiões cafeeiras no Brasil. A redução de produtividade devido ao sombreamento proporcionado pelas árvores é apontada como a razão principal para a não adoção dessa prática (Lazzarini, 1962; DaMatta; Rena, 2002). Entretanto, o efeito da arborização de cafezais ainda é assunto polêmico, pois em determinadas situações pode-se encontrar cafeeiros arborizados produzindo satisfatoriamente e até mesmo mais que os cultivados a pleno sol. DaMatta (2004) considera que as

condições do sítio e o esquema de manejo da lavoura determinariam o sucesso ou o insucesso da arborização. Para Muschler (1998), a contribuição da arborização é positiva quando as condições edáficas e de altitude se afastam de um “ótimo” teórico para o desenvolvimento do cafeeiro, podendo ser neutra ou negativa quando essas condições se aproximam destas condições “ótimas”.

Dois situações são geralmente apontadas como favoráveis à arborização do cafezal: em locais muito quentes e em locais com ocorrência de geadas. Esta última condição é a que prevalece na região sul do Brasil, sendo que as geadas podem ser consideradas a principal limitação da cafeicultura paranaense. Alguns resultados experimentais a favor da arborização de cafezais foram registrados na região cafeeira paranaense no final do século XX, o que renovou o interesse por esse tipo de tecnologia que havia sido praticamente abandonada desde a década de 50 do século XX (Caramori *et al.*, 1996; Baggio *et al.*, 1997).

A seleção criteriosa das espécies arbóreas e das densidades de plantio adequadas às diversas condições edafo-climáticas são fatores decisivos para a otimização do sistema e, conseqüentemente, para o êxito na adoção do sistema agroflorestal pelos cafeeicultores, pois o sucesso da arborização de cafezais depende em grande parte das características climáticas locais e do manejo da lavoura cafeeira.

A bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) apresenta algumas características adequadas para arborização de cafezais, tais como crescimento inicial rápido e capacidade de fixação biológica de nitrogênio. Caramori *et al.* (1996) obtiveram bons resultados com a bracatinga em experimento de arborização de cafeeiros em Londrina.

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da arborização com bracatingas, em duas densidades de plantio, na produtividade do cafeeiro e na proteção contra geadas de radiação.

MATERIAL E MÉTODOS

Cafeeiros (*Coffea arabica* L.) da cultivar IAPAR 59 foram plantados na estação experimental do IAPAR, em Londrina, PR (23°S, 51°W), em janeiro de 1998, no espaçamento de 1,50 m entre linhas e 0,80 m entre plantas na linha de plantio, com uma muda por cova. Após as geadas severas ocorridas em julho de 2000 os cafeeiros foram recepados a 40 cm de altura. Posteriormente, foram demarcadas nove parcelas experimentais com área de 756 m² (31,5 m x 24,0 m) cada, perfazendo uma área experimental total de 6804 m². Em outubro de 2001 mudas de bracatinga foram plantadas nas linhas de café, num espaçamento de 4,0 m x 4,5 m, nas seis parcelas sorteadas para receber os tratamentos arborizados. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições.

Os tratamentos testados foram: um tratamento-testemunha com cafeeiros solteiros a pleno sol (T1) e dois com cafeeiros arborizados com diferentes densidades de bracatinga (T2 = 555 árvores.ha⁻¹ e T3 = 555 árvores.ha⁻¹ no primeiro ano com desbaste para 139 árvores.ha⁻¹ no segundo ano). Durante o primeiro ano apenas um tratamento arborizado foi considerado (o T2), pois as parcelas com os tratamentos arborizados tinham a mesma densidade de plantas (555.ha⁻¹). O desbaste das bracatingas, no tratamento T3, para um espaçamento de 8,0 m x 9,0 m, correspondente a uma densidade de 139 plantas.ha⁻¹, foi realizado no início de dezembro de 2002.

A área útil nas parcelas experimentais utilizada para avaliação da produção de café foi de 72 m², correspondendo, teoricamente, a 60 plantas de café, não se considerando as falhas. A produção de café beneficiado por planta foi calculada como a média entre as plantas presentes na área útil, incluindo as plantas que não apresentaram produção no ano. A produção de café por tratamento foi avaliada em quilogramas de café beneficiado por hectare (kg.ha⁻¹).

Das bracatingas foram medidas a altura total com vara telescópica graduada aos 4, 8, 12, 18, 24 meses após o plantio, o DAP com fita diamétrica aos 8, 12, 18, 24 meses dias e o diâmetro da copa aos 12, 18, 24 meses. O diâmetro da copa foi medido em cruz, ou seja, uma medida da copa no sentido da linha de plantio e outra medida perpendicular à primeira, ambas com auxílio de uma trena. O diâmetro médio da copa foi obtido por média aritmética entre as duas medidas. Foram consideradas todas as plantas da parcela, inclusive a bordadura.

A temperatura das folhas dos cafeeiros foi monitorada de 07 de julho de 2002 a 30 de setembro de 2003 com auxílio de dois coletores automáticos de dados (modelo 21X, Campbell Scientific, Logan, USA). Uma das estações de coleta ficou numa das parcelas-testemunha (T1) e foi conectada a três termopares fixados em folhas de cafeeiros expostas na parte superior da copa e na face norte, de maneira aleatória. Em abril de 2003, foi instalado nesta estação um quantômetro (modelo LI190SB, LI-COR,

Lincoln, EUA) com sensibilidade a comprimentos de onda na faixa de 400 a 700 nm, colocado em base nivelada a 2,50m de altura. A outra estação de coleta ficou localizada na divisa entre duas parcelas com densidades diferentes de bracatingas (T2 e T3), onde foram instalados seis termopares, sendo três deles fixados nas folhas de cafeeiros na parcela com o tratamento T2 e os outros três na parcela contígua com o tratamento T3. Os coletores automáticos de dados foram programados para fazer uma leitura dos sensores a cada 30 s e armazenar as temperaturas média, máxima e mínima a cada 15 min.

A estimativa da percentagem de redução da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) nas parcelas com bracatingas em relação à parcela a pleno sol foi calculada com dados obtidos de uma bateria de 24 quantômetros, construídos com fotodiodos tipo GaAsP (modelo G1118, Hamamatsu Corporation, Hamamatsu, Japão) com resposta espectral na faixa de 300 a 680 nm e pico a 640 nm. O uso de sensores deste tipo para estudos de ecologia foi desenvolvido e descrito por Gutschick *et al.* (1985). Chazdon *et al.* (1988) utilizaram aparato semelhante para estudo de variação de luz entre folhas de uma mesma planta e entre diferentes plantas num ambiente sombreado em floresta tropical.

A calibração dos sensores construídos com o fotodiodo modelo G1118 foi feita por meio de regressão linear entre os valores medidos nestes e os obtidos com o quantômetro comercial supracitado, tendo sido encontrada estreita correspondência entre eles ($R^2 > 0,98$). Os fotodiodos de dois pinos, montados em conectores para diodo, foram ligados a um multiplexador de sinais (modelo AM416, Campbell Scientific, Logan, USA) com fios isolados 2 x 26 AWG. Utilizaram-se resistores de precisão (1%) de 56 ohms na conexão do AM416 com o coletor automático (datalogger modelo CR10X, Campbell Scientific, Logan, USA) de maneira a trazer o sinal elétrico dos fotodiodos para a faixa de voltagem adequada (máximo de 10 mV a pleno sol, semelhante à do quantômetro comercial supracitado). Estes quantômetros foram fixados com fita adesiva em barras de ferro (diâmetro 3/8" CA50 com 2,35 m de comprimento) enterradas até ficarem a 1,70 m de altura do solo e nivelados visualmente com auxílio de um nível de bolha.

Entre abril e maio de 2003 os 24 sensores de RFA foram distribuídos uniformemente nas duas diagonais entre quatro árvores nas parcelas com os tratamentos T2 e T3, 12 sensores em cada tratamento. As médias dos valores de fluxo total diário de RFA registrados em cada tratamento foram comparadas com os valores obtidos na parcela-testemunha, de maneira a obter-se uma estimativa da percentagem de redução da RFA nos tratamentos arborizados em relação ao tratamento-testemunha.

A produção de café por hectare de cada tratamento foi analisada por meio de ANOVA. Foram analisadas a produção do primeiro ano e do segundo em separado, e a produção conjunta dos dois anos (total do biênio). Como o tratamento T3 só foi implantado no segundo ano, a análise da produção no primeiro ano foi feita para dois tratamentos (T1 e T2). Na análise da produção bienal no tratamento T3 consideraram-se as parcelas com o tratamento T2 em 2002 e que seriam desbastadas para compor o tratamento T3 no ano de 2003.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desenvolvimento das árvores de bracatinga

A altura da bracatinga, nas condições locais, alcançou a média de 4,30 m no primeiro ano (Figura 1). Aos dois anos a altura média chegou a cerca de 6,5 m no tratamento mais adensado (T2) e 6,0 m no tratamento desbastado (T3). Os valores medidos no primeiro ano foram compatíveis com os registros encontrados na literatura: 3,58 m e 4,71 m (EMBRAPA, 1986); 3,92 m, 4,07m e 4,30 m (Caramori *et al.*, 1996).

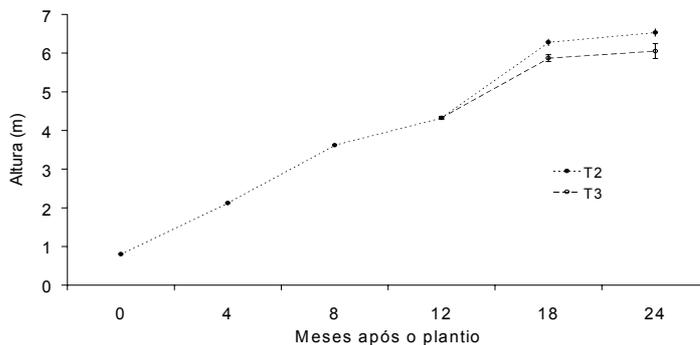


Figura 1. Evolução da altura total média das bracatingas nos tratamentos T2 (555 árvores.ha⁻¹) e T3 (139 árvores.ha⁻¹), até os dois anos de idade. As barras verticais são o erro padrão da média.

Figure 1. Mean total height growth of the bracatingas in treatments T2 (555 trees.ha⁻¹) and T3 (139 trees.ha⁻¹) until age two years. The vertical bars are the standard error of the mean.

Na curva de crescimento (Figura 1) observa-se uma redução da taxa de crescimento em altura da bracatinga, após o desbaste, no tratamento T3 em relação ao T2. Diferenças semelhantes, a favor do plantio mais adensado, foram registradas por Caramori *et al.* (1996) e atribuídas ao efeito de competição entre as plantas.

O desenvolvimento do DAP (Figura 2) mostrou estagnação na parcela não desbastada, enquanto que na parcela desbastada o DAP continuou a aumentar. Caramori *et al.* (1996), trabalhando com bracatingas, registraram diferenças no DAP a favor das menores densidades entre populações com 50 e 250 plantas por hectare, efeito atribuído ao efeito da competição entre as plantas. Os valores médios de 5,8 cm no primeiro ano e 10,5 e 11,8 cm no segundo ano, para os tratamentos T2 e T3, respectivamente, podem ser considerados normais para a espécie (EMBRAPA, 1986).

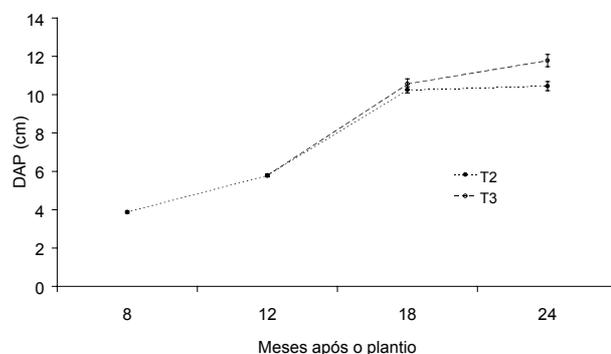


Figura 2. Evolução do diâmetro médio à altura do peito (DAP) das bracatingas nos tratamentos T2 (555 árvores.ha⁻¹) e T3 (139 árvores. ha⁻¹) até os dois anos de idade. As barras verticais são o erro padrão da média.

Figure 2. Mean diameter at breast height (DBH) of the bracatingas in treatments T2 (555 trees. ha⁻¹) and T3 (139 trees. ha⁻¹) until age two years. The vertical bars are the standard error of the mean.

O desenvolvimento da bracatinga neste experimento pode ser comparável aos melhores sítios, embora o local esteja fora da área de ocorrência natural da espécie e da área recomendada para plantios comerciais (EMBRAPA, 1986). Entretanto, o espaçamento utilizado (4,0 x 4,5 m) e a idade do desbaste (13 meses) não são usuais nos sistemas de produção tradicionais da bracatinga, o que dificulta as

comparações e inferências sobre a produtividade desta espécie.

As árvores desbastadas no tratamento T3, empilhadas e medidas, produziram o equivalente a 10,9 st.ha⁻¹ em 13 meses, o que significa uma produtividade de aproximadamente 14,6 st.ha⁻¹.ano⁻¹ considerando todas as árvores nas parcelas.

O volume de madeira produzido foi estimado também por meio de modelos matemáticos com base nos valores de altura total média e DAP da árvore média. Usando um fator de empilhamento de 1,75 conforme recomendado em EMBRAPA (1988) e o quociente de forma de 0,6781, aos 1,5 anos sugerido por Hosokawa *et al.*¹, citado por EMBRAPA (1988), chegou-se ao valor de 7,5 st.ha⁻¹. Calculando pela fórmula de Ahrens (1982), conforme recomendado por Carvalho (1994), encontrou-se 5,5 st.ha⁻¹. Esses modelos matemáticos provavelmente subestimaram o volume total de madeira devido à ramificação pesada causada pelo espaçamento largo. Estudos sobre volumetria da bracatinga quando submetida a espaçamentos largos e desbastes precoces, como nos sistemas agroflorestais com café, são necessários para possibilitar melhores estimativas de produtividade da espécie.

As produções estimadas aos dois anos, conforme a fórmula de Ahrens, foram de 26,9 st.ha⁻¹ no tratamento T2 e 7,9 st.ha⁻¹ no T3. Pelo método de Hosokawa¹ encontraram-se 36,9 st.ha⁻¹ no tratamento T2 e 10,8 st.ha⁻¹ no T3.

O volume obtido com o desbaste ao final do primeiro ano, considerando-se o preço médio de R\$ 9,00 por estère de lenha “posta no carreador”, em Londrina, renderia cerca de R\$ 100,00 por ha².

Neste experimento, ao contrário do observado por Caramori *et al.* (1996), poucas árvores foram quebradas pelo vento, sendo que algumas recuperaram a copa em pouco tempo. A alta densidade de plantio (555 árvores.ha⁻¹) é um dos fatores que poderia explicar a ausência do problema durante o primeiro ano e no tratamento mais denso (T2). O fato do experimento estar situado na face Oeste, protegido dos ventos mais fortes, que sopram da direção Sul – Sudoeste, ao contrário do experimento relatado por Caramori *et al.* (1996), que ficava na face leste, mais exposta, é outro fator que pode explicar a pequena ocorrência de quebra das árvores por vento, mesmo no tratamento menos denso.

O diâmetro da copa da bracatinga continuou a se desenvolver no tratamento desbastado, mas, no tratamento sem desbaste mostrou estagnação provocada pela competição entre as árvores, semelhante ao observado para o DAP (Figura 3).

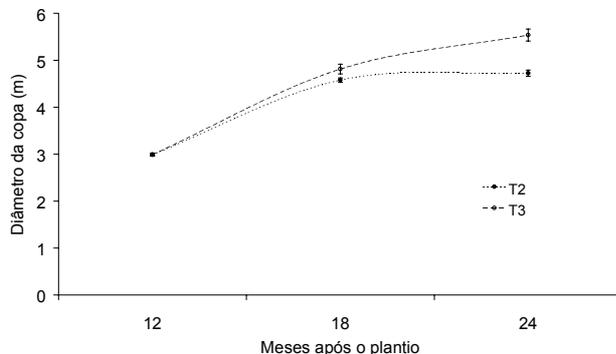


Figura 3. Evolução do diâmetro médio da copa das bracatingas nos tratamentos T2 (555 árvores.ha⁻¹) e T3 (139 árvores.ha⁻¹) até os dois anos de idade. As barras verticais são o erro padrão da média.

Figure 3. Mean crown diameter of the bracatingas in treatments T2 (555 trees. ha⁻¹) and T3 (139 trees. ha⁻¹) until age two years. The vertical bars are the standard error of the mean.

Ao final do primeiro ano as copas das bracatingas cobriam cerca de 40% do terreno. No tratamento sem desbaste esse valor subiu para 91% aos 18 meses, e alcançou 97% no final do segundo ano. Após os 18 meses o crescimento em diâmetro das copas ficou praticamente estagnado no tratamento sem desbaste. No tratamento com desbaste, realizado aos 14 meses, a percentagem de cobertura caiu para

¹ Hosokawa, R. T; Hildebrand, E.; Farias, G. L.; Mendes, J. B. **Avaliação preliminar de produção de povoamentos de bracatinga (*Mimosa scabrella*)**: Relatório Final. Curitiba: FUPEF, 1981. 17 p.

² Preços obtidos na internet em 04/06/04, <http://www.pr.gov.br/seab/deral/florest.xls>

25% após o desbaste, e ao final do segundo ano chegou a 33% (Figura 4).

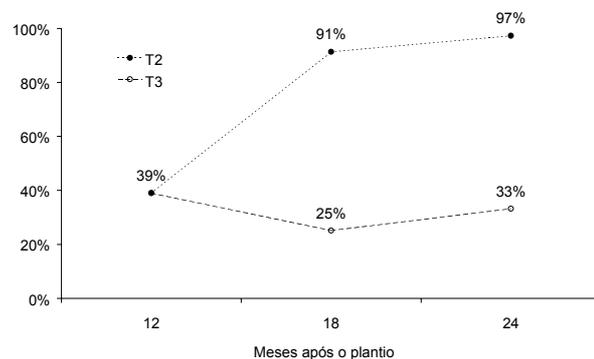


Figura 4. Evolução percentual de cobertura do terreno pelas copas das bracingas nos tratamentos T2 (555 árvores. ha⁻¹) e T3 (139 árvores. ha⁻¹) até os dois anos de idade.

Figure 4. Ground cover (%) by the crowns of the bracingas in treatments T2 (555 trees. ha⁻¹) and T3 (139 trees. ha⁻¹) up to age two years.

A taxa de crescimento da bracinga registrada nos plantios com café na região de Londrina permite que a espécie ofereça proteção já no primeiro ano de plantio, o que pode eliminar a necessidade de proteção temporária com espécies arbustivas ou anuais.

Redução da radiação fotossinteticamente ativa pela arborização

No período entre 10 de maio a 4 de agosto de 2003 mediu-se a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) incidente na copa dos cafeeiros em cada tratamento e calculou-se o fluxo total de fótons fotossinteticamente ativos (FTFFA) diário. Na Figura 5 estão, para os tratamentos T2 e T3, as porcentagens do total incidente no tratamento-testemunha (T1). A média nesse período ficou em 23 e 55% para os tratamentos T2 e T3, respectivamente. Nos dias nublados, devido à maior porcentagem de radiação difusa em relação à radiação direta, a fração de RFA incidente sob as árvores aumentou, tendo chegado a mais de 40% no tratamento T2 e superado os 90% no T3.

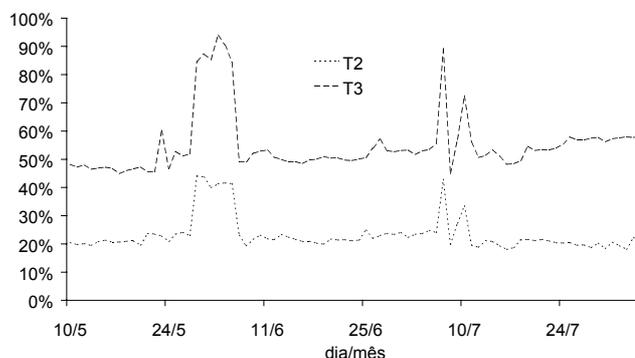


Figura 5. Percentagem do fluxo total diário de fótons fotossinteticamente ativos incidente nas copas dos cafeeiros nos tratamentos T2 (555 árvores por hectare) e T3 (139 árvores por hectare), em relação ao tratamento T1 (pleno sol), no período de 10 de maio a 4 de agosto de 2003.

Figure 5. Percent fraction of "full sun" (T1) total daily photons flux of photosynthetically active radiation (PAR) reaching coffee crowns in the treatments T2 (555 trees. ha⁻¹) and T3 (139 trees. ha⁻¹) from May 10th to August 4th, 2003.

Temperatura das folhas dos cafeeiros

As médias mensais da temperatura nas folhas dos cafeeiros no período de julho de 2002 a setembro de 2003 são apresentadas na Figura 6.

Observa-se que houve pouca diferença na temperatura média entre os tratamentos arborizado e a pleno sol, no primeiro ano. A partir de fevereiro de 2003 observa-se, no tratamento T2, temperatura média das folhas dos cafeeiros sistematicamente inferior a do tratamento T1, revelando o efeito da redução da insolação diurna pelas copas das árvores.

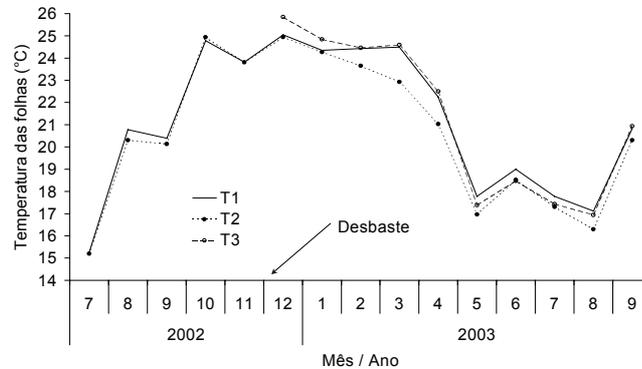


Figura 6. Temperaturas médias mensais nas folhas dos cafeeiros nos tratamentos T1 (pleno sol), T2 (555 árvores. ha⁻¹) e T3 (139 árvores. ha⁻¹), no período de julho de 2002 a setembro de 2003.

Figure 6. Mean monthly temperature of coffee leaves in treatments T1 (full sun), T2 (555 trees. ha⁻¹) and T3 (139 trees. ha⁻¹) from July, 2002 to September, 2003.

Na fase inicial do tratamento T3 registrou-se maior média de temperatura nas folhas em relação às dos demais tratamentos (T1 e T2). Esse aumento pode ser atribuído ao fato das folhas estarem adaptadas ao ambiente sombreado e com o brusco aumento da insolação, causado pelo desbaste, se aqueceram mais do que as folhas adaptadas ao pleno sol. Com o passar do tempo novas folhas adaptadas ao ambiente com alta insolação se formaram e, a partir de maio, as temperaturas médias no tratamento T3 passaram a registrar valores mais baixos que no tratamento T1.

A variação da temperatura das folhas, no período diurno e nas horas mais frias do dia, foi analisada em alguns dias selecionados durante o período de 7 de julho de 2002 a 30 de setembro de 2003.

Na Figura 7 são apresentados os dados de temperatura mínima média das folhas dos cafeeiros nos tratamentos no período das 3:30 horas às 8:00 horas do dia 2 de setembro de 2002, período em que as temperaturas foram mais baixas.

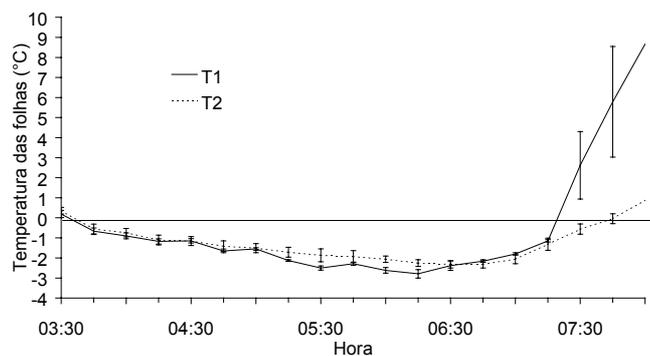


Figura 7. Temperatura das folhas do cafeeiro nos tratamentos T1 (pleno sol) e T2 (555 árvores. ha⁻¹) durante as horas mais frias do dia 2 de setembro de 2002. As barras verticais são o erro padrão da média.

Figure 7. Temperature of coffee leaves in treatments T1 and T2 during the coldest hours of September 2th, 2002. The vertical bars are the standard error of the mean.

Na época das medições as bracingas estavam com 4,3 m de altura média e as copas cobrindo cerca de 39% da área. Das 5:30 às 6:30 horas foram registradas as menores temperaturas do dia, podendo-se observar que as copas das árvores forneceram alguma proteção, pois a temperatura média das folhas na parcela testemunha (T1) ficou um pouco mais baixa (diferença máxima de 0,6 °C) do que na parcela com as bracingas (T2). Nesse período as médias horárias de velocidade do vento a 10 m de altura registradas na estação meteorológica próxima ficaram sempre acima de 2 m.s⁻¹, indicando ausência de calmaria na madrugada desse dia, o que impediu uma estratificação mais definida das camadas de ar junto ao solo, como ocorre tipicamente em noites de geada de irradiação. Numa noite de calmaria ou com pouco vento a estratificação térmica das camadas de ar junto ao solo é mais definida, permitindo diferenças mais acentuadas entre as temperaturas medidas na parcela testemunha e nas parcelas arborizadas.

Na Figura 8 estão os dados da temperatura média das folhas dos tratamentos durante as horas mais frias do dia 13 de julho de 2003, quando o terceiro tratamento já estava instalado e as copas cobriam mais de 90% no tratamento T2 e em torno de 30% no T3. A maior diferença entre os tratamentos T1 e T2 foi de 2,3 °C às 7:00 horas, quando a diferença entre os tratamentos T1 e T3 era de 1,5 °C.

Na Figura 9 estão os dados de temperatura média das folhas durante as horas mais quentes do dia 6 de setembro de 2003. A diferença entre o tratamento a pleno sol (T1) e o arborizado com maior densidade (T2) chegou a 8,7 °C. Entre os tratamentos T1 e T3 a maior diferença foi de pouco mais de 2°C.

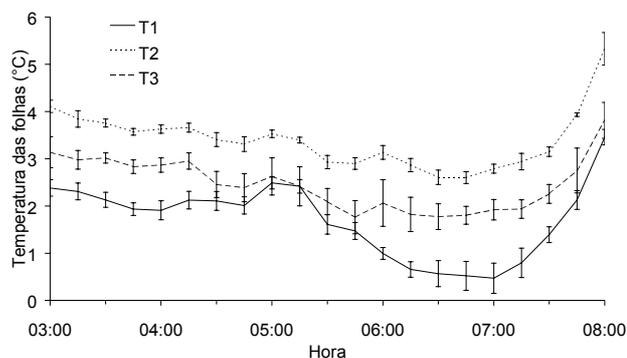


Figura 8. Temperatura das folhas do cafeeiro nos tratamentos T1 (pleno sol), T2 (555 árvores. ha⁻¹) e T3 (139 árvores. ha⁻¹) durante as horas mais frias do dia 13 de julho de 2003. As barras verticais são o erro padrão da média.

Figure 8. Temperature of coffee leaves in treatments T1 (full sun), T2 (555 trees. ha⁻¹) and T3 (139 trees. ha⁻¹) during the coldest hours of July 13th, 2003. The vertical bars are the standard error of the mean.

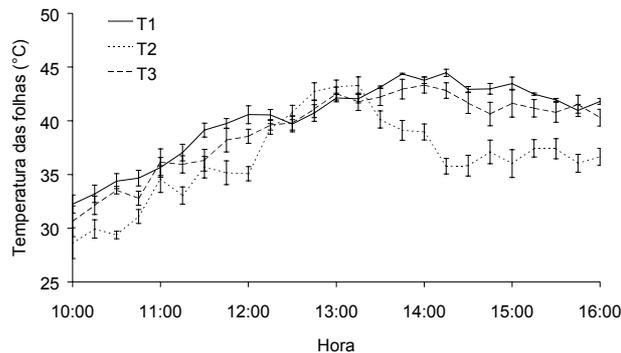


Figura 9. Temperatura das folhas do cafeeiro nos tratamentos T1 (pleno sol), T2 (555 árvores. ha⁻¹) e T3 (139 árvores. ha⁻¹) durante as horas mais quentes do dia 6 de setembro de 2003. As barras verticais são o erro padrão da média.

Figure 9. Temperature of coffee leaves in treatments T1 (full sun), T2 (555 trees. ha⁻¹) and T3 (139 trees. ha⁻¹) during the hottest hours of September 6th, 2003. The vertical bars are the standard error of the mean.

Produção de café

O café foi colhido nos anos de 2002 e 2003. A colheita de 2002 foi a primeira após a recepa das plantas em 2000. A produção foi pequena e desuniforme, havendo plantas que não apresentaram nenhuma produção de grãos, pois a recuperação das plantas, após a recepa, ocorre de maneira gradual e desigual. A colheita de 2003 foi abundante e uniforme, tendo havido produção em todas as plantas das parcelas. Em função da bienalidade na produção dos cafeeiros a análise estatística dos dados de produção, apresentada na Tabela 1, foi feita para o total do biênio e para os dois anos em separado.

Tabela 1. Médias de produção de café beneficiado (kg. ha⁻¹) nos tratamentos T1 (pleno sol), T2 (555 árvores. ha⁻¹) e T3 (139 árvores. ha⁻¹), nas colheitas de 2002, 2003 e total do biênio.

Table 1. Mean clean coffee bean production (kg. ha⁻¹) in treatments T1 (full sun), T2 (555 trees. ha⁻¹) and T3 (139 trees. ha⁻¹) in 2002 and 2003 harvests and biennial production.

Colheita	T1 (pleno sol)	T3 (139 árv.ha ⁻¹)	T2 (555 árv.ha ⁻¹)
2002	566 a	-	915 a
2003	7 167 a	4 606 b	1 631 c
Total do biênio	7 733 a	5 679 b	2 545 c

* (Médias na linha com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste SNK a 5 %).

No ano de 2002 a produtividade dos cafeeiros sombreados foi cerca de 61% maior que a observada nos cafeeiros a pleno sol, mas os tratamentos não se diferenciaram estatisticamente devido à grande variabilidade entre as parcelas experimentais. Não obstante, as médias mostraram um efeito positivo da arborização no período de recuperação dos cafeeiros recepados.

No ano de 2003 o efeito da arborização na produtividade dos cafeeiros foi inversamente proporcional à densidade da arborização. Os três tratamentos apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si. As produtividades dos tratamentos sombreados T3 e T2 foram, respectivamente, 64% e 23% da observada no tratamento a pleno sol.

A diferença entre os dois tratamentos sombreados, na safra de 2003, mostrou que a redução da densidade das bracingas favoreceu o aumento da produtividade dos cafeeiros.

Com relação à produção total no biênio 2002-2003 o comportamento dos tratamentos foi semelhante ao observado no ano de 2003, com diferenças significativas entre todas as médias. As produtividades dos tratamentos T3 e T2 foram, respectivamente, 73% e 33% da obtida no tratamento a pleno sol, diferenças menores que as obtidas na safra 2003.

CONCLUSÕES

1) Considerando o total das duas primeiras safras após a recepa da lavoura, a produção de café beneficiado foi inversamente proporcional à população das bracingas com diferenças estatisticamente significativas entre todos os tratamentos.

2) A arborização com bracinga permitiu alguma proteção contra geadas de radiação no primeiro ano, pois foram registradas diferenças, em torno de 0,5 °C, na temperatura das folhas do cafeeiro entre os tratamentos a pleno sol e arborizado, nas horas mais frias do dia.

3) No segundo ano, as diferenças de temperatura, nas horas mais frias, entre o tratamento-testemunha (pleno sol) e os arborizados, alcançaram 2,3 °C no tratamento com maior densidade de bracingas (555 pl.ha⁻¹) e 1,5 °C no com menor densidade (139 pl.ha⁻¹).

REFERÊNCIAS

AHRENS, S. Importância da distribuição de resíduos de regressão na seleção de equações de volume. In: **Contribuição da URPFCs ao 4º Congresso Florestal Brasileiro**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1982. 119 p. (Documentos, 10).

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

CARAMORI, P. H.; ANDROCIOLI FILHO, A.; LEAL, A. C. Coffee shade with *Mimosa scabrella* Benth. for frost protection in southern Brazil. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 33, p. 205-214, 1996.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA - SPI, 1994.

CHAZDON, R. L.; WILLIAMS, K.; FIELD, C. B. Interactions between crown structure and light environment in five rain forest piper species. **Amer. J. Bot.**, 75 (10) : 1459-1471. 1988.

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

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

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná**. Brasília, 1986. 89 p. (Documentos, 17).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Manual técnico da bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.)**. Curitiba, 1988. 70 p. (Documentos, 20).

GUTSCHICK, P. V.; BARRON, H. M.; WAECHTER, D. A.; WOLF, M. A. Portable monitor for solar radiation that accumulates irradiance histograms for 32 leaf-mounted sensors. **Agricultural and Forest Meteorology**, 33 :281-290. 1985.

LAZZARINI, W. A cafeicultura no Brasil. In: Instituto Brasileiro do Café - IBC. **Curso de economia cafeeira**. 1962. t. 1, p. 169-268.

MUSCHLER, R. G. **Tree-crop compatibility in agroforestry: production and quality of coffee grown under managed tree shade in Costa Rica**, 1998. 219 p. Tese (Doutorado) - University of Florida.