

CRESCIMENTO E MATURAÇÃO DO FRUTO DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) EM UM SISTEMA ARBORIZADO E EM MONOCULTIVO

Fabiana T. de CAMARGO¹, E-mail: fabianatcamargo@yahoo.com.br; José L. FAVARIN¹; Marcos S. BERNARDES¹; Aurenny M. P. LUNZ²; Ciro A. RIGHI³; Samuel N. R. ALVES¹; André R. REIS¹

¹Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ USP, Piracicaba - SP; ²Embrapa, Rio Branco - AC; ³Centro de Energia Nuclear na Agricultura/ USP, Piracicaba - SP.

Resumo:

Na busca por condições climáticas que minimizem efeitos negativos de extremos de temperatura e irradiância, a arborização pode viabilizar a cafeicultura brasileira, em particular, com o advento das mudanças climáticas. A pesquisa avaliou a dinâmica do crescimento e da maturação do fruto e a produtividade do café sob diferentes níveis de luminosidade. O experimento foi composto por seringueiras e cafeeiros, plantados dentro e na interface do seringal, e em monocultivo. O gradiente de radiação disponível aos cafeeiros nas diferentes distâncias das seringueiras foi de 40 %, 45 %, 80 % e 100 %. Nas fases chumbinho, expansão e granação, o incremento de massa seca variou com a quantidade de frutos na planta. A expansão depende da irradiância e a granação, do tempo de deposição de reservas. A matéria seca de frutos verde, verde-cana e cereja foi superior nas plantas protegidas da face soalheira, favorecida pela exposição até 80 % de luminosidade. A produtividade aumentou, proporcionalmente, com a disponibilidade de luz, enquanto a expansão, o processo e a uniformidade da maturação foram, também, beneficiados à exposição até 80 % da radiação solar.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, sistema de produção, frutificação, irradiância

GROWTH AND MATURATION OF COFFEE FRUIT (*Coffea arabica* L.) IN A SHADING SYSTEM AND IN MONOCROP

Abstract:

In the searching for climatic conditions to minimize negative effects of high temperature and radiation excess, the shading system can make possible the Brazilian coffee crop. This research aimed to evaluate the growth and maturation of coffee fruits and its productivity under different levels of natural irradiance. Coffee plants were planted inside and aside of a rubber trees plantation and in monocrop. The irradiance gradient level available to coffee plants at different distances from rubber trees was of 40, 45, 80 and 100% and characterized the treatments. In the fruit set, expansion and seed-filling stage phases, that increment varied according to the fruits amount in the plant. The expansion depends on the radiation and the seed-filling stage depends on the reserve deposition time. The dry matter increment of “green fruits”, “green-cane” and “cherry” coffee fruits was superior in the shaded plants up to 80% of brightness with shade at afternoon. The productivity increases proportionally to the available irradiance, while the expansion, the maturation and its uniformity were also benefited up to 80% available irradiance.

Key words: *Coffea arabica*, production system, frutification, irradiance

Introdução

O café (*Coffea arabica* L.) é originário dos vales das regiões montanhosas da Abissínia (Etiópia, África) em altitudes compreendidas entre 1000 a 2500 m, latitudes de 6° a 9° N e longitudes de 34° a 40° W. A temperatura média nessas regiões é cerca de 20°C, com precipitação superior a 1600 mm anuais, bem distribuída, e um período seco de 3 a 4 meses. Nessas condições, o cafeeiro cresce sob sombreamento das florestas tropicais dos altiplanos no sul da Etiópia (Kumar, 1979). A espécie *Coffea arabica* é cultivada comercialmente nos trópicos, desde Cuba (22° N) até o Estado do Paraná (26° S), o que indica uma ampla capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas (Evanoff, 1994).

No Brasil, a maioria das lavouras cafeeiras é cultivada a pleno sol na região tropical, caracterizada por um ciclo térmico anual bem definido. Na Colômbia, a cultura é encontrada com maior frequência em condições de sombreamento, assim como na maior parte das regiões produtoras, exceto no Quênia e no Brasil. O cultivo do cafeeiro a pleno sol pode contribuir para o rápido esgotamento das plantas durante os primeiros anos de produção, devido ao excesso de frutos na planta. Nessas condições, o cafeeiro alterna alta e baixa produtividade que pode ser atenuada pela arborização (Voltan et al., 1992).

O ciclo fenológico do cafeeiro divide-se em três grandes períodos: o primeiro refere-se ao crescimento que vai da germinação à maturidade sexual, o segundo a produção, o último configura as decadências fisiológicas, culminando com a morte do arbusto. Cada fase é influenciada, em maior ou menor intensidade, por fatores ambientais como, temperatura, radiação, precipitação e atributos do solo (Evanoff, 1994).

Embora o cafeeiro a pleno sol apresente um bom desempenho, isso não significa que os cultivos devem ser estabelecidos exclusivamente nesse sistema, pois muitas regiões não apresentam condições ambientais e edáficas para negligenciar o uso da sombra. Pelo contrário, o sombreamento adequado pode promover maior estabilidade da produção

por planta, sem o risco de depauperamento do vegetal, além de reduzir a demanda hídrica e de nutrientes, uma vez que o cafeeiro é originalmente adaptado à ambiente de sombra parcial (Evanoff, 1994). Na atualidade, a arborização ganha maior destaque em razão das mudanças climáticas, como a elevação da temperatura média anual, fato que tem proporcionado, com frequência, danos fisiológicos como a escaldadura foliar.

A compreensão de como os sistemas arborizados captam os recursos biofísicos disponíveis é essencial para o estabelecimento de combinações de espécies, densidade de plantio, arranjo de plantas e desempenho das culturas em consórcio sob condições de clima e manejo variados (Ong, et al., 1996).

O estudo da dinâmica do crescimento e maturação do fruto de café em relação aos parâmetros biofísicos é fundamental, visto que as condições microclimáticas alteram os fenômenos ecofisiológicos relativos à estabilidade, uniformidade, produtividade da cultura e a qualidade da bebida, bem como a possibilidade de implantação de lavouras em áreas marginais. Ressalta-se que pouco se sabe sobre os efeitos da arborização sobre os processos fisiológicos, tanto no crescimento vegetativo, quanto dos frutos (DaMatta, 2004).

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de caracterizar a dinâmica do crescimento e a maturação do fruto de café, bem como a produtividade, sob diferentes gradientes de irradiância entre o monocultivo (pleno sol) e o sistema arborizado (consórcio).

Material e Métodos

Área Experimental – O experimento foi conduzido no Campo Experimental do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP. A área experimental localiza-se a 22°42’30” de latitude Sul, 47°38’00” de longitude Oeste e altitude de 580 m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Cwa, mesotérmico, com inverno seco. A precipitação média anual é de 1278 mm, distribuídos em torno de 1000 mm entre os meses de outubro a março e 278 mm entre abril e setembro. A temperatura média anual é de 21,4°C, com médias mensais de 17,1°C no inverno e de 24,8°C no verão. O relevo local é plano a levemente ondulado, com declividade entre 0 a 1,5 %, cujo solo é classificado como Nitossolo Vermelho, Eutroférico, latossólico, A moderado e textura argilosa.

Material genético – O sistema foi composto por seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) clone PB 235, plantado em dezembro de 1991, no espaçamento de 8,0 m x 2,5 m e pela cultura do café (*Coffea arabica* L.) cv. Obatã IAC 1669-20, plantada no início de janeiro de 2002, no espaçamento de 3,4 m x 0,9 m. Parte da lavoura de café foi instalada a pleno sol não havendo separação entre o cultivo solteiro e o consorciado. As seringueiras constituíram os elementos arbóreos responsáveis pelo sombreamento e os cafeeiros encontravam-se no sub-bosque do seringueira, na interface das árvores e em monocultivo (pleno sol), portanto, sob diferentes gradientes de luminosidade. O espaçamento do cafezal foi o mesmo, tanto no sistema arborizado, quanto no monocultivo, com a cultura conduzida com irrigação por gotejamento.

Delineamento experimental – Para a avaliação do experimento adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos constituíram-se por diferentes níveis de radiação solar disponível aos cafeeiros, formados por diferentes distâncias das seringueiras, enquanto as repetições corresponderam a plantas individuais. As distâncias foram medidas a partir da primeira linha de seringueiras (distância zero), designando-se negativas o renque de cafeeiro no interior do seringueira e positivas àquelas na sua interface, estendendo-se até o monocultivo (pleno sol, fora da interferência do seringueira). Os cafeeiros avaliados encontravam-se nas seguintes distâncias (em metros) das árvores sombreadoras, correspondente aos tratamentos: -2,3 (TSB: cafeeiro sombreado dentro do seringueira); +1,5 e +4,9 (TI1: cafeeiro na 1ª linha na interface fora do seringueira e TI2: cafeeiro na 2ª linha na interface fora do seringueira, respectivamente) e +32,1 (TPS: cafeeiro em monocultivo, a pleno sol) (Figura 1).

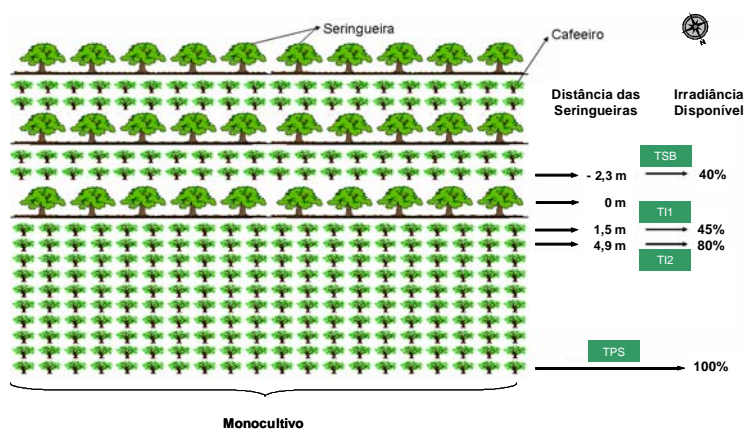


Figura 1. Esquema dos tratamentos instalados no campo

Dados climatológicos – Para avaliar a influência de parâmetros meteorológicos na fisiologia das plantas avaliou-se a disponibilidade de radiação solar por meio de tubos solarímetros (TS-UM-3, Eijkelkamp) instalados acima do dossel dos cafeeiros. A disposição desses equipamentos na área localizou-se nas linhas correspondentes aos tratamentos influenciados

pela arborização. Os tubos foram conectados a uma estação micro-meteorológica automática (ΔT Device Inc.), utilizada para armazenar as leituras de radiação em datalogger. Nas avaliações, considerou-se a porcentagem de irradiância em relação à radiação incidente na condição de monocultivo (pleno sol, 100 %). Os dados utilizados como referência para o monocultivo (pleno sol) foram fornecidos pelo Setor de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP, em Piracicaba, São Paulo, armazenados pela estação agrometeorológica situada ao lado do experimento, à latitude de 22°42'30"Sul e 47°38'00"W (Villa nova, 2003). Nas avaliações foram consideradas as porcentagens de irradiância em relação à radiação incidente na condição de monocultivo (pleno sol, 100%).

Parâmetros avaliados

Crescimento e maturação dos frutos:

Amostragem de frutos – Para avaliar a dinâmica do crescimento dos frutos coletaram-se amostras nas épocas que caracterizam os estádios da frutificação, como chumbinho, expansão, granação e de maturação: verde, verde cana e cereja em frutos originários da florada principal. Para tanto, realizou-se previamente a seleção de plantas destinadas à coleta dos frutos. Em cada arbusto selecionado, marcaram-se quatro ramos no terço superior, dois voltados para a face leste e dois para a face oeste. As culturas estavam dispostas no sentido norte/ sul em que as plantas da face leste dos tratamentos no sistema arborizado encontravam-se voltadas para o nascente, com maior exposição à luz no período da manhã, enquanto a presença das seringueiras na face oeste dos cafeeiros sombreava-os durante à tarde (face soalheira). As plantas selecionadas foram submetidas a duas coletas em épocas sucessivas em que, dos quatro ramos marcados, somente dois tinham seus frutos extraídos, um em cada face de exposição para uma amostragem representativa de cada planta. Após duas coletas, um novo conjunto de plantas similares era amostrado. Adotou-se esse procedimento com o intuito de manter sempre as mesmas posições de amostragem nas plantas, uma vez que, as amostras eram destrutivas. Essa foi à forma de evitar erros de avaliação, pois com a eliminação dos frutos, a relação fonte-dreno da planta altera e poderá afetar a translocação de fotoassimilados, assim como o desenvolvimento dos frutos. Dessa forma, determinou-se o acúmulo de massa de matéria seca para cada estágio da frutificação. Submeteram-se as amostras à temperatura de 70 °C, por um período de 72 horas em estufa com circulação de ar forçado e, posteriormente, obteve-se a massa em balança analítica de precisão. Essa operação repetiu-se em todas as fases da frutificação do café para o monitoramento do desenvolvimento dos frutos.

Maturação dos frutos – Na época de colheita de cada tratamento estimou-se a maturação pela contagem dos frutos de amostras de 300 g, retiradas do café recém colhido e classificadas como verde: fruto com o epicarpo (casca) de coloração verde e esverdeada; maduro: fruto com casca avermelhada, vermelho e vermelho escuro e seco: fruto na fase posterior à maturidade fisiológica, com exocarpo marrom e aspecto desidratado. Em 29 de junho de 2006 efetuou-se a colheita de duas plantas por tratamento, retirando-se uma amostra composta de 300 gramas de café recém colhido para a avaliação da maturação dos frutos em razão da exposição a irradiância.

Produtividade do cafeeiro – Avaliou-se a safra de 2005/2006 a partir da colheita de duas plantas em cinco repetições, nos quatro tratamentos. Determinou-se a produtividade pela massa, em quilogramas, de café produzido por duas plantas de cada repetição dos tratamentos. Posteriormente, esses valores foram convertidos em quilogramas por planta (kg planta^{-1}) de café beneficiado a 110 g kg^{-1} de água. Para a obtenção do café em coco efetuou-se a colheita manual, por meio da derriça dos frutos no pano, seguida da determinação da massa fresca de frutos em balança digital. A secagem foi realizada no terreiro de café do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, pela exposição dos frutos ao sol. O café em coco foi beneficiado para a retirada da polpa e do pergaminho. Na seqüência obteve-se a massa de grãos e o grau de umidade das amostras de grãos beneficiados visando uniformizar a 110 g kg^{-1} , utilizando-se a expressão (1):

$$\text{MGB}_{11\%} = \text{MGB}_{\text{ua}} (100 - \text{UGA}) / (100 - 11) \quad (1)$$

em que, $\text{MGB}_{11\%}$ corresponde a massa de grãos beneficiado (kg planta^{-1}) a 110 g kg^{-1} (11 %), MGB_{ua} à massa de grãos de café beneficiado na umidade de cada amostra após a secagem; e UGA a umidade de cada amostra de café beneficiado.

Análise estatística – Para as análises estatísticas utilizou-se o software Sisvar versão 4.0 (Ferreira, 2000). Para cada época de avaliação, ou seja, fase da frutificação e maturação realizou-se análise de variância e teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade de erro.

Resultados e Discussão

Crescimento dos frutos – A diferença de massa de matéria seca de dez frutos chumbinho nas plantas mais sombreadas (TSB e TII) em relação aos tratamentos TI2 e TPS pode ser explicada pela menor quantidade de frutos por planta nos tratamentos TSB e TII, comparativamente ao TI2 e TPS (Figura 2). A menor carga de frutos pendente nas plantas sombreadas (TSB, 40 % da irradiância) e naquelas parcialmente sombreadas, ao lado da interface da primeira linha de seringueiras (TII, 45 % da irradiância), respondeu pela maior quantidade de matéria seca, como resultado de saldo superior de carboidratos, embora não tenha sido quantificado, que foi utilizado na frutificação (expansão e granação) (TBS e TII). Na fase de expansão, além da deposição de parte de carboidratos da ordem de 45 %, nas células formadas (Chaves Filho & Sarruge, 1984), é muito importante à disponibilidade hídrica, pois a pressão de turgor aumenta o volume delimitado pelo endocarpo à granação. Nesse caso, a menor massa de matéria seca durante a expansão dos grãos de TII deve-se, possivelmente, à competição por água pela seringueira e pelo renque de café, além das perdas normais por transpiração. Nas plantas sombreadas (TSB), esse fato foi menos acentuado, devido ao menor déficit de pressão de vapor para a atmosfera, proporcionado pela redução da irradiação em relação às plantas TII (plantas expostas ao sol nascente). Nas plantas a pleno sol, a competição hídrica ocorreu somente entre cafeeiros, com irrigação suficiente para complementar a

demanda durante o período chuvoso (veranico). Na granação, completa-se o enchimento dos grãos que foram semelhantes, pois não houve diferença na massa de dez frutos, o que se explica pelo tempo em que se deu o acúmulo de carboidratos. A equivalência de saldo de carboidrato (fotossíntese e respiração), inferida pela massa de dez frutos, deve-se ao tempo de deposição nos grãos do TI2 e TPS que ocorreu até meados de março de 2006, enquanto no TSB e TI1, completou-se em menos tempo (meados de fevereiro). O depósito de matéria seca foi mais rápido, aproximadamente 30 dias, devido a menor quantidade de frutos nas plantas desses tratamentos.

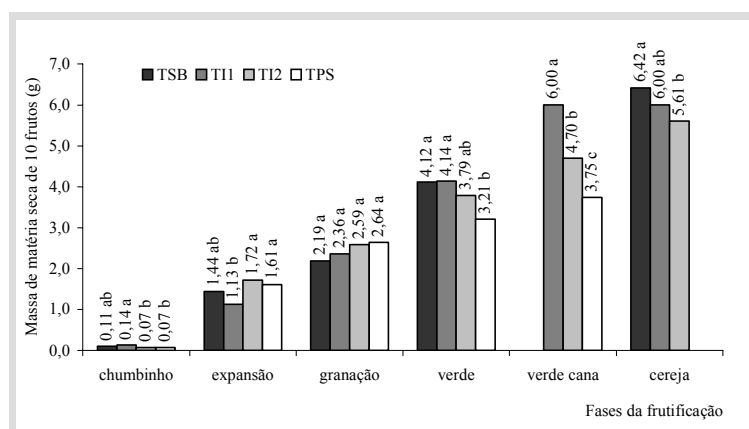


Figura 2. Massa de matéria seca de dez frutos em cada fase da frutificação e maturação dos cafeeiros em relação aos níveis de irradiância

Maturação dos frutos – Em relação à maturação dos frutos pode-se observar o maior acúmulo de massa de dez frutos verde nas plantas sombreadas (TSB, 40 % de irradiância) e nas parcialmente sombreadas TI1 (45 % de irradiância) e TI2 (80 % de irradiância), que diferem somente das plantas a pleno sol (TPS, 100 %) (Figura 2). Por sua vez, as plantas do tratamento TI2 apresentaram massa de fruto verde semelhante às plantas a pleno sol (TPS). Os frutos verdes sob baixa irradiância (40 a 45 %) comparados à situação a pleno sol deveriam dispor de maior saldo de CH_2O , cuja explicação mais provável consiste na redução da respiração nesse ambiente (TSB e TI1), devido à proteção das folhas e frutos ao excesso de radiação solar, assim como ao menor estresse. A maior massa de dez frutos verde-cana ocorreu nas plantas TI1 (45 % de irradiância), devido à proteção dessas plantas a temperaturas elevadas em razão da exposição à face soalheira, provocando maior respiração foliar e dos frutos, pelo aquecimento de ambos. Outra explicação, provável, relaciona-se com o aumento do volume de mucilagem e o engrossamento da casca, verificada nesses frutos (TI1). À medida que as plantas receberam maior quantidade de irradiância no período da tarde (TI2 e TPS) houve uma acentuada diminuição na massa dos frutos verde-cana, devido à presença de epicarpo mais delgado e menor quantidade de substâncias no mesocarpo (mucilagem). Ressalta-se que nessa época houve uma interrupção da irrigação, afetando significativamente as plantas expostas a maior irradiância. A ausência de dados de frutos verde-cana nas plantas sombreadas (TSB) deve-se a passagem abrupta do estágio verde para o estágio cereja. A provável razão desse fato está no aumento de luminosidade em decorrência do ciclone que provocou a derrubada e quebra de galhos das seringueiras, em 29 de março de 2006, com ventos superiores a 150 km h^{-1} . Nesse caso, as plantas foram submetidas a temperaturas elevadas pela exposição à face soalheira, que não ocorria anteriormente. Finalmente, a massa de dez frutos na fase cereja evidencia maior quantidade de matéria seca nas amostras coletadas no tratamento sombreado (TSB, 40 % irradiância) e no parcialmente sombreado (TI1, 45 % de luz). Assim, como ocorreria com a massa de frutos verde-cana, verifica-se também que a proteção das plantas da face soalheira contribuiu para a elevação da matéria seca (carboidrato). Os frutos das plantas expostas a 100 % de irradiância (TPS) permaneceram durante muito tempo no estágio verde-cana, secando, praticamente sem passar pelo estágio cereja, o que justifica a ausência desses frutos. Realizou-se a análise da maturação quando a porcentagem de frutos verdes era inferior a 10 % (29 de junho de 2006), verificado nas plantas sombreadas (TBS) e parcialmente sombreadas (TI1) (Figura 3). Os resultados indicam que o aumento de exposição à irradiância atrasou a maturação dos frutos (TI2, 80 % de irradiância) e TPS (100 % de luminosidade), elevando a desuniformidade da mesma. Nessa época, observou-se que havia, aproximadamente, 30 % de frutos verdes nas plantas do tratamento TI2 e mais de 60 % nas plantas a pleno sol (TPS).

Produtividade do cafeeiro – A maior produtividade (kg planta^{-1}) de café beneficiado foi superior nas plantas a pleno sol, corroborando as observações práticas, assim como os resultados de vários autores (DaMatta & Rena, 2002; Righi, 2005; Lunz, 2006) (Figura 3). Apesar dos frutos sombreados (TSB, 40% irradiância) e parcialmente sombreados (TI1, 45 % irradiância) possuírem maior acúmulo de massa por unidade, houve menor quantidade de frutos por planta, comparada à condição de luminosidade superior a 80 % (TI2 e TPS). A disponibilidade de energia, portanto, correlacionou com a produtividade de grãos, uma vez que as plantas a pleno sol (100% luz) produziram, em média, $1,25 \text{ kg planta}^{-1}$, superior à quantidade de frutos com 80 % de irradiância (TI2, $1,02 \text{ kg planta}^{-1}$), seguida das parcialmente sombreadas (TI1, $0,62 \text{ kg planta}^{-1}$) e, finalmente, com menor produtividade àquelas sombreadas (TSB, $0,16 \text{ kg planta}^{-1}$). Do exposto, a quantidade relativa de irradiância que proporciona altas produtividades sem distúrbios fisiológicos, como observado na presente pesquisa, encontra-se ao redor de 80 % da plena irradiância. Apesar da maior produtividade das plantas a pleno sol, constatou-se maior número de floradas que refletiu na desuniformidade da maturação, dificultando a colheita e a obtenção de bebida de qualidade superior.

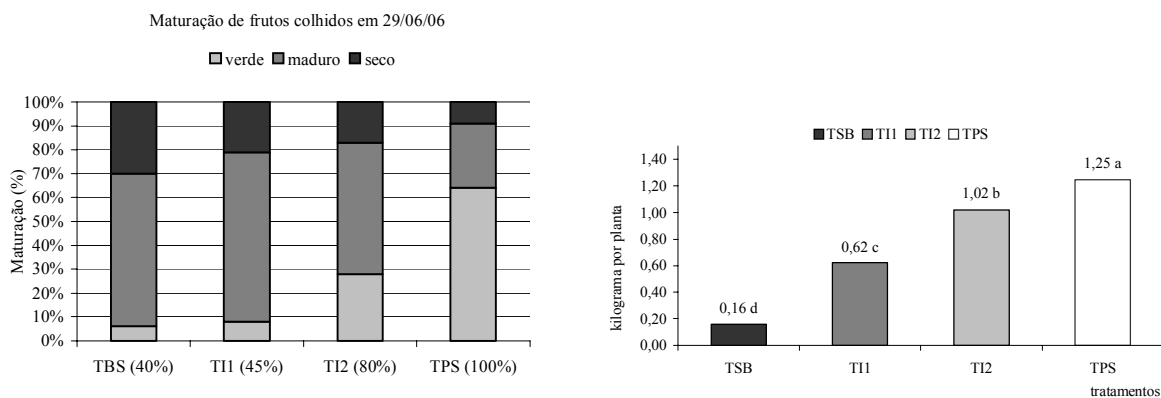


Figura 3 - Comparação da maturação de frutos colhidos na mesma época em função da irradiância (%) e da produtividade de café beneficiado em kg planta⁻¹

Conclusões

O acúmulo de matéria seca nas fases chumbinho, expansão e granação variam com a quantidade de frutos na planta. A expansão dos frutos depende da irradiância disponível e a granação, do tempo de deposição de reservas. O acúmulo de matéria seca em frutos verde, verde-cana e cereja foi superior nas plantas protegidas da face soalheira, favorecida pela exposição até o limite de 80% da irradiância a pleno sol. O processo e a uniformidade de maturação são beneficiados pela exposição de até 80% de luminosidade. A produtividade de grãos por planta aumenta proporcionalmente com a disponibilidade crescente de radiação solar.

Referências Bibliográficas

- CHAVES, J.C.D.; SARRUGE, J.R. Alterações nas concentrações de macronutrientes nos frutos e folhas do cafeeiro durante o ciclo produtivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 4, p. 427-432, 1984.
- DaMATTA, F.M. Fisiologia do cafeeiro em sistemas arborizados. In: MATSUMOTO, S.N. (Ed.). **Arborização de cafezais no Brasil**. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2004. cap. 3, p.87-107.
- DaMATTA, F.M.; RENA, A.B. Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno sol. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2002. cap. 3, p. 93-136.
- EVANOFF, C.E.A. **Biología del café**. Caracas: Universidade Central de Venezuela, 1994. 308 p.
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. **In.45ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria**. UFSCar, São Carlos, SP, Julho de 2000. p. 255-258.
- KUMAR, D. Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L. A review. **Kenya Coffee**. Kenya, v. 44, p. 9-47, 1979.
- 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”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- ONG, C.K.; CORLETT, J. E.; MARSHALL, F.M.; BLACK, C.R. Principles of resource capture and utilization of light and water. In: ONG C.K.; HUXLEY P. (Ed.). **Tree-crop interactions: a physiological approach**. Wallingford: CAB International, 1996. chap. 4, p. 73-158.
- RENA, A. B.; MAESTRI, M. Relações hídricas no cafeeiro. **ITEM: Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, v. 48, p. 34-41, 2000
- RIGHI, C.A. **Avaliação ecofisiológica do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em sistema agroflorestal e em monocultivo**. 2005. 101 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- VILLA NOVA, N.A. **Dados meteorológicos do município de Piracicaba**. Piracicaba, ESALQ: Departamento de Ciências Exatas, 2003, 2 p.
- VOLTAN, R.B.Q.; FAHL, J.I; CARELLI, M.L.C. Variação na anatomia foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidade luminosas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 4, n. 2, p. 99-105, 1992.