

PERIODICIDADE DO CRESCIMENTO VEGETATIVO EM *Coffea arabica* L.: RELAÇÕES COM A FOTOSÍNTESE EM CONDIÇÕES DE CAMPO¹

Emerson Alves da SILVA (DBV/UFV); Fábio Murilo DA MATTA (DBV/UFV); Raimundo Santos BARROS (DBV/UFV); Adair José REGAZZI (DIF/UFV)

RESUMO: A periodicidade do crescimento vegetativo das plantas de café (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí Vermelho), estudada de outubro de 1998 a setembro de 1999, em Viçosa – MG, acompanhou, de modo geral, as curvas de temperatura. Foram observadas correlações significativas entre o crescimento de ramos com médias de temperatura máxima durante o período quente e úmido e com médias de temperaturas médias e mínimas durante o período seco e frio. Os padrões de crescimento de ramos e taxas de assimilação líquida do carbono (*A*) mostraram tendências semelhantes e acompanharam os declínios na temperatura do ar, com correlações significativas entre esses parâmetros. Por outro lado, variações nas taxas de evolução do oxigênio fotossintético foram de amplitude relativamente pequena, não mostrando qualquer correlação com temperatura e crescimento. A discriminação isotópica do carbono em folhas em expansão, mas não nas recém-expandidas, correlacionou-se negativamente com crescimento e *A*. Níveis de amido foliar aumentaram a partir de abril, alcançando os maiores teores no início de julho, quando as taxas de crescimento já apresentavam valores negligíveis. As flutuações nos teores de amido apresentaram correlações significativas com a temperatura do ar ao longo do experimento, e também com *A*, mas somente na época fria.

PALAVRAS-CHAVE: Amido, Café, Crescimento Vegetativo, Fotossíntese, Discriminação isotópica do carbono

ABSTRACT: This work was carried out from October 1998 to September 1999 in Viçosa, Minas Gerais State, in order to examine the relationship between periodicity of vegetative growth and photosynthesis in *Coffea arabica* L. cv. Red Catuaí plants. In general, growth accompanied temperature curves. Positive, significant correlations between branch growth and maximum temperatures during the wet, warm season, and also with mean and minimum temperatures throughout the cool, dry season were found. Branch growth patterns and net carbon assimilation rate (*A*) showed similar trends, both following up declines in air temperature. Photosynthetic oxygen evolution varied only slightly, showing no correlation with air temperature and growth. Carbon isotope discrimination in expanding leaves, but not in the youngest expanded ones, was negatively correlated with growth and *A*. Leaf starch increased from early April onwards; the largest starch levels occurred by early July when growth rates had already been strongly depressed. Fluctuations in leaf starch correlated significantly with air temperature throughout the experiment, and also with *A* during the cool period, but not with growth.

KEY WORDS: Coffee, Carbon isotope discrimination, Photosynthesis, Starch, Vegetative growth

INTRODUÇÃO

A periodicidade do crescimento vegetativo do cafeeiro está associada a diversos fatores ambientes, tais como temperatura, fotoperíodo, irradiância, suprimento de água e de nutrientes e crescimento reprodutivo (SILVAIN, 1958). Em Viçosa, Minas Gerais, a fase ativa do crescimento vegetativo ocorre de setembro a março, período em que as temperaturas são relativamente altas, as chuvas são abundantes e os comprimentos do dia são relativamente maiores; a fase quiescente, por seu turno, acompanha o período seco e frio, que se estende de abril a setembro (BARROS & MAESTRI, 1974), com taxas de crescimento negligíveis a partir de fins de maio (MOTA, et al., 1997).

Apesar de vários estudos terem tentado relacionar o periodismo do crescimento do cafeeiro com fatores ambientes, as relações extraíveis desses estudos são ordinariamente circunstanciais. Em bases fisiológicas, o controle do início, manutenção e fim das fases de crescimento ativo e quiescente parece bastante complexo e pouco compreendido. Parece, no entanto, haver, um estreito paralelismo entre redução da condutância estomática e decréscimo das taxas de crescimento, a partir de fins de março, em Viçosa (BARROS, et al., 1997). Resta demonstrar se esses parâmetros são de fato relacionados e se, por extensão, a fotossíntese atual também estaria associada à redução do crescimento, particularmente na época fria. O presente estudo teve,

¹ Parte da tese apresentada pelo primeiro autor para a obtenção do título de Mestre, financiado pela CAPES.

pois, como objetivo, determinar uma possível relação entre a periodicidade do crescimento vegetativo e a fotossíntese de *C. arabica* L. A fotossíntese foi avaliada por meio de mensurações instantâneas (consumo de CO₂ e evolução do O₂ fotossintético) e estimativas que integram, ao longo do tempo, as limitações que lhe são impostas por fatores ambientes e internos da planta (discriminação isotópica do carbono).

MATERIAL E MÉTODOS

Material Vegetal e Condições de Cultivo

Foram utilizadas plantas de *C. arabica* L. cv. Catuaí Vermelho, com aproximadamente oito anos de idade, cultivadas a pleno sol, sob espaçamento de 3,0 x 2,0 m, com uma planta por cova. Os frutos foram removidos antes do início do experimento, que foram conduzidos em uma área experimental da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG, localizada a uma altitude aproximada de 650 m e coordenadas geográficas de 20°45'S e 42°15'W. As plantas foram irrigadas regularmente e mantidas sem competição com plantas invasoras.

Características do Ambiente

Os dados de temperatura foram tomados de uma estação meteorológica, situada a cerca de 500 m da área experimental.

Parâmetros de Crescimento

Foram realizadas medidas quinzenais de comprimento de ramos plagiotrópicos primários e contagem do número de entrenós. A taxa de expansão da área foliar por ramo foi determinada pela equação $L = 0,667 X$, em que a variável independente é o retângulo circunscrito à folha, conforme BARROS et al. (1973). Para tal, foram utilizadas 10 plantas, sendo marcados três ramos do terço superior da copa por planta para medidas de comprimento de ramos; em um dos três ramos eram tomados os dados relativos ao número de entrenós e de expansão da área foliar.

Trocas Gasosas

A taxa de assimilação líquida do carbono (A) foi medida em sistema aberto, sob luz saturante artificial, por volta das 09:00 h, com analisador de gases a infra-vermelho portátil (LCA4, ADC, Kings Liyn, Reino Unido), conforme DA MATTA et al. (1997b). A evolução do oxigênio fotossintético, que expressa a capacidade fotossintética máxima ($A_{máx}$), foi medida sob luz saturante e 5% de CO₂, com um eletrodo de oxigênio de fase gasosa (LD2, Hansatech, Norfolk, Reino Unido), em discos foliares de 1000 mm², conforme descrito por DA MATTA & MAESTRI (1997a). As folhas utilizadas, assim que destacadas da planta, tinham seus pecíolos rapidamente imersos em água e, então, transferidas para laboratório para as determinações. As medições de fotossíntese foram feitas em folhas do terceiro par a partir do ápice de ramos plagiotrópicos do terço médio da copa.

Discriminação Isotópica do Carbono

Folhas com aproximadamente metade da expansão máxima e folhas jovens recém-expandidas foram coletadas mensalmente, ao longo do experimento. Após coletadas, elas foram secas a 60°C em estufa com ventilação forçada, por 72 h, e moídas finamente. Amostras foram enviadas para o Laboratório de Isótopos Estáveis Ambientais do Departamento de Física e Biofísica da UNESP (Botucatu, SP), onde foi determinada a abundância relativa dos isótopos ¹³C e ¹²C, utilizando-se um espectrômetro de massa de baixa resolução (DELTA-S, Finnigan MAT, Bremen, Alemanha). Com esses dados, estimou-se a discriminação isotópica do carbono (Δ) e a razão entre a pressão interna e atmosférica de CO₂ (p_i/p_a). A composição isotópica do carbono foi expressa em relação ao padrão Pee Dee Belemnite (FARQUHAR et al., 1989).

Amido Foliar

Para a avaliação do amido, discos de 9 mm de diâmetro foram retirados de folhas recém-colhidas do terceiro par, a partir do ápice de ramos plagiotrópicos do terço superior das mesmas plantas utilizadas para as medições das trocas gasosas. Os discos, coletados por volta de 08:00 h, foram imediatamente imersos em etanol 80% a quente e mantidos a -20°C até as análises. O amido foi quantificado conforme McCREADY et al. (1950) e expresso como equivalente de glicose multiplicado por 0,9.

Análises Estatísticas

Os dados obtidos foram analisados por meio de correlações simples (Pearson), entre parâmetros de crescimento e de fotossíntese, correlacionando-se, também, esses parâmetros com as médias das temperaturas mínimas, médias e máximas. Foi utilizado o teste “t” de Student para avaliar a significância das correlações. Todas as análises foram feitas utilizando-se o programa SAS, versão 6.12 (SAS Institute 1993, Cary, NC, EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas condições em que foram obtidos os presentes resultados, pôde-se observar que a queda nas taxas de crescimento de *C. arabica* durante a fase ativa, entre janeiro e fevereiro, esteve associada a altas temperaturas, enquanto na fase quiescente as reduções no crescimento estiveram associadas a temperaturas mínimas. Com efeito, correlações significativas foram observadas entre o crescimento de ramos com as médias de temperaturas mínimas e médias, e entre ganho de área foliar com as médias das temperaturas máximas, mínimas e médias (Tabela 1) O crescimento de ramos e as taxas de assimilação líquida do carbono mostraram tendências semelhantes e acompanharam os declínios na temperatura do ar, sendo fortemente correlacionados. De modo oposto, variações nas taxas de evolução do oxigênio fotossintético foram de amplitude relativamente pequena, não mostrando qualquer correlação com crescimento, sendo, pouco provável que essas variações possam explicar o comportamento do crescimento vegetativo do cafeeiro arábico. Vale ressaltar que a taxa de evolução do oxigênio fotossintético foi determinada sob condições ótimas de luz, temperatura e CO₂, não sendo, por conseguinte, surpreendente a falta de relação daquele parâmetro com as taxas de crescimento. A discriminação isotópica do carbono (Δ) correlacionou-se significativamente com o crescimento de ramos, taxas de assimilação líquida do carbono e temperatura do ar, sugerindo que as trocas gasosas podem explicar, em boa extensão, as variações sazonais do crescimento do cafeeiro. Ressalte-se que as correlações significativas dizem respeito a Δ de folhas ainda não completamente expandidas. Considerando-se folhas recém-expandidas, foram observadas correlações significativas apenas com a temperatura. Isso provavelmente se deveu ao fato de que parte do carbono estocado naquelas folhas fora importado e/ou assimilado em período anterior àquele em que foi avaliada a taxa de crescimento. Por outro lado, a alta correlação entre Δ e taxa de assimilação líquida do carbono pode ser explicada pelo fato de que boa fração do carbono presente nas folhas em expansão proveio da assimilação por folhas completamente expandidas, nas quais foram feitas as medidas de trocas gasosas (MEINZER et al., 1992) Ademais, em café, Δ também parece correlacionar-se com a produção (MEINZER, et al., 1991), tolerância a seca (MEINZER, et al., 1990) e irradiância (CARELLI et al., 1999), demonstrando ser aquele parâmetro um indicador sensível da resposta do cafeeiro a limitações ambientais. Variações nas concentrações de amido foliar não se correlacionaram com o curso do crescimento vegetativo; porém, correlações significativas foram observadas com as temperaturas do ar e taxas fotossintéticas durante o período frio, sendo provável que o acúmulo de amido nas folhas do cafeeiro durante a época fria seja uma consequência da redução nas taxas de crescimento e importante causa da inibição da fotossíntese.

| Parâmetros | Crescimento | Temperaturas | | | Fotossíntese | |
|------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|--------------|------------------|
| | | T _{máx} | T _{mín} | T _{méd} | A | A _{máx} |
| Crescimento | - | 0,240 ns | 0,721*** | 0,510** | 0,772*** | 0,123 ns |
| Área foliar | (0,760)** | (0,730)** | (0,692)** | (0,805)*** | (0,684)* | - |
| A | 0,772*** | 0,450* | 0,810*** | 0,650*** | - | 0,430* |
| A _{máx} | 0,123 ns | 0,068 ns | 0,320 ns | 0,177 ns | 0,430* | - |
| Δ (FE) | -0,751** | -0,716* | -0,840*** | -0,840*** | -0,844*** | - |
| Δ (FM) | -0,531 ns | -0,718* | -0,781** | -0,794** | -0,352 ns | - |
| Amido | -0,200 ns | -0,602*** | -0,620*** | -0,636*** | -0,484** | -0,101 ns |

* significativo em nível de $P \leq 0.05$; ** significativo em nível de $P \leq 0.01$; *** significativo em nível de $P \leq 0.001$; ns, não significativo em nível de $P > 0,05$ pelo teste "t" de Student

Tabela 1. Estimativas das correlações entre temperatura do ar (T_{máx}, T_{mín} e T_{méd}, temperaturas máxima, mínima e média, respectivamente), crescimento de ramos, ganho de área foliar, taxa líquida de assimilação do carbono (A), evolução de oxigênio fotossintético (A_{máx}), discriminação isotópica do carbono em folhas em expansão (Δ (FE) e em folhas maduras (Δ (FM) e teores foliares de amido de plantas de *C. arabica* L. cv. Catuaí Vermelho cultivadas em campo, de outubro de 1998 a setembro de 1999. Coeficientes de correlação entre parênteses dizem respeito apenas à época fria, de abril a setembro de 1999.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, R.S.; MAESTRI, M.; VIEIRA, M.; BRAGA, L.J. 1973. Determinação da área das folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. Bourbon Amarelo). Rev. Ceres, **20**, 44-52.
- BARROS, R.S. & MAESTRI, M. 1974. Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade do crescimento vegetativo do café (*Coffea arabica* L.). Rev. Ceres, **21**, 268-279.
- BARROS, R.S.; MOTTA, J.W. da S.; DA MATTA, F.M.; MAESTRI, M. 1997. Decline of vegetative growth in *Coffea arabica* L. in relation to leaf temperature, water potential and stomatal conductance. Field Crops Res., **54**, 65-72.

- CARELLI, M.L.C.; FAHL, J.I.; TRIVELIN, P.C.O.; QUEIROZ-V., R.B. 1999. Carbon isotope discrimination and gas exchange in *Coffea* species grown under different irradiance regimes. *Rev. Bras. Fis. Veg.*, **11**, 63-68.
- DA MATTA, F.M.; MAESTRI, M.; MOSQUIM, P.R.; BARROS, R.S. 1997a. Photosynthesis in coffee (*Coffea arabica* and *C. canephora*) as affected by winter and summer conditions. *Plant Sci.*, **128**, 43-50.
- DA MATTA, F.M. & MAESTRI, M. 1997a. Photoinhibition and recovery of photosynthesis in *Coffea arabica* and *C. canephora*. *Photosynthetica*, **34**, 439-446.
- DA MATTA, F.M.; MAESTRI, M.; BARROS, R.S. 1997b. Photosynthetic performance of two coffee species under drought. *Photosynthetica*, **34**, 257-264.
- FARQUHAR, G.D.; EHLERINGER, J.R.; HUBIK, K.T. 1989. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, **40**, 503-537.
- McCREADY, R.M.; GUGGLOZ, J.; SILVEIRA, V.; OWENS, H.S. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables: applications to peas. *Anal. Chem.*, **22**, 1156-1158.
- MEINZER, F.C.; GOLDSTEIN, G.; GRANTS, D.A. 1990. Carbon isotope discrimination in coffee genotypes grown under limited water supply. *Plant Physiol.*, **92**, 130-135.
- MEINZER, F.C.; INGAMELLS, J.L.; CRISOSTO, C. 1991. Carbon isotope discrimination correlates with bean yield of diverse coffee seedling populations. *HortSci.*, **26**, 1413-1414.
- MEINZER, F.C.; SALIENDRA, N.Z.; CRISOSTO, C.H. 1992. Carbon isotope discrimination and gas exchange in *Coffea arabica* during adjustment to different soil moisture regimes. *Aust. J. Plant Physiol.*, **19**, 171-184.
- MOTA, J.W. da S.; DA MATTA, F.M.; BARROS, R.S.; MAESTRI, M. 1997. Vegetative growth in *Coffea arabica* as affected by irrigation, daylength and fruiting. *Trop. Ecol.*, **38**, 73-79.
- SAS USER'S GUIDE: STATISTICS. 1993. Version 6.12, 4th ed. SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA.
- SYLVAIN, P.G. 1958. *El ciclo de crecimiento de Coffea arabica*. (mimeo.) Inst. Int.-Am. Cienc. Agric., Turrialba.

AVISO

ESTA PUBLICAÇÃO PODE SER ADQUIRIDA NOS
SEGUINTE ENDEREÇOS:

FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES

Edifício Sede, s/nº. - Campus Universitário da UFV
Viçosa - MG
Cep: 36571-000
Tels: (31) 3891-3204 / 3899-2485
Fax : (31) 3891-3911

EMBRAPA CAFÉ

Parque Estação Biológica - PqEB - Av. W3 Norte (Final)
Edifício Sede da Embrapa - sala 321
Brasília - DF
Cep: 70770-901
Tel: (61) 448-4378
Fax: (61) 448-4425