

CONCENTRAÇÃO DE AÇÚCARES SOLÚVEIS, AMIDO E AMINOÁCIDOS EM CAFEIRO EM FUNÇÃO DA RAZÃO ÁREA FOLIAR/NÚMERO DE FRUTOS EM DIFERENTES POSIÇÕES NA COPA¹

Agnaldo Rodrigues de Melo Chaves²; Fábio Murilo DaMatta³; Samuel Cordeiro Vitor Martins⁴; Elaine Facco Celin⁵

¹ Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café e pelo CNPq

² Pesquisador Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, agnaldo.chaves@embrapa.br

³ Professor, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, fdamatta@ufv.br

⁴ Doutorando Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, samuelmartins25@yahoo.com.br

⁵ Doutoranda em Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, elainecelin@yahoo.com.br

RESUMO: Em março de 2007, foram coletados segmentos de ramos plagiotrópicos com três razões ‘área foliar/fruto’ (RAF) em cafeeiros cultivados em renques orientados norte-sul nas posições leste inferior, leste superior, oeste inferior e oeste superior da copa das plantas, enquanto em 2008 foram coletados segmentos de ramos plagiotrópicos em apenas uma RAF. Foi determinada a concentração de açúcares solúveis, amido e aminoácidos no material vegetal coletado nos dois anos. Em 2007, não foi possível correlacionar as concentrações dos carboidratos e aminoácidos com as diferentes RAF's, o que pode ter ocorrido em função da perda da autonomia dos ramos, fenômeno que propicia maior movimentação de sacarose entre os ramos de diferentes RAF's. Por outro lado, em 2008, a alta RAF não alterou a concentração dos produtos, o que pode ter ocorrido em função da baixa carga de frutos nesse período.

PALAVRAS-CHAVE: cafeeiro, fonte:dreno, carboidratos

SOLUBLES SUGARS, STARCH AND AMINO ACID CONCENTRATION IN COFFEE TREES IN FUNCTION RATIO LEAF-TO-FRUIT IN DIFFERENT POSITIONS IN CANOPY

ABSTRACT: In march 2007, segments of plagiotropics branches were collected in three ratio leaf-to-fruit (LFR) of coffee trees grown in rows oriented north-south in the positions Lower East, Upper East, Upper West and Lower West of the plant canopy. In 2008, those segments were collected only in one LFR. We determined the soluble sugars, starch and amino acids concentration in segments collected in those two years. In 2007, it was not possible to correlate the carbohydrates and amino acids concentrations in different RAF's, which may due to the loss of autonomy of the branches. This phenomenon promotes greater movement of sucrose among the branches of different LFR's. In 2008, the LFR did not alter the high concentration of the product, which may be due to low fruit load during this period.

KEYWORDS: coffee trees, source:sink, carbohydrates

INTRODUÇÃO

O cafeeiro a pleno sol apresenta maior estímulo à emissão de gemas florais em detrimento de gemas vegetativas, bem como há um maior número de nós formados por ramo (DaMatta & Rena, 2002). Como produz poucas flores em seu ambiente nativo sombreado, o cafeeiro não desenvolveu mecanismos para contrabalançar a sua carga de frutos à disponibilidade de carboidratos e minerais, via abscisão de seus frutos (Cannell, 1985). Dessa forma, a espécie teria evoluído no sentido de levar a cabo o enchimento de todos os frutos formados após a sua fase de expansão. De acordo com essa linha de raciocínio, o cafeeiro a pleno sol apresenta uma superprodução devido à profusão da iniciação floral e à incapacidade de remoção natural dos frutos que, associadas à força do dreno do endosperma das sementes, promovem a exaustão de suas reservas, reduzindo, assim, o crescimento dos ramos, o que prejudica a produção do ano seguinte (DaMatta & Rena, 2002).

Burdekin & Baker (1964) observaram que as reservas de carboidratos são fortemente reduzidas na época de alta demanda de fotoassimilados pelos frutos, gerando um crescimento vegetativo reduzido e, em alguns casos, os ramos param completamente o crescimento. Aqueles autores verificaram também que os cafeeiros afetados pela seca de ramos apresentaram baixíssimas reservas de amido na parte aérea. Amaral et al. (2001), trabalhando com café arábica, com e sem desfrutificação, observaram maiores teores de amido e de açúcares não-redutores em folhas de cafeeiros desfrutificados, e que os ramos plagiotrópicos desfrutificados apresentaram um maior crescimento do que os não desfrutificados, evidenciando, assim, a competição entre os crescimentos vegetativo e reprodutivo por fotoassimilados. Carvalho et al. (2005), estudando progênies das cultivares Sabiá e Catuaí Amarelo, verificaram que as primeiras apresentaram maior produção de frutos e maior porcentagem de ramos secos que o Catuaí Amarelo, e especularam que

a seca de ramos em Sabiá poderia ser devido à carência de carboidratos nos ramos produtivos, em função de uma menor área foliar que a do Catuaí. Apesar das considerações supramencionadas, resultados contrastantes têm sido também observados, como os de Carvalho et al. (1993), que verificaram que os teores de amido variaram de forma semelhante nas plantas com e sem frutos. Castro (2002) e DaMatta et al. (2008), avaliando cafeeiros com diferentes níveis de frutificação, também observaram maior crescimento vegetativo nos ramos com menor carga de frutos, porém sem diferenças nos teores de carboidratos entre plantas com e sem frutos.

O presente trabalho teve como objetivo, portanto, investigar, em ramos com diferentes RAF's e em diferentes posições da copa do cafeeiro a concentração de hexoses, sacarose, amido e aminoácidos na fase de maior demanda de carboidratos pelos frutos.

MATERIAL E MÉTODOS

Plantas de café (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí Vermelho – IAC 99), com sete anos de idade, sob espaçamento 2x1 m, vêm sendo cultivadas em renques orientados no sentido norte-sul, sob condições de campo, no município de Coimbra (altitude de 720 metros, 20°51'24" S, 42°48'10" W), no estado de Minas Gerais. Assim, com base na uniformidade e no vigor, foram selecionadas 30 plantas, identificando-se 24 ramos nos terços mediano superior e mediano inferior nas faces leste e oeste das plantas. Esses ramos localizavam-se nas posições leste superior (LS), leste inferior (LI), oeste superior (OS) e oeste inferior (OI) do dossel, perfazendo, seis ramos em cada posição por planta, sendo avaliados o número de frutos e a área foliar em todos os ramos selecionados. Para determinação da área foliar, foram medidas a largura máxima e o comprimento de cada folha e utilizadas as equações descritas em Antunes et al. (2008). Com essas informações, foram identificados ramos que apresentavam três diferentes classes de razão área foliar/número de frutos (RAF) [0 a 6 (R1); 6,1 a 14 (R2); >14 cm² fruto⁻¹ (R3)], nas quatro posições avaliadas, selecionando-se 72, os quais foram coletados os segmentos na parte mediana do ramo em março de 2007 (fase de maior demanda pelos frutos). Essas coletas foram realizadas por volta de 14:30 h, e o material transportado do campo para o laboratório em nitrogênio líquido e, então, armazenado a -80°C até a avaliação.

Nas mesmas 30 plantas selecionadas em 2006-2007, foram selecionados mais ramos para o período 2007-2008, medindo-se a área foliar e o número de frutos em cada um dos ramos, como descrito acima. Contudo, não foi possível classificar ramos com as três RAF's, como no período anterior, devido à baixa carga de frutos. Com isso, apenas pôde-se comparar os ramos com alta RAF (>20 cm² fruto⁻¹) nas duas faces (leste e oeste) e nos dois estratos (superior e inferior) das plantas. Assim foram utilizados, efetivamente, 24 ramos para a realização das avaliações fisiológicas, em março de 2008 (fase de maior demanda pelos frutos). Coleta, transporte e armazenamento foram realizadas como em 2007.

Carboidratos solúveis foram extraídos de segmentos de ramos coletados em cada tratamento, em março de 2007 e 2008, o qual é o período de maior demanda de carboidrato pelos frutos do cafeeiro. Os segmentos foram macerados em etanol 80% (v/v), incubado a 70°C, por 90 min, e submetido a duas centrifugações (15000 g, 10 min). A fração solúvel em etanol foi utilizada para quantificar, enzimaticamente, as concentrações de hexoses (glicose+frutose), sacarose (Praxedes et al., 2006) e aminoácidos totais (Moore & Stain, 1948), enquanto a fração insolúvel foi utilizada para a quantificação do amido, conforme descrito em Praxedes et al. (2006).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, sendo analisado em esquema de parcelas subdivididas, no período 2006-2007. As parcelas foram constituídas pelas quatro posições da planta (leste - inferior e superior, e oeste - inferior e superior), e as subparcelas, pelas classes de RAF, com seis repetições. No período 2007-2008, o experimento foi avaliado em esquema fatorial 2x2 (duas faces de exposição - leste e oeste; e dois estratos - inferior e superior, em cada planta), com seis repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Newman-Keuls, a 5% de significância, utilizando-se do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas da UFV (Saeg-UFV 9.1, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2007, foi observado uma tendência clara de menores concentrações de hexoses nos ramos em LI e OI, em relação a LS e OS; porém, nenhuma variação consistente da concentração de hexoses entre as três RAF's, dentro de cada posição, pôde ser observada (Fig. 1A). Com relação às concentrações de sacarose e de amido, bem como a razão amido:sacarose, foram pouco ou nada afetadas nos tratamentos analisados (Fig. 1B, 1C, 1D). A concentração de aminoácidos totais foi maior em R3 tendendo a aumentar, na medida em que RAF aumentou com valores estatisticamente inferiores em R1 que em R3 apenas em LI e LS, sem diferença estatística entre as RAF's em OI e OS (Fig. 1E).

Em 2008, a concentração de hexoses foi similar entre os tratamentos (Tab. 1). A concentração de sacarose foi semelhante entre os estratos nas duas faces, enquanto apenas no estrato inferior a concentração de sacarose foi maior na face leste do que na oeste (Tab. 1). A concentração de amido e a razão amido:sacarose no caule foram similares entre os estratos nas duas faces, enquanto a concentração de amido e a razão amido:sacarose nos dois estratos foram maiores na face leste do que nos mesmos estratos na face oeste (Tab. 1). A concentração de aminoácidos totais foi similar entre os tratamentos analisados (Tab. 1).

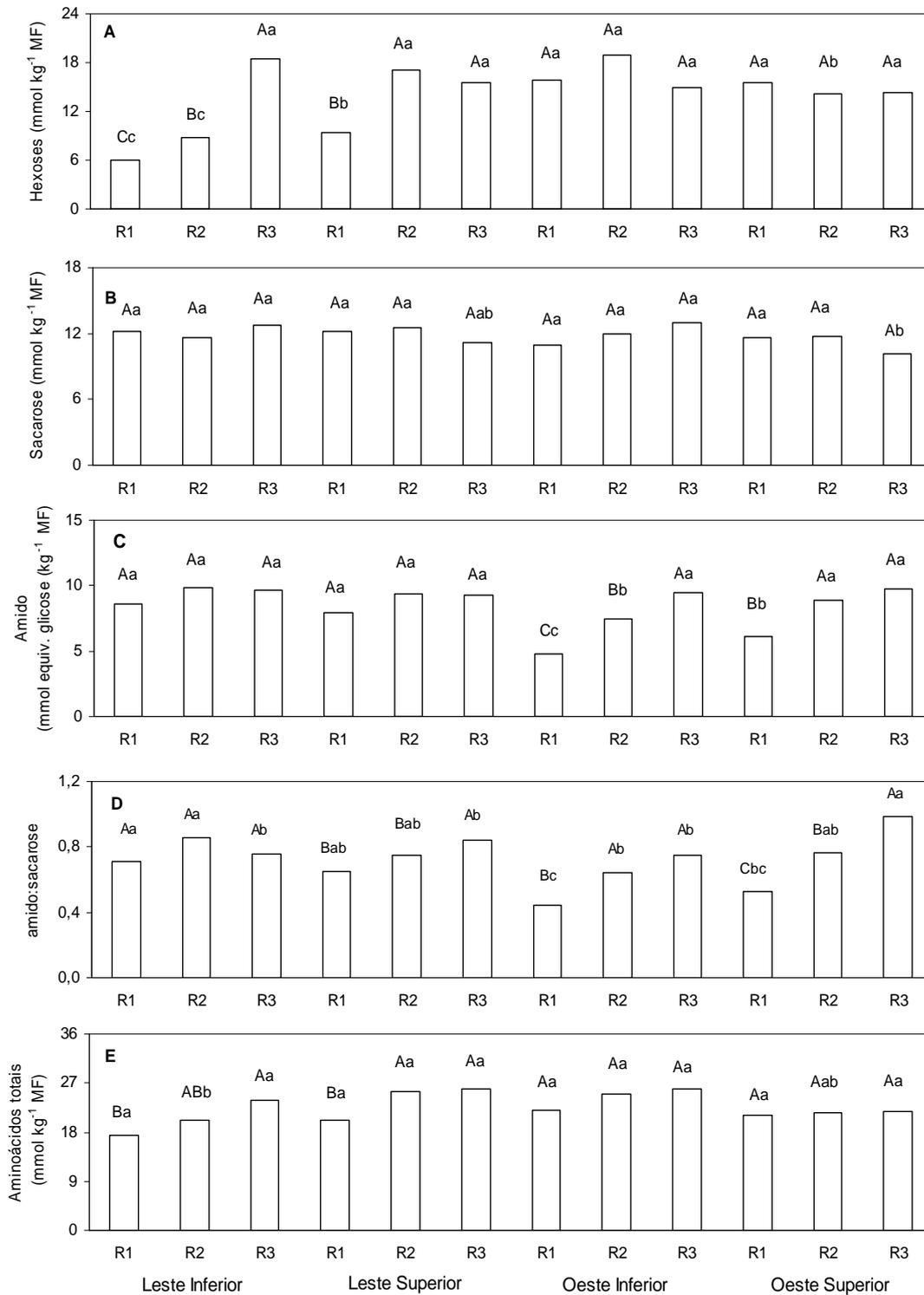


Fig. 1. Concentrações foliares de hexoses (A), de sacarose (B) e de amido (C), razão amido:sacarose (D) e concentração de aminoácidos totais (E) de plantas de café cultivadas em campo, obtida em março de 2007. Foram avaliados ramos com razão área foliar/número de frutos (RAF) de 0 a 6 cm² fruto⁻¹ (R1), de 6,1 a 14 cm² fruto⁻¹ (R2) e >14 cm² fruto⁻¹ (R3). Os ramos foram provenientes das posições leste inferior, leste superior, oeste inferior e oeste superior na planta. Letras maiúsculas indicam diferença significativa entre as médias das três RAF's dentro de cada posição da copa, e as letras minúsculas, entre as médias de cada RAF, nas quatro posições da copa (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$; $n = 6$).

Tabela 1. Concentrações foliares de hexoses, sacarose, amido, aminoácidos totais e razão amido:sacarose de plantas de café cultivadas em campo, obtida em março de 2008. Foram avaliados ramos com razão área foliar/número de frutos (RAF) >20 cm² fruto⁻¹ nas faces leste e oeste e nos estratos superior e inferior do dossel. Letras maiúsculas indicam diferença entre as médias dos dois estratos em cada face, e as letras minúsculas, entre as médias de cada estrato, entre as duas faces da copa (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$ $n=6$).

Variáveis	Estrato	Face	
		Leste	Oeste
Hexoses (mmol kg ⁻¹ MF)	Inferior	3,054 Aa	2,503 Ab
	Superior	1,548 Bb	2,231 Aa
Sacarose (mmol kg ⁻¹ MF)	Inferior	6,028 Aa	4,439 Ab
	Superior	4,529 Ba	4,151 Aa
Amido (mmol equiv. glicose kg ⁻¹ MF)	Inferior	7,871 Bb	9,661 Aa
	Superior	11,361 Aa	10,296 Ab
Amido:Sacarose	Inferior	1,352 Bb	2,222 Aa
	Superior	2,662 Aa	2,550 Aa
Aminoácidos totais (mmol kg ⁻¹ MF)	Inferior	17,624 Aa	19,266 Aa
	Superior	16,119 Ab	20,287 Aa

A menor demanda dos frutos por assimilados em R3 nas três RAF's em março de 2007 poderia, até certo ponto, ser compensada por maior gasto energético na manutenção de maior taxa de crescimento vegetativo, o que explicaria, em parte, a similaridade nas concentrações de carboidratos, independentemente das diferentes RAF's. Não obstante, neste trabalho, os níveis de carboidratos foram analisados na fase de maior demanda de assimilados pelos frutos. Cannell (1971) já havia relatado a existência de algum movimento de assimilados, de ramos com menor carga de frutos para ramos com maior carga de frutos, em café, na fase de maior demanda de assimilados pelo fruto. Os presentes resultados sugerem que essa translocação pode ser expressiva, o que concorreria para uma baixa autonomia de ramos no cafeeiro, pelo menos em períodos de grande demanda por assimilados. Com efeito, em outras espécies, como em macieira (Palmer et al., 1991) e em pessegueiro (Volpe et al., 2008), tem-se também evidenciado um movimento de carbono dos ramos com menor carga de frutos em direção aos com maior carga de frutos, particularmente na fase de maior requerimento de carboidratos pelos frutos, mas não entre ramos com baixa carga de frutos ou durante a fase de baixo crescimento reprodutivo. Lacoïnte et al. (2004) também observaram movimento de carboidratos entre os ramos na fase de maior demanda pelos frutos, bem como movimento de carboidratos entre ramos sombreados e não-sombreados. Tomados em conjunto, esses resultados sugerem que controles endógenos podem reduzir a autonomia dos ramos, o que facilitaria a manutenção de uma homeostase na planta. Em 2008, como não havia uma alta carga de frutos, é de esperar que houve um maior crescimento dos ramos, que serão fundamentais para a produção do ano seguinte, evidenciando assim a bienalidade na produção do cafeeiro (Carvalho et al., 1993).

CONCLUSÕES

Não foi possível associar os níveis de carboidratos e aminoácidos nos segmentos de ramos em função da carga de frutos devido as diferentes RAF's, o que pode ter sido em função da perda da autonomia dos ramos no cafeeiro. E com os resultados de 2008, pode-se verificar a bienalidade na produção do cafeeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, W. C.; POMPELLI, M. F. CARRETERO, D.M.; DAMATTA, F.M. Allometric models for non-destructive leaf area estimation in coffee (*Coffea arabica* and *C. canephora*). *Annals of Applied Biology* 153: 33-40. (2008)
- AMARAL, J. A. T.; DAMATTA, F. M.; RENA, A. B. Effects of fruiting on the growth of arabica coffee trees as related to carbohydrate and nitrogen status and to nitrate reductase activity. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 12, 66-74. (2001)
- BURDEKIN, D. A.; BAKER, R. M. 'Lyamungu dieback' of coffee in Tanganayika. II. Relation of starch to Lyamungu dieback. *Annals of Applied Biology* 54, 107-113. (1964)
- CARVALHO, C. H. S.; RENA, A. B.; PEREIRA, A. A.; CORDEIRO, A. T. Relação entre a produção, teores de N, P, K, Ca, Mg, amido e a seca de ramos do Catimor (*Coffea arabica* L.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 28, 665-673. (1993)

- CARVALHO, C. H. S.; ALMEIDA, G. R. R., MENDONÇA, J. M. A.; GARCIA, A. L. A.; SOUZA, T. Estudo sobre a seca de ramos e o depauperamento precoce do cafeeiro. *Revista Brasileira de Tecnologia Cafeeira* 2, 14-16. (2005)
- CASTRO, A. M. *Efeito de desfrutificações seqüenciadas sobre o crescimento e a produção do cafeeiro arábico*. Viçosa, UFV, Tese (DS), 106p. (2002)
- CANNELL, M. G. R. Effects of fruiting, defoliation and ring-barking on the accumulation of dry matter in branches of *Coffea arabica* L. in Kenya. *Experimental Agriculture* 7, 63-74. (1971)
- DAMATTA, F. M.; CUNHA, R. L.; ANTUNES, W. C.; MARTINS, S. C. V.; ARAÚJO, W. L.; FERNIE, A.; MORAES, G. A. B. K. In field-grown coffee trees source-sink manipulation alters photosynthetic rates, independently of carbon metabolism, via alterations in stomatal function. *New Phytologist* 178, 348-357. (2008)
- 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*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 93-135. (2002)
- FRANCK, N.; VAAST, P.; GÉNARD, M.; DAUZAT, J. Soluble sugars mediate sink feedback down-regulation of leaf photosynthesis in field-grown *Coffea arabica*. *Tree Physiology* 26, 517-525. (2006)
- MOORE, S.; STEIN, W. H. Photometric ninhydrin method for use in chromatography of amino acids. *Journal of Biological Chemistry* 176, 367-388. (1948)
- LACOINTE, A.; DELEENS, E.; AMEGLIO, T.; SAINT-JOANIS, B.; LELARGE, C.; VANDAME, M.; SONG G. C.; DAUDET, F. A. Testing the branch autonomy theory: a $^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$ double-labelling experiment on differentially shaded branches. *Plant, Cell and Environment* 27, 1159-1168. (2004)
- PRAXEDES, S. C.; DAMATTA, F. M.; LOUREIRO, M. E.; FERRÃO, M. A. G.; CORDEIRO, A. T. Effects of long-term soil drought on photosynthesis and carbohydrate metabolism in mature robusta coffee (*Coffea canephora* Pierre var *kouillou*) leaves. *Environmental and Experimental Botany* 56, 263-273. (2006)
- PALMER, J. W. Effects of varying crop load on photosynthesis, dry matter production and partitioning of Crispin/M.27 apple trees. *Tree Physiology* 11, 19-33. (1991)
- VOLPE, G.; LO BIANCO, R.; RIEGER, M. Carbon autonomy of peach shoots determined by ^{13}C -photoassimilate transport. *Tree Physiology*, 2008 28,1805-12. (2008)
- SAEG- *Sistema para Análises Estatísticas*. 2007. *Version 9.1*. Viçosa, Brasil: Fundação Arthur Bernardes.
- VAAST, P.; ANGRAND, J.; FRANCK, N.; DAUZAT, J.; GÉNARD, M. Fruit load and branch ring-barking affect carbon allocation and photosynthesis of leaf and fruit of *Coffea arabica* in the field. *Tree Physiology* 25, 753-760. (2005)