

VARIAÇÃO SAZONAL DO METABOLISMO DE CARBOIDRATOS EM CAFÉ ARÁBICA EM TRÊS ALTITUDES¹

Helbert Rezende de Oliveira Silveira²; Kamila Rezende Dázio De Souza³; Dayane Meireles da Silva⁴; Cíntia Aparecida Andrade⁵; Lissa Vasconcellos Vilas Boas⁶; Cleide Nascimento Campos⁷; Jose Donizeti Alves⁸

¹ Trabalho financiado pela FAPEMIG – APQ 02004-11

² Doutor em Agronomia/Fisiologia Vegetal, Pós-Doutorando da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

³ Doutora em Agronomia/Fisiologia Vegetal, Pós-Doutoranda do Setor de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de Lavras, krdazio@hotmail.com

⁴ Doutoranda em Agronomia/Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Lavras, dayanemeireles@yahoo.com.br

⁵ Doutoranda em Agronomia/Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Lavras, cinthia.and@hotmail.com

⁶ Mestranda em Agronomia/Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Lavras, lissa-92@hotmail.com

⁷ Mestranda em Agronomia/Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Lavras, cleidecampos@hotmail.com

⁸ Doutor em Fisiologia Vegetal, Professor titular do Setor de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de Lavras, jdalves@dbi.ufla.br

RESUMO: A região Sul de Minas Gerais é a maior produtora de café do estado e do Brasil, marcada por grandes variações edafoclimáticas, o que faz com que a qualidade do café se expresse de maneiras distintas. As características relacionadas ao desenvolvimento e frutificação do cafeeiro são influenciadas pelo ambiente, dessa maneira, torna-se necessária a associação de estudos comportamentais da planta que permitam ampliar este conhecimento. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi investigar as alterações no metabolismo de carboidratos de plantas de *Coffea arabica* L. cv. Bourbon Amarelo sob diferentes cotas de altitudes. O estudo foi realizado no município de Carmo de Minas, localizado na Serra da Mantiqueira, onde foram selecionadas três cotas de altitudes: 965 m, 1.195 m e 1.430 m. Foram avaliados os teores de açúcar redutor, açúcar solúvel total e amido. Cafeeiros submetidos à elevada altitude apresentam maiores teores de açúcares redutores, açúcares solúveis totais e amido. Os efeitos da altitude no acúmulo de carboidratos estão relacionados principalmente às variações de temperaturas. Isso ocorre porque a temperatura possui influência direta sobre os processos regulatórios da planta, interferindo na velocidade das reações enzimáticas.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica* L., açúcar redutor, açúcares solúveis totais, amido

SEASONAL VARIATION OF CARBOHYDRATE METABOLISM IN *Coffea arabica* L. IN THREE ALTITUDES

ABSTRACT: The south of Minas Gerais is the largest coffee producer in this state and in the country. It is marked by large variations in soil and climate conditions, resulting in different kind of coffee cup quality. The features related to the development and fruiting of the coffee are highly influenced by the environment, making necessary to combine behavioral studies of plant that can widen this knowledge. The aim of this work was to investigate the changes in carbohydrate metabolism of *Coffea arabica* L. trees cv. Bourbon Amarelo under different levels of altitude. The study was conducted in Carmo de Minas, located in the Serra da Mantiqueira, where were selected three altitudes of quotas: 965 m, 1,430 m 1,195 m. We evaluated the content of reducing sugar, total soluble sugar and starch. Coffee trees submitted to high altitude have higher levels of reducing sugars, total soluble sugars and starch. The effects of altitude in the accumulation of carbohydrates are mainly related to temperature variations. This is because the temperature has a direct influence on the regulatory processes of the plant, interfering in the speed of enzyme reactions. In addition, the starch accumulation in coffee fruits is earlier at lower altitudes. Thus, grain filling is more critical in the lower altitude, since the whole plant this process in less time.

KEYWORDS: *Coffea arabica* L., reducing sugars, total soluble sugars, starch

INTRODUÇÃO

Os aspectos climáticos do local de plantio do café são determinantes para a qualidade da bebida, que é estabelecida principalmente, pelo sabor e aroma, formados durante a torração, com base em precursores presentes no grão cru. A formação e a presença destes precursores nos grãos de café dependem de fatores genéticos, fisiológicos, ambientais e fenológicos (SILVA et al., 2004a; ALPIZAR; BERTRAND, 2004; FARAH et al., 2005). A altitude e a latitude constituem os fatores mais importantes para a diferenciação de regiões cafeeiras (BARBOSA et al., 2012), pois exercem influência direta sobre a temperatura, radiação, regime de chuvas, velocidade dos ventos, pressão parcial dos gases (ÖNCEL et al., 2004; ZHU et al., 2010).

Dentre os fatores ambientais, Silva et al. (2004b) apontam que temperaturas médias mais baixas desempenham papel importante no desenvolvimento dos atributos que conferem boa qualidade de bebida ao café. Sendo que, regiões com temperaturas mais amenas proporcionam melhores condições para a maturação dos frutos, favorecendo a manifestação plena de todas as etapas bioquímicas necessárias para o desenvolvimento da qualidade da bebida, em comparação com regiões mais quentes (DECAZY et al., 2003).

A compreensão da alocação de fotoassimilados entre folhas e frutos de cafeeiro é um fator importante para se identificar os períodos de maior demanda de fotoassimilados. Com essa informação, é possível maximizar, por meio de práticas culturais, a produção de fotoassimilados nos períodos mais críticos, de forma que a planta venha a produzir carboidratos em quantidades suficientes para a manutenção do seu crescimento vegetativo, bem como, para a produção de frutos (LAVIOLA et al., 2007).

Visto que os padrões de desenvolvimento do cafeeiro são altamente influenciados pelo ambiente, torna-se necessária a associação de estudos comportamentais da planta que identifiquem e caracterizem padrões no metabolismo de carboidratos entre cafeeiros sob diferentes cotas de altitudes, como aqueles cultivados na microrregião da Serra da Mantiqueira.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com plantas adultas de *Coffea arabica* L. da cultivar Bourbon Amarelo, no município de Carmo de Minas, Serra da Mantiqueira, onde foram selecionadas três cotas de altitudes: 965 m, 1.195 m e 1.430 m. As avaliações foram realizadas nas quatro estações do ano (Primavera, Verão, Outono e Inverno), no período de Setembro de 2011 a Agosto de 2012, sendo uma avaliação por estação.

A avaliação da temperatura média foi realizada por meio de estações meteorológicas localizadas nas diferentes altitudes.

Os carboidratos solúveis foram extraídos da massa fresca de folhas pela homogeneização de 200 mg de tecido vegetal em 5 mL de tampão fosfato de potássio 100 mM pH 7,0, seguido de banho-maria por 30 minutos a 40°C. O homogenato foi centrifugado a 5.000 g por 10 minutos, coletando-se o sobrenadante. O processo foi repetido por duas vezes e os sobrenadantes, combinados (ZANANDREA et al., 2010).

Para extração do amido, os pellets foram novamente ressuspensos com 8 mL do tampão acetato de potássio 200 mM pH 4,8. Em seguida foram adicionadas 16 unidades enzima amiloglicosidase e, novamente, incubado em banho-maria a 40 °C por duas horas. Após a centrifugação a 5.000 g por 20 minutos, o sobrenadante foi coletado e o volume completado para 15 mL. Para a quantificação dos açúcares solúveis totais e do amido, foi utilizado o método da Antrona (DISCHE, 1962) e para os açúcares redutores, o protocolo descrito por Miller (1959).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa estatístico SISVAR 4.3 (Sistema de Análise de Variância Para Dados Balanceados) (FERREIRA, 2011). As médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 0,05 de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto à temperatura incidente, observou-se que na menor altitude ocorreram as maiores temperaturas incidentes em todas as estações do ano e cafeeiros situados em altitude média e alta as temperaturas tiveram poucas variações (Figura 1).

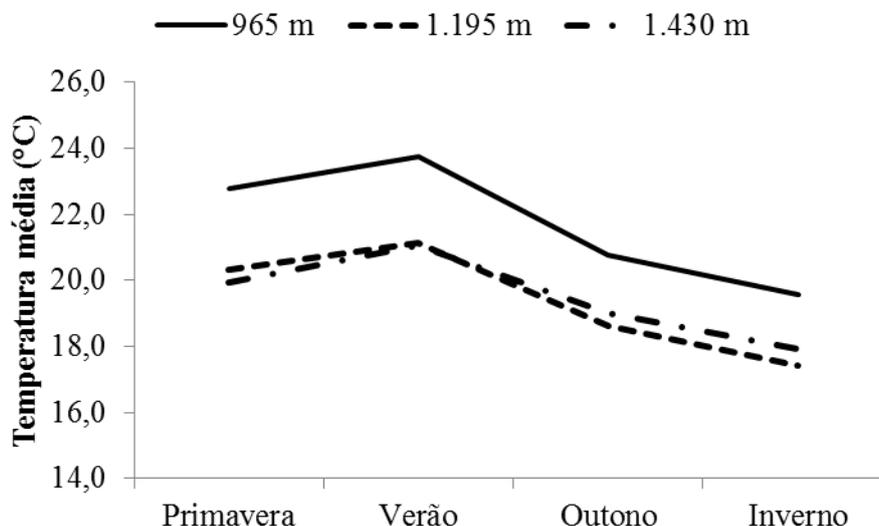


Figura 1: Temperatura média incidente em cada estação do ano nos talhões localizados em diferentes altitudes

Os teores de açúcares redutores, no geral, foram superiores na altitude mais elevada (Figura 2). Os cafeeiros situados em altitudes intermediárias apresentaram valores próximos ou inferiores aos cafeeiros sob baixa altitude, em todas as estações do ano. Para as altitudes menor e intermediária, maiores teores de AR foram encontrados no inverno, enquanto para a maior altitude os maiores teores foram encontrados no inverno e na primavera.

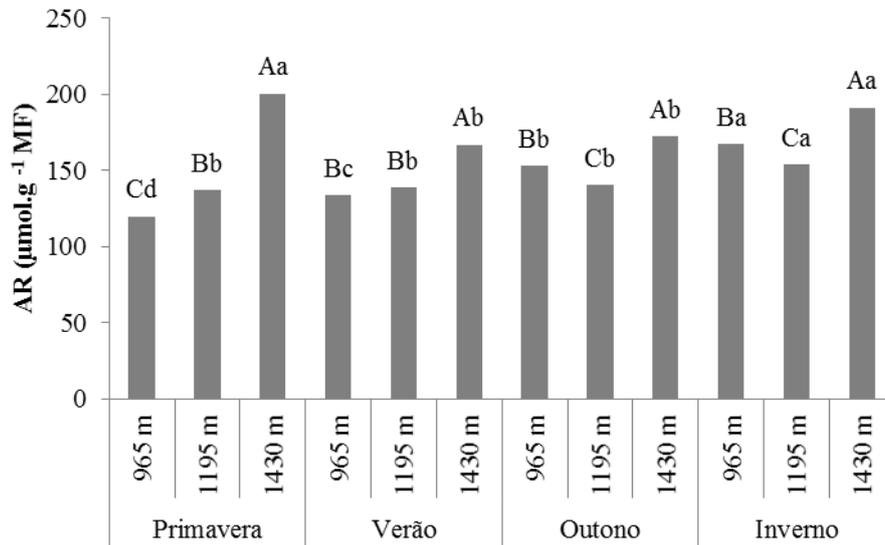


Figura 2: Açúcares redutores (AR) em folhas de cafeeiros submetidos a diferentes altitudes; 965 m, 1195 m e 1430 m nas quatro estações do ano. Letras maiúsculas comparam as altitudes em cada estação do ano e letras minúsculas comparam cada altitude ao longo das estações do ano. Letras diferentes indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade, com base no teste de Scott-Knott.

Os açúcares solúveis totais apresentaram o mesmo comportamento observado nos açúcares redutores, com maiores concentrações nas maiores altitudes em todas as estações do ano (Figura 3). Verificou-se que, na maior altitude, os açúcares solúveis totais tiveram uma redução nos seus teores, com menores valores no outono e no inverno. Como os cafeeiros nas maiores altitudes apresentaram menores temperaturas foliares (Figura 1), provavelmente, esse aumento na taxa respiratória na estação mais fria do ano foi para manter o metabolismo em níveis basais, evitando danos promovidos por baixas temperaturas.

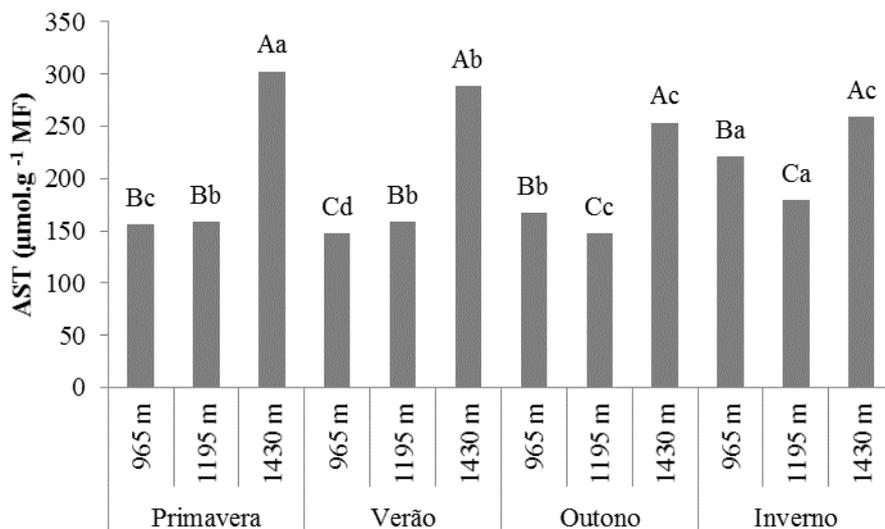


Figura 3: Açúcares solúveis totais (AST) em folhas de cafeeiros submetidos a diferentes altitudes; 965 m, 1195 m e 1430 m nas quatro estações do ano. Letras maiúsculas comparam as altitudes em cada estação do ano e letras minúsculas comparam cada altitude ao longo das estações do ano. Letras diferentes indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade, com base no teste de Scott-Knott.

Quanto ao teor de amido verificou-se que, assim como os demais carboidratos, na maior altitude havia maior concentração de amido, enquanto os menores valores foram encontrados na menor altitude (Figura 4). Enquanto no período da primavera até o inverno houve um aumento nos teores de amido nas altitudes menor e intermediária, na maior altitude houve uma redução gradual desses teores.

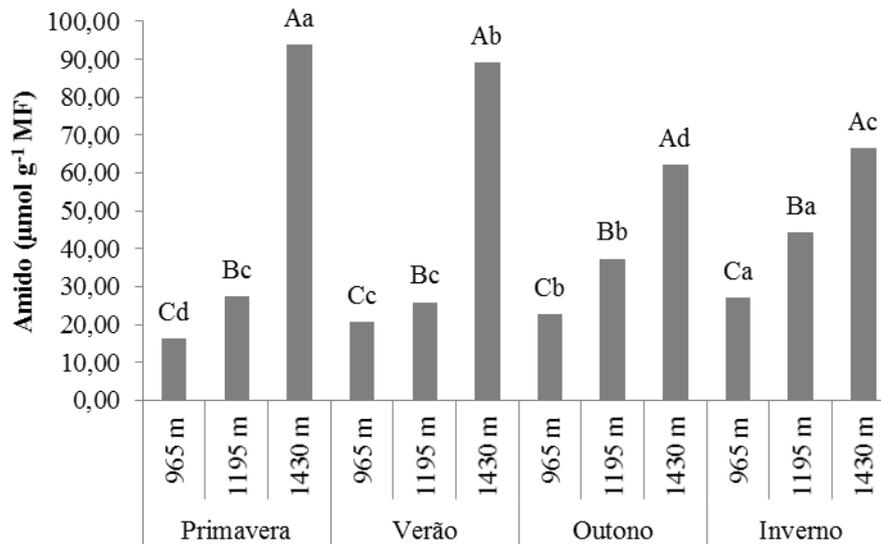


Figura 4: Teores de amido em folhas de cafeeiros submetidos a diferentes altitudes; 965 m, 1195 m e 1430 m nas quatro estações do ano. Letras maiúsculas comparam as altitudes em cada estação do ano e letras minúsculas comparam cada altitude ao longo das estações do ano. Letras diferentes indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade, com base no teste de Scott-Knott.

O menor consumo de carboidratos na maior altitude, durante o período de crescimento lento, sugere que a oferta de carbono ultrapassou a demanda metabólica da folha. Assim, pode ser proposto que o menor enfolhamento em cafeeiros sob altas altitudes não está relacionado com a limitação de carbono, mas, provavelmente, com as baixas temperaturas, corroborando com os resultados encontrados por Pompelli et al. (2010) e Batista et al. (2012). Chanishvili et al. (2007) demonstraram que o aumento da altitude levou a um acúmulo de amido nas folhas de plantas herbáceas, ocasionado por uma diminuição no seu consumo fisiológico, em decorrência da redução do crescimento.

Os efeitos da altitude no crescimento e no acúmulo de carboidratos estão relacionados, principalmente, a variações de temperaturas. A temperatura possui influência direta sobre processos regulatórios da planta, interferindo na velocidade das reações enzimáticas. O acúmulo de amido em frutos de cafeeiros é mais precoce em altitudes menores. Desta forma, o enchimento de grãos é mais crítico em condições de menor altitude, já que a planta completa esse processo em menor tempo. Além disso, em altitudes menores, plantas de cafeeiro podem sofrer maior desgaste, por apresentarem menor período de formação dos frutos. Nessas circunstâncias, as plantas necessitam absorver nutrientes e produzir carboidratos em menor espaço de tempo para suprir as necessidades dos frutos (LAVIOLA et al., 2007).

CONCLUSÕES

As diferentes altitudes exerceram importante papel no metabolismo de carboidratos, sendo que os principais efeitos no acúmulo destes foi decorrente das variações de temperaturas nas diferentes cotas de altitude utilizadas nesse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG pelo financiamento do Projeto (APQ 02004-11) e à CAPES, CNPq e FAPEMIG pela concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALPIZAR, E.; BERTRAND, B. Incidence of elevation on chemical composition and beverage quality of coffee in Central America. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN COFFEE SCIENCE, 20. 2004, Bangalore. Proceedings... Bangalore-India: ASIC, 2004. 1 CD ROOM.
- BARBOSA, J. et al. Coffee quality and its interactions with environmental factors in Minas Gerais, Brazil. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, v. 4, n. 5, p. 181-190, Mar. 2012.
- BATISTA, K. D. et al. Photosynthetic limitations in coffee plants are chiefly governed by diffusive factors. *Trees*, Santa Mônica, v. 26, n. 2, p. 459-468, Apr. 2012.

- CHANISHVILI, S. et al. Effect of altitude on the contents of antioxidants in leaves of some herbaceous plants. *Russian Journal of Ecology*, New York, v. 38, n. 5, p. 367-373, Sept. 2007.
- DECAZY, F. et al. Quality of different honduran coffees in relation to several environments. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 68, n. 7, p. 2356-2361, Sept. 2003.
- DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAM, M. L. *Carbohydrate chemistry*. New York: Academic Press, 1962. p. 477-520.
- FARAH, A. et al. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chemistry*, London, v. 98, n. 2, p. 373-380, 2005.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dec. 2011.
- LAVIOLA, B. G. et al. Alocação de fotoassimilados em folhas e frutos de cafeeiro cultivado em duas altitudes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1521-1530, nov. 2007.
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.
- ÖNCEL, I. et al. Role of antioxidant defense system and biochemical adaptation on stress tolerance of high mountain and steppe plants. *Acta Oecologica*, Paris, v. 26, n. 3, p. 211-218, Dec. 2004.
- POMPELLI, M. F. et al. Photosynthesis and photoprotection in coffee leaves is affected by nitrogen and light availabilities in winter conditions. *Journal of Plant Physiology*, Stuttgart, v. 167, n. 13, p. 1052-1060, Sept. 2010.
- SILVA, R. F. et al. Qualidade do café-cereja descascado produzido na região sul de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1367-1375, Nov./dez. 2004a.
- SILVA, E. A. et al. Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 89, n. 2-3, p. 349-357, Oct. 2004b.
- ZANANDREA, I. et al. Tolerance of *Sesbania virgata* plants to flooding. *Australian Journal of Botany*, New York, v. 57, n. 8, p. 661-669, Feb. 2010.
- ZHU, J. T. et al. Ecophysiological adaptation of *Calligonum roborovskii* to decreasing soil water content along an altitudinal gradient in the Kunlun Mountains, Central Asia. *Russian Journal of Plant Physiology*, New York, v. 57, n. 6, p. 826-832, Nov. 2010.