

# VARIAÇÕES NO CRESCIMENTO VEGETATIVO E REPRODUTIVO EM RESPOSTA À MANIPULAÇÃO DA RAZÃO FONTE:DRENO, EM *Coffea arabica* L. SOB CONDIÇÕES DE CAMPO

Roberto L. CUNHA<sup>1</sup>, E-mail: ecolisboa@yahoo.com.br; Samuel C. V. MARTINS<sup>1</sup>; Elaine F CELIN<sup>1</sup>; Ricardo WOLFGRAMM<sup>1</sup>; Karine D. BATISTA<sup>1</sup>; Ângela T. CATEN<sup>1</sup>; Agnaldo R.M. CHAVES<sup>1</sup>; Fábio M. DAMATTA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

## Resumo:

Investigaram-se alterações no crescimento vegetativo e reprodutivo em ramos plagiotrópicos de plantas de café cultivadas em campo, em resposta à manipulação da relação fonte-dreno, por meio de desfrutificação e desfolhamento controlados, tendo em vista uma alteração nas taxas de crescimento dos ramos, em função da redução da relação fonte:dreno. Os tratamentos consistiram de: (i) remoção de todos os frutos, mas mantendo-se as folhas (T1); (ii) remoção da metade da carga de frutos, mantendo-se também as folhas (T2), e; (iii) manutenção de todos os frutos e redução da área foliar à metade (T3). As avaliações de crescimento foram realizadas a partir da aplicação dos tratamentos, quando os frutos atingiram o estágio *chumbinho*. As taxas de crescimento de ramos plagiotrópicos, do número de nós formados e do ganho de área foliar foram significativamente menores nas plantas do tratamento T3 em relação às de T1. A massa seca média dos frutos foi significativamente maior (39%) em T2 que em T3. Por outro lado, a produção de frutos-bóia por planta e a abscisão de frutos por ramo foram maiores (32% e 25%, respectivamente) em T3 que em T2. Além disso, a razão área foliar:fruto, mesmo nas plantas de T2, foi consideravelmente inferior aos cerca de 20 cm<sup>2</sup> de área necessários para suportar o desenvolvimento de cada fruto de café. Isso poderia largamente explicar a porcentagem relativamente alta de frutos chochos, evidenciando que a planta não conseguiu levar a cabo, de modo eficiente, o enchimento de todos os frutos. Isso sugere que os frutos concorrem fortemente com o crescimento vegetativo, por serem considerados fortes drenos metabólicos. Os resultados indicam que a redução na razão fonte:dreno pode afetar negativamente o crescimento vegetativo do cafeeiro, concorrendo para o desenvolvimento de ciclos bienais de produção.

Palavras-chave: *Coffea*, crescimento, fruto, relação fonte:dreno

## CHANGES IN VEGETATIVE AND REPRODUCTIVE GROWTH IN RESPONSE TO SOURCE:SINK MANIPULATION IN FIELD-GROWN *Coffea arabica* L. TREES

### Abstract:

Changes in vegetative and reproductive growth in response to source/sink manipulations were through controlled defruiting and defoliation investigated in field-grown coffee trees. Treatments consisted of (i) complete defruiting and 100% leaf area (T1), (ii) half crop load and 100% leaf area (T2), and (iii) full crop load and 50% leaf area (T3). Growth evaluations started following treatment application when the fruits were at pinhead stage. Growth rates of plagiotropic branches, number of nodes and leaf area gain were significantly lower in T3 plants than in T1 plants. Mean fruit dry mass was significantly higher (39%) in T2 than in T3 individuals. On the other hand, production of partially-empty fruits per plant and fruit abscission per branch were higher (32% e 25%, respectively) in T3 than in T2 plants. In addition, the leaf area:fruit ration, even in plants T2, was considerably inferior to 20 cm<sup>2</sup>, an area value necessary to support the development of each coffee fruit. This could largely explain the relatively high percentage of chochos fruits, evidencing that the coffee trees were not able to efficiently meet fruit demand for assimilates. Taken together, the results suggest that decreasing source:sink ratio might negatively affect vegetative growth of coffee trees, thus concurring for the development of biennial cycles of production.

Key words: *Coffea*, growth, fruit, source:sink ration.

### Introdução

Em café, os frutos são fortes drenos metabólicos, acumulando altas proporções dos assimilados totais da planta, limitando, assim, a mobilização de assimilados para outros órgãos, com reflexos negativos sobre o crescimento vegetativo (Cannell, 1971a, b). Com efeito, uma carga pesada de frutos pode levar ao depauperamento da planta, limitando-lhe, sobremodo, o crescimento na estação de crescimento ativo subsequente (DaMatta, 2004). Visto que uma área foliar de 20 cm<sup>2</sup> é necessária para suportar o crescimento de cada fruto de café (Cannell, 1976), torna-se fácil perceber que a concorrência entre os crescimentos reprodutivo e vegetativo deve estar largamente envolvida na bienalidade da produção de café.

Os estudos sobre os fatores que afetam o uso e a distribuição de assimilados em cafeeiro mostraram forte influência dos frutos em desenvolvimento sobre a produção e o particionamento da matéria seca. Wormer & Ebagole (1965) verificaram que o crescimento vegetativo e o conteúdo de amido nos ramos aumentaram com o decréscimo da quantidade de frutos produzidos. Amaral *et al.* (2001) e Silva *et al.* (2004) não observaram qualquer relação entre as flutuações nos níveis de carboidratos nas folhas e a queda do crescimento vegetativo da parte aérea do cafeeiro, em Viçosa.

Os teores foliares de amido aumentaram gradualmente a partir de fins de março, atingindo níveis mais altos na época fria, quando o crescimento havia praticamente cessado (Silva *et al.*, 2004). Em plantas lenhosas, em geral, o acúmulo de amido mais parece o resultado da sua não-utilização em processos de crescimento vegetativo e de desenvolvimento dos frutos (Priestley, 1962), o que explicaria o armazenamento de carboidratos nas épocas frias, em café. O nível de amido nas folhas do cafeeiro diminuiu rapidamente, em paralelo com a retomada do crescimento vegetativo e reprodutivo; em todo o caso, a remoção de frutos pouco ou nada alterou o padrão de crescimento de ramos e de ganho de área foliar nas plantas desfrutificadas, apesar de as taxas de crescimento terem sido superiores em plantas desfrutificadas em relação às plantas com frutos (Mota *et al.*, 1997; Amaral *et al.*, 2001, 2006; Castro, 2002). A despeito dessas considerações, pouco ainda se conhece sobre como alterações da relação fonte:dreno modificariam o crescimento vegetativo e reprodutivo em café. Neste estudo, portanto, procurou-se avaliar os crescimentos vegetativo e reprodutivo em resposta à alteração da razão fonte:dreno.

## Material e Métodos

Foram utilizadas *Coffea arabica* L. cv Catuaí Vermelho IAC 44 com aproximadamente 10 anos de idade, em Viçosa (20°45'S, 42°15'W, 650 m de altitude), Minas Gerais.

O experimento foi constituído de três tratamentos. No primeiro, as plantas foram conduzidas sob condições naturais de enfolhamento, porém removendo-se todos os frutos (*T1*); no segundo tratamento, procedeu-se à remoção de metade da carga dos frutos, mantendo-se todas as folhas da planta (*T2*); no terceiro tratamento, mantiveram-se todos os frutos produzidos, mas a área foliar total foi reduzida à metade (*T3*). Foram selecionados alguns ramos plagiotrópicos por cada planta, dentro de cada tratamento. Esses ramos tinham de 12 a 14 folhas completamente expandidas e cerca de 100 a 120 frutos. Para aumentar-se a uniformidade, ao aplicarem-se os tratamentos, foram deixados, nos ramos selecionados, seis ou 12 folhas expandidas, e 0, 50 ou 100 frutos, conforme o tratamento. Nesses ramos, procederam-se às medições de crescimento vegetativo. A desfrutificação foi realizada, removendo-se frutos no estágio de *chumbinho*.

O crescimento de ramos e folhas foi avaliado mensalmente, de novembro de 2005 a março de 2006, e o de frutos, quinzenalmente, de novembro de 2005 a junho de 2006. O crescimento dos frutos foi avaliado com base na massa fresca, massa seca e volume. A massa fresca foi obtida pela pesagem individual de seis amostras de 100 frutos, aleatoriamente colhidos. O volume foi determinado a partir dessas mesmas seis amostras de frutos, por meio do deslocamento de água; a massa seca dessas amostras foi obtida após a secagem dos frutos, a 70°C, por 72 h. Os frutos foram obtidos de um lote extra de plantas.

Para a medição do crescimento de ramos, foram selecionados quatro ramos plagiotrópicos primários, no terço superior da copa da planta. De cada um desses ramos foram tomados o comprimento, com auxílio de uma fita métrica. O número de novos entrenós surgidos ao longo do experimento foi também registrado.

Em cada planta, foram identificados dois ramos do terço superior, nos quais foi determinada a dimensão de cada folha do lado direito do ramo, tomando-se o comprimento e a maior largura. Com as dimensões foliares, foi estimada a área foliar, por meio da equação  $L = 0,667 X$  (Barros *et al.*, 1973), em que a variável independente é o retângulo circunscrito à folha. O ganho de área foliar foi estimado a partir do seu incremento dividido pelo número de dias correspondentes ao intervalo de tempo entre as avaliações.

Para se verificar o efeito da desfrutificação e desfolhamento sobre a produção, foi realizada a colheita dos frutos maduros, conforme prática usual adotada por produtores da região, por meio de derriça manual em pano colocado sob as plantas, em seguida vertidos em um tanque contendo água para avaliar-se a massa de “frutos-bóia”, frutos de menor densidade do que a da água, e de frutos normais, mais densos. Além disso, em ramos previamente marcados, foram tomados, ao final de março de 2006, o número de folhas e frutos, a área foliar e a massa seca dos frutos e a porcentagem de abscisão de frutos. A massa seca do café em coco, por planta, foi determinada por meio da secagem em terreiro, com padronização do teor de umidade para 13% e posterior pesagem.

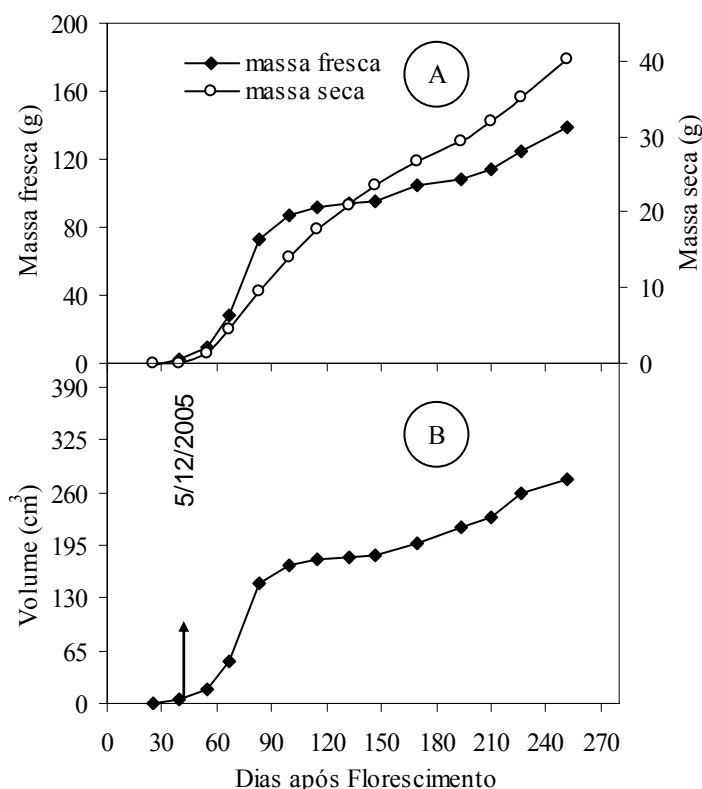
## Resultados e Discussão

As avaliações experimentais foram feitas durante a fase de crescimento ativo do cafeeiro, que se estende de setembro a março, em Viçosa (Barros & Maestri, 1972, 1974; Mota *et al.*, 1997; Amaral *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2004), período em que as temperaturas foram elevadas e as chuvas abundantes. Em função da distribuição adequada das chuvas, é pouco provável que as plantas tenham sofrido de déficit hídrico.

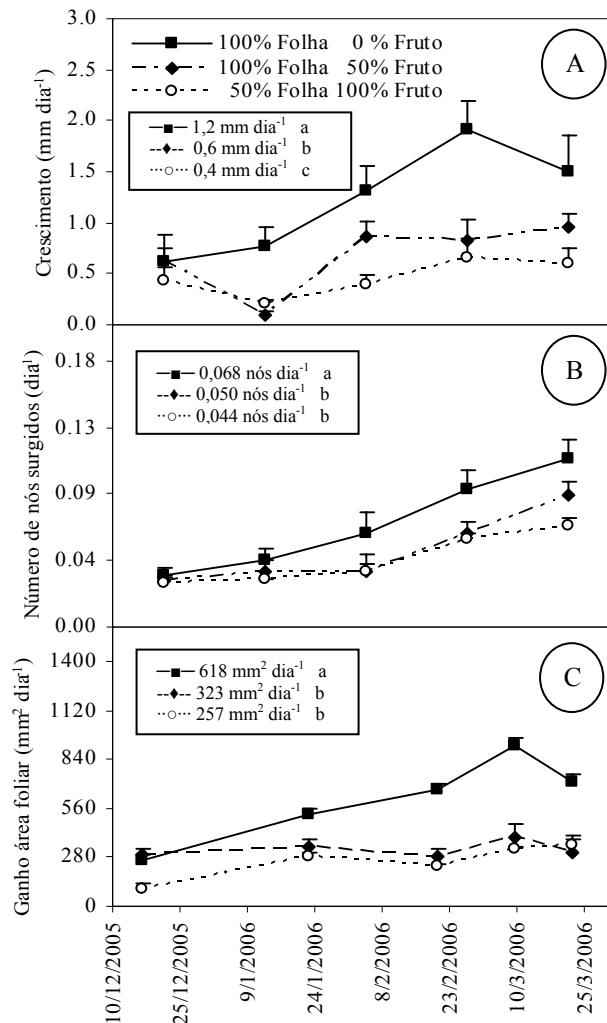
O crescimento do fruto do café, tomando-se por base variações na massa fresca e no volume, seguiu uma curva sigmoideal dupla (Figura 1 A, B), a exemplo do observado por Cannell (1974, 1985), Castro (2002), Cavalari (2004) e Geromel (2006). Entretanto, em base de massa seca, observou-se um lento crescimento até 50 dias após o florescimento (DAF) e, posteriormente, o ganho de massa seca foi praticamente linear (Figura 1 A). Estes dados corroboraram os de Clowes (1977), mas contrastam com as observações de Cannell (1974, 1985) e de Castro (2002) nas quais o padrão de crescimento dos frutos foi muito similar, independentemente se avaliado com base na massa fresca, massa seca ou volume. Nas plantas em que foram removidos os frutos, o crescimento vegetativo foi maior que nas plantas não-desfrutificadas (Figura 2). Tomando-se as plantas de *T1* como uma referência, o crescimento de ramos plagiotrópicos em *T2* e em *T3* foi, respectivamente, 49 e 24% daquele observado em *T1*. O número de nós surgidos e o ganho de área foliar também decresceram, na medida em que a razão folha:fruto foi diminuída (Figura 2 A, B). De fato, os parâmetros de crescimento foram significativamente influenciados pelos tratamentos aplicados, à exceção das primeiras avaliações, quando se

observaram, de modo geral, número de nós surgidos e ganho de área similares aos de plantas parcialmente desfrutificadas e com plena carga de frutos (Figura 2 B, C). Estes resultados confirmam as observações de vários autores (e.g. Cannell, 1970, 1971 a, b, 1974; Barros *et al.*, 1997; Mota *et al.*, 1997; Amaral *et al.*, 2001, 2006), i.e., sob forte frutificação, os frutos do cafeeiro tornam-se drenos preferenciais e são capazes de importar assimilados de outras regiões da planta, restringindo o suprimento para os pontos vegetativos e, por conseguinte, a expansão dos ramos. Registre-se que, nas primeiras avaliações após a aplicação dos tratamentos, poucas foram as diferenças nas taxas de crescimento e de número de nós surgidos entre as plantas parcialmente desfrutificadas e aquelas com plena carga de frutos, conforme já observado por Carvalho (1985). O fato de os frutos encontrarem-se na fase de *chumbinho*, quando são considerados drenos metabólicos fracos (Maestri *et al.*, 2001), pode largamente explicar esse comportamento.

A produção total de frutos, em base de massa seca, como era de se esperar, foi maior em T3 (Tabela 1). Contudo, cumpre ressaltar que a produção média dos frutos em T2 correspondeu a 71,6% da de T3, fato possivelmente associado ao (i) incremento de 39% na massa seca média dos frutos em T2 quando comparada à de T3 e (ii) à menor produção de frutobóia em T2 em relação à de T3 (Tabela 1). O incremento médio (39%) na massa seca de cada fruto das plantas de T2 em relação às de T3, foi ligeiramente maior que o incremento (~25%) observado por outros autores (Clowes & Wilson, 1977; Carvalho, 1985) trabalhando com cafeeiros parcialmente desfrutificados. Conforme demonstrado por Vaast *et al.* (2006),



**Figura 1** - Crescimento de frutos do cafeeiro, em base de massa (A) e volume (B). Cada ponto representa a média de seis amostras de 100 frutos. A barra de erro-padrão foi menor que o tamanho dos símbolos. A seta mais à esquerda indica a data de aplicação dos tratamentos. Atentar para as diferenças de escalas na Figura 1A



**Figura 2** - Efeito da manipulação artificial na relação fonte:dreno sobre o crescimento de ramos plagiotrópicos primários por ramo (A), número de nós por ramo (B) e ganho de área foliar por ramo (C) em plantas de café cultivadas no campo. Foram aplicados três tratamentos: 100% folhas e 0% de frutos, 100% folhas e 50% de frutos, e 50% folhas e 100% de frutos. Cada ponto representa a média  $\pm$  erro-padrão ( $n = 6$ ). Quando não visível, a barra de erro-padrão é menor que o tamanho do símbolo. Nos retângulos internos às figuras, apresenta-se a taxa média de crescimento, de número médio de nós surgidos e o ganho médio de área foliar, ao longo do experimento; valores seguidos por letras diferentes são estatisticamente diferentes entre si ( $p \leq 0,05$ ; teste de Newman-Keuls)

quando a carga de frutos é pesada, há competição por carboidratos entre os frutos, fato que afeta fortemente o tamanho final do grão, a composição bioquímica e a qualidade da bebida. Como um todo, esses resultados contrastam com os de Cannell (1974) e Castro (2002), que observaram que o tamanho das sementes foi pouco afetado pela carga de frutos e tampouco pelo desfolhamento parcial. Tomando-se essas informações em conjunto, parece haver considerável plasticidade genotípica em café arábica no que respeita ao tamanho (massa) do grão, em resposta a alterações da razão fonte:dreno. Com efeito, a porcentagem de frutos-bóia foi de 20% em  $T_2$ , e de 32% em  $T_3$ , em relação à produção total de frutos, sugerindo que, nas condições deste experimento, houve enchimento deficiente dos endospermas das sementes. Registre-se que, ao final do experimento, a razão área foliar:fruto foi 13,4 e 4,7  $\text{cm}^2 \cdot \text{fruto}^{-1}$  e a porcentagem de abscisão de frutos por ramo foi de 13 e 25%, respectivamente, em  $T_2$  e  $T_3$  (Tabela 2).

**Tabela 1** - Efeito da manipulação artificial na relação fonte:dreno sobre a produção de frutos de café por planta e massa seca de 100 frutos. Frutos normais são os de maior densidade que a da água, e os frutos-bóia, de menor densidade. Cada valor representa a média  $\pm$  erro-padrão ( $n = 6$ ). Valores seguidos por letras diferentes diferem estatisticamente entre si ( $p \leq 0,05$ ; teste de Newman-Keuls)

Tratamentos		Massa seca frutos.planta <sup>-1</sup> (g)		
		Frutos normais	Frutos-bóia	Normais + Bóia
100% Folhas	0% Frutos (T1)	—	—	—
100% Folhas	50% Frutos (T2)	1186 $\pm$ 106 <sup>a</sup>	298 $\pm$ 57 <sup>b</sup>	1485 $\pm$ 137 <sup>b</sup>
50% Folhas	100% Frutos (T3)	1326 $\pm$ 89 <sup>a</sup>	748 $\pm$ 159 <sup>a</sup>	2075 $\pm$ 213 <sup>a</sup>
Nível de significância		$p = 0,3418$	$p = 0,0239$	$p = 0,0425$
Tratamentos		Massa seca de 100 frutos (g)		
		Frutos normais	Frutos-bóia	Normais + Bóia
100% Folhas	0% Frutos (T1)	—	—	—
100% Folhas	50% Frutos (T2)	71 $\pm$ 3,2 <sup>a</sup>	59 $\pm$ 1,4 <sup>a</sup>	65 $\pm$ 1,6 <sup>a</sup>
50% Folhas	100% Frutos (T3)	51 $\pm$ 2,1 <sup>b</sup>	47 $\pm$ 1,2 <sup>b</sup>	48 $\pm$ 1,5 <sup>b</sup>
Nível de significância		$p = 0,0002$	$p = 0,0000$	$p = 0,0001$

**Tabela 2** - Efeito da manipulação artificial na relação fonte:dreno sobre a razão área foliar por fruto e porcentagem de abscisão de frutos, medidas em quatro ramos previamente marcados por planta. Cada valor representa a média  $\pm$  erro-padrão ( $n = 6$ ). Vide a legenda da Tabela 1 para detalhes estatísticos

Parâmetros	Tratamentos			Nível de significância
	100% Folhas 0% Frutos	100% Folhas 50% Frutos	50% Folhas 100% Frutos	
Razão área foliar:fruto (cm <sup>2</sup> .fruto <sup>-1</sup> )	—	13,4 $\pm$ 3,2 <sup>a</sup>	4,7 $\pm$ 1,0 <sup>b</sup>	$p = 0,0054$
Abscisão de frutos (%)	—	13,4 $\pm$ 4,2 <sup>b</sup>	24,9 $\pm$ 3,6 <sup>a</sup>	$p = 0,0088$

A razão área foliar:fruto, mesmo nas plantas de T2, foi consideravelmente inferior aos cerca de 20 cm<sup>2</sup> de área necessários para suportar o desenvolvimento de cada fruto de café (Cannell, 1985). Isso poderia largamente explicar a porcentagem relativamente alta de frutos chochos, evidenciando que a planta não conseguiu levar a cabo, de modo eficiente, o enchimento de todos os frutos. Plantas lenhosas, de modo geral, ajustam sua carga de frutos à disponibilidade de carboidratos e de minerais (Kozłowski & Pallardy, 1997), via aumentos da capacidade fotossintética e, mais particularmente, via abscisão de frutos. Não obstante, os baixos percentuais de abscisão de frutos ora observados parecem corroborar a sugestão de Cannell (1985). Segundo este autor, o cafeeiro produz poucas flores em seu ambiente nativo sombreado e, portanto, não teria necessidade de desenvolver, ao longo de sua evolução, mecanismos para manter sua carga de frutos balanceada com a disponibilidade de carboidratos. Assim, o cafeeiro tende a levar a cabo o enchimento de todos os frutos formados após a fase de expansão do fruto (Cannell, 1985). Portanto, neste experimento, a falta de uma área foliar compatível com a carga pode ter resultado na formação de frutos mal desenvolvidos. Isso deve concorrer para o depauperamento do cafeeiro e para o desenvolvimento de ciclos bienais de produção (DaMatta, 2004).

## Conclusões

Os resultados indicam que a redução na razão fonte:dreno pode afetar negativamente o crescimento vegetativo do cafeeiro, concorrendo para o desenvolvimento de ciclos bienais de produção.

## Referências Bibliográficas

- Amaral J.A.T.; DaMatta F.M.; Rena A.B. (2001) 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* 13, 66-74.
- Amaral J.A.T.; Rena A.B.; Amaral F.A.T. (2006) Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 41, 377-384.
- Barros R.S.; Maestri M. (1972) Periodicidade de crescimento em café. *Revista Ceres* 19, 424-448.
- Barros R.S.; Maestri M.; Vieira M.; Braga-Filho L.J. (1973) Determinação da área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. Bourbon Amarelo). *Revista 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.). *Revista Ceres* 21, 268-279.
- Barros R.S.; Mota J.W.S.; DaMatta 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 Research* 54, 65-72.
- Cannell M.G.R. (1970) The contribution of carbohydrates from vegetative laterals to the growth of fruits on the bearing branches of *Coffea arabica*. *Turrialba* 20, 15-19.
- Cannell M.G.R. (1971a) Effects of fruiting, defoliation and ring-barking on the accumulation and distribution of dry matter in branches of *Coffea arabica* L. in Kenya. *Experimental Agriculture* 7, 63-74.
- Cannell M.G.R. (1971b) Production and distribution of dry matter in trees of *Coffea arabica* L. in Kenya as affected by seasonal climatic differences and the presence of fruits. *Annals of Applied Biology* 67, 99-120.
- Cannell M.G.R. (1974) Factors affecting arabica coffee bean size in Kenya. *Journal of Horticultural Science* 49, 65-76.
- Cannell M.G.R. (1976) Crop physiological aspects of coffee bean yield. A review. *Kenya Coffee* 41, 245-53.
- Cannell M.G.R. (1985) Physiology of coffee crop. In: Clifford M.N.; Willson K.C. (Eds.), *Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage*. Croom Helm, London, 108-134 p.
- Castro A.M. (2002) *Efeito de desfrutificações sequenciadas sobre o crescimento e a produção do cafeeiro arábico*. Viçosa, UFV, Tese (DS), 106 p.
- Carvalho C.H.S. (1985) *Relação entre a seca de ramos e a produção, teor de amido e morte de raízes da progênie de Catimor UFV-1359 (Coffea arabica L.)*. Viçosa, UFV, Tese (MS), 43 p.
- Cavalari A.A. (2004) *Invertase ácida, sintase da sacarose e o metabolismo de açúcares no desenvolvimento de sementes de café (Coffea arabica L.)*. Campinas, UNICAMP, Tese (MS), 73 p.
- Clowes M.S.J. (1977) Study of the growth of the *Coffea arabica* L. fruits in Rhodesia. *Rhodesia Journal of Agricultural Research* 15, 89-93.
- Clowes M.S.J.; Wilson J.H. (1977) The growth and development of lateral branches of *Coffea arabica* L. in Rhodesia. *Rhodesia Journal of Agricultural Research* 15, 171-85.
- DaMatta F.M. (2004) Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. *Field Crops Research* 86, 99-114.
- Geromel C. (2006) *Metabolismo de sacarose em frutos de café*. Campinas, UNICAMP, Tese (DS), 115 p.
- Kozłowski T.T.; Pallardy S.G. (1997) *Physiology of woody plants*, Academic Press, San Diego, 441 p.
- Maestri M.; Barros R.S.; Rena A.B. (2001) Coffee. In Last F.T. (Ed.), *Tree crop ecosystems*. Elsevier, Amsterdam. 339-360 p.
- Mota J.W.S.; DaMatta F.M.; Barros R.S.; Maestri M. (1997) Vegetative growth in *Coffea arabica* as affected by irrigation, daylength and fruiting. *Tropical Ecology* 38, 73-79.
- Priestley C.A. (1962) *Carbohydrate resources within the perennial plant*. Commonwealth Agricultural Bureaux, England, 116 p.
- Silva E.A.; DaMatta F.M.; Ducatti C.; Regazzi A.J.; Barros R.S. (2004) Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. *Field Crops Research* 89, 349-357.
- Vaast P.; Bertrand B.; Angrand J.; Perriot J.J.; Guyot B.; Génard M. (2006) Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. *Journal of Science and Food Agriculture* 86, 197-204.
- Wormer T.M.; Ebagole H.E. (1965) Visual scoring of starch in *Coffea arabica* L. II. Starch in bearing and non-bearing branches. *Experimental Agriculture* 1, 41-53.