

ISSN 0104-1347

Crescimento do fruto do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Acaiá, CP 474/19 e suas relações com variáveis meteorológicas em dois sistemas de plantio, no cerrado de Uberaba-MG ¹

Fruit growth of coffee plants (*Coffea arabica* L.), cv.
Acaia, CP 474/19 and its relationships with
meteorological variables in two planting systems in the
cerrado of Uberaba, Minas Gerais State, Brazil

Wilson Jesus da Silva² e Clovis Alberto Volpe³

Resumo – O trabalho teve por objetivo comparar a dinâmica do crescimento do fruto de café (*Coffea arabica* L. cv. Acaiá, CP 474/19) por meio da determinação das massas fresca e seca no plantio largo (MFL e MSL) e no plantio adensado (MFA e MSA), em observações decêndias. Aos dados obtidos ajustou-se um modelo logístico de crescimento, gerando uma curva sigmoideal, permitindo identificar três períodos distintos de crescimento. Os valores máximos observados foram: MFL de 1,7200 g, MFA de 1,6486 g, MSL de 0,7001 g e MSA de 0,6376 g. As taxas de crescimento foram praticamente iguais: no MFL de 0,0299 g d⁻¹, no MSL de 0,0294 g d⁻¹, no MFA de 0,0305 g d⁻¹ e no MSA de 0,0286 g d⁻¹. Por análises de regressão, foram estabelecidas relações entre os pesos dos frutos e os acúmulos de radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel e graus-dia. Foram acumulados durante o crescimento do fruto, 1771 MJ m⁻² de radiação fotossinteticamente ativa, em ambos os plantios, e 3235 graus-dia, no plantio largo, e 3342,4 graus-dia, no plantio adensado.

Palavras-chave: café, radiação solar, temperatura, graus-dia.

Abstract-The objective research was to compare the dynamic the fruit growth of coffee plant (*Coffea arabica* cv. Acaia, CP474/19) by determination of fresh and dry masses at ten-day intervals, in two planting systems, one more spaced and another in high density. Observed data were well described by a logistic growth function, originating a sigmoidal curve, by wich three characteristic phases of fruit development can be distinguished. The maximum fresh and dry weights were 1.72 and 0.70 g fruit⁻¹ at more spaced planting and 1.65 and 0.64 g fruit⁻¹ in high density. Relative growth rates were similar for both variables. By using regression analysis, relationships of fresh and dry asses with intercepted photosynthetically active radiation (PAR) and accumulated growing degree-day 5 during development of fruit were found. During he fruit growth, an accumulation of 1771 MJ m⁻² of PAR in both planting systems and of 3235° Cd in more spaced planting system and 3342.4° Cd in high density was observed.

Keywords: coffee, solar radiation, temperature, degree-day

¹Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor financiada pela UNESP e EMBRAPA.

²Aluno de Doutorado em Produção Vegetal/UNESP-Jaboticabal, wilsonepamig@terra.com.br

³Professor Adjunto do Departamento de Ciências Exatas/UNESP-Jaboticabal/SP, cavolpe@fcav.unesp.br

Introdução

O crescimento e desenvolvimento do fruto de café ocorrem em três fases: a primeira, caracterizada por um crescimento lento, a segunda por um crescimento mais rápido e a terceira, por um crescimento acompanhado de sua maturação, cuja duração é variável com a cultivar e as condições climáticas (SALAZAR-GUTIÉRREZ et al., 1994). RAMAIAH & VASUDEVA (1969) e OYEBADE (1976) afirmam que a duração da fase de crescimento lento seria de apenas 15 dias. LEON & FOURNIER (1962) e WORMER (1964), ao considerarem quatro fases de crescimento, afirmam que o período lento é de 28 dias, sendo a segunda fase de crescimento rápido e contínuo até próximo dos 60 dias, entrando em seguida novamente numa fase lenta, que corresponde ao endurecimento do endocarpo e à formação do endosperma, em um período próximo dos 100 dias. A quarta e última fase considerada pelos autores inicia-se com a maturação dos frutos.

Segundo WORMER (1964) e OYEBADE (1976), têm-se observado diferenças nos períodos de crescimento de espécies e cultivares. Existem registros de uso de vários tipos de curvas para descrever o crescimento do fruto em massa fresca e em massa seca, como a sigmoideal, a dupla sigmoideal, a linear, ou mesmo sem um ajuste estatístico. CALBO et al. (1989) e PORTES & CASTRO JUNIOR (1991) sugerem, ainda, utilizar nas análises de crescimento métodos analíticos para a comparação da interação genótipo e ambiente, o que não seria possível utilizando outros programas de análise de crescimento. Desta forma, tem-se tentado relacionar o crescimento com diferentes variáveis climáticas. Todavia são poucos os estudos realizados sobre o crescimento do fruto de café. RAMAIAH & VASUDEVA (1969) em estudo com *C. arabica* e *C. canephora* no sul da Índia, observaram curvas bi-sigmoideais, apresentando três distintos períodos máximos de crescimento para o aumento nas massas fresca e seca, e GOMEZ (1977) com a variedade Caturra, na Colômbia, determinou a evolução semanal do diâmetro do fruto e sugeriu o uso de uma curva com tendência, também, tipo sigmoideal dupla. SALAZAR-GUTIÉRREZ et al. (1994), trabalhando com a variedade Colombia, na Colômbia, utilizaram

curvas de tendência sigmoideal. SUAREZ (1979), também na Colômbia, com a variedade Caturra de três anos e em medições semanais de diâmetro do fruto, determinou seu crescimento em quatro períodos: primeiro, com crescimento lento e duração média de 36 dias; segundo, com crescimento rápido e duração média de 76 dias; terceiro, com crescimento novamente lento e com duração média de 78 dias; o último período terminou com a maturação do fruto, correspondendo a 27 dias, em média.

JARAMILLO-ROBLEDO & GUSMAN (1984) estudaram o crescimento do fruto de café Caturra em locais e épocas diferentes com o objetivo de estabelecer relações entre as variáveis climáticas e o crescimento do fruto. Analisaram a relação do diâmetro do fruto de duas floradas com a soma térmica durante seu desenvolvimento. Da florada até a maturação foram observadas 2560 e 2445 unidades térmicas, respectivamente em relação às épocas de floração.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de comparar a dinâmica do crescimento do fruto de café (*Coffea arabica* L. cv. Acaiá, CP 474/19), por meio da determinação das massas fresca e seca em observações decendiais, em dois sistemas de plantios e avaliar suas relações com variáveis meteorológicas.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Universidade de Uberaba, município de Uberaba (MG), em uma plantação de *Coffea arabica* L cv. Acaiá, CP 474/19, sob pivô central. A área experimental encontra-se a 48°01'38"W (longitude); 19°31"S (latitude) e 842m (altitude).

As normais climatológicas de Uberaba (1961-1990) são: temperatura média anual de 21,9°C; temperatura máxima média anual de 29,1°C; temperatura mínima média anual de 16,6°C; precipitação pluvial anual de 1589,4 mm; umidade relativa média anual de 73,4 %; insolação média anual de 2713,2 horas (BRASIL, 1992). As condições meteorológicas, dentro do período trabalhado e no local do experimento, foram temperatura média do ar de 21,0 °C, temperatura mínima média de 17,8 °C, temperatura máxima média de 29,0 °C, umidade relativa de 72,5 % e precipitação pluvial de 1919,8 mm. Além da

precipitação maior que a média normal, foram realizadas irrigações suplementares para os períodos com chuvas abaixo da evapotranspiração de referência.

Amostragem de frutos

As amostras de frutos foram coletadas em plantas com 42 meses de idade (início do experimento) e 52 meses (final do experimento) em dois sistemas de plantio: largo, no espaçamento 4,0 m x 1,0 m, com uma densidade de 2500 plantas por hectare; adensado, no espaçamento 1,0 m x 0,5 m e densidade de 20.000 plantas por hectare. Foram selecionadas 110 plantas, em cada sistema de plantio. O estudo iniciou-se em 1º de outubro de 2002, com a floração. Em cada sistema de plantio foram selecionados e marcados dois ramos no terço superior da planta, por apresentarem maior floração. A cada 10 dias colheram-se os frutos dos dois ramos previamente marcados em 5 plantas. Essa operação foi repetida 22 vezes até a maturação final dos frutos. Um outro ramo, também no terço superior, foi marcado para que fossem medidos após a maturação até a queda natural do fruto. Esta operação pós-maturação repetiu-se por cinco vezes, totalizando 27 amostras.

O material colhido foi colocado em sacos plásticos de massa conhecida, hermeticamente fechados. Após a determinação da massa fresca, utilizando uma balança analítica de 0,0001 g de precisão, os frutos foram colocados em saco de papel e secos a 80°C em estufa com fluxo de ar, até obter peso constante, obtendo-se a massa seca. A umidade dos frutos foi calculada em base úmida, por meio da expressão: $U = (MF - MS) / MF$, onde: U é a umidade do fruto em %, MF é o massa fresca e MS é o massa seca, ambos em g.

Modelagem do crescimento do fruto

Entre as várias equações indicadas para a obtenção dos índices de crescimento, a equação do modelo logístico foi utilizada nas relações entre as massas fresca e seca dos frutos de cafeeiro nos plantios largo e adensado:

$$Y_t = a / \{1 + \exp[-k(t - xc)]\},$$

Na qual: Y_t é a média da massa fresca ou massa

seca no tempo t ; a é o máximo valor ou assíntota do peso de acordo com o peso ajustado; xc é o parâmetro de posição ou deslocamento da curva; k é a taxa relativa de crescimento; t é o decêndio.

Dados meteorológicos e área foliar

Os dados meteorológicos foram obtidos da seguinte forma: a) radiação solar global (Rg) e temperatura do ar (T), respectivamente com um piranômetro de fotodiôdo de silício, Li-Cor e um termistor Vaisala, instalados em estação meteorológica automática (EMA) sobre gramado, a 80 m distante do experimento; b) radiação solar fotossinteticamente ativa incidente RFA (I_0), com quantômetro de fotodiôdo de silício, situado a 4,0 m do experimento e 0,2 m acima do nível das plantas; c) radiação solar fotossinteticamente ativa transmitida RFA (I_t) e temperatura do ar no interior dos talhões nos plantios largos (TL) e adensado (TA), a 1,5 m do solo, com os mesmos sensores já citados. Os dados foram armazenados a cada hora, em datalogger (Campbell, modelo 21x).

Para a recuperação de dados nos períodos sem medições, foram estabelecidas análises de regressão entre: a) TL e TA e a temperatura medida na EMA [T(EMA)]; b) RFA(I_0) e a irradiância solar global (Rg) da EMA [Rg(EMA)]. As equações obtidas foram: TL = 1,0108 T (EMA), com $R^2 = 0,988$; TA = 1,0369 T (EMA), com $R^2 = 0,978$; RFA = 0,3908 Rg, com $R^2 = 0,9296$.

Com os dados da RFA acima do dossel (I_0), os dados da RFA do interior dos talhões (I_t) e os índices de área foliar (IAF), calcularam-se os coeficientes de extinção (K) para cada sistema de plantio, através da equação modificada por Monsi & Saeki, 1953, citados por LARCHER (2000).

O índice de área foliar (IAF) foi determinado para cada sistema de plantio pela relação:

$$IAF = AF/AU;$$

Na qual AF é a área foliar, em dm²; AU é a área das projeções das copas (área útil), em dm².

As áreas foliares foram estimadas medindo o comprimento e a largura de todas as folhas colhidas em cada parcela. Um fator de correção foi

determinado, utilizando-se 100 folhas de cada sistema de plantio, medindo-se o valor real da área de cada folha, através do medidor de área foliar (Delta-T Devices), e correlacionando-a com o produto do comprimento (C) e largura (L) da mesma folha. O fator de correção encontrado para os dois sistemas de plantio foi igual a 0,70. Posteriormente, aplicou-se a seguinte expressão:

$$AF = 0,70 \sum_{i=1}^n (C_i \cdot L_i),$$

na qual n é o número total de folhas de uma planta em cada sistema de plantio.

Em seguida determinou-se o coeficiente de extinção (K):

$$K = - \ln (I_t / I_0) / IAF$$

Com o coeficiente de extinção determinado, a RFA (I₀) estimada a partir da Rg (EMA) e o IAF medido por decêndio em cada sistema de plantio, calculou-se a RFA interceptada (I_i) pelas folhas e frutos das plantas de café em cada sistema de plantio:

$$I_i = I_0 [1 - \exp (-K \cdot IAF)]$$

Os valores TL, TA, e RFA (I_i) utilizados para estabelecer as regressões lineares foram obtidos através de sensores de temperatura; tipo termistor (marca Vaisala), com resolução de 0,1°C, e de quantômetro de fotodiodo de silício, da Li-Cor, com resolução 0,2 kW m⁻² mV⁻¹. Os valores de RFA (I_i) utilizados nos cálculos dos coeficientes de extinção foram obtidos através de sensores de células de silício da Kipp-Zonen, com resolução 0,2 kW m⁻² mV⁻¹.

O valor de RFA (I_i) foi acumulado a cada dez dias para estabelecer a correlação com o crescimento e desenvolvimento do fruto.

Calculou-se a temperatura média diária e posteriormente determinou-se a soma térmica (ST), tomando a temperatura-base de 10°C, que abaixo da qual o crescimento do fruto é inibido (JARAMILLO-ROBLEDO & GUZMAN, 1984), pela expressão:

$$ST = \sum_i^n (T_i - T_b)$$

Na qual ST é a soma térmica, em graus-dia; T_i é a temperatura média diária no tempo i; em °C; T_b é a temperatura base, em °C, e n é o número de dias do período.

Resultados e Discussão

Crescimento do fruto

Nas Figuras 1 e 2, procurou-se mostrar as variações morfológicas, sofridas pelo fruto de café durante o seu crescimento e desenvolvimento, desde a floração até a sua maturação, além de evidenciar o seu crescimento em relação a sua massa fresca e seca após a maturação até a sua colheita com 270 dias, época em que os frutos começaram a cair naturalmente (Tabela 1).

O fruto de café cresceu, praticamente, em 3 fases (Figura 1 e 2). A primeira fase começou no final da floração e foi até aos 60 dias, aproximadamente, e se caracterizou por um crescimento lento. Nessa fase, ocorreu aumento médio de 0,70 mg/dia, em massa fresca e de 0,14 mg/dia em massa seca, no plantio largo. No plantio adensado esse crescimento, em média, foi de 0,63 mg/dia em massa fresca e 0,12 mg/dia em massa seca. O fruto era verde e tinha um diâmetro aproximado de 4 mm. No seu interior havia uma substância gelatinosa e sem formação ainda do endosperma, predominando um tecido tegumentoso. A segunda fase compreendeu o crescimento do fruto dos 61 aos 180 dias, aproximadamente, e se caracterizou por um crescimento rápido, tanto em tamanho quanto em massa fresca e seca. O fruto apresentou um crescimento médio de 9,61 mg/dia em massa fresca e 2,97 mg/dia em massa seca no plantio largo, sendo que, no plantio adensado essas massas foram de 9,49 mg/dia e 2,96 mg/dia, respectivamente. Nessa fase o interior do fruto era bastante aquoso, com 88 % de água até seus 120 dias. A partir deste momento começou a perder água, ocorrendo o endurecimento do endosperma, ou seja, a formação da semente (LEON & FOURNIER, 1962; WORMER, 1964; SALAZAR-GUTIÉRREZ et al., 1994). A terceira fase compreendeu o crescimento do fruto dos 181 dias até,

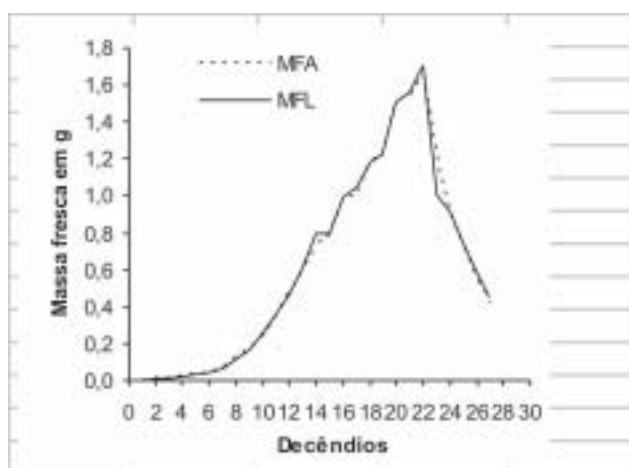


Figura 1 - Crescimento do fruto de *Coffea arabica* L. cv. Acaiaí, CP 474/19 em plantios largo e adensado, em massa fresca por decêndio.

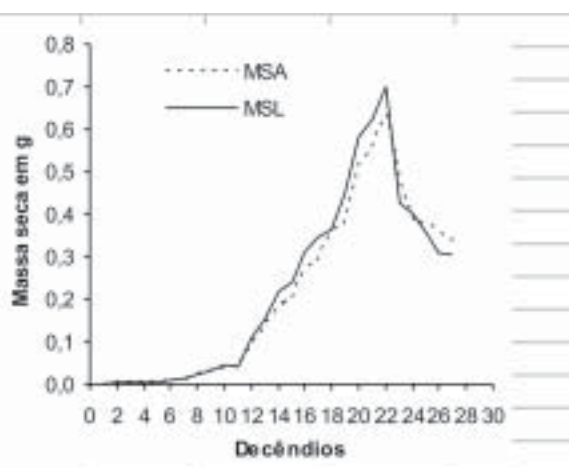


Figura 2 - Crescimento do fruto de *Coffea arabica* L. cv. Acaiaí CP 474/19 em plantios largo e adensado, em massa seca por decêndio.

aproximadamente, 220 dias, quando ele conseguiu um ganho médio de 13,15 mg/dia em massa fresca e 8,44 mg/dia em massa seca, no plantio largo. Já, no plantio adensado esse ganho foi de 11,32 mg/dia e 6,80 mg/dia, respectivamente. Nesta fase o fruto mudou de cor verde para cereja, alcançando a maturação fisiológica e, conseqüentemente, crescimento máximo, com o pericarpo, o endosperma e o embrião completamente desenvolvidos, estando pronto para ser colhido. Após a maturação, o fruto passou por um processo de secagem na própria planta até cair. Nessa ocasião, o fruto perdeu massa aceleradamente, chegando à perder 25,21 mg/dia em massa fresca e 7,95 mg/dia em massa seca no plantio largo e 24,58 mg/dia e 6,03 mg/dia no plantio adensado, respectivamente (Figuras 1, 2 e Tabela 1). O fruto em todas as fases, em relação à sua massa fresca e sua massa seca, mostrou-se semelhante nos dois sistemas de plantio. Apenas a massa seca apresentou um maior distanciamento entre os dois sistemas de plantio na primeira e terceira fases. A massa seca final igual a 336 mg no plantio adensado foi maior que no plantio largo, igual a 302 mg (Tabela 1). Estes resultados se aproximam dos resultados encontrados por WORMER (1964) no Kênya e SALAZAR-GUTIÉRREZ et al. (1994) na Colômbia, trabalhando com *Coffea arabica* L. var Colombia. OYEBADE (1976), na Nigéria, encontrou cinco fases de crescimento do fruto trabalhando com *Coffea canephora*, atribuindo esta diferença à espécie e às

condições ambientais. RAMAIAH & VASUDEVA (1969), estudando o crescimento do fruto de café em forma de cereja de duas linhagens de *Coffea arabica* L. e avaliando o aumento da massa fresca, massa seca e acumulação de nitrogênio em diferentes partes do fruto, desde a fase chumbinho até a maturação, em comparação com *Coffea canephora*, observaram curvas em bissigmoides, mostrando três distintos períodos de crescimento máximo em massa fresca e massa seca e para o acúmulo de nitrogênio.

Modelagem do crescimento do fruto

Nas Figuras 3, 4, 5 e 6, pode-se observar o ajuste da função logística aos dados de massa fresca no plantio adensado (MFA) e no largo (MFL), assim como da massa seca no plantio adensado (MSA) e no largo (MSL). As equações obtidas foram:

$$MFA = 1,8567 / \{1 + \exp[-0,3058(t - 15,9441)]\}$$

$$MFL = 1,9153 / \{1 + \exp[-0,2997(t - 16,0467)]\}$$

$$MSA = 1,0589 / \{1 + \exp[-0,2868(t - 20,5316)]\}$$

$$MSL = 0,9947 / \{1 + \exp[-0,2946(t - 19,1977)]\}$$

sendo MFA, MFL, MSA e MSL expressas em g e t em decêndio, contado a partir de 1º de outubro.

Na Tabela 2 encontram-se todos os parâmetros estimados de ajuste da equação logística,

Tabela 1. Massa fresca e massa seca de frutos de café *Coffea arabica* L. cv. Acaiaí, CP 474/19 em plantios largo e adensado

Decêndios	Adensado		Largo		Adensado		Largo	
	Massa Fresca (g)	C.V (%)	Massa Fresca (g)	C.V (%)	Massa Seca (g)	C.V (%)	Massa Seca (g)	C.V (%)
1	0,005	21,8	0,005	19,0	0,002	20,5	0,002	26,7
2	0,008	19,5	0,009	20,6	0,002	19,3	0,003	27,7
3	0,011	24,0	0,012	24,8	0,003	24,3	0,004	29,0
4	0,019	16,2	0,020	11,8	0,005	13,6	0,005	13,5
5	0,028	19,4	0,028	13,4	0,006	15,0	0,007	12,0
6	0,043	15,4	0,047	15,2	0,009	13,3	0,010	13,5
7	0,058	18,8	0,066	18,9	0,011	19,1	0,014	18,0
8	0,121	22,8	0,115	14,8	0,022	21,8	0,024	16,8
9	0,171	12,8	0,164	3,7	0,030	16,2	0,032	6,4
10	0,240	11,8	0,260	9,1	0,038	19,4	0,045	27,1
11	0,358	14,0	0,365	9,5	0,043	29,3	0,042	46,0
12	0,456	4,0	0,458	3,2	0,090	10,6	0,110	10,7
13	0,590	4,8	0,602	2,8	0,135	12,8	0,154	8,3
14	0,735	20,2	0,791	6,8	0,184	20,7	0,220	4,7
15	0,783	2,1	0,796	4,5	0,205	10,3	0,240	7,6
16	0,988	4,5	0,992	2,7	0,273	7,0	0,308	6,4
17	1,003	13,4	1,042	27,1	0,289	14,5	0,346	30,3
18	1,196	4,0	1,185	2,3	0,366	5,9	0,363	5,2
19	1,199	10,2	1,222	5,4	0,379	11,7	0,449	5,3
20	1,504	4,0	1,510	3,4	0,516	6,3	0,582	5,2
21	1,536	10,4	1,558	10,5	0,559	13,4	0,624	11,6
22	1,649	6,3	1,711	14,2	0,638	10,3	0,700	12,9
23	1,178	17,0	1,006	8,34	0,474	14,8	0,425	12,4
24	0,888	9,2	0,914	14,9	0,380	12,2	0,402	17,2
25	0,711	7,3	0,733	7,2	0,379	18,0	0,354	7,3
26	0,534	8,5	0,579	7,4	0,359	16,0	0,309	10,5
27	0,419	3,6	0,450	7,6	0,336	11,9	0,303	13,9

indicando o decêndio onde inicia o decréscimo da taxa de crescimento, a soma do quadrado dos desvios (SQD) e o coeficiente de determinação (R^2) para as massas fresca e seca nos dois sistemas de plantio.

O ponto de inflexão das curvas das Figuras 3, 4, 5 e 6, que indicam o decêndio onde inicia o decréscimo da taxa de crescimento, ocorreu quando

a massa fresca ou seca atingiu a metade do seu máximo, no 16º decêndio no MFA, no 20º no MSA, no 16º no MFL e no 19º no MSL.

Analisando as Figuras 3, 4, 5 e 6, e as equações ajustadas, verifica-se que o final da primeira fase de crescimento do fruto se deu quando foi atingida a massa fresca de 84,67 mg e seca de 16,15 mg no

plantio adensado. Já no plantio largo esta fase finalizou com 89,93 mg de peso fresco e de 19,97 mg de peso seco. O final da segunda fase ocorreu quando os pesos atingiram: MFA de 1210,92 mg, MSA de 345,27 mg, MFL de 1230,18 mg e MSL de 410,49 mg e a última fase teve o seu final com 1604,82 mg de MFA, 639,33 mg de MSA, 1639,85 de MFL e 994,67 mg de MSL.

O modelo sigmoidal permite identificar as três fases do crescimento, sendo a primeira de crescimento logarítmico, que aconteceu até os 60 dias, a segunda exponencial de 60 a 180 dias e a terceira linear dos

180 a 220 dias. As taxas de crescimento relativo no plantio largo foram praticamente iguais para a massa fresca ($0,03 \text{ g d}^{-1}$) e a massa seca ($0,0295 \text{ g d}^{-1}$). Já, no plantio adensado houve pequena diferença entre a massa fresca ($0,0306 \text{ g d}^{-1}$) e a massa seca ($0,0287 \text{ g d}^{-1}$), mostrando haver uma maior aproximação entre as massas frescas em ambos os sistemas de plantio do que dentro do próprio sistema adensado (massa fresca e massa seca). Como as massas aumentaram em velocidades diferentes, não conseguiram atingir o mesmo ponto máximo (assíntota), ou seja, 1,9158 g para o MFL, 1,8566 g para o MFA, 1,0589 g para MSA e 0,9946 g para o MSL.

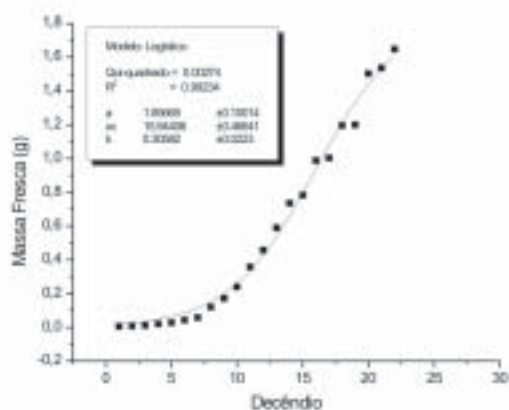


Figura 3- Curva logística do crescimento do fruto fresco de *Coffea arabica* L. cv. Acaia, CP474/19, em plantio adensado

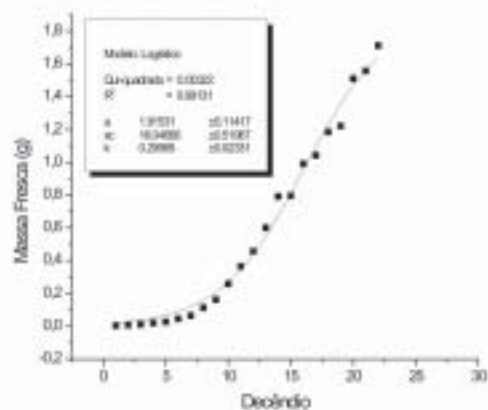


Figura 4- Curva logística do crescimento do fruto fresco de *Coffea arabica* L. cv. Acaia, CP474/19, em plantio largo

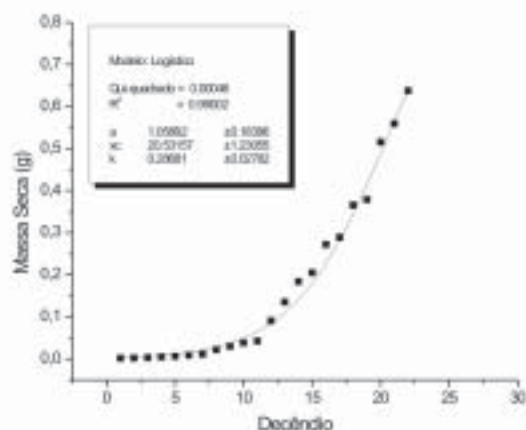


Figura 5- Curva logística do crescimento do fruto seco de *Coffea arabica* L. cv. Acaia, CP474/19, em plantio adensado

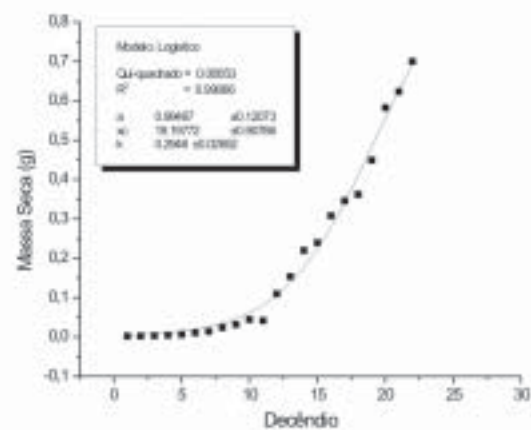


Figura 6- Curva logística do crescimento do fruto seco de *Coffea arabica* L. cv. Acaia, CP474/19, em plantio largo

Tabela 1. Massa fresca e massa seca de frutos de café *Coffea arabica* L. cv. Acaia, CP 474/19 em plantios largo e adensado

Variáveis	Parâmetro	Estimativa	Intervalo de confiança		SQD	R ²
			LI	LS		
Massa fresca (adensado)	a	1,85665	1,75651	1,95679	0,00274	0,992
	xc	15,94406	15,47765	16,41047		
	k	0,30582	0,28352	0,32812		
Massa fresca (largo)	a	1,91531	1,80114	2,02948	0,00322	0,991
	xc	16,40666	15,52679	16,56653		
	k	0,29965	0,27634	0,32296		
Massa seca (adensado)	a	1,05892	0,87496	1,24288	0,00046	0,990
	xc	20,53157	19,30102	21,76212		
	k	0,28681	0,25899	0,31463		
Massa seca (largo)	a	0,99467	0,87394	1,11540	0,00053	0,991
	xc	19,19772	18,28986	20,10558		
	k	0,29460	0,26808	0,32112		

Relação entre a massa fresca e a massa seca em plantios largo e adensado

Este tipo de relação para o café é muito importante, pois permite calcular com certa precisão e confiabilidade a sua massa seca em função da massa fresca. Nas Figuras 7 e 8 encontram-se as relações observadas entre as massas frescas e as massas secas nos sistemas de plantio largo e adensado. A relação entre o massa fresca e o massa seca é denominada por alguns autores (KENIG et al., 1993) como sendo a concentração de matéria seca.

Este ajuste é válido para as condições do ambiente e da espécie e variedade estudadas. Ajustes ambientais, de espécies e variedades poderão generalizar as seguintes expressões:

Plantio largo,
 $MSA=0,1104.(MFA)^2+0,21.(MFA)-0,0047$ c o m
 $R^2 = 0,9836$

Plantio adensado,
 $MSL=0,1374.(MFL)^2+0,1457.(MFL)-0,0002$ c o m
 $R^2 = 0,9872$.

Na primeira fase, houve um maior crescimento do fruto no plantio adensado. Por exemplo: com uma mesma massa fresca de 0,03 g, nas Figura 7 e 8,

encontram-se os valores de 0,0017 g de MSL e de 0,0043 g de MSA, ou seja, MSL é 39,5% do MSA. Na segunda fase, o plantio largo apresentou maior crescimento. Tomando-se por base 1 g de peso fresco, nas Figuras 7 e 8 encontram-se os valores de 0,3157 g de MSL e 0,2829 g de MSA, ou seja, MSA é 89,6% do MSL. Na terceira fase do crescimento, o plantio largo manteve o padrão de crescimento, mas com diferença reduzida. Com 1,8 g de massa fresca, nas Figuras 7 e 8 encontram-se os valores de 0,7310 g de MSL e de 0,7072 g de MSA, ou seja, MSA é 96,7% do MSL.

Relações entre as massas fresca e seca do fruto e variáveis meteorológicas

O fruto de café é afetado pelas variações climáticas de tal forma que elas determinam suas diferentes fases de crescimento. Nas regiões frias, por exemplo, o tempo entre a floração e maturação do fruto é maior que em regiões quentes. A arquitetura das plantas afeta a troca de energia com o ambiente, o que pode ter efeito sobre a temperatura do ar, da folha e do fruto e no armazenamento de calor devido a interceptação da RFA que chega acima do dossel.

Nas Figuras 9 e 10 encontram-se os resultados das análises de regressão entre as massas fresca e

seca do fruto, e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada RFA (Ii), para os sistemas de plantio largo e adensado, respectivamente. Na primeira fase do crescimento do fruto, MFL foi de 0,0466g e MSL de 0,0106g, com RFA (Ii) acumulada de 496,08 MJ m⁻². Nessa mesma fase, foram acumulados 510,30 MJ m⁻² de Ii, para o crescimento dos frutos de 0,0426g de MFA e de 0,0090g de MSA. Na segunda fase, 1469,47 MJ m⁻² de Ii foram acumulados, para

o crescimento do fruto de 1,1851 g de MFL, 0,3625 g de MSL, 1,1958 g de MFA e 0,3657 g de MSA. Na terceira fase, com Ii acumulada de 1771,00 MJ m⁻², o fruto atingiu 1,7109 g de MFL, 0,7001 g de MSL, 1,6486 g de MFA e 0,6376 g de MSA. Na segunda fase, mesmo com as RFA(Ii) sendo iguais, o crescimento do fruto foi ligeiramente maior no plantio adensado. Mas na terceira fase ocorreu justamente o inverso.

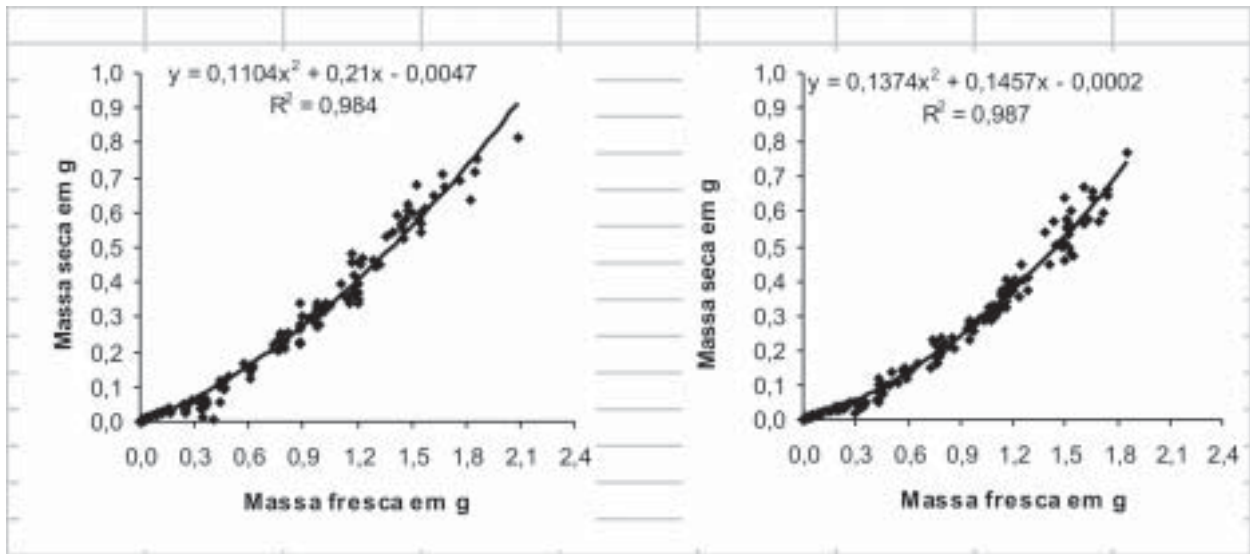


Figura 7. Relação entre a massa fresca e a massa seca de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, CP 474/19 em plantio largo.

Figura 8. Relação entre o massa fresca e a massa seca de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, CP 474/19 em plantio adensado.

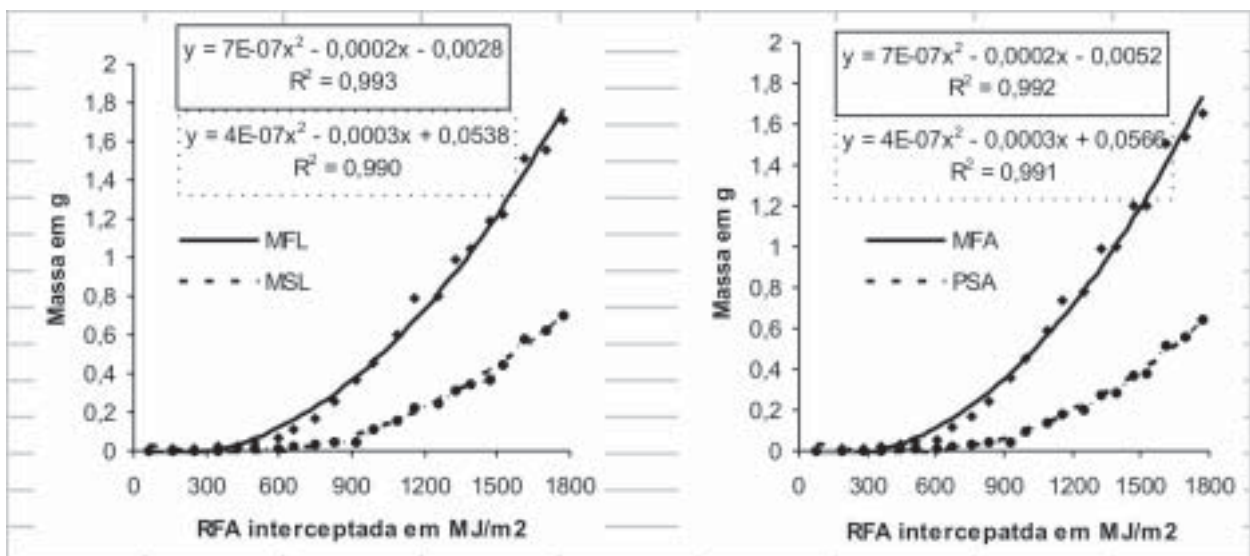


Figura 9. Massas fresca e seca do fruto de *C. arabica* L. cv. Acaiá, CP 474/19, plantio largo, em relação a RFA interceptada acumulada.

Figura 10. Massas fresca e seca do fruto de *C. arabica* L. cv. Acaiá, CP 474/19, plantio adensado, em relação a RFA interceptada acumulada.

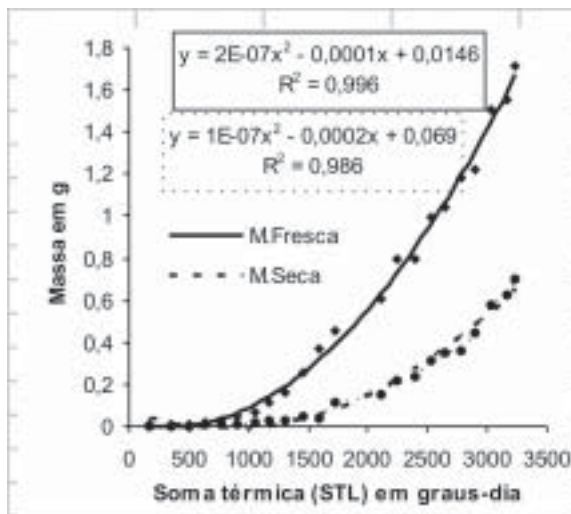


Figura 11. Massas fresca e seca de *C.arabica* L. cv Acaiá, CP474/19 em relação a soma térmica em graus-dia, no interior do plantio largo

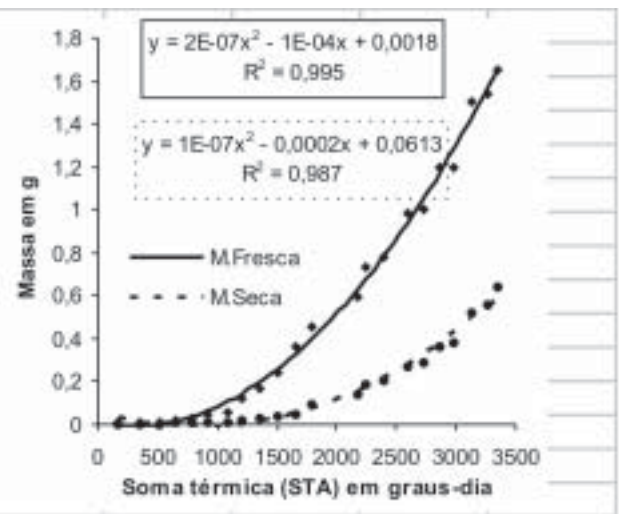


Figura 12. Massas fresca e seca de *C.arabica* L. cv. Acaiá, CP474/19 em relação a soma térmica em graus-dia, no interior do plantio adensado

Durante o período do experimento, do início até o crescimento máximo do fruto, houve o crescimento de todas as áreas foliares. E, as áreas foliares, juntamente com as áreas das projeções das copas, foram utilizadas na determinação dos índices de área foliar. À medida que o IAF aumentou, I_i tornou-se igual a I_o , ou seja, toda a I_o foi interceptada, em ambos os sistemas de plantio. Esta situação começou a partir do 6º decêndio, no plantio adensado, e do 11º, no plantio largo. Esta é a razão pela semelhança no crescimento do fruto nos dois sistemas de plantio.

Nas Figuras 11 e 12 observa-se a relação entre o crescimento do fruto do cafeeiro, em massa fresca e seca em dois sistemas de plantio, largo e adensado e a soma térmica no interior dos talhões dos respectivos sistemas de plantio. Até o final da primeira fase do crescimento, aos 60 dias, houve um acúmulo de 899,2 graus-dia, quando o fruto, no plantio largo, teve MFL de 0,0466 g e MSL de 0,0106 g. No plantio adensado a primeira fase terminou com acúmulo de 927,0 graus-dia e o MFA de 0,0426 g e MSA de 0,0090 g.

A segunda fase terminou aos 180 dias com o MFL de 1,1851 g e o MSL de 0,3625 g, no plantio largo, quando a soma térmica foi de 2781 graus-dia. Já no plantio adensado, a soma térmica foi de

2864,7 graus-dia e MFA de 1,1958 g e 0,3657 g de MSA. Na última fase de crescimento, com 220 dias, a soma térmica foi de 3235 graus-dia no plantio largo, que apresentou 1,7109 g de MFL e 0,7001 g de MSL. No plantio adensado a soma térmica foi de 3342,4 graus-dia com MFA de 1,6486 g e MSA de 0,6376 g.

Os sistemas de plantio apresentaram resultados diferentes às variações das somas térmicas no interior dos talhões. Para a mesma soma térmica, como 1800 graus-dia, no plantio largo, MFL foi de 0,4826 g e MSL de 0,033 g, no plantio adensado MFA foi de 0,4698 g e MSA 0,0253 g.

Os valores acumulados, por decêndios e por sistema de plantio, da RFA (I_i) e da soma térmica (ST), no período da floração até a maturação final do fruto, foram de 1771,12 MJ m⁻², 3235,0 graus-dia no plantio largo e 1770,81 MJ m⁻², 3342,4 graus-dia no plantio adensado.

As somas térmicas no interior dos talhões, na primeira e terceira fases, não foram as principais responsáveis pela maior taxa de crescimento do fruto, visto que ela foi menor no plantio largo, onde houve maior crescimento do fruto. Mas, na segunda fase o crescimento do fruto foi maior no plantio adensado, quando a soma térmica, também, foi

maior. A mesma situação ocorreu com a radiação solar interceptada.

Comparando-se os valores dos R^2 das regressões estudadas, nota-se que a variável meteorológica radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelas plantas foi a que melhor se correlacionou com as massas fresca e seca dos frutos, nos dois sistemas de plantio. A soma térmica também apresentou uma boa correlação com as massas fresca e seca, mas apresentou valores de R^2 menores quando comparadas com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada.

A relações entre as massas fresca e seca do fruto do cafeeiro e as variáveis meteorológicas explicam melhor que as relações com o tempo cronológico, pois elas refletem a duração do período de crescimento. Além disso, elas permitem prever o crescimento do fruto em massa em diferentes ambientes.

Conclusão

- Não foram encontradas diferenças entre o crescimento dos frutos em massas fresca e seca nos dois sistemas de plantio;

- houve alta correlação entre a massa fresca e a massa seca do fruto, indicando que o índice de concentração de matéria seca é uma importante variável, nos dois sistemas de plantio,

- foi observada uma alta relação funcional quadrática entre as massas fresca e seca dos frutos do cafeeiro Acaiá, CP474/19 e as variáveis meteorológicas radiação fotossinteticamente ativa interceptada e graus-dia.

Referências bibliográficas

BRASIL. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992, 84p.

CALBO, A.G.; SILVA, W.L.C.; TORRES, A.C. Comparação de modelos e estratégias para análise de crescimento. **Revista Brasileira de Fisiologia**

Vegetal, Londrina, v.1, p.1-7, 1989.

GOMEZ G, L. Influencia de los factores climáticos sobre la periodicidad de crecimiento del cafeto. **Cenicafé**, Caldas, v.1, n.28, p.3-17, 1977.

JARAMILLO-ROBLEDO, A., GUZMAN M, O. Relación entre la temperatura y el crecimiento de *Coffea arabica* L. var. Caturra. **Cenicafé**, Caldas, v.3., n.35, p.57-65, 1984.

KENIG, A. et al. Agroclimatology and modeling: development of soybean fresh end dry weight relationships for real time model calibration. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, p.140-146, 1993.

LARCHER, W. **Ecologia vegetal**. Tradução: Carlos Henrique B. A. Prado e Augusto Cesar Franco. São Carlos, RiMa, 2000, 531p.

LEON, L.; FOURNIER M, J.L. Crecimiento y desarrollo del fruto de *Coffea arabica* L. **Turrialba**, San José, v.2, n.12, p.65-74, 1962.

OYEBADE, T. Studies on the pattern of growth and development of *Coffea canephora* fruit in Nigeria. **Turrialba**, San José, v.26, n.3, p.257-260, 1962.

PORTES, T.de A.; CASTRO JUNIOR, L.G. de C. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.3, n.1, p.53-56, 1991.

RAMAIAH, P.K.; VASUDEVA, N. Observations on the growth of coffee berries in South India. **Turrialba**, San José, v.19, n.4, p.455-464, 1969.

SALAZAR-GUTIERREZ, M.R et al. Crecimiento del fruto de cafe *Coffea arabica* L. var Colombia. **Cenicafe**, Caldas, v. 45, n. 2, p. 41-50, 1994.

SUAREZ, S.J.V. Influencia de la precipitación en el crecimiento del fruto de Café. **Avances Técnicos. Cenicafé**, Caldas, n.89, p.1-4, 1979.

WORMER, T.M. The growth of coffee berry. **Annals of Botany**. London, v.28, n.109, p.47-65, 1964.