

PRODUTIVIDADE Y ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA, N, P Y K POR CULTIVARES DE *Coffea arabica* L.¹

Yonara Poltronieri Neves², Herminia Emilia Prieto Martinez³, José Francisco Teixeira do Amaral⁴,
Ronessa Bartolomeu de Souza⁵, Diego Rigueira Domingos⁶

(Recebido: 25 de março de 2006; aceite: 7 de agosto de 2006)

RESUMEN: El objetivo de este trabajo fue evaluar la productividad, las cantidades y proporciones de materia seca, N, P y K acumuladas y distribuidas entre los diferentes órganos de cuatro cultivares de *Coffea arabica* L. en alta densidad y sometidas a dos niveles de fertilización. El experimento se hizo en Viçosa, Minas Gerais, con diseño experimental de bloques al acaso, siendo los tratamientos distribuidos en factorial 4x2 constituido por las cultivares Acaia IAC 474-19; Icatu Amarelo IAC 3282; Rubi MG 1192 y Catuaí Vermelho IAC 99, dos niveles de fertilización y cuatro repeticiones. Las plantas fueron evaluadas a los 31 y 55 meses después del transplanto. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza, y los promedios comparados por el teste de Tukey. La cultivar Acaia fue más productiva que las demás, seguida por la 'Rubi'. Las cultivares Icatu y Catuaí presentaron buenas productividades en la primera cosecha, pero tuvieron bienalidad de producción más acentuada que la 'Acaia' y 'Rubi'. Las proporciones de materia seca de raíces y ramas ortotrópicas aumentaron con la edad de las plantas para las cuatro cultivares, mientras que para las hojas, frutos y ramas plagiotrópicas disminuyeron. Para las cuatro cultivares, la materia seca producida fue más grande en las raíces seguidas, en orden decreciente, por los frutos, hojas, ramas plagiotrópicas y ramas ortotrópicas. Las proporciones de K y P fueron más grandes en los frutos, y las de N en las hojas.

Palabras-claves: Fertilización, distribución de nutrientes, productividad, *Coffea arabica*.

PRODUTIVIDADE E ACUMULAÇÃO DE MATÉRIA SECA, N, P E K POR CULTIVARES DE *Coffea arabica* L.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade, as quantidades e proporções de matéria seca, N, P e K acumuladas e distribuídas entre diferentes órgãos de quatro cultivares de *Coffea arabica* L., em alta densidade de plantio e submetidas a dois níveis de fertilização. O experimento foi conduzido em Viçosa, Minas Gerais, em blocos casualizados, sendo os tratamentos distribuídos em um esquema fatorial 4x2, constituído pelas cultivares Acaia IAC 474-19; Icatu Amarelo IAC 3282; Rubi MG 1192 e Catuaí Vermelho IAC 99, dois níveis de fertilização e quatro repetições. As plantas foram avaliadas aos 31 e 55 meses após o plantio. Os dados foram submetidos a análises de variância e as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey. A cultivar Acaia foi mais produtiva que as demais, seguida pela 'Rubi'. As cultivares Icatu e Catuaí apresentaram boa produtividade na primeira colheita, mas apresentaram bienalidade de produção mais acentuada que o 'Rubi' e o 'Acaia'. As proporções de matéria seca de raízes e ramos ortotrópicos aumentaram com a idade das plantas, enquanto as folhas, frutos e ramos plagiotrópicos diminuíram. Para as quatro cultivares a matéria seca produzida foi maior nas raízes, seguidas, em ordem decrescente por frutos, folhas, ramos plagiotrópicos e ramos ortotrópicos. As proporções de K e P foram maiores nos frutos enquanto as de N foram maiores nas folhas.

Palavras-chave: Fertilização, distribuição de nutrientes, produtividade, *Coffea arabica*.

¹Trabalho desenvolvido com recursos do CBP&D/Café.

²Engenheira Agrônoma, MS., Doutoranda em Fitotecnia/DFT – Universidade Federal de Viçosa/UFV – 36571-000 – Viçosa, MG – yonarapoltronieri@hotmail.com

³Engenheira Agrônoma, DS., Professora Adjunta – Departamento de Fitotecnia – Universidade Federal de Viçosa/UFV – 36571-000 – Viçosa, MG – herminia@ufv.br

⁴Engenheiro Agrônomo, DS., Professor Adjunto – CCA/Departamento de Fitotecnia – Universidade Federal do Espírito Santo – Alto Universitário, s/nº - 29500-000 – Alegre, ES – jfamaral@cca.ufes.br

⁵Engenheira Agrônoma, DS., Pesquisadora – EMBRAPA Hortaliças – Rod. BR 060 – km 9, 70359-970 – Brasília, DF – ronessa@cnph.embrapa.br

⁶Graduando do curso de Agronomia – Universidade Federal de Viçosa/UFV – 36570-000 – Viçosa, MG – diegorigueira@yahoo.com.br

PRODUCTIVITY AND ACCUMULATION OF DRY MATTER, N, P AND K IN *Coffea arabica* L. CULTIVARS

ABSTRACT: This work was carried out to evaluate the productivity, the amounts and proportion of dry matter, N, P and K accumulated and distributed between the different organs of four cultivars of *Coffea arabica* L., cultivated in a high density system and submitted to two levels of fertilization. The experiment was carried out in Viçosa, Minas Gerais, in a randomized block design, with treatments distributed in factorial arrangement 4x2, constituted by the cultivars Acaia IAC 474-19; Icatu Amarelo IAC 3282; Rubi MG 1192 and Catuaí Vermelho IAC 99, two fertilizer levels and four repetitions. The plants were evaluated 31 and 55 months after planting. The data obtained were submitted to variance analysis and the means compared through the Tukey test. The variety Acaia was more productive than the others, followed by the 'Rubi'. The cultivars Icatu and Catuaí presented good productivities in the first harvest, however they presented higher bienniality of production than 'Acaia' and 'Rubi'. The proportion of dry matter of roots and orthotropic branches increased in time in the four varieties, while in leaves, fruits and plagiotropic branches, the proportion of dry matter decreased. In the four varieties, the dry matter produced by the coffee tree decreased in the following order: roots, fruits, leaves, plagiotropic branches and orthotropic branches. The highest accumulation of P and K occurred in the fruits, while the highest accumulation of N was observed in the leaves.

Key words: Fertilization, nutrients distribution, productivity, *Coffea arabica*.

1 INTRODUCCIÓN

Así como en otros cultivos, en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.), es necesario tener adecuada disponibilidad de nutrientes para obtener una alta productividad. Conocer las exigencias nutricionales de las distintas cultivares es de importancia fundamental para desarrollar recomendaciones de fertilizantes adecuadas a los distintos sistemas de producción (CIETTO & HAAG, 1995) y reducir los gastos. Las distintas cantidades de algunos macro y micronutrientes acumuladas por las cultivares se deben a variaciones genéticas y de intensidad de demanda de la planta (BARROS et al., 1978). Informaciones relativas a la distribución de la biomasa del café entre sus órganos son importantes para que se pueda comprender como el ambiente y las prácticas culturales interfieren en su crecimiento (KOZLOWSKI & PALLARDY, 1996).

En casi su totalidad, los trabajos sobre acumulación y reparto de masa seca, macro y micronutrientes por *Coffea arabica* fueron hechos con las cultivares Catuaí y Mundo Novo, con alrededor de 2500-3000 plantas por hectárea y producciones más bajas que las conseguidas en la actualidad con cultivares mejoradas en sistemas de alta densidad de siembra, con promedios de 5000 plantas por hectárea.

Correa et al. (1983) observaron que la cultivar Catuaí tiene una eficiencia de utilización de N y de S más baja, pero su eficiencia de utilización de Cu es mayor que la de la cultivar Mundo Novo.

Malavolta et al. (2002) estudiaron la distribución de nutrientes entre ramas, hojas y flores de plantas de café de la cultivar Mundo Novo, injertada sobre 'Apoatã', y de 'Catuaí Amarelo'. Ellos observaron que 'Catuaí Amarelo' presentó mayores cantidades de materia fresca y seca, de hojas y de flores, por rama.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la productividad, cantidades y proporciones de materia seca, N, P y K acumuladas y distribuidas entre los diferentes órganos de cuatro cultivares de *Coffea arabica* sometidas a dos niveles de fertilización en un sistema de densidad alta de siembra.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue instalado en 20/10/1998 en una finca ubicada a 581m de altitud, 20°45' de latitud Sur y 42° 51' de longitud Oeste en Viçosa, Minas Gerais. El suelo tiene textura arcillo-arenosa y sus características químicas se presentan en el Cuadro 1. El clima, según Köppen, es del tipo Cwa con promedios de 19,4°C y 1.221,4 mm para la temperatura y la precipitación anuales.

El diseño experimental fue de bloques completos al acaso y los tratamientos fueron arreglados según una factorial 4x2, o sea, cuatro cultivares de café (Acaia IAC-474-19, Icatu Amarelo IAC-3282, Rubi MG-1192 y Catuaí Vermelho IAC-99) por dos niveles de fertilización (adecuado y elevado), con cuatro repeticiones.

Cuadro 1 – Características químicas del suelo de la finca en los niveles adecuado (A) y elevado (E) de fertilización, a lo largo del tiempo de duración del experimento.

Año Agrícola	Nivel	pH	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	SB	H+Al	CIC _t	CIC _T	V	m
			---mg/dm ³ ---	-----cmol _c /dm ³ -----									
98/99		5,6	17,6	92	1,94	0,72	0	2,94	2,69	2,94	5,63	52,2	0
00/01	A	5,8	1,1	30	1,9	0,5	0	2,50	1,5	2,50	4,00	62,5	0
	E	4,4	5	24	0,5	0,1	1,0	0,60	3,8	1,60	4,40	13,7	61,6
01/02	A	6,0	4,1	82	2,1	0,6	0	2,91	3,0	2,91	5,91	49,0	0
	E	5,9	6,6	80	2,4	0,7	0	3,30	4,0	3,30	7,30	45	0
02/03	A	5,75	3,5	100	1,94	0,65	0	2,85	4,0	2,85	6,85	41,6	0
	E	5,84	7,3	108	2,33	0,92	0	3,53	4,3	3,53	7,83	45,1	0

(1) pH: 1:2, 5 KCl; P e K: Extractor Mehlich 1; Al, Ca e Mg: Extractor KCl 1 mol/L; H + Al: Extractor Ca(OAc)₂ 0,5 mol/L pH 7,00; SB: Suma de Bases Intercambiables; CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico; V: Saturación por Bases; m: Saturación por Aluminio. Datos promedios de muestreo al azar en cinco puntos por parcela experimental.

Las mudas de café fueron colocadas en huecos de 40 x 40 x 40 cm. Cada parcela experimental tenía 50 m² y se componía de 25 plantas dispuestas en cinco hileras planteadas a 2,0 x 1,0 m. Antes del trasplante recibieron encalado, cuya necesidad se calculó teniendo en cuenta la saturación del suelo por bases, de forma a elevarla al 60 %, según recomiendan Guimarães et al. (1999). A partir del año agrícola 2000/01, cuando las plantas empezaron a producir, el encalado fue repetido todos los años, siendo las dosis calculadas de la misma manera y considerándose una profundidad efectiva de 5 cm para la reacción de la dolomita con el suelo. Además del encalado, cada hoyo recibió 48 g de P₂O₅, añadidos como superfosfato simple.

Las dosis de N, P₂O₅ e K₂O añadidas en cada año son presentadas en el Cuadro 2. En el año agrícola 98/99, las dosis de N y K₂O fueron repartidas en tres aplicaciones. En los demás años, las dosis presentadas en el Cuadro 2 fueron repartidas en 20 aplicaciones semanales por fertirriego. Para el nivel de fertilización elevado (E), las dosis añadidas por planta se basaron en el promedio de las acumulaciones de nutrientes por planta reportadas por Correa et al. (1984) para las cultivares Catuaí y Mundo Novo, a lo largo del tiempo, considerándose una eficiencia de recuperación del 80 % para N y K y del 60 % para el P. En el nivel adecuado (A) de fertilización, las dosis fueron calculadas ajustándose los valores obtenidos

por hectárea en el nivel “E”, para una densidad de 5000 plantas por hectárea, la cual se utilizó en este trabajo. Correa et al. (1984) obtuvieron sus datos con una densidad de 2500 plantas por hectárea, de forma que, para que se mantuvieran las mismas dosis por hectárea, en el cálculo de las dosis de fertilizantes del nivel “A” se dividieron las cantidades por planta añadidas en el nivel “E” por 2,5 hasta el año agrícola 2000/01, que tenía baja producción de frutos, y por 2,0 en 2001/02 y 2002/03, que tenían gran cantidad de frutos. Además de eso, llevándose en cuenta el análisis del suelo, las dosis de K₂O calculadas fueron reducidas en 1/3.

En cada año se realizaron sobre las hojas 3 pulverizaciones con Cu, Zn y B entre los meses de octubre y marzo. En el nivel “E” de fertilización se utilizaron 0,4% p/v de cada uno de los siguientes productos: oxiclورو de cobre, sulfato de zinc y ácido bórico. En el nivel “A” de fertilización se utilizaron los mismos productos al 0,2% p/v. Se añadió cloruro de potasio al 0,4% y 0,2% p/v respectivamente como adyuvante.

Treinta y un meses después del trasplante fue cortada al acaso una de las nueve plantas del centro de la parcela experimental, para evaluarse la producción de materia seca y la acumulación de N, P y K por raíces, ramas ortotrópicas, ramas plagiotrópicas, hojas y frutos (granos y cáscara) de cada cultivar. La cosecha fue realizada cuando los

frutos alcanzaron la madurez fisiológica. Cincuenta y cinco meses después del inicio del experimento fue cortada al acaso en el centro de la parcela una de las seis plantas competitivas restantes de la primera evaluación, haciéndose las mismas evaluaciones.

La producción de materia seca de raíces fue estimada tomándose 12 muestras cilíndricas de 40 cm (0-40 cm de profundidad) dentro del área de proyección de la copa de los árboles. El muestreo se hizo siguiendo cuatro radios de la circunferencia formada por la copa, en los cuatro puntos cardinales. Se utilizó una sonda cilíndrica con 45 mm de diámetro. Se tomaron las muestras a 15, 30 y 45 cm del tallo a los 31 meses, y a 25, 50 y 75 cm del tallo a los 55 meses. Las raíces fueron separadas del suelo por medio de lavado en tamices de malla fina. Los datos de materia fresca obtenidos en las muestras fueron extrapolados para el volumen de suelo ocupado por las raíces de una planta, o sea, un cilindro con diámetro correspondiente a la proyección de la copa y 40 cm de profundidad.

Se lavaron las muestras de parte aérea y raíces con agua desionizada, secándolas en seguida con circulación forzada de aire a 70°C. Las muestras secas fueron pesadas, molidas y analizadas cuanto a las concentraciones de N, P y K.

El N-Total fue determinado por el método Kjeldahl, descrito por Bremner (1965), después de someter las muestras al ataque con ácido sulfúrico. Para los análisis de P y de K, las muestras fueron sometidas a ataque con los ácidos nítrico y perclórico (JOHNSON & ULRICH, 1959). La concentración de P en el extracto fue determinada por reducción del fosfomolibdato por la vitamina C, conforme

describen Braga & Defelipo, (1974) y la del K, por fotometría de emisión de llama.

Con los datos de concentración y de producción de materia seca se calcularon las cantidades de N, P y K acumuladas en los distintos órganos de las plantas a los 31 y 55 meses de cultivo. Para la acumulación en frutos, a los 55 meses, se añadieron las cantidades de N, P y K exportadas por las cosechas a los 31 y 43 meses. A los 31, 43 y 55 meses de cultivo se evaluó también la productividad.

Los datos fueron sometidos a análisis de la varianza y los promedios de la productividad comparados por el teste de Tukey al 10% de probabilidad. Los promedios de las demás variables fueron comparados por el mismo teste, pero al 5%.

3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

Productividad - En la primera cosecha y en el nivel "A" de fertilización, la cultivar Icatu alcanzó la mayor productividad, mientras que, en el nivel "E", la mayor productividad fue alcanzada por la cultivar Rubi. La cultivar Acaia presentó las productividades más bajas en los dos niveles de fertilización. En esa cosecha, las cultivares Catuaí y Rubi presentaron respuesta al nivel elevado de fertilización (Cuadro 3).

En la segunda cosecha las cultivares Acaia y Rubi se destacaron de las demás en cuanto a la productividad en los dos niveles de fertilización. 'Catuaí' e 'Icatu' tuvieron reducciones en sus productividades con relación al año anterior, indicando tener grande bianualidad de producción (Cuadro 3).

Cuadro 2 – Dosis de nutrientes utilizadas (g/hoyo) en los niveles adecuado (A) y elevado (E)¹ de fertilizantes.

Nutriente	Nível	Año Agrícola				
		98/99	99/00	00/01	01/02	02/03
N	A	4,0	13,0	26,0	70,0	100,0
	E	10,0	32,0	65,0	140,0	200,0
P ₂ O ₅	A	-	-	2,5	9,0	14,0
	E	-	-	3,2	20,0	30,0
K ₂ O	A	2,5	10,0	21,0	42,0	50,0
	E	6,3	25,0	52,0	85,0	110,0

¹ Las dosis de N, P₂O₅, K₂O se basaron en el promedio de la acumulación de nutrientes por las cultivares Mundo Novo y Catuaí conforme Correa et al. (1984).

Cuadro 3 – Productividad (sc.ben./ha) anual y acumulada de cultivares de café, en los niveles adecuado (A) y elevado (E) de fertilización, en las tres cosechas iniciales ⁽¹⁾.

N. de Fertilización	Cultivares			
	Acaíá	Icatú	Rubi	Catuaí
31 meses de cultivo				
A	12,4 C	30,2 A	20,7 Bb	19,9 Bb
E	18,3 D	25,2 C	33,2 Aa	30,1 Ba
CV (%)	35,95			
43 meses de cultivo				
A	23,30 Ab	15,35 B	21,33 Ab	15,60 B
E	35,13 Ba	22,38 C	42,03 Aa	15,05 D
CV (%)	50,99			
55 meses de cultivo				
A	92,02 Aa	69,25 C	69,34 Ca	79,50 Ba
E	73,49 Ab	70,12 A	50,29 Cb	62,29 Bb
CV (%)	21,39			
Productividad acumulada				
A	127,72 A	114,79 B	111,37 B	115,00 B
E	126,91 A	117,69 B	125,51 A	107,44 C
CV (%)	17,57			

⁽¹⁾Promedios con letras diferentes, mayúscula en la fila y minúscula en la columna, presentan diferencia estadística entre ellos por el teste de Tukey al 10 % de probabilidad.

En la tercera producción la cultivar Acaíá superó a las demás en cuanto a la productividad en los dos niveles de fertilización, de forma que, al considerar la producción acumulada de tres cosechas, fue la cultivar más productiva, igualándosele solamente la cultivar Rubi en el nivel “E” de fertilización (Cuadro 3). La baja producción de la cultivar Acaíá en la primera cosecha quizás se deba a un periodo juvenil más largo. Pero por no tener una bianualidad muy acentuada, al final de tres cosechas les superó a las demás cultivares.

Las cultivares Catuaí y Rubi presentaron buena producción en la primera cosecha y respondieron a la fertilización. Sin embargo, la cultivar Catuaí presentó gran bianualidad de producción, y por eso su productividad acumulada fue más baja. Lo mismo le ocurrió a la cultivar Icatu (Cuadro 3).

Aun que los coeficientes de variación hayan sido elevados, lo que es normal para experimentos realizados en campo, hubo respuesta a niveles de fertilización elevados por ‘Catuaí’ y ‘Rubi’ en las dos primeras cosechas (Cuadro 3).

En la tercera cosecha, las producciones presentadas por el nivel “E” fueron iguales o menores

que las del nivel “A”. Ocurre que, para el nivel “E”, la aplicación de fertilizantes quedó enmascarada por la bianualidad de la producción, que había sido alta en el año precedente.

Gallo et al. (1999) estudiaron la respuesta del cafeto al N, en fincas planteadas a 2,0 x 1,0 m, y encontraron concentraciones que iban de 28,4 a 31,0 g.kg⁻¹ de N en hojas. Esos autores observaron un efecto depresivo en la producción asociado a esas concentraciones foliares de N, y al auto sombreo de las hojas.

Materia Seca - A los 31 meses después del transplante, la producción de materia seca total de las cultivares Rubi y Catuaí presentó respuesta significativa a la fertilización, siendo mayor en el nivel de fertilización “E” (Cuadro 4). No obstante, a los 55 meses no se observó efecto del nivel de fertilización en la producción total de materia seca.

Las cultivares no presentaron diferencias en la producción total de materia seca en las dos épocas evaluadas. Entretanto, la producción de frutos, a los 55 meses, fue significativamente más baja para la cultivar Rubi que para la cultivar Catuaí. Esa respuesta se debió probablemente a las productividades elevadas presentadas por esa cultivar

Cuadro 4 – Materia seca (g/planta) a los 31 y 55 meses de cultivo por órganos de cuatro cultivares de café, en los niveles de fertilización adecuado (A) y elevado (E) ⁽¹⁾.

	Acaíá	Icatú	Rubi	Catuaí	Acaíá	Icatú	Rubi	Catuaí
Materia seca 31 meses de cultivo								
Nívele								
	Raíces				Ramas ortotrópicas			
A	855,4	733,4	425,0 b	479,4	405,6 A	298,9 AB	310,8 A	165,9 B
E	666,4	732,1	1068,6 a	746,1	466,8 A	314,3 B	297,0 B	236,8 B
CV(%)	40,95				22,58			
	Ramas plagiotrópicas				Hojas			
A	312,7 b	439,3	441,7	274,9 b	408,9 ABb	397,8 AB	596,5 A	281,8 Bb
E	485,9 a	497,6	540,3	473,1 a	711,8 a	570,1	751,0	580,1 a
CV(%)	25,88				26,87			
	Frutos				Total			
A	516,7	699,3	574,5 b	593,1	2499,3	2568,7	2348,5 b	1795,1 b
E	493,1	768,4	997,8 a	759,6	2824,1	2882,5	3654,6 a	2795,7 a
CV(%)	39,71				21,69			
Materia seca 55 meses de cultivo								
	Raíces				Ramas ortotrópicas			
A	2110,9	1897,9	2325,3	2356,3	1514,2 A	1396,6 A	753,9 B	600,3 B
E	3073,6	1830,7	2326,7	2079,4	1340,0	1220,2	774,3	862,2
CV(%)	40,38				27,37			
	Ramas plagiotrópicas				Hojas			
A	792,9	964,7	648,7	461,1 b	912,4	1011,6	882,5	629,6 b
E	907,8	933,7	656,3	1065,0 a	862,2	1112,4	1038,4	1247,1 a
CV(%)	31,83				31,97			
	Frutos				Total			
A	1667,6	1328,2	1296,4	1234,9	6997,9	6599,0	5906,9	5282,2
E	1287,2 AB	1219,2 AB	733,1 B	1648,1 A	7470,7	6316,2	5528,8	6901,8
CV(%)	34,73				21,65			

En cada parte de la planta, los promedios con letras diferentes, mayúscula en la fila y minúscula en la columna, presentan diferencia estadística entre ellos por el teste de Tukey al 5 % de probabilidad.

a los 31 y 43 meses, las cuales resultaron en la disminución del crecimiento vegetativo (Cuadros 3 y 4). La cultivar Catuaí presentó producción más baja a los 43 meses, lo que le permitió tener mayor crecimiento de ramas plagiotrópicas y producción mayor con el nivel “E” de fertilización en la siguiente cosecha (Cuadros 3 y 4). Esa cultivar presenta producción de hojas y de ramas plagiotrópicas estadísticamente mayor en el nivel “E” de fertilización a los 55 meses (Cuadro 4).

En los años de alta producción de frutos, el crecimiento vegetativo del cafeto es bastante

reducido. La proporción entre hojas y frutos se torna inadecuada y el área foliar se torna insuficiente para suministrar las cantidades exigidas de fotoasimilados (CARVALHO et al., 1993; RENA & CARVALHO, 2003). En este experimento los valores obtenidos para las relaciones de materia seca de hojas/materia seca de frutos fueron pequeños. Aun así, esas proporciones fueron mas elevadas en el nivel “E” (0,87 de promedio para las dos épocas) que en el nivel “A” de fertilización (0,71 y 0,62 a los 31 y 55 meses respectivamente), evidenciando que la relación hoja/fruto fue mayor

cuando se tenía disponibilidad más elevada de nutrientes.

Entre las cultivares, la Catuaí fue la que presentó menor proporción hoja/fruto en el nivel "A" de fertilización (0,48 y 0,51 a los 31 y 55 meses respectivamente) en las dos evaluaciones. Eso quizás explique la mayor fluctuación de su productividad entre dos años consecutivos. Para el mismo nivel de fertilización, la cultivar Rubi a los 31 y la cultivar Icatu a los 55 meses, presentaron las proporciones hoja/fruto más favorables (1,04 y 0,76 a los 31 y 55 meses respectivamente). En el nivel "E" de fertilización, se destacaron las cultivares Acaíá, a los 31 meses, y 'Rubi', a los 55 meses, con proporciones hoja/fruto de 1,44 y 1,42 respectivamente. Cietto & Haag (1995) observaron en la época de maduración proporciones hojas/frutos de 1,16 y 0,58 para la cultivar Catuaí, a los 3 y 5 años de edad, respectivamente.

Según Rena & Carvalho (2003) una de las causas de la pérdida del vigor es la depauperación que se asocia fisiológicamente a la super producción, o sea, a una situación en que el área de hojas de la planta no es suficiente para alimentar a los frutos que se están desarrollando. Según los autores, la predisposición genética a la depauperación es mayor en cafetos que provienen de la cultivar Caturra, como algunas líneas de 'Catuaí'.

Cuando se comparan las cuatro cultivares, llama la atención que las cultivares de porte alto Acaíá y Icatu, se destacaran por sus más altas producciones de ramas ortotrópicas a los 55 meses de cultivo, siendo esto observable ya a los 31 meses para la cultivar Acaíá.

Comparándose el reparto de la materia seca producida por los diferentes órganos a los 31 y 55 meses, se observa que, a los 55 meses, las raíces (35,6 % de promedio) y ramas ortotrópicas (16,2 % de promedio) tuvieron una mayor proporción del total que a los 31 meses (27 y 12 % de promedio para raíces y ramas ortotrópicas respectivamente), mientras que, para las hojas, ramas plagiotrópicas y frutos, esa proporción disminuyó a lo largo del tiempo, siendo de 19,5; 16,0 y 25,5 % de promedio a los 31 meses y 15,1; 12,5 y 20,2 % de promedio a los 55 meses.

Nutrientes - La acumulación total de N, P y K por planta fue estadísticamente igual para las cuatro cultivares en las dos evaluaciones (31 y 55 meses) (Cuadro 5, 6 y 7). Solamente el N a los 31 meses

después del inicio del cultivo presentó diferencias significativas entre las cultivares en el nivel "E" de fertilización (Cuadro 5). En ese nivel la cultivar Rubi se destacó con la mayor acumulación de N total, debido a una mayor acumulación de N en los frutos.

A los 31 meses, de la misma forma que a los 55 meses después del transplante, la cultivar de porte alto Acaíá presentó mayor cantidad de N, P y K en ramas ortotrópicas que las demás (Cuadro 5, 6 y 7). Entretanto, a los 55 meses, esta diferencia sólo se verificó en el nivel "A" de fertilización.

En las hojas, en el nivel "A" de fertilización, a los 31 meses, la cultivar Rubi presentó mayor contenido de P y K que la 'Catuaí' (Cuadro 6 y 7).

Para las ramas plagiotrópicas, la cultivar que presentó mayor contenido de P, a los 31 meses de cultivo, en el nivel "A" de fertilización fue la Rubi. A los 55 meses, el mayor contenido de N observado fue para la cultivar Catuaí, en el nivel "E" de fertilización. Es probable que esos contenidos superiores se deban tan solamente a una mayor distribución de la masa seca para esos órganos (Cuadro 4, 5 y 6).

A los 31 meses, en el nivel "E" de fertilización, la acumulación de N por planta fue mayor para las cultivares Acaíá, Rubi y Catuaí y la acumulación de K fue mayor para las cultivares Rubi y Catuaí. Aunque a los 55 meses de cultivo no fueran observadas diferencias entre los niveles de fertilización en el acumulo de N, P y K por planta, solamente la cultivar Catuaí logró acumular más N, P y K en el nivel "E" de fertilización que en el "A" (Cuadros 5, 6 y 7).

A los 31 meses la distribución de N entre las cuatro cultivares y niveles de fertilización fue en promedio mayor en hojas y frutos (los dos con el 34%), seguido por las raíces (15%), ramas plagiotrópicas (13%) y finalmente en ramas ortotrópicas (5,23%). A los 55 meses, la distribución promedia de N en las plantas fue el siguiente: raíces (34%), hojas (27%), frutos (23%), ramas plagiotrópicas (10%) y tallo (6%).

Cietto et al. (1991) observaron una distribución diferente en la parte aérea de plantas de cinco años de la cultivar Catuaí. En esas, la mayor acumulación de N fue observada en los frutos (45,19%), seguida de las hojas (33,73%), ramas plagiotrópicas (14,24%) y ramas ortotrópicas (6,83%). En trabajo conducido por Correa et al. (1984) con las cultivares Mundo Novo y Catuaí, a los 54 meses, la mayor proporción del N fue acumulado en las hojas.

Cuadro 5 – Acumulación de N (g/planta) a los 31 y 55 meses de cultivo por órganos de cuatro cultivares de café, en los niveles de fertilización adecuado (A) y elevado (E) ⁽¹⁾.

Niveles	Acaiá	Icatú	Rubi	Catuaí	Acaiá	Icatú	Rubi	Catuaí
	Nitrogeno 31 meses de cultivo							
	Raíces				Ramas ortotrópicas			
A	5,0	4,9	3,2 b	3,6	2,0 Ab	1,5 AB	1,6 AB	0,9 B
E	4,5	5,0	7,7 a	5,2	2,7 Aa	1,8 B	1,8 B	1,5 B
CV(%)	43,23				22,23			
	Ramas plagiotrópicas				Hojas			
A	2,7 b	3,7	4,0 b	3,0 b	8,1 b	7,9 b	11,5 b	5,9 b
E	4,9 a	5,2	6,6 a	5,9 a	16,3 a	12,9 a	17,6 a	12,2 a
CV(%)	25,00				25,06			
	Frutos				Total			
A	7,6	11,4	8,8 b	8,8	25,6 b	29,2	28,8 b	21,5 b
E	9,4 B	14,0 AB	20,1 Aa	13,2 AB	38,0 Ba	38,9 B	53,5 Aa	37,9 Ba
CV(%)	39,19				21,02			
	Nitrogeno 55 meses de cultivo							
	Raíces				Ramas ortotrópicas			
A	33,5	30,9	34,1	39,8	7,5 A	6,0 AB	3,9 AB	3,0 B
E	57,6	30,3	37,8	32,9	7,7	7,5	6,6	5,8
CV(%)	50,55				36,92			
	Ramas plagiotrópicas				Hojas			
A	9,5	12,7	8,4	5,5 b	26,6	30,7	25,0	18,1 b
E	14,2 AB	13,9 AB	9,8 B	17,4 Aa	24,8	33,0	36,6	38,6 a
CV(%)	32,71				32,90			
	Frutos				Total			
A	26,9	25,9	25,1	22,0	104,0	106,1	96,4	88,4 b
E	26,2	24,7	16,0	33,2	130,5	109,4	106,8	127,9 a
CV(%)	36,80				22,74			

En cada parte de la planta, los promedios con letras diferentes, mayúscula en la fila y minúscula en la columna, presentan diferencia estadística entre ellos por el teste de Tukey al 5 % de probabilidad.

Con respecto al P, se verificó que su acumulación fue mayor en los frutos (42 y 33% a los 31 y 55 meses respectivamente), con menor proporción en las ramas ortotrópicas (6 y 10% a los 31 e 55 meses respectivamente). A los 31 meses a los frutos le siguieron las hojas (27%), y a estas las ramas plagiotrópicas (13%) y las raíces (12%).

A los 55 meses de cultivo, después de los frutos (33%), las raíces fueron el órgano que más acumuló P (24%), seguidas por las hojas (22%) y por las ramas plagiotrópicas (11%).

Cietto et al. (1991) también observaron mayor proporción de P en los frutos (54,99%) de la cultivar Catuaí a los cinco años (60 meses) de cultivo, en su estudio de la acumulación de P por la parte aérea del cafeto. A los frutos le siguieron las hojas (31,87%), ramas plagiotrópicas (7,78%) y ramas ortotrópicas (5,60%).

La proporción de K distribuida para los distintos órganos de la planta fue similar en las dos evaluaciones. Los frutos presentaron la mayor proporción del contenido de K del árbol (40% para

Cuadro 6 – Acumulación de P (g/planta) a los 31 y 55 meses de cultivo por órganos de cuatro cultivares de café, en los niveles de fertilización adecuado (A) y elevado (E) ⁽¹⁾

Niveles	Acaíá	Icatú	Rubi	Catuái	Acaíá	Icatú	Rubi	Catuái
	Fósforo 31 meses de cultivo							
	Raíces				Ramas ortotrópicas			
A	0,36	0,28	0,20	0,19	0,25 A	0,11 BC	0,20ABb	0,10 C
E	0,25	0,28	0,39	0,26	0,21 A	0,10 B	0,12ABa	0,11 B
CV(%)	48,20				30,14			
	Ramas plagiotrópicas				Hojas			
A	0,26 B	0,24 B	0,79 A	0,27 B	0,51 ABb	0,45 B	0,81 A	0,38 Bb
E	0,33	0,26	0,38	0,33	0,79 a	0,63	0,84	0,64 a
CV(%)	33,64				28,12			
	Frutos				Total			
A	0,87	1,10	0,96	0,94	2,24	2,17	2,63	1,88
E	0,74	1,04	1,42	0,97	2,34	2,30	3,24	2,29
CV(%)	43,70				24,01			
	Fósforo 55 meses de cultivo							
	Raíces				Ramas ortotrópicas			
A	1,63	1,06	1,84	1,09	1,24 Aa	0,62 Ba	0,43 Ba	0,31 Ba
E	2,19	1,34	2,55	1,64	0,81 b	0,70 a	0,61 a	0,59 a
CV(%)	55,06				40,13			
	Ramas plagiotrópicas				Hojas			
A	0,71	0,62	0,58	0,40 b	1,35	1,36	1,05 b	0,79 b
E	0,86	0,71	0,86	1,03 a	1,25	1,47	2,06 a	2,02 a
CV(%)	35,11				28,99			
	Frutos				Total			
A	2,85	1,99	2,10	1,86	7,78	5,65	5,99	4,45 b
E	2,27	1,95	1,26	2,00	7,38	6,17	7,34	8,07 a
CV(%)	38,03				27,9			

En cada parte de la planta, los promedios con letras diferentes, mayúscula en la fila y minúscula en la columna, presentan diferencia estadística entre ellos por el teste de Tukey al 5% de probabilidad.

las dos evaluaciones), seguidos por hojas (31 y 28% con 31 y 55 meses respectivamente), ramas plagiotrópicas (16 y 17% respectivamente para las dos evaluaciones), raíces (8% para las dos evaluaciones) y por fin del tallo (5 y 7% a los 31 y 55 meses respectivamente).

Correa et al. (1984) reportan que, para la cultivar Catuái, a los 54 meses, hubo mayor proporción de K en los frutos (51,08%), seguidos por las hojas (26,26%), ramas plagiotrópicas (14,46%), ramas ortotrópicas (4,63%) y raíces (3,64%). Para la 'Mundo Novo', las proporciones de K decrecieron en la siguiente orden: frutos (38,81%), hojas (31,06%), ramas plagiotrópicas (17,31%), ramas ortotrópicas (7,60) y raíces (5,21).

En promedio las cultivares, en los dos niveles de fertilización, acumularon 34,2; 2,4 e 14,5 g planta⁻¹ de N, P y K hasta los 31 meses de cultivo, lo que correspondió a una extracción de 170,8; 27,25 e 87,0 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O por la población de 5000 plantas. A los 55 meses, el cultivo acumuló 108,7 de N; 6,6 de P y 72,0 de K g planta⁻¹, equivalente a 543,4; 75,9 e 431,76 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente.

En una finca de cafeto establecida con 3,5 m entre hileras y 2,2 m entre plantas, con dos plantas por hoyo, Cietto & Haag (1995) encontraron valores acumulados de 79,7 y 105,0 g planta⁻¹ de N a los 3 (36 meses) y 5 años (60 meses) de cultivo, respectivamente. Para el K, observaron

Cuadro 7 – Acumulación de K (g/planta) a los 31 y 55 meses de cultivo por órganos de cuatro cultivares de café, en los niveles de fertilización adecuado (A) y elevado (E) ⁽¹⁾.

Niveles	Acaíá	Icatú	Rubi	Catuaí	Acaíá	Icatú	Rubi	Catuaí
	Potasio 31 meses de cultivo							
	Raíces				Ramas ortotrópicas			
A	1,1	1,1	0,8 b	1,0	0,9 A	0,7 B	0,6 B	0,4 C
E	1,0	1,3	1,8 a	1,0	1,0 A	0,7 B	0,5 B	0,5 B
CV(%)	52,97				17,97			
	Ramas plagiotrópicas				Hojas			
A	1,5 b	2,0 b	2,1	1,6 b	3,1 ABb	3,2 ABb	5,0 A	2,4B b
E	2,4 a	2,7 a	2,6	2,8 a	6,0 a	5,1 a	6,0	5,0 a
CV(%)	19,07				23,94			
	Frutos				Total			
A	4,6	5,9	4,9 b	5,0	11,1	13,0	13,3 b	10,0 b
E	4,5 B	6,9 AB	9,9 Aa	6,6 AB	15,0	16,7	21,0 a	16,0 a
CV(%)	42,53				22,41			
	Potasio 55 meses de cultivo							
	Raíces				Ramas ortotrópicas			
A	5,9	4,3	6,1	3,7	8,7A a	5,9 AB	3,4 B	3,2 B
E	7,8	5,5	8,4	6,0	5,8 b	5,4	3,9	4,1
CV(%)	59,92				36,45			
	Ramas plagiotrópicas				Hojas			
A	9,3	11,6	7,8	5,6 b	16,7	20,0	16,6	11,9 b
E	15,7	12,0	11,2	22,1 a	20,6	25,9	22,0	25,9 a
CV(%)	49,15				30,23			
	Frutos				Total			
A	36,7	29,4	28,7	26,6	77,30	71,3	62,7	51,1 b
E	30,3	27,2	16,6	37,0	80,1	76,0	62,1	95,0 a
CV(%)	38,20				25,71			

En cada parte de la planta, los promedios con letras diferentes, mayúscula en la fila y minúscula en la columna, presentan diferencia estadística entre ellos por el teste de Tukey al 5 % de probabilidad.

acumulaciones de 56,6 y 93,5 g planta⁻¹ a los 3 y 5 años, respectivamente. Comparativamente a este trabajo, las acumulaciones fueron mayores en la primera y menores en la segunda evaluación. Quizás las diferencias entre los dos trabajos se deban a las diferencias en las productividades obtenidas en las dos situaciones, una vez que los frutos acumulan las mayores proporciones de P y K y también una gran proporción del N.

En el presente estudio se verificó que las acumulaciones de N y K g planta⁻¹ fueron crecientes con el tiempo de cultivo y mayores que las reportadas por Cietto & Haag (1995), los cuales trabajaron con una mayor población de plantas por hectárea. Estos datos indican la necesidad de ajustar mejor las

recomendaciones de fertilización para sistemas de densidad alta de siembra.

Las relaciones N/K observadas por Cietto & Haag (1995) fueron 1,41 y 1,12 para plantaciones de 3 y 5 años de edad. En este experimento, los promedios de acumulación de N y K entre cultivares y niveles de fertilización resultaron en relaciones N/K de 2,36 y 1,51 para 31 y 55 meses de cultivo, indicando que las exigencias de N son mayores que las de K. Silva et al. (1999) afirman que las exigencias del cafeto en K son equivalentes a las de N. Garcia et al. (1983) verificaron que la producción disminuyó de manera acentuada cuando la relación N/K se aproximó de 3.

En los Cuadros 4 y 5 se verifica que los mayores promedios de acumulación, observados para

el N, por lo general, se encuentran en las hojas y, para el K, en los frutos. En acuerdo con esos resultados, Malavolta (1993) afirma que el N es más exigido en el crecimiento foliar mientras que los frutos exigen más K.

4 CONCLUSIONES

En las condiciones de este experimento la cultivar Acaia fue más productiva que las demás, seguida de la cultivar Rubi, cuyas productividades acumuladas alcanzaron las de 'Acaia' cuando recibió dosis elevadas de fertilizantes.

Las cultivares Icatu y Catuaí tuvieron buenas productividades en la primera cosecha, pero presentaron bianualidad de producción más acentuada que 'Acaia' y 'Rubi'.

Para las cuatro cultivares, la proporción de materia seca de raíces y ramas ortotrópicas en el árbol aumenta con el tiempo, mientras que las de hojas, frutos y ramas plagiotropicas disminuyen.

Para las cuatro cultivares, la materia seca producida por los árboles se distribuyó en la siguiente orden decreciente: raíces > frutos > hojas > ramas plagiotropicas > ramas ortotrópicas. Las mayores proporciones de K y P ocurrieron en frutos, y del N en hojas.

El nivel elevado de fertilización permitió que los árboles presentaran grande proporción de hojas, mismo con altas producciones de frutos.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; COONS, P. M. The physiology of flowering in coffee: a review. **Journal of Coffee Research**, Balehonnur, v. 8, p. 29-73, 1978.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de P em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 21, p. 73-85, 1974.

BREMNER, J. M. Total nitrogen. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 1149-1178.

CARVALHO, C. H. S.; RENA, A. B.; PEREIRA, A. A.; CORDEIRO, A. T. Relação entre produção, teores de N, P, K, Ca, Mg, amido e seca de ramos do Catimor (*Coffea arabica* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 665-673, 1993.

CIETTO, S.; HAAG, H. P. Nutrição mineral do cafeeiro I: acumulação de matéria seca, recrutamento de N, P e K pelo cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) com dois, três, quatro e cinco anos de idade, nas fases fenológicas de repouso, granação e maturação vegetando em um Latossolo Vermelho Amarelo, fase cerrado. **Agronomia Lusitana**, [S.l.], v. 45, p. 101-120, 1995.

CIETTO, S.; HAAG, H. P.; DECHEN, A. R. Absorção de Ca, Mg e S pelo cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) com dois, três, quatro e cinco anos de idade, nas fases fenológicas de repouso, granação e maturação vegetando em um Latossolo Vermelho Amarelo, fase cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1991. p. 223-244.

CORREA, J. B.; GARCIA, A. W. R.; COSTA, P. C. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEIRA, 10., 1983, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p. 117-183.

CORREA, J. B.; GARCIA, A. W. R.; COSTA, P. C. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 11., 1984, Londrina. **Resumos...** Rio de Janeiro: Ministério da Indústria e Comércio, 1984. p. 174-176.

GALLO, P. B.; RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A.; PEREIRA, L. C. E. Resposta de cafezais adensados à adubação NPK. **Bragantia**, Campinas, v. 58, p. 341-351, 1999.

GARCIA, A. W. R.; MARTINS, M.; SALGADO, A. R.; FREIRE, A. C. F. Efeitos da adubação química isoladamente, bem como sua associação com adubos orgânicos na produção de cafeeiros Mundo Novo, em solos LEd. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 10., 1983, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p. 282-284.

GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ, V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 289-302.

JOHNSON, C. M.; ULRICH, A. **Analytical methods for use in plants analyses**. Los Angeles: University of California, 1959. 766 p.

KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. **Physiology of woody plants**. 2. ed. San Diego: Academic, 1996. 411 p.

MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J. L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C. P.; HEINRICHS, R.; SILVEIRA, J. S. M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 7, p. 1017-1022, jul. 2002.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro: colheitas econômicas máximas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210 p.

RENA, A. B.; CARVALHO, C. H. S. Causas abióticas da seca de ramos e morte de raízes em café. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Produção integrada de café**. Viçosa: UFV, 2003. p. 197-222.

SILVA, E. B.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G.; CHAGAS, S. J.; COSTA, L. Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do grão de café beneficiado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, p. 335-345, 1999.