

RENATO ANTÔNIO BORGHETTI

**ASPECTOS NUTRICIONAIS E FISIOLÓGICOS ASSOCIADOS À
PRODUÇÃO DO CAFEIRO COM ALINHAMENTO DE PLANTIO NORTE-
SUL**

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2013**

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

B732a
2013

Borghetti, Renato Antônio, 1988-

Aspectos nutricionais e fisiológicos associados à produção do cafeeiro com alinhamento de plantio norte-sul / Renato Antônio Borghetti. – Viçosa, MG, 2013.

ix, 40f : il. ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Roberto Ferreira de Novais.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Café - Produção. 2. Café -Qualidade. 3. Cerrado. 4. *Coffea arabica*. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos. Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. II. Título.

CDD 22 ed. 633.73

RENATO ANTÔNIO BORGHETTI

**ASPECTOS NUTRICIONAIS E FISIOLÓGICOS ASSOCIADOS À
PRODUÇÃO DO CAFEIEIRO COM ALINHAMENTO DE PLANTIO NORTE-
SUL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2013**

RENATO ANTÔNIO BORGHETTI

**ASPECTOS NUTRICIONAIS E FISIOLÓGICOS ASSOCIADOS À
PRODUÇÃO DO CAFEIEIRO COM ALINHAMENTO DE PLANTIO NORTE-
SUL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 31 de julho de 2013.

Júlio César Lima Neves
(Coorientador)

Wagner L. Araújo

Fernanda Schulthais

Roberto Ferreira de Novais
(Orientador)

À meus pais, Vanir e Zélia, pelo amor, exemplo de vida e dedicação;

A Rebeca, por todo amor, carinho e paciência;

Aos meus irmãos, Vagner e Everton, pelo carinho;

Aos meus tios, tias, primos, primas e amigos;

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, acima de tudo, por proporcionar o dom da vida e iluminar e guiar nos caminhos nem sempre fáceis de serem trilhados.

A Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Solos, que me concederam a oportunidade para realização do curso de Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Prof. Nairam Félix de Barros, pela acolhida e oportunidade de realização de estágio neste departamento.

Ao Prof. Roberto Ferreira de Novais pela orientação exemplar, ensinamentos científicos, paciência e grande exemplo profissional.

Aos professores Júlio César Lima Neves e Wagner L. Araújo, pelo apoio e sugestões.

À Caroline Muller, pelos ensinamentos, amizade e auxílio na realização deste trabalho.

Ao Prof. Antônio Carlos Ribeiro (Dudu) pela atenção, disponibilidade e acolhida na fazenda Itatiaia, pelos conhecimentos e causos contados.

Aos colegas e amigos do departamento de solo, em especial, Loane, Fernanda, Henrique, Ignácio, Gelton, Erick, Gabriel, Fellip e Prof. Leonardus pela ajuda nas dúvidas e na condução deste experimento.

As estudantes de graduação Flávia e Greice, pela colaboração e auxílio, nas coletas em campo e análises laboratoriais.

Ao José Luiz Teixeira, pelos ensinamentos e ajuda na coleta dos dados para a realização desse trabalho.

Ao Engenheiro Agrônomo Rodrigo Ticle, pelo auxílio e interesse na realização deste trabalho.

Aos proprietários e funcionários das Fazendas Magda e Sant'anna, pela acolhida e disponibilidade da área para a realização deste experimento.

Agradeço especialmente a minha noiva, Rebeca, por todo amor, carinho, compreensão, apoio e incentivo que sempre fará parte de cada vitória.

Aos meus pais, por todo apoio dado à minha vida. O meu sentimento é de gratidão e admiração por tudo o que vocês já fizeram por mim.

Aos laboratoristas, Cardoso, Beto, Poliana pela incansável ajuda, ensinamentos e atenção.

Aos amigos Alessandra, Neia, Raquel, Thalita e Pedro, pelo companheirismo, estímulo e apoio.

As Denises, Luciana e Cláudia, pela atenção e auxílio sempre.

A Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES) e ao Prof. José Augusto dos Santos Neto, pelos primeiros passos na iniciação científica.

Aos demais professores, funcionários, colegas e amigos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste curso.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRAT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	4
2.1. Produção de café	4
2.1.1. <i>Classificação e qualidade do café</i>	7
2.1.2. <i>Teor de água</i>	8
2.1.3. <i>Condutividade elétrica e lixiviação de potássio</i>	8
2.1.4. <i>Índice de coloração e acidez titulável total</i>	8
2.2. Avaliações fisiológicas	9
2.2.1. <i>Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a</i>	9
2.2.2. <i>Pigmentos fotossintéticos</i>	9
2.2.3. <i>Análise foliar</i>	10
2.2.4. <i>Razão isotópica do carbono</i>	10
2.3. Delineamento experimental	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
3.1. Produção	11
3.2. Aspectos qualitativos	13
3.3. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a	15
3.4. Pigmentos fotossintéticos	20
3.5. Análise foliar	22
4. CONCLUSÕES	24
LITERATURA CITADA	25
ANEXOS	35

RESUMO

BORGHETTI, Renato Antônio, MSc., Universidade Federal de Viçosa, julho 2013. **Aspectos fisiológicos e nutricionais associados à produção do cafeeiro com alinhamento de plantio norte-sul.** Orientador: Roberto Ferreira de Novais. Coorientadores: Júlio César Lima Neves e Caroline Müller.

A produção e a qualidade da bebida do café podem variar significativamente em relação a aspectos nutricionais, fisiológicos, genéticos e edafoclimáticos. Dentre esses aspectos, a irradiância apresenta forte influência nas características fisiológicas, interferindo na quantidade e qualidade dos frutos produzidos. Com o estabelecimento de lavouras cafeeiras em regiões de temperatura média mais elevada e de relevo mais plano, como nos Cerrados em geral, observações de campo demonstram a influência da orientação do alinhamento de plantio de café no comportamento da cultura, quanto às faces de exposição das folhas. Portanto, o objetivo deste trabalho foi estudar a influência do alinhamento norte-sul quanto aos aspectos relacionados à produção, qualidade de café, nutrição e fisiologia em região de Cerrado. O estudo foi realizado em duas áreas de plantio comercial de café - *Coffea arabica* L. Topázio (área I) e *Coffea arabica* L. Catuaí (área II), com fileiras de plantio orientadas no sentido norte-sul, na região do Triângulo Mineiro, município de Araxá – MG. Em cada área foram colhidas dez plantas sequenciais com cinco repetições por área; cada lado da planta foi colhido separadamente. Retirou-se uma amostra de 4 kg de frutos frescos em cada lado, que foram devidamente lavados e separados em cereja, verde e boia. Após a secagem, foram realizadas as análises de qualidade de bebida dos grãos de café cereja. Para as análises de tecido foliar, trocas gasosas (A), carboidratos, pigmentos fotossintéticos, e composição isotópica do carbono $\delta^{13}\text{C}$, foram selecionadas cinco plantas por área, que tiveram as posições apical, mediana e basal do dossel avaliadas em cada lado da planta em diferentes épocas. A produção de café cereja da área I (variedade Topázio) foi 54 % superior no lado leste em relação ao lado oeste e com menor produção de frutos verdes. Entretanto, para a área II (variedade Catuaí), não houve

diferenças na produção e na porcentagem média das classes de maturação. As notas obtidas pelos grãos de café cereja quanto a bebida não diferiram em relação as faces de exposição ao sol, para ambas as áreas analisadas, assim como para as demais variáveis qualitativas estudadas. As concentrações foliares de macro e micronutrientes estão dentro da faixa adequada recomendada para a cultura e, em ambas as áreas experimentais, as variedades não apresentaram, de modo geral, diferenças significativas nos teores de nutrientes entre os lados da planta. Sob radiação fotossinteticamente ativa (RFA) saturante, os lados leste e oeste apresentaram altas taxas de A no período da manhã, sendo as variações em A relacionadas a limitações na condutância estomática (g_s). A discriminação isotópica do carbono ($\delta^{13}C$) e a concentração de clorofila total na parte basal foram superiores no lado oeste para a área I (variedade Topázio) e não apresentaram diferenças para a área II (variedade Catuaí).

ABSTRACT

BORGHETTI, Renato Antônio, MSc., Universidade Federal de Viçosa, July 2013. **Nutritional and physiological aspects associated with the coffee crop planted in north-south alignment.** Adviser: Roberto Ferreira de Novais. Co-advisers: Julius Caesar Lima Neves and Caroline Müller.

The production and quality of the coffee can vary significantly in relation to nutritional, physiological, genetic and edaphoclimatic features. Among these aspects, the irradiance has a strong influence on physiological characteristics, affecting the quantity and quality of fruit produced. With the establishment of coffee plantations in regions of higher average temperature and flatter topography, such are generally the regions of Cerrado, field observations demonstrate the influence of the alignment orientation of the coffee plantations in the performance of the culture, as in the exposure of the leaves' surfaces. Therefore, the aim of this work was to study the influence of the north-south alignment on the aspects related to production, quality, nutrition and physiology of coffee crops in the Cerrado region. The study was conducted in two areas of commercial plantation of coffee - *Coffea arabica* L. Topázio (area I) and *Coffea arabica* L. Catuaí (area II), with the planting rows aligned in north-south direction, in the municipality of Araxá, Triângulo Mineiro region of Minas Gerais state. In each area, ten sequential plants have been harvested, with five replicates per area, being each side of the plants harvested separated. From each side of the plants, samples of 4 kg of fresh fruits were picked up, properly washed and separated into cherry, green and floated beans. After drying, the quality analyses of drinking coffee from cherry beans were carried out. For the analyzes of leaf tissue, gas exchange (A), carbohydrates, photosynthetic pigments, and carbon isotope composition $\delta^{13}\text{C}$, five plants per area were selected, which had the apical, median and basal canopy positions evaluated on each side of the plants, at different times. The production of cherry fruits from Area I (Topázio variety) was 54 % higher on the east side compared to the west, and with lower production of green fruits. However, for area II (Catuaí

variety), there were no differences in production and average percentage of classes of maturity. The grades for grain cherry coffee drink did not differ between faces in relation to the sun exposure, to both areas analyzed, as well as to the other qualitative variables studied. The foliar concentrations of macro and micronutrients are within the recommended range for the culture, and in both experimental areas, the varieties did not show, in general, significant differences in nutrient content between the sides of the plant. Under saturating photosynthetic active radiation (PAR) the east and west sides showed high rates of A in the morning, being the variations A related to limitations in g_s . The carbon isotope compositions ($\delta^{13}C$) in the basal area were higher in the west side to the area I (Topázio variety) and showed no differences for area II (Catuaí) and for the total concentration of chlorophyll

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, com um parque cafeeiro estimado em 2,3 milhões de hectares. Dentre as diversas espécies do gênero *Coffea* destacam-se comercialmente para consumo o café arábica (*C. arabica* L.) e o robusta (*C. canefora* Pierre ex. Froehner), com grande variedade de cultivares. Atualmente, a produção do café arábica responde por, aproximadamente, 60 % do café produzido mundialmente e o café robusta pelo restante. Em 2011, o Brasil produziu 43,5 milhões de sacas (60 kg) e o café contribuiu com 9,2 % de todas as exportações do agronegócio (Conab, 2012).

A produção e qualidade do café podem variar com aspectos nutricionais, fisiológicos, edafoclimáticos e genéticos (DaMatta, 2004; Alves, 2005; Alves & Guimarães, 2010; Pompeli, 2010). Dentre esses, a irradiância apresenta forte influência nas características fisiológicas das plantas de café, interferindo na quantidade e qualidade dos frutos produzidos (DaMatta & Rena, 2002). Com o estabelecimento de lavouras cafeeiras em regiões de temperatura média mais elevada e condições topográficas de relevos mais planos, como as do Cerrado brasileiro de modo geral, observações de campo indicam a influência da orientação das linhas de plantio da cultura na fisiologia, morfologia e produtividade das faces expostas ao sol. Assim, modificações nos níveis de luminosidade, aos quais uma espécie está aclimatada, podem condicionar diferentes respostas fisiológicas em suas características bioquímicas, anatômicas e de crescimento (Atroch et al., 2001).

Mattiolo et al. (2005), avaliando a produção e o efeito da face de exposição no rendimento e tipo de grãos de café produzidos em Pirapora/MG, região de temperatura média elevada, verificaram uma produção 50 % maior na face leste comparada à face oeste em cafeeiros da variedade Catuaí com 2,5 anos. Entretanto, em região de montanha, a face oeste das plantas submetidas a uma maior exposição a radiação solar, apresentou produção de grãos cerca de 40 % superior à da face leste (Alves, 2005). De acordo com Chaves (2009), em regiões com alta nebulosidade, como na Zona da Mata de Minas Gerais, faces do renque recebendo maior irradiância podem ter vantagens em termos de produção. Já em regiões com alta insolação, maior

disponibilidade de luz pode resultar em maiores danos fotooxidativos às folhas, como escaldadura, queima da folhagem e frutos, reduzindo assim a produção (Alves et. al., 2008).

Adaptações anatômicas e fisiológicas foliares podem variar com a posição da copa em função da quantidade de energia luminosa interceptada, absorvida e, ou, refletida. Têm sido observadas, em plantas cultivadas à pleno sol, maiores taxas de fotossíntese líquida (A) e de transpiração (Morais et al., 2003), desde que a abertura estomática não seja limitante (DaMatta & Rena, 2002). No entanto, Freitas et al. (2003), ao avaliarem a influência de diferentes níveis de sombreamento no comportamento fisiológico de cultivares de café, observaram maiores taxas de A à sombra que a pleno sol, o que pode ser explicado pela menor condutância estomática (g_s) das folhas expostas ao sol.

O cultivo à pleno sol, no entanto, pode submeter as plantas a irradiâncias superiores às de saturação, levando a fotoinibição da fotossíntese. Para o café, as irradiâncias de saturação para folhas ao sol e à sombra são de, aproximadamente, 600 e 300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de fótons, respectivamente (Fahl et al. 1994). A fotoinibição é manifestada por uma queda na eficiência fotoquímica do fotossistema (FS) II (Pandey et al., 2005), indicativa de redução fotossintética, avaliada pela fluorescência da clorofila a . No entanto, Dias (2006) não observou decréscimos em A até cerca de 1400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de fótons, independente da localização das folhas nas faces ou extratos de plantas de café, demonstrando uma ampla plasticidade quanto à faixa de irradiância recebida. Porém, em regiões tropicais é comum radiações acima de 2200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, que podem induzir à fotoinibição (Nunes et al., 1993).

O cafeeiro apresenta mecanismos fotoquímicos e não-fotoquímicos eficientes para dissipar o excesso de energia radiante incidente (Dias, 2006). Podem apresentar alterações enzimáticas, aumento do ângulo foliar, diminuição da concentração de clorofilas (DaMatta, 2003; Mattos et al., 2009) dentre outros. Quando esses mecanismos são insuficientes para dissipar o excesso de energia luminosa, ocorre a fotoinibição crônica, que pode causar uma série de injúrias fisiológicas/anatômicas não reversíveis, como amarelecimento, queima (escaldadura) e deformações que, em casos extremos, afetam ramos e frutos, prejudicando o rendimento e a qualidade da bebida (Alves & Guimarães, 2010).

Uma alta carga de frutos pode ocasionar deficiência de N foliar e carboidratos, ocasionado pela alta demanda dos frutos (Zambolim et al., 2007), resultando em alta proporção de frutos boia (Chaves, 2009). O N tem papel principal na utilização da energia luminosa e no metabolismo fotossintético do carbono (Marschner, 1995), aumentando tanto a atividade como a concentração da Rubisco (Ramalho et al., 1999) e a espessura do mesófilo, isto é, maior volume celular por unidade de área (Fahl et al., 1994). A adubação nitrogenada pode proteger as plantas de café, mesmo em condições de estresse, contra danos fotoinibitórios e fotoxidativos (Ramalho et al., 2000; Pompelli et al., 2010), reduzindo a pressão de excitação sobre os fotossistemas (DaMatta & Rena, 2002). Em cafeeiros cultivados a pleno sol, a deficiência de N reduz a concentração de carotenoides e a atividade da peroxidase do ascorbato, acarretando danos às membranas cloroplastídicas (Pompelli et al., 2010). Outras deficiências nutricionais, como a de Mg e K podem aumentar a sensibilidade das plantas a danos fotoxidativos, por diminuir o metabolismo fotossintético do carbono, bem como a translocação de fotoassimilados da fonte para o dreno (Salgado & Favarim, 2007). Micronutrientes como o B e Zn participam efetivamente na fixação fotossintética de CO₂ e na translocação de fotoassimilados. O Mn, Cu e Zn também são importantes contra os danos fotoxidativos por estarem presentes nas isoenzimas antioxidativas, que protegem as células da ação danosa do superóxido (Salgado & Favarim, 2007).

Inúmeros fatores podem interferir no comportamento fisiológico e produtivo do cafeeiro em relação à intensidade da exposição luminosa, alterando, de fato, a quantidade e a qualidade do produto. Portanto, a planta pode apresentar comportamentos distintos de acordo com a face de exposição ao sol. A compreensão e associação desses fatores podem auxiliar num manejo mais sustentável e na recomendação de técnicas para selecionar grãos com maior qualidade.

O objetivo deste trabalho foi estudar a influência do alinhamento de plantio norte-sul quanto aos aspectos relacionados à produção, qualidade de café, nutrição e fisiologia do café arábica em região de Cerrado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em duas áreas (I e II) de plantio comercial de café (*Coffea arabica* L.) cultivadas a pleno sol com fileiras orientadas no sentido N/S na região do Triângulo Mineiro, município de Araxá – MG. O solo das áreas estudadas foi classificados como Latossolo Vermelho. O clima, pela classificação de Köppen, é do tipo Cwa, isto é, clima tropical chuvoso, com verão quente e inverno seco, com temperatura média anual de 20,8 °C e pluviosidade média anual de 1.540 mm. Em uma das áreas estudadas (área I) é cultivada a variedade Topázio MG 1190, com quatro anos de implantação, altura média de 1,52 m, e espaçamento 3,8 x 0,7 m, localizada na Fazenda Sant'anna, BR 262, km 709, com altitude de 953 m, latitude 19° 36' 00" S, longitude 47° 05' 00" W. A área II é cultivada com a variedade Catuaí Vermelho IAC 44, com dez anos de implantação, altura média de 2,30 m, e espaçamento de 3,5 x 0,70 m, localizada na Fazenda Magda, BR 262, km 712, com altitude de 970 m, latitude 19° 35' 40" S, longitude 47° 07' 00" W. As adubações em ambas as áreas foram realizadas conforme o recomendado por Guimarães et al. (1999). Para as análises químicas (Quadro 1), amostras compostas de solo foram coletadas em duas profundidades (0-20 e 20-40 cm) na área da projeção da copa (em ambos os lados de exposição) e na entrelinha de plantio. Os dados de precipitação média pluvial e temperaturas médias mínima e máxima mensal de 1961 a 1990 e precipitação pluvial e insolação total mensal no período do experimento, são apresentadas nas figuras 1 e 2.

2.1. Produção de café

A colheita foi realizada por meio de derrixa manual, realizada na segunda quinzena do mês de julho de 2012. Foram colhidas dez plantas sequenciais, mais uniformes e representativas do talhão, com cinco repetições por experimento; cada lado da planta foi colhido separadamente, e após serem pesados, retirou-se uma amostra de 4 kg de frutos frescos em cada lado, que após serem lavados foram separados em cereja, verde e boia. Os frutos foram inicialmente secos (48 h) em terreiros de concreto e posteriormente levados a terreiro suspenso, espalhados grão a grão. Obteve-se por diferença entre a

Quadro 1. Características químicas das amostras de solo (área I e II) em diferentes profundidades em relação às faces de exposição ao sol das plantas de duas variedades de café

Área (Variedade)	Prof.	Local	pH (H ₂ O)	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	V	Zn	Fe	Mn	Cu	B	MO	P-rem
	cm			mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³				%	mg dm ⁻³					g kg ⁻¹	mg L ⁻¹
Área I (Topázio)	0 - 20	Lado Leste	5,79	2,6	87	2,07	0,32	0,0	5,0	2,61	34,3	1,85	49,1	13,3	2,95	0,22	46,9	10,4
		Lado Oeste	5,48	2,4	138	3,06	0,77	0,0	4,8	4,18	46,5	1,87	46,2	11,7	2,73	0,16	45,6	10,8
		Entre linha	6,80	1,2	25	3,22	1,08	0,0	3,4	4,36	56,2	1,55	28,6	9,8	1,87	0,11	45,6	9,1
	20 - 40	Lado Leste	6,10	0,5	36	1,62	0,40	0,0	3,2	2,11	39,7	0,66	43,8	5,7	2,85	0,12	35,5	6,5
		Lado Oeste	5,89	0,5	99	1,30	0,38	0,0	3,7	1,93	34,3	0,54	35,1	4,8	2,74	0,14	33,0	7,4
		Entre linha	6,65	0,2	13	1,91	0,50	0,0	2,9	2,44	45,7	0,50	35,4	5,9	2,26	0,11	34,2	6,6
Área II (Catuaí)	0 - 20	Lado Leste	5,01	17,5	206	2,40	0,42	0,0	6,3	3,35	34,7	6,50	38,8	18,3	4,88	0,26	48,2	10,6
		Lado Oeste	5,14	14,0	75	1,76	0,43	0,0	6,4	2,38	27,1	4,00	31,3	6,2	4,69	0,24	41,8	9,0
		Entre linha	6,31	6,2	61	1,87	0,43	0,0	3,4	2,46	42,0	2,96	28,2	10,4	3,69	0,20	43,1	9,6
	20 - 40	Lado Leste	5,28	5,3	121	1,47	0,21	0,0	4,2	1,99	32,1	2,18	31,3	6,8	3,71	0,27	35,5	7,7
		Lado Oeste	5,00	3,7	68	0,48	0,09	0,0	5,0	0,74	12,9	1,58	26,1	3,3	3,75	0,18	30,4	6,6
		Entre linha	6,22	0,8	68	0,85	0,16	0,0	3,1	1,18	27,6	1,02	32,1	3,7	3,48	0,15	33,0	4,7

pH em água 1:2,5; P, K, Fe, Zn, Mn, Cu – Extrator Mehlich 1 (Defelipo & Ribeiro, 1997); Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ – Extrator KCl 1 mol L⁻¹ (Vettori, 1969); H+Al – Extrator acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ em pH 7; B – Extrator água quente; S – Extrator fosfato monocálcico em ácido acético; MO (Matéria Orgânica) – Método Walkley-Black; SB = Soma de Bases; P-rem = Fósforo remanescente; V = saturação por bases.

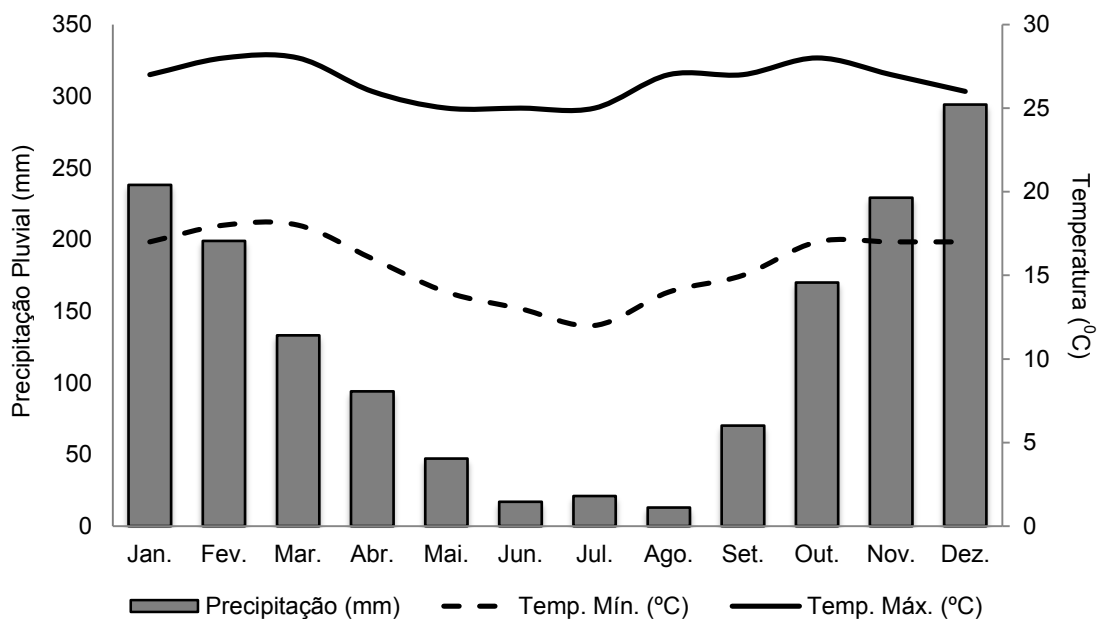


Figura 1 – Precipitação pluviométrica acumulada mensal e temperaturas médias mínima e máxima mensais obtidas na estação meteorológica de Araxá/MG, no período de 1961-1990, Fonte: www.climatempo.com.br

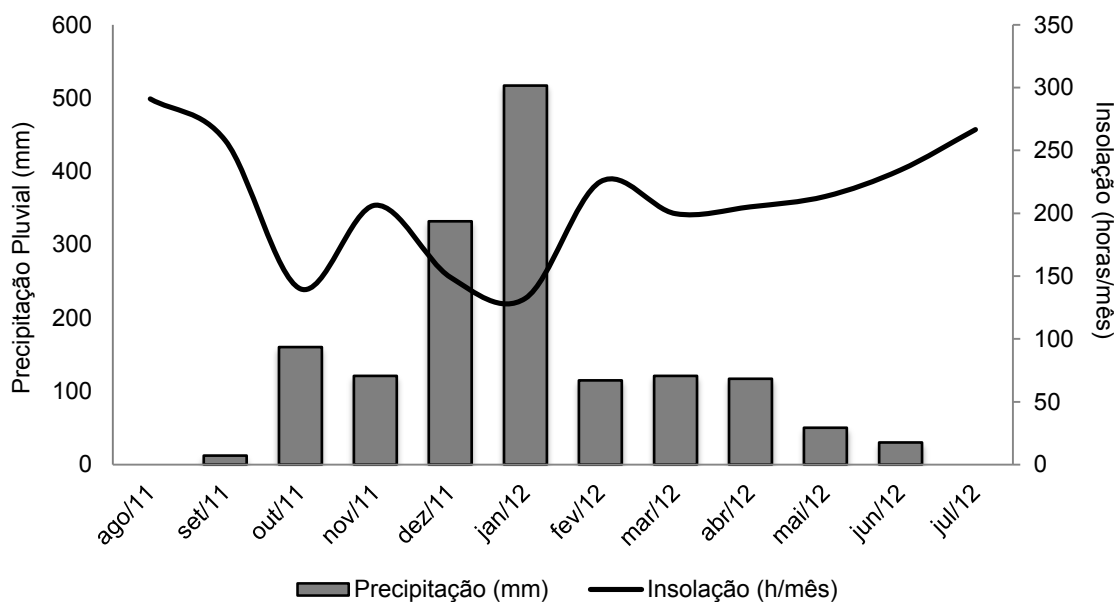


Figura 2 – Precipitação pluviométrica acumulada mensal e somatório da insolação total diária, obtidas na estação meteorológica de Araxá/MG, no período de 2011-2012. Fonte: adaptado, www.inmet.gov.br

massa fresca e seca as proporções entre as classes de maturação. Foram beneficiados somente os frutos cerejas de cada tratamento, utilizando um descascador de amostra portátil modelo DRC-1 (Indústrias de Máquinas Agrícolas Pinhal S.A.). Após o beneficiamento, retiraram-se 300 g de cada amostra que foram armazenadas em embalagens de papel, a 11 % de umidade.

2.1.1. Classificação e qualidade do café

Para classificação dos grãos quanto ao tipo, foram pesados 100 g por amostra, separando-se os defeitos segundo a Tabela de Equivalência de Grãos Imperfeitos e Impurezas (Brasil, 2003). Foram considerados os defeitos intrínsecos (grãos pretos, ardidos, verdes, chochos, mal granados, quebrados e brocados) e os defeitos extrínsecos (cascas, paus, pedras, cafés em coco ou marinheiros), obtendo-se o número de defeitos, segundo a Tabela Oficial de Classificação (Brasil, 2003). Em seguida, as amostras foram separadas quanto ao tamanho dos grãos, sendo passadas em peneiras de crivos arredondados para separação de grãos chatos e peneiras de crivos alongados para grãos moca. Foi calculada a porcentagem de grãos retidos, considerando sua relação com o peso total.

Para o teste de bebida, as amostras foram encaminhadas a empresa Três Corações com sede em Viçosa-MG. Realizou-se apenas uma prova ou degustação por amostra. Cada amostra era composta de quatro xícaras, que foram analisadas quanto às características sensoriais ao café, com base nas regras de competição nacionais e internacionais da Associação Brasileira de Cafés Especiais (BSCA, 2004). O café foi analisado quanto ao aroma, doçura, acidez, corpo, sabor e bebida limpa, gosto remanescente e balanço. Com base na análise deste conjunto de critérios de qualidade, determinou-se o valor da nota final global de cada amostra, de acordo com as normas estabelecidas para qualidade de cafés especiais.

2.1.2. Teor de água

Foram pesados 10 g de grãos de café após a colheita que foram secos em estufa a uma temperatura de 105 ± 3 °C, durante 24 h. O cálculo do teor de água foi realizado pela diferença entre a massa fresca e seca das amostras.

2.1.3. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio

Para a determinação da condutividade elétrica (CE), quatro amostras contendo 50 grãos de cada parcela foram pesadas e imersas em 75 mL de água destilada. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em estufa ventilada a 25 °C. Após o período de embebição (5 h) foi realizada a leitura da condutividade elétrica. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de amostra. Após a leitura da condutividade elétrica, realizou-se a leitura do K lixiviado (LK) na solução, em fotômetro de chama. Os resultados foram expressos em mg L^{-1} .

2.1.4 Índice de coloração e acidez titulável total

Para a determinação do índice de coloração (IC), utilizou-se método proposto por Singleton (1966) adaptado para o café. Foram pesados 2,0 g da amostra de grãos de café moídos e colocados em erlenmeyer contendo 50 mL de água destilada. Em seguida, as amostras foram homogenizadas em agitador elétrico por 1,0 h. Após a filtragem, foram adicionados 10 mL de água destilada à 5 mL do filtrado. Estas amostras foram deixadas em repouso por 20 min e depois foram lidas em comprimento de onda de 425 nm em espectrofotômetro. No mesmo extrato, foram medidos o pH em um "peagâmetro" digital portátil marca Digimed.

A acidez titulável total (ATT) foi determinada por titulação com NaOH 0,1 mol L^{-1} , de acordo com técnica descrita pela AOAC (1970), e expressa em mmol kg^{-1} .

2.2. Avaliações Fisiológicas

2.2.1. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*

As determinações de trocas gasosas e de fluorescência da clorofila *a* foram realizadas em três posições do dossel em folhas completamente expandidas, de posições azimutais, do terceiro ou quarto par, a partir do ápice de ramos plagiotrópicos, em duas épocas, fevereiro e julho de 2012. A taxa de assimilação líquida do carbono (A), a condutância estomática (g_s) e a razão entre a concentração interna e ambiente de CO_2 (C_i/C_a) foram medidas no período da manhã, em sistema aberto, utilizando radiação fotossinteticamente ativa (RFA) constante ($1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ fótons) e concentração de CO_2 ambiente ($\sim 392 \mu\text{mol mol}^{-1}$), com um analisador de gases a infravermelho (IRGA; modelo portátil LI-6400xt, LI-COR Biosciences Inc., Lincon, Nebraska, USA). Foi utilizado a RFA constante afim de verificar a A máxima em ambos os lados da planta.

As análises de fluorescência da clorofila *a* foram determinadas na mesma folha em que foram realizadas as determinações de trocas gasosas. A fluorescência inicial (F_0), a fluorescência máxima (F_m) e o rendimento quântico potencial do fotossistema II (FSII) (F_v/F_m) foram estimados conforme DaMatta et al. (2002). O coeficiente de extinção fotoquímico (qP) e não-fotoquímico (NPQ) foram calculados segundo Konrad et al. (2005).

2.2.2. Pigmentos fotossintéticos

Para determinação do conteúdo de pigmentos fotossintéticos, utilizaram-se discos foliares de 1 cm de diâmetro, obtidos da mesma folha utilizada para as medições de trocas gasosas em cada tratamento. Os discos foram imediatamente colocados em N líquido e posteriormente armazenados em freezer a $-80 \text{ }^\circ\text{C}$. Os pigmentos fotossintéticos foram extraídos em 5 mL de dimetilsulfóxido (DMSO) saturado com CaCO_3 em banho maria ($65 \text{ }^\circ\text{C}$) por 2 h. Após a extração, determinou-se a absorvância das amostras, em espectrofotômetro de feixe duplo, nos comprimentos de onda: 415, 435, 480, 649,1 e 665,1 nm, em temperatura ambiente. As equações para o cálculo das

concentrações de clorofila *a*, *b* e carotenóides totais foram baseadas no trabalho de Wellburn (1994) e a degradação da clorofila avaliada pelo índice de feofitinação, segundo Ronen & Galun (1984).

2.2.3. Análise foliar

Foram coletadas folhas do terceiro e quarto pares a partir do ápice dos ramos, de 10 a 12 folhas para cada posição e lado na planta. As coletas foram realizadas nos meses de fevereiro, julho e outubro, que correspondem aos estágios de frutos verdes, maduros e de floração, respectivamente. O material amostrado foi seco em estufa de ventilação forçada de ar a 70 °C, por 72 h. Em seguida, foi moído em moinho tipo Willey equipado com peneira de 20 mesh.

Para determinação dos teores de N, o material vegetal foi submetido à digestão sulfúrica (Jackson, 1958), sendo o nutriente quantificado de acordo com o método descrito por Bremner (1965). Os teores de P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn e Zn, foram determinados após à digestão nitroperclórica (Johnson & Ulrich, 1959). O P foi determinado pelo método de redução do fosfomolibdato pela vitamina C, modificado por Braga & Defelipo (1974). O K por fotometria de chama; Ca, Mg, Fe, Cu, Mn e Zn quantificados por espectrofotometria de absorção atômica (AOAC, 1975) e S por turbidimetria do sulfato (Jackson, 1958); O B foi extraído por incineração e determinado por colorimetria, utilizando-se a curmumina (Malavolta et al., 1997).

2.2.4. Razão isotópica do carbono

A razão isotópica do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) foi determinada em um espectrômetro de massa de razão isotópica (IRMS) de fluxo contínuo (20-20 ANCA-GSL, Sercon, Crewe, UK), com sensibilidade analítica de 0,3 ‰, a partir de uma amostra de folhas secas e moídas, coletadas no mês de julho, com três repetições. O resultado foi expresso em relação ao padrão Pee Dee Belemnite (Farquhar et al., 1989).

2.3 Delineamento experimental

Os dados de produção, e qualidade de bebida foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste F, utilizando o sistema de análises estatísticas SISVAR (Ferreira, 2011).

Os dados de trocas gasosas, fluorescência da clorofila, pigmentos fotossintéticos e teores foliares de nutrientes foram analisados como delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema de parcelas subdivididas no tempo, considerando-se o lado como parcela principal e as subparcelas as posições no dossel, em duas ou três épocas de coleta, com cinco repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011) e, posteriormente, efetuou-se a correção do quadrado médio combinado pelo programa Excel. As médias entre os lados foram comparadas pelo teste F, e as médias entre posições pelo teste Tukey a 5 %.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Produção

A produção de café cereja na Área I (variedade Topázio) (Quadro 3) foi 54 % superior no lado leste em relação ao lado oeste associada a uma menor produção de frutos verdes. Estes resultados indicam uma influência significativa da intensidade luminosa na produtividade em cada uma das faces de uma mesma planta. Por outro lado, Chaves et al. (2012) encontraram produtividades superiores no lado leste particularmente nos anos de alta produção durante três safras avaliadas, na região da Zona da Mata mineira, e atribuíram a maior produtividade ao fato de este lado receber maior interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) pelas folhas.

Em lavouras implantadas em região de montanha a produtividade do lado oeste, que recebe maior insolação total, foi 40 % superior quando comparada ao lado leste Alves (2005),. Porém, em regiões de relevo plano e temperaturas mais acentuadas a maior produtividade no lado leste pode ser

justificada pelo efeito deletério do excesso de luz à face de maior exposição ao sol (Mattiolo et al., 2005).

Quadro 3. Produção e sua distribuição relativa média em classes de maturação dos frutos de cafeeiros Topázio e Catuaí em relação às faces de exposição das plantas ao sol, em duas áreas experimentais

Área (Variedade)	Face	Produção	Cereja	Boia	Verde
		sacas 60 kg ha ⁻¹	-----%-----		
Área I (Topázio)	Leste	24,7a	57,0a	36,8a	6,20b
	Oeste	16,0b	54,4a	34,3a	11,3a
Área II (Catuaí)	Leste	17,0a	48,6a	18,0a	33,4a
	Oeste	16,6a	48,8a	17,9a	32,6a

Médias para cada variável e área, seguidas por letras iguais não diferem pelo teste F (p<0,05).

Aumentos na temperatura durante o florescimento, especialmente associada a uma estação seca prolongada, podem causar abortamento de flores (Camargo, 1985) e, conseqüentemente, redução na produtividade do lado exposto à maior intensidade luminosa. A fotossíntese realizada pelos frutos pode ser decisiva na diferença de produção encontrada entre os lados de exposição de uma mesma planta (Alves, 2005), uma vez que 30 % do ganho de massa de fruto seco pode ser derivado de sua própria fotossíntese (Cannell, 1976).

Não houve diferença entre os lados na produção e na porcentagem média das classes de maturação para a variedade Catuaí (Quadro 3), o que pode estar associado ao maior crescimento do dossel das plantas na área II (2,3 vs. 1,5 m). No sistema de cultivo adensado, com o avanço da idade as plantas apresentam além de um sistema radicular mais profundo (Cassidy & Kumar, 1984) maior crescimento vegetativo da parte aérea, e com isso, maior auto-sombreamento das folhas (DaMatta, 2004), o que auxilia na tolerância às alterações climáticas e na intensidade da energia luminosa interceptada. Além disso, o plantio em alta densidade pode levar, dentro de determinados limites, a condições mais favoráveis para a manutenção das trocas gasosas, aumentando a produtividade da cultura (DaMatta, 2004) e reduzindo os índices

de escaldadura (Rocha et al. 2009). Segundo Morais et al. (2011), quanto mais adensado o cafezal, menor a radiação solar incidente, com temperaturas mais amenas, maior umidade relativa e menor velocidade do vento no interior do dossel.

Observa-se que a variação da face de exposição das planta alterou a proporção de frutos verdes (Quadro 3) na área I (variedade Topázio), porém, não alterou a porcentagem de frutos cereja e boia. Botero (2003), avaliando diferentes níveis de sombreamento em cafeeiros, concluiu que, após a formação dos frutos, o sombreamento não interfere no processo de maturação.

3.2. Aspectos qualitativos

As notas de bebida dos grãos de café cereja (Quadro 4) não apresentaram diferenças significativas em relação as faces de exposição ao sol para as áreas I e II, assim como para as demais variáveis qualitativas estudadas. De acordo com a tabela de classificação por notas, ambos os experimentos apresentaram bebidas do tipo apenas mole. Estudos em regiões de montanha, no entanto, descrevem maiores notas e melhor avaliação para as características sensoriais em grãos de café coletados na face oeste (Alves, 2005).

Quadro 4. Notas de bebida, número de defeitos e porcentagem média de umidade, catação e peneira dos grãos de café cereja em relação às faces de exposição das plantas ao sol em duas áreas experimentais

Área (Variedade)	Face	Nota	Umidade	Catação	Peneira	Defeitos
Área I (Topázio)	Leste	78,0a	12,3a	19,8a	54,6a	88,0a
	Oeste	76,4a	12,2a	18,4a	50,4a	84,6a
Área II (Catuaí)	Leste	76,4a	12,4a	30,4a	52,6a	130a
	Oeste	76,8a	12,4a	37,2a	52,4a	124,4a

Médias para cada variável e área, seguidas por letras iguais não diferem pelo teste F ($p < 0,05$).

Os valores médios de condutividade elétrica (CE), acidez titulável total (ATT), pH, índice colorimétrico (IC) e lixiviação de potássio (LK) dos grãos (Quadro 5) estão próximos ao encontrados por diversos autores (Carvalho et al., 1994; Prete & Abrahão, 1995). Porém, os valores de ATT foram superiores a 211,2 mmol kg⁻¹ e IC inferiores a 0,88, considerados por Carvalho et al. (1994) como atributos para café de boa qualidade. Os valores de CE e LK corroboram com os encontrados por Prete & Abrahão (1995) (75,8 e 23,5 respectivamente) ao avaliarem cafés com bebida dura, pelo mesmo período de embebição, assim como, as notas de bebida atribuídas às amostras. Esperam-se menores valores de CE e LK em grãos de café de bebida superior, pois estão relacionados com a menor permeabilidade e maior integridade das membranas celulares. Segundo Prete & Abrahão (1995) os valores encontrados para bebidas do tipo mole foram 41 μS cm⁻¹ g⁻¹ e 15 mg L⁻¹ para CE e LK, respectivamente.

Quadro 5. Valores médios de condutividade elétrica (CE), acidez titulável (ATT), pH, índice colorimétrico (IC) e lixiviação de potássio (LK) de grãos de café cereja em relação às faces de exposição das plantas ao sol em duas áreas experimentais

Área (Variedade)	Face	CE	ATT	pH	IC	LK
		μS cm ⁻¹ g ⁻¹	mmol kg ⁻¹		A 425 nm	mg L ⁻¹
Área I (Topázio)	Leste	59,9a	273,0a	5,88a	0,41a	21,4a
	Oeste	67,1a	275,0a	5,86a	0,44a	24,4a
Área II (Catuaí)	Leste	58,3a	249,0a	5,90a	0,65a	21,5a
	Oeste	63,0a	253,0a	5,90a	0,77a	21,9a

Média para cada variável e área, seguidas por letras iguais não diferem pelo teste F (p<0,05).

Os teores de nutrientes dos grãos de café cereja (Quadro 6) estão próximos à faixa encontrada anteriormente (Silva, 1999; Garcia et al. 2008; Clemente, 2010), exceto para o K, que apresentou teores relativamente baixos comparados aos encontrados na literatura. Segundo Clemente (2010) o K influencia em diversas variáveis qualitativas dos grãos de café, e a

concentração associada à melhor qualidade sensorial está entorno de 18,2 g kg⁻¹.

Não se observaram diferenças significativas entre os teores foliares referentes os lados avaliados em ambas as variedades. Porém, em termos de conteúdo, há grande diferença dada maior carga de frutos no lado leste, acumulando 58, 54 e 60 % mais N, P e K respectivamente, comparado ao lado oeste na variedade Topázio.

Malavolta et al. (1963) e Valarine et al. (2005) avaliaram diversas cultivares de café e não encontraram diferenças entre os teores de nutrientes dos grãos. Os macro e micronutrientes mais acumulado nos grãos foram o N e B, respectivamente e a ordem de concentração dos elementos nos grãos foram N > K > P = Mg = S > Ca > B > Fe > Mn > Cu > Zn.

Quadro 6. Teores de macro e micronutrientes em grãos de café cereja em relação às faces de exposição das plantas ao sol, em duas áreas experimentais

Área (variedade)	Face	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Cu	Fe	Zn	B
Área I (Topázio)	Leste	26,8a	1,9a	7,9a	0,9a	2,0a	2,0a	16,9a	14,1a	33,0a	2,7a	47,9a
	Oeste	26,2a	1,9a	7,6a	1,0a	2,0a	2,0a	18,0a	14,4a	31,3a	3,1a	51,3a
Área II (Catuai)	Leste	25,7a	2,1a	7,0a	0,9a	1,9a	1,9a	24,2a	13,7a	33,1a	4,1a	58,0a
	Oeste	25,3a	2,1a	6,8a	0,9a	1,9a	1,9a	23,8a	13,5a	34,9a	4,4a	56,4a

Médias para cada variável e área, seguidas por letras iguais não diferem pelo teste F (p<0,05).

3.3. Trocas Gasosas e Fluorescência da clorofila a

De maneira geral, as taxas fotossintética (A) encontradas em ambos os experimentos (Figura 3) foram superiores as de outros trabalhos (Araújo et al., 2008; DaMatta et al., 2008; Chaves et al., 2012), porém próximas aos valores máximos relatados por Silva et al. (2004) em condições de campo. Deve-se ressaltar que as altas taxas de A são devidas a utilização de irradiância saturante (1000 μmol m⁻² s⁻¹) em ambos os lados, fornecendo valores de A

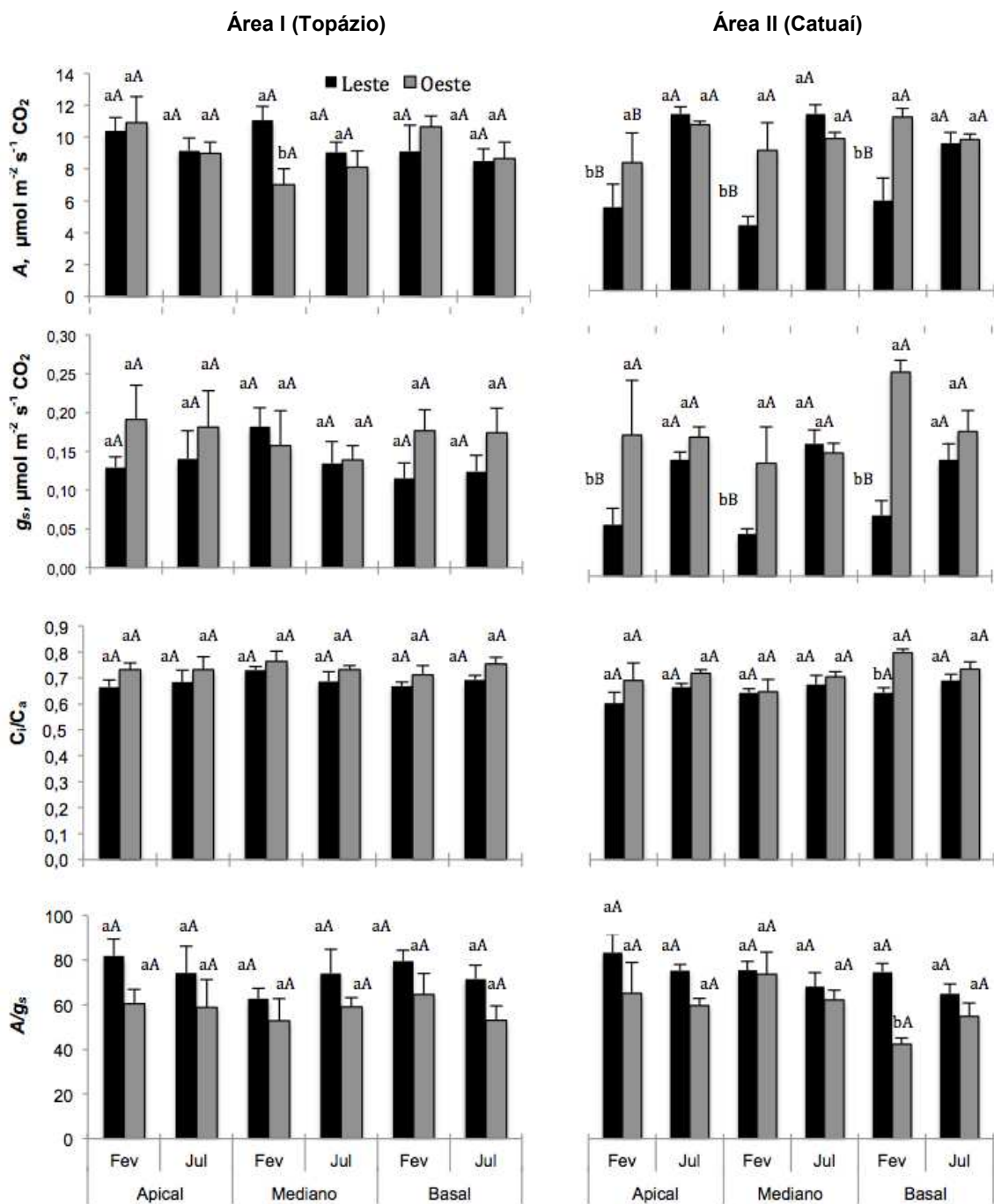


Figura 3. Taxa de assimilação líquida de carbono (A), de condutância estomática (g_s), relação C_i/C_a e eficiência do uso da água (A/g_s) em folhas de café na Área I e II em relação às faces de exposição das plantas ao sol, em diferentes extratos e épocas de amostragem. Letras minúsculas indicam diferença significativa entre os lados e maiúsculas entre épocas, dentro de cada posição.

máxima potencial, diferente de trabalhos que utilizaram a radiação fotossinteticamente (RFA) natural.

Na área experimental I (variedade Topázio), A apresentou diferença significativa entre os lados apenas em fevereiro, na posição mediana, sendo o lado leste 60 % maior. Já na área experimental II (variedade Catuaí), A foi superior em todas as posições do lado oeste em fevereiro; entretanto não houve diferença significativa entre os lados em julho. Já a relação A/g_s apresenta tendência para maior eficiência do uso da água na parte leste, o que em parte pode explicar a maior produção no lado leste. Percebe-se que as maiores taxas de A estão associadas a maiores valores de g_s , sugerindo que a limitação fotossintética neste caso esteja relacionada à abertura/fechamento estomático (Freitas, 2000). As maiores taxas de g_s encontradas no lado oeste da área experimental II corrobora com o fato das leituras de A terem sido realizadas no período da manhã, onde a posição do sol incide de maneira mais intensa sobre o lado leste, provocando uma redução na abertura estomática. As folhas do lado oeste, por estarem com o fotossistema oxidado devido a baixa disponibilidade de luz na parte da manhã, quando expostas à luz saturante apresentaram altos valores de A (A potencial) o que pode não representar os valores reais para o horário, porém juntamente associado aos dados de fluorescência, evidenciam a inexistência de fotoinibição crônica em função da temperatura da tarde.

A relação entre a concentração interna e externa de CO_2 (C_i/C_a) em ambas as áreas experimentais não diferiu entre os lados, evidenciando que não houve limitação por CO_2 para o interior das células. As taxas de A são medidas pontuais que não refletem o histórico acumulativo da folha amostrada; por isso, torna-se importante atrelar esta informação a uma análise em espectrômetro de massa, que reflete as variações temporais da entrada e saída acumulada de CO_2 na folha.

Observam-se diferenças estatísticas na discriminação isotópica do carbono ($\delta^{13}C$) apenas na área experimental I (Quadro 7), na qual o lado oeste mostrou menor valor (maior discriminação) quando comparado ao lado leste, exceto na posição apical. Apesar deste resultado não ser o esperado, corrobora com o fato de não haver diferenças na taxa fotossintética e tendência de maiores valores de g_s entre os lados no mês de julho, no horário amostrado.

Segundo Carelli et al. (1999), diferenças nos valores de discriminação isotópica em plantas de café foram fortemente correlacionadas com a troca gasosa instantânea medida nas primeiras horas da manhã (9:30-11:00), em plantas submetidas a diferentes regimes de irradiância.

Quadro 7. Valores médios da composição isotópica do carbono ($\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$) em folhas de cafeeiro em relação às faces de exposição ao sol, em diferentes posições na planta, em duas áreas experimentais

Área (Variedade)	Face	Posição		
		Apical	Mediano	Basal
----- $\delta^{13}\text{C}$ -----				
Área I (Topázio)	Leste	-26,45a	-26,09b	-26,33b
	Oeste	-27,11a	-28,05a	-28,17a
Área II (Catuaí)	Leste	-26,99a	-27,41a	-27,98a
	Oeste	-25,51a	-27,13a	-28,98a

Média para cada variável e área, seguidas por letras iguais não diferem pelo teste F ($p < 0,05$).

Quanto às variáveis de fluorescência (Figura 4), exceto para a posição basal, F_0 foi ligeiramente maior no lado oeste em ambas as áreas experimentais. Este atributo representa a emissão de luz quando Q_a (quinona receptora primária de elétrons do PSII) está totalmente oxidada e o centro de reação do PSII está aberto (Konrad et al., 2005). Apesar de F_0 ser um valor de referência para a determinação de outras variáveis de fluorescência (Hipkins & Backer, 1986), um comprometimento nos centros de reação do PSII pode provocar um aumento ou redução desse valor. Segundo Baker & Rosenqvist, (2004), o aumento de F_0 reflete redução na capacidade de transferência da energia de excitação do complexo antena para o centro de reação.

O rendimento quântico máximo do PSII, estimado pela razão F_v/F_m , foi em geral superior no lado leste e em média maior que 0,8 indicando não ter ocorrido fotoinibição da fotossíntese. Na área I (Topázio), o lado oeste apresentou redução significativa de 9 % apenas na posição apical durante a medição no mês de fevereiro. Já na variedade catuaí essa redução ocorreu em todos os extratos avaliados no mês de julho, sendo em média 5 % menor comparada ao lado leste. Segundo Bjorkman & Demmig (1987), em folhas

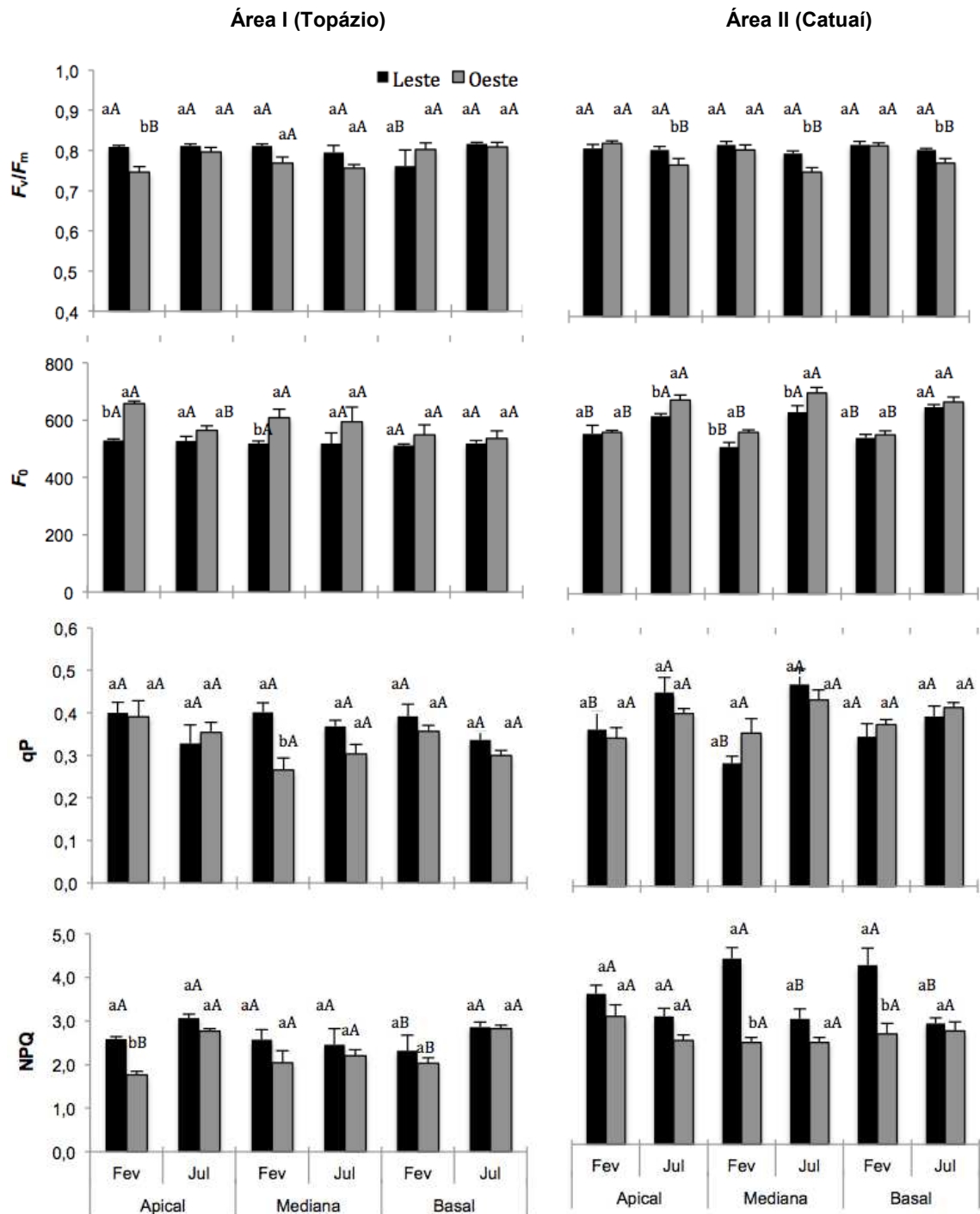


Figura 4. Rendimento quântico máximo do FSII (F_v/F_m), fluorescência mínima (F_0), coeficiente de extinção fotoquímico (qP) e não-fotoquímico (NPQ), área I (Topázio) e área II (Catuaí) em relação às faces de exposição das plantas ao sol, em diferentes extratos e épocas de amostragem. Letras minúsculas indicam diferença significativa entre os lados e maiúsculas entre épocas, dentro de cada posição.

sadias de várias espécies, essa relação está entorno de 0,83 e declínios da razão F_v/F_m torna-se um bom indicador do dano fotoinibitório por estresses causados por alterações no ambiente. Segundo Konrad et al. (2005) a diminuição desta relação indica a ocorrência de dano fotoinibitório nos centros de reação do PSII. Porém, apesar de haver diferença estatística entre os lados, a pequena magnitude entre elas poderia indicar dano menos severo ao PSII no lado exposto ao sol da tarde.

Araújo et al. (2008) não encontraram diferença significativa na razão F_v/F_m entre os lados de cafeeiros orientados no sentido norte-sul, assim como Mattos (2008) ao avaliar folhas com diferentes níveis de interceptação de RFA.

Os pigmentos fotossintéticos podem dissipar a energia proveniente da luz por meio da fluorescência, coeficiente de dissipação fotoquímica (qP) que é a utilização da energia para a redução do NADP e coeficiente de dissipação não-fotoquímica (NPQ) que representa a produção de calor na forma de radiação. De maneira geral, em ambas as áreas os valores de qP não diferiram entre os lados, e os valores de NPQ foram superiores no lado leste, o que provavelmente pode estar associado a maior radiação recebida por este lado no momento da medição.

3.4. Pigmentos fotossintéticos

A concentração de clorofila total (a + b) na área experimental I (Quadro 8) foi maior no lado oeste na posição basal em ambas as épocas de amostragem. A relação entre a clorofila a e b (Cl_a/Cl_b) no lado oeste foi maior na posição basal, assim como os teores de carotenoides nas posições mediana e basal no mês de julho. Porém, o índice de feofitina, que mede o grau de degradação da clorofila não apresentou diferenças entre os lados avaliados. A maior produção de clorofila total no lado oeste pode estar relacionada a poucas horas disponíveis de luz no período da manhã e final da tarde em função do sombreamento pela linha adjacente.

Na área experimental II, os teores de clorofila total, carotenoides e o índice de feofitina não diferiram entre os lados da planta, assim como a relação

Quadro 8. Valores médios de clorofila *a+b*, relação *Cl_a/Cl_b*, carotenoides totais, e índice de feofitina em folhas de café em relação às faces de exposição das plantas ao sol, em diferentes extratos e épocas de amostragem em duas áreas experimentais

Atributo	Face	Área I (Topázio)						Área II (Catuaí)					
		Apical		Mediana		Basal		Apical		Mediana		Basal	
		fev.	jul.	fev.	jul.	fev.	jul.	fev.	jul.	fev.	jul.	fev.	jul.
Clorofila a+b (mmol kg ⁻¹)	Leste	1,66aA	1,71aA	1,68aA	1,51aA	2,07bA	1,49bB	1,56aA	1,49aA	1,91aA	1,72aA	1,90aA	1,94aA
	Oeste	1,71aA	1,56aA	1,93aA	1,43aA	2,52aA	1,93aB	1,55aA	1,64aA	1,74aA	1,60aA	2,38aA	1,89aA
Cl_a/Cl_b	Leste	2,64aA	3,12aA	2,63aA	2,42aA	2,47aA	2,18bA	2,19bB	3,42aA	2,48aA	2,66aA	2,61aA	2,87aA
	Oeste	2,92aA	2,78aA	2,31aB	3,09aA	2,39aB	2,81aA	2,88aA	3,02aA	2,17aB	3,06aA	2,47aA	2,76aA
Carotenóides (mmol kg ⁻¹)	Leste	0,31aA	0,31aA	0,30aA	0,22bB	0,34aA	0,25bB	0,26Aa	0,30Aa	0,34Aa	0,29Aa	0,33Aa	0,31Aa
	Oeste	0,30aA	0,26aA	0,33aA	0,33aA	0,33aA	0,30aA	0,29Aa	0,32Aa	0,27Aa	0,30Aa	0,29Aa	0,31Aa
Índice de feofitina	Leste	1,16aA	1,15aA	1,16aA	1,15aA	1,18aA	1,15aA	1,12Aa	1,13Aa	1,14Aa	1,10Aa	1,16Aa	1,17Aa
	Oeste	1,15aA	1,15aA	1,15aA	1,11aA	1,18aA	1,19aA	1,15Aa	1,14Aa	1,16Aa	1,16Aa	1,20Aa	1,13Ba

Médias para cada variedade e área seguidas por letras iguais não diferem pelo teste F ($p < 0,05$). Letras minúsculas entre linhas e maiúsculas entre colunas dentro da mesma posição.

Cla/C1b, exceto na posição apical do lado oeste que apresentou maior valor, quando coletada em fevereiro. Segundo Lichtenthaler et al. (1981), a razão Cla/C1b é de aproximadamente 3 para 1. Quanto maior o fluxo de fótons fotossintéticos esta razão tende a aumentar em torno de 3,2 a 4 (Seybold & Egle, 1970).

3.5. Análise Foliar

Exceto para o K na área I (Topázio) e B em ambas as áreas experimentais, os teores de macro e micronutrientes (Quadro 9) estão dentro da faixa adequada recomendada por Martinez et. al., (1999; 2003) para cafezais na região de Patrocínio-MG. Percebem-se baixos teores de K, em contraste com teores elevados de B. Segundo Clemente (2010), a deficiência de K causa redução no conteúdo da Rubisco nos cloroplastos, interferindo na fixação de CO₂ e síntese de carboidratos. Além disso, o K é o principal cátion envolvido no controle do movimento estomático. em células guarda e altera a formação de compostos como a cafeína, trigonelina e ácidos clorogênicos relacionados ao sabor e aroma. O excesso de B pode ser atribuído a alta frequência de adubação foliar deste elemento nas propriedades da região.

Quanto aos micronutrientes, o comportamento entre as áreas experimentais foram distintos para Fe e Zn. Na área I (Topázio) o teor de Fe foi maior nos extratos inferiores no lado oeste quando coletados em julho e menores para o Zn coletados em fevereiro. Já na área II (Catuaí) maiores teores de Fe e menores de Zn foram encontrados nos extratos inferiores do lado leste com coleta em fevereiro. Os teores de Cu, também foram ligeiramente maiores nos extratos inferiores do lado leste em fevereiro na variedade Topázio. As análises de Cu referentes a coleta de fevereiro foram descartadas¹ na variedade Catuaí.

São poucos os trabalhos que discutem sobre o comportamento nutricional entre os lados de uma mesma planta em diferentes alinhamentos de plantio. Porém, esses estudos são mais comuns entre plantas cultivadas a pleno sol e sombra. Segundo Ricci et al. (2010), o cultivo sombreado do

¹Foram encontrados altos teores de Cu nas amostras foliares coletadas, devido à aplicação de fungicidas cúpricos e à impossibilidade de lavagem das folhas.

Quadro 9. Teores de macronutrientes (g kg⁻¹) e micronutrientes (mg kg⁻¹) em folhas de cafeeiro coletadas em diferentes épocas e extratos na planta em duas áreas experimentais

Nutr.	Face	Área I (Topázio)									Área II (Catuai)								
		Apical			Mediana			Basal			Apical			Mediana			Basal		
		Fev.	Jul.	Out.	Fev.	Jul.	Out.	Fev.	Jul.	Out.	Fev.	Jul.	Out.	Fev.	Jul.	Out.	Fev.	Jul.	Out.
N	Leste	33,8a	32,2a	34,0a	34,2a	31,2a	31,9a	36,2a	35,4a	33,7a	36,8a	32,5a	29,8a	33,5a	31,5a	29,2a	35,4a	29,8b	31,7a
	Oeste	32,9a	33,2a	32,1a	34,8a	32,8a	31,0a	34,5a	30,6b	32,2a	36,3a	30,7a	29,1a	34,8a	30,3a	30,4a	34,3a	33,9a	30,5a
P	Leste	1,3a	1,2a	1,7a	1,4a	1,2a	1,5a	1,4a	1,2a	1,5a	1,6a	1,4a	1,3a	1,6a	1,3a	1,3a	1,5a	1,4a	1,5a
	Oeste	1,3a	1,2a	1,6a	1,2a	1,2a	1,4a	1,2a	1,1a	1,3a	1,5a	1,3a	1,4a	1,6a	1,3a	1,4a	1,5a	1,3a	1,5a
K	Leste	17,1a	17,0a	8,6a	17,2a	17,5a	7,7a	16,2a	18,8a	8,2a	26,2a	21,3a	7,5a	26,2a	22,8a	10,2a	26,7a	24,4a	10,1a
	Oeste	17,7a	19,1a	7,8a	17,6a	18,2a	8,1a	17,3a	19,0a	9,6a	27,3a	22,9a	9,5a	27,7a	23,5a	9,0a	25,1a	23,1a	10,1a
Ca	Leste	13,6a	19,2a	11,2a	17,8a	21,8a	16,4a	17,6a	22,4a	19,8a	15,9a	19,7a	15,9a	19,8a	19,4a	19,5a	21,1a	22,1a	20,9a
	Oeste	13,1a	17,4a	11,9a	17,6a	19,7a	18,3a	16,9a	17,7b	20,2a	16,2a	16,5a	14,4a	17,3a	18,6a	18,4a	17,2b	19,0a	18,5a
Mg	Leste	5,3a	5,7a	5,0a	6,1a	6,2a	5,3a	6,2a	6,0a	5,7b	3,7a	4,0a	3,4a	3,8a	3,8a	3,3a	4,1a	4,0a	3,6a
	Oeste	4,7a	5,7a	5,1a	5,8a	5,9a	5,4a	6,0a	5,8a	6,8a	3,7a	3,5b	3,1a	3,6a	3,6a	3,4a	3,7b	3,9a	3,5a
S	Leste	2,1a	1,8a	2,3a	2,4a	2,1a	2,2a	2,3a	1,9a	2,3a	2,3a	2,1a	2,5a	2,4a	2,2a	2,6a	2,8a	2,3a	2,8a
	Oeste	2,0a	1,6a	2,3a	2,3a	1,9a	2,3a	2,4a	1,7a	2,4a	2,2a	1,8b	2,3a	2,3a	1,8b	2,4a	2,2b	1,9b	2,6a
Mn	Leste	120,4a	154,0a	101,8a	153,7a	174,0a	135,1a	172,8a	183,8a	169,7a	82,4a	108,1a	128,5a	102,5a	119,7a	130,1a	97,3a	124,1a	113,9a
	Oeste	119,1	156,4	110,3	160,5	169,5	141,7	140,5b	181,9	152,7a	85,7a	120,8a	111,6a	94,6a	102,2a	110,3a	81,9a	115,4a	126,1a
Cu	Leste	15,4a	12,0a	16,3a	22,3a	14,2a	12,3a	22,3a	14,1a	10,3a	-	9,1a	53,8a	-	10,3a	67,0a	-	11,6a	35,2a
	Oeste	12,2a	12,6a	13,8a	16,6b	10,9a	8,7a	15,9b	10,3a	9,1a	-	7,5a	40,9a	-	17,5a	58,2a	-	10,0a	34,9a
Fe	Leste	110,4a	98,1a	116,8a	146,7a	170,1b	152,1a	267,2a	175,1b	131,0a	109,7a	133,2a	140,9a	178,7a	145,6a	119,7a	253,7a	333,4a	129,2a
	Oeste	90,4a	155,8a	135,4a	151,9a	284,3a	147,5a	207,5a	318,1a	153,5a	115,8a	103,7a	126,2a	88,1b	117,3a	97,6a	134,1b	200,4b	108,3a
Zn	Leste	12,1a	8,5a	8,1a	20,8a	11,3a	8,6a	21,1a	12,5a	8,1a	11,1a	18,3a	13,1a	24,8b	20,8a	29,7a	17,0b	15,0a	10,9a
	Oeste	12,1a	10,2a	8,0a	17,5b	12,7a	9,2a	13,0b	13,4a	7,3a	20,3a	11,7a	12,0a	52,9a	21,8a	23,3a	32,2a	11,1a	10,1a
B	Leste	148,0a	208,6a	165,6a	202,3a	264,2a	241,1b	222,6a	237,6a	233,8a	148,9a	141,8a	189,2a	201,1a	159,6a	229,3a	212,4a	188,6a	231,0a
	Oeste	169,8a	216,1a	183,3a	252,7a	290,3a	308,8a	272,9a	258,3a	253,2a	186,3a	160,0a	207,0a	224,7a	184,2a	275,6a	218,7a	198,7a	261,3a

Médias para cada variável e área, seguidas por letras iguais não diferem pelo teste F (p>0,05).

cafeeiro arábica demonstrou diferenças nutricionais nas folhas, tendo sido os teores de N e Mg superiores aos encontrados no cultivo a pleno sol, não havendo diferença porém para Ca, P e K entre os dois ambientes. Em muitos casos, a presença de espécies de leguminosas arbóreas no cultivo sombreado de cafezais contribui, por meio da fixação biológica de N_2 , para elevar o teor de N foliar (Coelho, 2008), além da menor carga de frutificação nesses sistemas, que faz com que haja maior acúmulo de nutriente nas folhas. Segundo Pereira (1999), o aumento do teor de N aumenta no número de nós e de ramos plagiotrópicos, associados a maior produtividade. O N foi o macronutriente requerido em maiores quantidades pelas folhas, independente da época ou extrato no dossel, seguido por K, Ca, Mg, S, P.

Entre as posições do dossel (dados não apresentados), em ambas as áreas experimentais os teores de N, P, K e S não apresentaram diferenças significativas, o que corrobora com o fato destes nutrientes serem bastante móveis na planta (Marschner, 1995). Porém, os teores de Ca, Mn, Fe e B foram consideravelmente maiores nos extratos inferiores, o que pode ser explicado pela mobilidade reduzida desses elementos no floema.

4. CONCLUSÕES

1 - A produção de café cereja foi superior no lado leste em relação ao lado oeste na área I (Topázio), porém não diferiu na área II (Catuaí), na mesma região.

2 - Sob radiação fotossinteticamente ativa (RFA) saturante, os lados leste e oeste apresentaram altas taxas de A no período da manhã, além de pequena diferença no rendimento quântico do PSII.

3 - Não houve diferença nas variáveis qualitativas entre os grãos colhidos e nos teores foliares de nutrientes, de modo geral, entre os lados da planta em ambas as áreas experimentais.

LITERATURA CITADA

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E. & OLIVEIRA, J.A. Determinações e uso do fósforo remanescente. Bol. Inf. Soc. Bras. Ci. Solo 25:27-33, 2000.

ALVES, E.A. Análise da variabilidade espacial da qualidade do café cereja produzido em região de montanha. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 64p. (Dissertação de Mestrado)

ALVES, J.D. & GUIMARÃES, R.J. Sintomas de Desordem Fisiológicas em Cafeeiros. In: GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G. & BALIZA, D.P., ed. Semiologia do Cafeeiro: Sintomas de desordens nutricionais, fitossanitária e fisiológicas. Lavras, UFLA, 2010. 215p.

ALVES, J.D.; MENEZES M.A.; BARTHOLO G.F.; FIGUEREDO E.; LIVRAMENTO D.E. & GUERRA-NETO E.G. Crescimento de ramos e produtividade de cafeeiro Arábica na Região Oeste da Bahia, implantado em diferentes orientações cardeais In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 34., Caxambú, 2008. Anais... Caxambú, Fundação Procafé, 2008. CD-ROM.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 12.ed, AOAC, 1975. 1094p.

ARAÚJO W.L., DIAS P.C., MORAES G.A.B.K., CELIN E.F., CUNHA R.L., BARROS R.S. & DAMATTA F.M. Limitations to photosynthesis in coffee leaves from different canopy positions. Plant Physiol. Bioch. 46:884-890, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAFÉS ESPECIAIS – BSCA. Regras de Competição Nacionais e Internacionais. 2004 5p.

ATROCH, E.M.A.C.; SOARES, A.M.; ALVARENGA, A.A. & CASTRO, E.M. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forticata* Link submetidas a diferentes

condições de sombreamento. Ciên. Agrotec. 25:853-862, 2001.

BAKER, N.R. & ROSENQVST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. J. Exp. Bot., 55:1607-1621, 2004.

BJÖRKMAN, O. & DEMMIG, B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. Planta, 170:489–504, 1987.

BOTERO, C.J. Avaliação do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de cafeeiros sob níveis de sombreamento e adubação. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 52p. (Dissertação de Mestrado).

BOTERO, C.J. Resposta de cafeeiros ao sombreamento e à dinâmica de serrapilheira em condições de sistema agroflorestal, Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2007. 72p. (Tese de Doutorado)

BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de P em extratos de solo e material vegetal. Rev. Ceres, 21:73-85, 1974.

BRASIL. Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa no 8, de 11 de junho de 2003. Dispõe de Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão Cru. Brasília, DF, 2003. 12 p.

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

CAMARGO, A.P., O clima e a cafeicultura no Brasil. Inf. Agropec. 11:13–26. 1985.

CANNELL, M.G.R. Primary production, fruit production and assimilate partition in arabica coffee: A review. Ann. Rep. Coffee Res. Stn. 6-24. 1972.

CARELLI, M.L.C.; FAHL, J.I.; TRIVELIN, P.C.O. & QUEIROZ-VOLTAN, R.B. Carbon isotope discrimination and gas exchange in coffee species grown under different irradiance regimes. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.*, 11(2):63-68, 1999.

CARVALHO, V.D.; CHAGAS, S.J.R.; CHALFOUN, S.M.; BOTREL, N. & JUSTE JUNIOR, E.S.G. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e a qualidade de bebida do café. *Pesq. agropec. bras.*, 29:449-454, 1994.

CASSIDY, D.S.M. & KUMAR, D., Root distribution of *Coffea arabica* L. In Zimbabwe. I. The effect of plant density, mulch, cova planting and shade in Chipinge. *Zimbabwe J. Agric. Res.* 22:119–132, 1984.

CHAVES, A.R.M. Aspectos fisiológicos do crescimento e da produção do cafeeiro. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2009. 66p. (Tese de Doutorado)

CHAVES, A.R.M.; MARTINS, S.C.V.; BATISTA, K.D.; CELIN, E.F. & DaMATTA, F.M. Varying leaf-to-fruit ratios affect branch growth and dieback, with little to no effect on photosynthesis, carbohydrate or mineral pools, in different canopy positions of field-grown coffee trees. *Environ. exp. bot.*, 77:207-218, 2012.

CLEMENTE, J.M. Nutrição nitrogenada e potássica afetando crescimento, produção, composição química e qualidade da bebida de *coffea arabica* L, Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2010, 51p. (Dissertação de Mestrado)

COELHO, R.A. Colonização micorrízica, nutrição e morfologia do cafeeiro em monocultivo e sistemas agroflorestais, Vitória da Conquista, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2008, 83p. (Dissertação de Mestrado)

CONAB, 2012. Avaliação da Safra Agrícola Cafeeira 2011 - Quarta Estimativa – Dezembro/2012.

DAMATTA, F.M. & RENA, A.B. Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno sol. In: ZAMBOLIM, L. ed. O estado da arte de tecnologias na produção de café. Viçosa, UFV , 2002, p.93-135.

DAMATTA, F.M.; LOOS, R.A.; SILVA, E.A. & LOUREIRO, M.E. Limitations to photosynthesis in *Coffea canephora* as a result of nitrogen and water availability. J. Plant Physiol. 159:975-981, 2002.

DaMATTA, F.M. Drought as a multidimensional stress affecting photosynthesis in tropical tree crops. In: HEMANTARANJAN, A. ed. Advances in Plant Physiology, v.5. Scientific Publishers, 227-265, 2003.

DaMATTA, F.M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. Field Crop. Res., 86:99-114. 2004.

DAMATTA, F.M., CUNHA R.L., ANTUNES W.C., MARTINS S.C.V., ARAÚJO W.L., FERNIE A. & MORAES G.A.B.K. In field-grown coffee trees source-sink manipulation alters photosynthetic rates, independently of carbon metabolism, via alterations in stomatal function. New Phytologist., 178:348-357. 2008.

DEFELIPO, B.V. & RIBEIRO, A.C. Análise química de solo. Viçosa, 1981. 17p. (Boletim de Extensão).

DIAS, P. C. Variação espacial da fotossíntese e de mecanismos de fotoproteção no cafeeiro (*Coffea Arabica* L.). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2006. 34p. (Dissertação de Mestrado)

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de análise de solo. 2 ed. Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 1997. 212p.

FAHL J.I.; CARELLI M.L.C.; VEGA J. & MAGALHÃES A.C. Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants (*Coffea arabica* L.). J. Hortic. Sci. 69:161-169, 1994.

FARQUHAR, G.D.; EHLERINGER, J.R. & HUBIK, K.T. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Annu. Rev. Plant. Physiol. Plant Mol. Biol.*, 40:503-537. 1989.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciênc. e agrotec.*, 35:1039-1042, 2011.

FREITAS R.B. Avaliações ecofisiológicas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) e seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) em diferentes sistemas de cultivo. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2000, 57p. (Dissertação de Mestrado).

FREITAS, R.B; OLIVEIRA, L.E.M.; DELÚ FILHO N. & SOARES, A.M. Influência de diferentes níveis de sombreamento no comportamento fisiológico de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). *Ciênc. Agrotec.*, 27:804-810, 2003.

GARCIA, A. L. A. ; CARVALHO, C. H. S. & GARCIA, A. W. R. . Extração de Nutrientes em cafeeiros da espécie *Coffea arábica*. In: 34º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2008, Caxambu, MG. Anais... Caxambu, Fundação Procafé, 2008. CD-ROM.

GUIMARÃES, P.T.G.; GARCIA, A.W.R.; ALVAREZ V., 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 & OLIVEIRA, J.A. Cafeeiro In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H. (eds.) Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação. CFSEMG/UFV, 1999, p143-168.

HIPKINS, M.F. & BAKER, N.R. eds Photosynthesis energy transduction: a practical approach. Oxford, IRL Press, 1986. 199p.

JACKSON, M.L. Soil chemical analysis. Prentice Hall, 1958. 498p.

JOHNSON, C.M. & ULRICH, A. Analytical methods for use in plants analyses.

Calif. Agric. Exp. Stn. Bull., 766:32-33, 1959.

KONRAD, M.L.F.; SILVA, J.A.B.; FURLANI, P.R. & MACHADO, E.C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. *Bragantia*, 64:339-347, 2005.

KUMAR, D. & TIESZEN, L.L. Photosynthesis in *Coffea arabica*. I. Effects of light and temperature. *Exp. Agric.* 16:13-19, 1980.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D. & MENDONÇA, S.M. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em quatro altitudes de cultivo: cálcio, magnésio e enxofre. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:1451-1462, 2007.

LICHTENTHALER, H.K; BUSCHMANN, C.; DOLL, M.; FIETZ, H.J.; BACH, T.; KOZEL, U.; MEIER, D. & RAHMSDORF, U. Photosynthetic activity, chloroplast ultrastructure, and leaf characteristics of high-light and low-light plants and of sun and shade leaves. *Photosynth. Res.* 2:115-141, 1981.

MALAVOLTA, E.; GRANER, E.A.; SARRUGE, J.R. & GOMES, L. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XI. Extração de macro e micronutrientes na colheita pelas variedades "Bourbon Amarelo, Caturra Amarelo e "Mundo Novo". *Turrialba*, 13:188-189, 1963.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. POTAFOS, 1997. 201p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2ed. Academic Press, 1995. 889p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G. & SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G. & ALVAREZ V., V. H. (eds.) Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação. CFSEMG/UFV, 1999, p143-168.

MARTINEZ, H.E.P.; MENEZES, J.F.S.; SOUZA, R.B. DE; VENEGAS, V.H.A & GUIMARÃES, P.T.G. Faixas críticas de concentração de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais. *Pesq. Agrop. Bras.* 38:703-713, 2003.

MATIELLO, J.B.; SILVA, W.J.; AGUIAR FILHO, E.C. & ARAÚJO, R.A. Efeito da face de exposição do cafeeiro na produtividade e na qualidade dos frutos na região de Pirapora – MG. *Rev. Bras. Tec. Cafeeira*, 7:19, 2005.

MATOS, F.S; WOLFGRAMM, R.; GONÇALVES, F.V.; CAVATTE, P.C.; VENTRELLA, M.C. & DaMATTA, F.M. Phenotypic plasticity in response to light in the coffee tree. *Environ. Exp. Bot.*, 67:421-427, 2009.

MORAIS, H.; MARUR, C.J.; CARAMORI, P.H; RIBEIRO, A.M.A.; & GOMES, J.C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. *Pesq. agropec. bras.*, 38:1131-1137. 2003.

MORAIS, H., SERA, T., NAGASHIMA, G.T., CARAMORI, P.H., MARUR, C.J., ANDRÉ, J., SOARES, A.G.G., NAGAI, F.F. & MOTTA, V.B. Microclima, fisiologia e produção de café em dois espaçamentos de plantio. In: VII SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, Araxá, 2011, Anais... Araxá, Embrapa, 2011.

MUSCHLER, R.G. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. *Agroforest. Syst.*, 51:131-139. 2001.

NELSON, D.W. & SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENEY, D.R. eds. *Methods of soil analysis – chemical and microbiological properties. Part 2*, American Society of Agronomy e Soil Science Society of America, 1982. p.539-579.

NUNES, M. A.; RAMALHO, J. D. C. & DIAS, M. A. Effect of nitrogen supply on the photosynthetic performance of leaves from coffee plants exposed to bright light. *J. Exp. Bot.*, 44:893-899. 1993.

PANDEY, D.M.; KANG, K-H. & YEO, U-D. Effects of excessive photon on the photosynthetic pigments and violaxanthin de-epoxidase activity in the xanthophylls cycle of spinach leaf. *Plant Sci.*, 168:161-166. 2005.

PRETE, C. E. C. & ABRAHÃO, J. T. M. . Condutividade elétrica dos exsudatos de grãos de café (*Coffea arabica* L.) I Desenvolvimento da Metodologia. *SEMINA*, 16:17-21, 1995.

POMPELLI, M. F. Photosynthesis and photoprotection in coffee leaves is affected by nitrogen and light availabilities in winter conditions. *Aust. J. Plant Physiol.*, 167:1052-1060. 2010

RAMALHO J.C.; CAMPOS P.S.; QUARTIN V.L.; SILVA M.J. & NUNES M.A. High irradiance impairments on photosynthetic electron transport, ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/ oxigenase and N assimilation as a function of N availability in *Coffea arabica* L. plants. *J. Plant Physiol.*. 154:319-326, 1999.

RAMALHO, J.C.; MARTINS, S.C.V.; ANTUNES, W.C.; CHAVES, A.R.M. & DAMATTA, F.M. Photosynthetic acclimation to high light conditions in mature leaves of *Coffea arabica* L.: role of xanthophylls, quenching mechanisms and nitrogen nutrition. *Aust. J. Plant Physiol.*, 27:43-51. 2000.

RICCI, M.S.F.; OLIVEIRA, N.G.; ROUWS, J.R.C. & RODRIGUES, M.B. Produtividade e alterações vegetativas em cafeeiros cultivados em sistemas agroflorestais. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 65, Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2010. 28 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 65).

ROCHA, V.P.C.; RIBEIRO FILHO, C.; SHIGUEOKA, L.H.; ALEGRE, C.R.; COLOMBO, L.A.; DEL GROSSI, L.; AZEVEDO, J.A.; SERA, T. & BOSQUESI, E.P. Avaliação da escaldadura de sol em cultivares de café plantado em diferentes espaçamentos In.: VI SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, Araxá, 2009.

RONEN, R. & GALUN, M. Pigment extraction from liquens with dimethylsulfoxide (DMSO) and estimation of chlorophyll degradation. *Environ. Exp. Bot.*, 24:239-245. 1984.

SALGADO, P.R. & FAVARIN, J.L. Mudanças climáticas na cultura cafeeira. CPTEC – INPE. Criada em: 07 de março de 2007. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 10 de Janeiro de 2011.

SEYBOLD, A. & EGGLE, K. Light field and leaf pigments I. *Planta*, 26:491-515, 1970.

SILVA E.A.; DAMATTA F.M.; DUCATTI C.; REGAZZI A.J. & BARROS R.S. Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis in Arabica coffee trees. *Field Crop. Res.* 89:349-357, 2004

SILVA, E. B.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P.T.G.; CHAGAS, S.J.R. & LAERTE COSTA, L. Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do grão de café beneficiado. *Pesq. agropec. bras.*, 34:335-345 1999

SINGLETON, V.L. The total phenolic content of grapes berries during the maturation of several varieties. *Am. J. Enol. Viticult.*, 17:126-134, 1966.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3.ed. Artmed, 2004. 719p.

VALARINI, V.; BATAGLIA, O.C. & FAZUOLI, L.C. Macronutrientes em folhas e frutos de cultivares de café arábica de porte baixo. *Bragantia*, 64:661- 672, 2005.

VETTORI, L. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7)

WELLBURN, A.R. The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution, J. Plant Physiol., 144:307-313. 1994.

ZAMBOLIM L. SOUSA, A.F.; ZAMBOLIM, E.M. & RENA A.B. Seca de ramos do cafeeiro: fatores bióticos e abióticos. In: ZAMBOLIM L. ed. Boas práticas agrícolas na produção do café. Viçosa, UFV, 2007, p.1-60.

ANEXOS

Quadro 1 – Taxa de assimilação líquida de carbono (A), da condutância estomática (g_s), fluorescência mínima (F_0), rendimento quântico máximo do FSII (F_v/F_m), coeficiente de extinção fotoquímico (qP) e não-fotoquímico (NPQ) para as variedades Topázio (Área I) e Catuaí (Área II) em relação às faces de exposição das plantas ao sol, em diferentes extratos e épocas de amostragem.

Atributo	Posição	Topázio				Catuaí			
		Fev		Jul		Fev		Jul	
		Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste
A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Apical	10,4a	10,9a	9,1a	9,0a	5,4a	8,3a	11,5a	10,8a
	Mediana	11,1a	7,0b	9,0a	8,1a	4,2a	9,1a	11,5a	9,9a
	Basal	9,1a	10,7a	8,5a	8,7a	5,8a	11,3a	9,6a	9,8a
g_s ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Apical	0,129a	0,191a	0,140a	0,181a	0,062a	0,169ab	0,140a	0,167a
	Mediana	0,182a	0,157a	0,135a	0,139a	0,051a	0,136b	0,159a	0,148a
	Basal	0,115a	0,176a	0,124a	0,174a	0,073a	0,245a	0,140a	0,174a
F_0	Apical	529,6a	657,8a	527,0a	563,7a	534,6a	538,7a	592,5a	646,8a
	Mediana	518,0a	609,1a	517,6a	593,9a	490,4a	539,1a	607,0a	670,4a
	Basal	510,8a	549,1a	519,1a	535,8a	520,0a	530,8a	622,9a	639,5a
F_v/F_m	Apical	0,81a	0,75a	0,81a	0,80a	0,81a	0,82a	0,81a	0,77a
	Mediana	0,81a	0,77a	0,79a	0,76a	0,82a	0,81a	0,80a	0,75a
	Basal	0,76a	0,80a	0,82a	0,81a	0,82a	0,82a	0,81a	0,77a
qP	Apical	0,40a	0,39a	0,33a	0,35a	0,36a	0,35a	0,45a	0,40a
	Mediana	0,40a	0,27b	0,37a	0,30a	0,29a	0,36a	0,47a	0,43a
	Basal	0,39a	0,36a	0,34a	0,30a	0,35a	0,38a	0,40a	0,42a
NPQ	Apical	2,59a	1,76a	3,07a	2,76a	3,29a	2,80a	2,80a	2,27a
	Mediana	2,57a	2,04a	2,45a	2,20a	4,06a	2,23a	2,74a	2,23a
	Basal	2,32a	2,03a	2,86a	2,82a	3,92a	2,42a	2,64a	2,48a

Médias para cada variável e área, seguidas por letras iguais não diferem pelo teste Tukey ($p > 0,05$) dentro de cada extrato.

Quadro 2 – Valores médios de clorofila a + b, relação Cl_a/Cl_b, carotenoides totais e índice de feofitina em folhas de café em relação às faces de exposição das plantas ao sol, em diferentes extratos e épocas de amostragem em duas áreas experimentais

Atributo	Posição	Área I (Topázio)				Área II (Catuai)			
		Fev		Jul		Fev		Jul	
		Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste
Cl a+b (mmol kg ⁻¹)	Apical	1,66a	1,71b	1,71a	1,56a	1,56a	1,55b	1,49a	1,64a
	Mediana	1,68a	1,93b	1,51a	1,52a	1,91a	1,74b	1,72a	1,60a
	Basal	2,07a	2,52a	1,49a	2,02a	1,90a	2,39a	1,93a	1,89a
Cl a/Cl b	Apical	2,64a	2,92a	3,14a	2,77a	2,20a	2,88a	3,42a	3,02a
	Mediana	2,63a	2,32a	2,73a	2,97a	2,48a	2,17a	2,66a	3,06a
	Basal	2,47a	2,39a	2,32a	3,46a	2,61a	2,47a	2,87a	2,76a
Carotenoides (mmol kg ⁻¹)	Apical	0,31a	0,30a	0,31a	0,26b	0,25b	0,29a	0,30a	0,32a
	Mediana	0,30a	0,33a	0,22b	0,34a	0,34a	0,27a	0,29a	0,30a
	Basal	0,33a	0,33a	0,26ab	0,34a	0,33ab	0,29a	0,31a	0,31a
Índice de Feofitina	Apical	1,16a	1,14a	1,15a	1,15a	1,11a	1,15a	1,13a	1,15a
	Mediana	1,16a	1,15a	1,15a	1,11a	1,14a	1,16a	1,10a	1,17a
	Basal	1,18a	1,18a	1,15a	1,20a	1,16a	1,20a	1,17a	1,13a

Médias para cada variável e área, seguidas por letras iguais não diferem pelo teste Tukey (p>0,05) dentro de cada extrato.

Quadro 3 – Teores de macronutrientes (g kg⁻¹) e micronutrientes (mg kg⁻¹) em folhas de cafeeiros em relação às faces de exposição das plantas ao sol, coletadas em diferentes épocas e posições na planta em duas áreas experimentais.

Posição	Área I (Topázio)						Área II (Catuaí)						
	Fev		Jul		Out		Fev		Jul		Out		
	Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste	
N	Apical	3,38a	3,29a	3,22ab	3,32a	3,40a	3,21a	3,68a	3,63a	3,25a	3,07a	2,98a	2,91a
	Mediano	3,42a	3,48a	3,12b	3,28a	3,19a	3,10a	3,35a	3,48a	3,15a	3,03a	2,92a	3,04a
	Basal	3,62a	3,45a	3,54a	3,06a	3,37a	3,22a	3,54a	3,43a	2,98a	3,39a	3,17a	3,05a
Ca	Apical	1,36b	1,31b	1,92a	1,74a	1,12c	1,19b	1,59b	1,62a	1,97a	1,65a	1,59b	1,44b
	Mediano	1,78a	1,76a	2,18a	1,97a	1,64b	1,83a	1,98a	1,73a	1,94a	1,86a	1,95ab	1,84a
	Basal	1,76a	1,69a	2,24a	1,77a	1,98a	2,02a	2,11a	1,72a	2,21a	1,90a	2,09a	1,85a
Mg	Apical	0,53b	0,47b	0,57a	0,57a	0,50a	0,51b	0,37b	0,37a	0,40a	0,35b	0,34a	0,31b
	Mediano	0,61a	0,58a	0,62a	0,59a	0,53a	0,54b	0,38b	0,36a	0,38a	0,36b	0,33a	0,34ab
	Basal	0,62a	0,60a	0,60a	0,58a	0,57a	0,68a	0,41a	0,37a	0,40a	0,39a	0,36a	0,35a
P	Apical	0,13a	0,13a	0,12a	0,12a	0,17a	0,16a	0,16a	0,15a	0,14a	0,13a	0,13a	0,14a
	Mediano	0,14a	0,12a	0,12a	0,12a	0,15a	0,14b	0,16a	0,16a	0,13a	0,13a	0,13a	0,14a
	Basal	0,14a	0,12a	0,12a	0,11a	0,15a	0,13b	0,15a	0,15a	0,14a	0,13a	0,15a	0,15a
K	Apical	1,71a	1,77a	1,70a	1,91a	0,86a	0,78a	2,62a	2,73a	2,13b	2,29a	0,75b	0,95a
	Mediano	1,72a	1,76a	1,75a	1,82a	0,77a	0,81a	2,62a	2,77a	2,28ab	2,35a	1,02a	0,90a
	Basal	1,62a	1,73a	1,88a	1,90a	0,82a	0,96a	2,67a	2,51b	2,44a	2,31a	1,01a	1,01a
S	Apical	0,21b	0,20b	0,18a	0,16a	0,23a	0,23a	0,23b	0,22a	0,21a	0,18a	0,25a	0,23a
	Mediano	0,24a	0,23ab	0,21a	0,19a	0,22a	0,23a	0,24b	0,23a	0,22a	0,18a	0,26a	0,24a
	Basal	0,23ab	0,24a	0,19a	0,17a	0,23a	0,24a	0,28a	0,22a	0,23a	0,19a	0,28a	0,26a

Continua...

...Continuação

Mn	Apical	120,4b	119,1b	154,0b	156,4a	101,8c	110,3b	82,4a	85,7a	108,1a	120,8a	128,5a	111,6a
	Mediano	153,7a	160,5a	174,0ab	169,5a	135,1b	141,7a	102,5a	94,6a	119,7a	102,2a	130,1a	110,3a
	Basal	172,8a	140,5ab	183,8a	181,9a	169,7a	152,7a	97,3a	81,9a	124,1a	115,4a	113,9a	126,1a
Cu	Apical	15,4b	12,2b	12,0a	12,6a	16,3a	13,8a	-	-	9,1a	7,5a	53,8a	40,9a
	Mediano	22,3a	16,6a	14,2a	10,9a	12,3b	8,7b	-	-	10,3a	17,5a	67,0a	58,2a
	Basal	22,3a	15,9ab	14,1a	10,3a	10,3b	9,1b	-	-	11,6a	10,0a	35,2a	34,9a
Fe	Apical	110,4b	90,4a	98,1a	155,8b	116,8a	135,4a	109,7b	115,8a	133,2b	103,7b	140,9a	126,2a
	Mediano	146,7ab	151,9a	170,1a	284,3ab	152,1a	147,5a	178,7ab	88,1a	145,6b	117,3b	119,7a	97,6a
	Basal	267,2a	207,5a	175,1a	318,1a	131,0a	153,5a	253,7a	134,1a	333,4a	200,4a	129,2a	108,3a
Zn	Apical	12,1b	12,1b	8,5a	10,2a	8,1a	8,0a	11,1a	20,3b	18,3a	11,7a	13,1b	12,0a
	Mediano	20,8a	17,5a	11,3a	12,7a	8,6a	9,2a	24,8a	52,9a	20,8a	21,8a	29,7a	23,3a
	Basal	21,1a	13,0b	12,5a	13,4a	8,1a	7,3a	17,0a	32,2b	15,0a	11,1a	10,9b	10,1a
B	Apical	148,0b	169,8b	208,6a	216,1b	165,6b	183,3b	148,9b	186,3a	141,8a	160,0a	189,2a	207,0b
	Mediano	202,3ab	252,7a	264,2a	290,3a	241,1a	308,8a	201,1ab	224,7a	159,6a	184,2a	229,3a	275,6a
	Basal	222,6a	272,9a	237,6a	258,3ab	233,8a	253,2a	212,4a	218,7a	188,6a	198,7a	231,0a	261,3ab

Médias para cada variável e área, seguidas por letras iguais não diferem pelo teste Tukey ($p > 0,05$) entre posições

Quadro 4 - Teores de macronutrientes (g kg^{-1}) e micronutrientes (mg kg^{-1}) em folhas de cafeeiros em relação às faces de exposição das plantas ao sol, coletadas em diferentes épocas e posições na planta em duas áreas experimentais.

	Mês	Área I (Topázio)						Área II (Catuaí)					
		Apical		Mediana		Basal		Apical		Mediana		Basal	
		Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste
N	Fev	3,38a	3,29a	3,42a	3,48a	3,62a	3,45a	3,68a	3,63a	3,35a	3,48a	3,54a	3,43a
	Jul	3,22a	3,32a	3,12a	3,28ab	3,54a	3,06b	3,25b	3,07b	3,15b	3,03b	2,98b	3,39ab
	Out	3,40a	3,21a	3,19a	3,10b	3,37a	3,22ab	2,98b	2,91b	2,92b	3,04b	3,17b	3,05b
Ca	Fev	1,36b	1,31b	1,78b	1,76a	1,76b	1,69b	1,59b	1,62a	1,98a	1,73a	2,11a	1,72a
	Jul	1,92a	1,74a	2,18a	1,97a	2,24a	1,77ab	1,97a	1,65a	1,94a	1,86a	2,21a	1,90a
	Out	1,12b	1,19b	1,64b	1,83a	1,98ab	2,02a	1,59b	1,44a	1,95a	1,84a	2,09a	1,85a
Mg	Fev	0,53a	0,47b	0,61a	0,58a	0,62a	0,60b	0,37ab	0,37a	0,38a	0,36a	0,41a	0,37a
	Jul	0,57a	0,57a	0,62a	0,59a	0,60a	0,58b	0,40a	0,35ab	0,38a	0,36a	0,40ab	0,39a
	Out	0,50a	0,51ab	0,53b	0,54a	0,57a	0,68a	0,34b	0,31b	0,33b	0,34a	0,36b	0,35a
P	Fev	0,13b	0,13b	0,14b	0,12b	0,14ab	0,12ab	0,16a	0,15a	0,16a	0,16a	0,15a	0,15a
	Jul	0,12b	0,12b	0,12b	0,12b	0,12b	0,11b	0,14ab	0,13a	0,13b	0,13b	0,14a	0,13a
	Out	0,17a	0,16a	0,15a	0,14a	0,15a	0,13a	0,13b	0,14a	0,13b	0,14ab	0,15a	0,15a
K	Fev	1,71a	1,77a	1,72a	1,76a	1,62a	1,73a	2,62a	2,73a	2,62a	2,77a	2,67a	2,51a
	Jul	1,70a	1,91a	1,75a	1,82a	1,88a	1,90a	2,13b	2,29b	2,28b	2,35b	2,44b	2,31a
	Out	0,86b	0,78b	0,77b	0,81b	0,82b	0,96b	0,75c	0,95c	1,02c	0,90c	1,01c	1,01b
S	Fev	0,21a	0,20b	0,24a	0,23a	0,23a	0,24a	0,23ab	0,22a	0,24ab	0,23a	0,28a	0,22b
	Jul	0,18b	0,16c	0,21b	0,19b	0,19b	0,17b	0,21b	0,18b	0,22b	0,18b	0,23b	0,19c
	Out	0,23a	0,23a	0,22ab	0,23a	0,23a	0,24a	0,25a	0,23a	0,26a	0,24a	0,28a	0,26a

Continua ...

... Continuação

Mn	Fev	120,4b	119,1b	153,7ab	160,5ab	172,8a	140,5b	82,4b	85,7b	102,5a	94,6a	97,3a	81,9b
	Jul	154,0a	156,4a	174,0a	169,5a	183,8a	181,9a	108,1ab	120,8a	119,7a	102,2a	124,1a	115,4a
	Out	101,8b	110,3b	135,1b	141,7b	169,7a	152,7b	128,5a	111,6ab	130,1a	110,3a	113,9a	126,1a
Cu	Fev	15,4ab	12,2a	22,3a	16,6a	22,3a	15,9a	-	-	-	-	-	-
	Jul	12,0b	12,6a	14,2b	10,9b	14,1b	10,3b	9,1	7,5	10,3	17,5	11,6	10,0
	Out	16,3a	13,8a	12,3b	8,7b	10,3b	9,1b	53,8	40,9	67,0	58,2	35,2	34,9
Fe	Fev	110,4a	90,4a	146,7a	151,9b	267,2a	207,5b	109,7a	115,8a	178,7a	88,1a	253,7b	134,1b
	Jul	98,1a	155,8a	170,1a	284,3a	175,1ab	318,1a	133,2a	103,7a	145,6a	117,3a	333,4a	200,4a
	Out	116,8a	135,4a	152,1a	147,5b	131,0b	153,5b	140,9a	126,2a	119,7a	97,6a	129,2c	108,3b
Zn	Fev	12,1a	12,1a	20,8a	17,5a	21,1a	13,0a	11,1a	20,3a	24,8a	52,9a	17,0a	32,2a
	Jul	8,5ab	10,2ab	11,3b	12,7b	12,5b	13,4a	18,3a	11,7a	20,8a	21,8b	15,0a	11,1b
	Out	8,1b	8,0b	8,6b	9,2b	8,1c	7,3b	13,1a	12,0a	29,7a	23,3b	10,9a	10,1b
B	Fev	148,0b	169,8a	202,3b	252,7b	222,6a	272,9a	148,9b	186,3ab	201,1a	224,7b	212,4ab	218,7b
	Jul	208,6a	216,1a	264,2a	290,3ab	237,6a	258,3a	141,8b	160,0b	159,6b	184,2c	188,6b	198,7b
	Out	165,6ab	183,3a	241,1ab	308,8a	233,8a	253,2a	189,2a	207,0a	229,3a	275,6a	231,0a	261,3a

Médias para cada variável e área, seguidas por letras iguais não diferem pelo teste Tukey ($p>0,05$) entre as épocas de coletas.