



GLEICE APARECIDA DE ASSIS

**FAIXAS CRÍTICAS DE TEORES FOLIARES DE
NITROGÊNIO E POTÁSSIO PARA O
CAFEIRO EM PRODUÇÃO FERTIRRIGADO**

LAVRAS – MG

2012

GLEICE APARECIDA DE ASSIS

**FAIXAS CRÍTICAS DE TEORES FOLIARES DE NITROGÊNIO E
POTÁSSIO PARA O CAFEIEIRO EM PRODUÇÃO FERTIRRIGADO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador
Dr. Rubens José Guimarães

Coorientador
Dr. Alberto Colombo

LAVRAS - MG

2012

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Assis, Gleice Aparecida de.

Faixas críticas de teores foliares de nitrogênio e potássio para o
cafeeiro em produção fertirrigado / Gleice Aparecida de Assis. –
Lavras : UFLA, 2012.

98 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Rubens José Guimarães.

Bibliografia.

1. *Coffea arabica* L. 2. Cafeicultura irrigada. 3. Nível crítico. 4.
Diagnose foliar. 5. Nutrientes. 6. Adubação. I. Universidade Federal
de Lavras. II. Título.

CDD – 633.7387

GLEICE APARECIDA DE ASSIS

**FAIXAS CRÍTICAS DE TEORES FOLIARES DE NITROGÊNIO E
POTÁSSIO PARA O CAFEIEIRO EM PRODUÇÃO FERTIRRIGADO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 23 de novembro de 2012

Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes	UFLA
Dr. Douglas Ramos Guelfi Silva	UFLA
Dr. Fábio Pereira Dias	IFMG - Campus Bambuí
Dr. Manoel Alves de Faria	UFLA

Dr. Rubens José Guimarães
Orientador

Dr. Alberto Colombo
Coorientador

LAVRAS - MG

2012

A Deus, pelo dom da vida.

Aos meus pais, Washington e Cristina, por todo amor, carinho e dedicação. Sem vocês ao meu lado, nada seria possível.

Às minhas irmãs, Cíntia e Franscinely, por toda amizade, apoio e amor incondicional.

Ao Rodrigo, pelo amor, paciência e compreensão nos momentos de ausência.

OFEREÇO

A minha avó, Aparecida Odília, exemplo de bondade e ternura.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por iluminarem minha mente e o meu caminho, permitindo a realização deste sonho.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade de ampliar os meus conhecimentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Consórcio Pesquisa Café, pelo apoio financeiro para a condução do experimento.

Ao professor Dr. Rubens José Guimarães, pela orientação, ensinamentos, dedicação e amizade, sendo um grande exemplo de pessoa e profissional.

A minha amiga Dra. Myriane Stella Scalco, pela amizade, apoio em todos os momentos e pelos ensinamentos transmitidos durante todos esses anos.

Aos professores Dr. Alberto Colombo, pela dedicação e ajuda no experimento; Virgílio Anastácio da Silva, pela amizade e apoio em todos os momentos; Alberto Colombo, Ana Rosa Ribeiro Bastos, Antônio Nazareno Guimarães Mendes, Douglas Ramos Guelfi Silva, Augusto Ramalho de Moraes, Manoel Alves de Faria, Fátima Conceição Rezende e Fábio Pereira Dias, pela participação na banca examinadora.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Agricultura e do Setor de Cafeicultura da UFLA, pelos ensinamentos transmitidos.

A secretária do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Marli, pela amizade e auxílio em todos os momentos.

A todos os amigos da cafeicultura irrigada, pela disponibilidade e auxílio na condução de todos os experimentos.

Aos grandes amigos Anderson William Dominghetti, Clayton Grillo Pinto, Leonardo Miari Pieve, Fabrício Moreira Sobreira, Luís Fidelis, Andiará, Cristiane, Alessandra, Aline, Sônia, Vaguinho, Thiago e Cibele, pelos conselhos e pela lealdade.

Aos amigos da pós-graduação e do NECAF, pela convivência, amizade e ajuda durante o curso.

Aos meus cunhados, Antônio César e Daniel, pela amizade e pelo carinho.

À tia Antônia, pela dedicação e apoio durante o decorrer do curso.

Em especial, a Luluzinha, Tuffy, Joãozinho, Nina, Chiquinho, Belinha, Príncipe e Princesinha, pelo amor e carinho.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Com o objetivo de estabelecer as faixas críticas de teores foliares de nitrogênio (N) e potássio (K) para lavouras cafeeiras em produção, em dois sistemas de manejo da fertirrigação, foram conduzidos dois experimentos, no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, no período de 2010 a 2012. No primeiro experimento, a adubação foi parcelada em quatro aplicações (P4) e, no segundo, em doze vezes ao ano (P12). Em ambos, os tratamentos constaram de cinco níveis de adubação aplicados via fertirrigação: 30%, 80%, 130%, 180% e 230% da recomendação de N e K para cafeeiros cultivados em sequeiro no estado de Minas Gerais. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. As características de crescimento das plantas, nutricionais e agronômicas avaliadas foram: altura de planta, diâmetro de caule, diâmetro de copa, número de ramos plagiotrópicos, teores foliares e produtividade (sacas ha⁻¹). Com os resultados das características de crescimento, análises foliares e produtividade foram estabelecidas faixas críticas das concentrações de nutrientes. Os resultados obtidos foram: a) segundo ano de produção no P4: a.1) N (g kg⁻¹): 28,51 a 28,55 em janeiro/fevereiro; 33,65 a 33,68 em março/abril; 26,69 a 26,74 em maio/junho; 25,25 a 25,28 em julho/agosto; 27,02 a 27,04 em setembro/outubro e 23,05 a 23,07 em novembro/dezembro e a.2) K (g kg⁻¹): 23,33 a 23,37 em janeiro/fevereiro; 18,09 a 18,13 em março/abril; 19,09 a 19,12 em maio/junho; 16,13 a 16,14 em julho/agosto; 20,22 a 20,24 em setembro/outubro e 23,31 a 23,34 em novembro/dezembro; b) terceiro ano no P4: b.1) N (g kg⁻¹): 32,39 a 32,40 em janeiro/fevereiro; 33,60 a 33,61 em março/abril; 27,39 a 27,42 em maio/junho; 24,23 a 24,24 em julho/agosto; 26,06 a 26,09 em setembro/outubro e 26,50 a 26,51 em novembro/dezembro; b.2) K (g kg⁻¹): 20,08 a 20,14 em janeiro/fevereiro; 17,89 a 17,91 em março/abril; 15,93 a 15,96 em maio/junho; 15,29 a 15,35 em julho/agosto; 16,61 a 16,64 em setembro/outubro e 20,58 a 20,64 em novembro/dezembro; c) segundo ano no P12: c.1) N (g kg⁻¹): 26,80 a 27,05 em janeiro/fevereiro; 22,84 a 29,37 em março/abril; 22,67 a 24,67 em maio/junho; 25,18 a 25,38 em julho/agosto; 28,00 a 29,62 em setembro/outubro e 24,48 a 25,59 em novembro/dezembro; c.2) K (g kg⁻¹): 20,60 a 20,65 em janeiro/fevereiro; 13,30 a 17,10 em março/abril; 15,00 a 20,62 em maio/junho; 18,13 a 18,56 em julho/agosto; 20,80 a 23,54 em setembro/outubro e 22,13 a 24,79 em novembro/dezembro; d) terceiro ano no P12: d.1) N (g kg⁻¹): 29,95 a 30,11 em janeiro/fevereiro; 27,38 a 32,46 em março/abril; 29,37 a 29,43 em maio/junho; 28,64 a 28,70 em julho/agosto; 31,87 a 31,93 em setembro/outubro e 30,37 a 30,40 em novembro/dezembro; d.2) K (g kg⁻¹): 22,40 a 22,77 em janeiro/fevereiro; 16,46 a 16,87 em março/abril; 17,06 a 17,07 em maio/junho;

17,29 a 17,31 em julho/agosto; 18,31 a 18,38 em setembro/outubro e 20,72 a 20,73 em novembro/dezembro.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L. Cafeicultura irrigada. Nível crítico. Diagnose foliar.

ABSTRACT

Aiming to determine critical leaf levels of nitrogen (N) and potassium (K) at the production stage of coffee plantations submitted to two different fertigation schemes, two experiments were carried out from 2010 to 2012 in the Coffee Section at Universidade Federal de Lavras, in Lavras/MG. For the first experiment, the total amount of N and K was splitted in four applications (P4) and, for the second experiment, a total of 12 applications were used (P12). On both experiments, five different fertigation rates of N and K were applied: 30, 80, 130, 180 e 230% of the total recommended amount of N e K for non-irrigated coffee plants growing at the Minas Gerais state. An experimental design with randomized blocks and four replications was used. Plant growth (plant height, crown diameter, and number of plagiotropic branches), nutritional (leaf concentration), and yield (number of benefited coffee bean bags / ha) characteristics were evaluated. Based on such characteristics, the following critical leaf levels were determined: a) for the second production year with P4: a.1) N (g kg^{-1}): 28.51 to 28.55 in January/February, 33.65 to 33.68 in March/April; 26.69 to 26.74 in May/June; 25.25 to 25.28 in July/August; 27.02 to 27.04 in September/October, and 23.05 to 23.07 in November/December and a.2) K (g kg^{-1}): 23.33 to 23.37 in January/February; 18.09 to 18.13 in March/April; 19.09 to 19.12 in May/June; 16.13 to 16.14 in July/August; 20.22 to 20.24 in September/October and 23.31 to 23.34 in November/December; b) for the third production year with P4: b.1) N (g kg^{-1}): 32.39 to 32.40 in January/February; 33.60 to 33.61 in March/April; 27.39 to 27.42 in May/June; 24.23 to 24.24 in July/August; 26.06 to 26.09 in September/October and 26.50 to 26.51 in November/December; b.2) K (g kg^{-1}): 20.08 to 20.14 in January/February; 17.89 to 17.91 in March/April; 15.93 to 15.96 in May/June; 15.29 to 15.35 in July/August; 16.61 a 16.64 in September/October and 20.58 to 20.64 in November/December; c) for the second production year with P12 c.1) N (g kg^{-1}): 26.80 to 27.05 in January/February; 22.84 to 29.37 in March/April; 22.67 to 24.67 in May/June; 25.18 to 25.38 in July/August; 28.00 to 29.62 in September/October and 24.48 to 25.59 in November/December; c.2) K (g kg^{-1}): 20.60 to 20.65 in January/February; 13.30 to 17.10 in March/April; 15.00 to 20.62 in May/June; 18.13 to 18.56 in July/August; 20.80 to 23.54 in September/October and 22.13 to 24.79 in November/December; d) for the third production year with P12: d.1) N (g kg^{-1}): 29.95 to 30.11 in January/February; 27.38 to 32.46 in March/April; 29.37 to 29.43 in May/June; 28.64 to 28.70 in July/August; 31.87 to 31.93 in September/October and 30.37 to 30.40 in November/December; d.2) K (g kg^{-1}): 22.40 to 22.77 in January/February; 16.46 to 16.87 in March/April; 17.06 to 17.07 in May/June; 17.29 to 17.31 in

July/August; 18.31 to 18.38 in September/October and 20.72 to 20.73 in November/December.

Key-words: *Coffea arabica* L. Irrigated Coffee. Critical leaf levels. Leaf analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Altura de cafeeiros em 2010 sob níveis de adubação nitrogenada e potássica em seis épocas no parcelamento em quatro aplicações.....	40
Figura 2	Altura de cafeeiros em 2011 sob níveis de adubação nitrogenada e potássica em seis épocas no parcelamento em quatro aplicações.....	40
Figura 3	Diâmetro de caule de cafeeiros em 2010 sob níveis de adubação nitrogenada e potássica em seis épocas no parcelamento em quatro aplicações..	42
Figura 4	Diâmetro de caule de cafeeiros em 2011 sob níveis de adubação nitrogenada e potássica em seis épocas no parcelamento em quatro aplicações..	43
Figura 5	Diâmetro de copa de cafeeiros em 2010 sob níveis de adubação nitrogenada e potássica em seis épocas no parcelamento em quatro aplicações..	44
Figura 6	Diâmetro de copa de cafeeiros em 2011 sob níveis de adubação nitrogenada e potássica em seis épocas no parcelamento em quatro aplicações.	45
Figura 7	Produtividade de cafeeiros (sacas beneficiadas ha ⁻¹) em 2012 sob níveis de adubação nitrogenada e potássica no parcelamento em quatro aplicações.	46
Figura 8	Teores foliares de N (g kg ⁻¹) em 2010 em função de níveis de adubação (%) no parcelamento em quatro aplicações..	52
Figura 9	Teores foliares de N (g kg ⁻¹) em 2011 em função de níveis de adubação (%) no parcelamento em quatro aplicações..	55
Figura 10	Teores foliares de K (g kg ⁻¹) em 2010 em função de níveis de adubação (%) no parcelamento em quatro aplicações.	58
Figura 11	Teores foliares de K (g kg ⁻¹) em 2011 em função de níveis de adubação (%) no parcelamento em quatro aplicações..	60
Figura 12	Altura de cafeeiros em 2010 sob níveis de adubação nitrogenada e potássica em seis épocas no parcelamento em doze aplicações..	63
Figura 13	Altura de cafeeiros em 2011 sob níveis de adubação nitrogenada e potássica em seis épocas no parcelamento em doze aplicações... ..	64
Figura 14	Diâmetro de caule de cafeeiros em 2010 sob níveis de adubação nitrogenada e potássica em seis épocas no parcelamento em doze aplicações.....	65

Figura 15	Diâmetro de caule de cafeeiros em 2011 sob níveis de adubação nitrogenada e potássica em seis épocas no parcelamento em doze aplicações.....	66
Figura 16	Diâmetro de copa de cafeeiros em 2010 sob níveis de adubação nitrogenada e potássica em seis épocas no parcelamento em doze aplicações.....	67
Figura 17	Diâmetro de copa de cafeeiros em 2011 sob níveis de adubação nitrogenada e potássica em seis épocas no parcelamento em doze aplicações.....	68
Figura 18	Número de ramos plagiotrópicos de cafeeiros em 2010 sob níveis de adubação nitrogenada e potássica em seis épocas no parcelamento em doze aplicações.....	69
Figura 19	Número de ramos plagiotrópicos de cafeeiros em 2011 sob níveis de adubação nitrogenada e potássica em seis épocas no parcelamento em doze aplicações.....	70
Figura 20	Produtividade de cafeeiros (sacas beneficiadas ha ⁻¹) em 2012 sob níveis de adubação nitrogenada e potássica no parcelamento em doze aplicações.....	71
Figura 21	Teores foliares de N (g kg ⁻¹) em 2010 em função de níveis de adubação (%) no parcelamento em doze aplicações.....	77
Figura 22	Teores foliares de N (g kg ⁻¹) em 2011 em função de níveis de adubação (%) no parcelamento em doze aplicações.....	79
Figura 23	Teores foliares de K (g kg ⁻¹) em 2010 em função de níveis de adubação (%) no parcelamento em doze aplicações.....	81
Figura 24	Teores foliares de K (g kg ⁻¹) em 2011 em função de níveis de adubação (%) no parcelamento em doze aplicações.....	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Faixas críticas de macronutrientes (g kg^{-1}) para cafeeiros não irrigados em produção segundo alguns autores.	26
Quadro 2	Faixas críticas de N, P e K (g kg^{-1}) determinadas bimestralmente para cafeeiros não irrigados em produção..	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Caracterização química do solo no início do experimento (novembro de 2007).....	29
Tabela 2	Temperatura média - T (°C), umidade relativa do ar - UR (%), precipitação total mensal - Precip. (mm) e lâmina aplicada (mm) no período de 2010 a 2011.....	32
Tabela 3	Resumo da análise de variância para as características altura de planta (cm), diâmetro de copa (cm) e diâmetro de caule (cm) no parcelamento em 4 aplicações no ano de 2010... ..	38
Tabela 4	Resumo da análise de variância para as características altura de planta (cm), diâmetro de copa (cm) e diâmetro de caule (cm) no parcelamento em 4 aplicações no ano de 2011... ..	38
Tabela 5	Resumo da análise de variância para a produtividade média de cafeeiros (sacas ha ⁻¹) submetidos a diferentes níveis de adubação em 4 parcelamentos nos anos de 2011 e 2012.	39
Tabela 6	Pontos de máximo crescimento, 90% do máximo e níveis de adubação adequados para cada característica avaliada, no parcelamento em quatro aplicações no ano de 2010.....	47
Tabela 7	Pontos de máximo crescimento, 90% do máximo e níveis de adubação adequados para cada característica avaliada, no parcelamento em quatro aplicações no ano de 2011.....	48
Tabela 8	Faixas limítrofes de adubação correspondente a 90% do máximo em cada época do ano no parcelamento em quatro aplicações.....	49
Tabela 9	Resumo da análise de variância para o teor foliar de nitrogênio e potássio (g kg ⁻¹) no parcelamento em 4 aplicações nos anos de 2010 e 2011.. ..	51
Tabela 10	Resumo da análise de variância para as características altura de planta (cm), diâmetro de copa (cm), diâmetro de caule (cm) e número de ramos plagiotrópicos primários no parcelamento em 12 aplicações no ano de 2010.	62
Tabela 11	Resumo da análise de variância para as características altura de planta (cm), diâmetro de copa (cm), diâmetro de caule (cm) e número de ramos plagiotrópicos primários no parcelamento em 12 aplicações no ano de 2011.....	62
Tabela 12	Resumo da análise de variância para a produtividade média de cafeeiros (sacas ha ⁻¹) submetidos a diferentes níveis de adubação em 12 parcelamentos nos anos de 2011 e 2012.. ..	63

Tabela 13	Pontos de máximo crescimento, 90% do máximo e níveis de adubação adequados para cada característica avaliada, no parcelamento em doze aplicações no ano de 2010... ..	73
Tabela 14	Pontos de máximo crescimento e produtividade, 90% do máximo e níveis de adubação adequados para cada característica avaliada, no parcelamento em doze aplicações no ano de 2011... ..	74
Tabela 15	Faixas limítrofes de adubação correspondente a 90% do máximo em cada época do ano no parcelamento em doze aplicações... ..	75
Tabela 16	Resumo da análise de variância para o teor foliar de nitrogênio e potássio (g kg^{-1}) no parcelamento em 12 aplicações nos anos de 2010 e 2011.	76

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1	Adubação e nutrição do cafeeiro fertirrigado.....	20
2.2	Diagnose foliar.....	23
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1	Caracterização da área experimental.....	28
3.2	Instalação e condução do experimento.....	29
3.3	Delineamento experimental e tratamentos.....	30
3.4	Sistema e manejo de irrigação.....	31
3.5	Características avaliadas.....	33
3.5.1	Crescimento das plantas antes da poda.....	33
3.5.2	Determinação dos teores foliares de nutrientes.....	33
3.5.3	Produtividade.....	34
3.6	Determinação das faixas críticas de teores foliares de N e K.....	34
3.7	Análise estatística.....	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1	Avaliação das características de crescimento e produção das plantas em 4 parcelamentos.....	37
4.1.1	Altura das plantas.....	39
4.1.2	Diâmetro de caule.....	42
4.1.3	Diâmetro de copa.....	44
4.1.4	Produtividade.....	45
4.2	Avaliação dos teores foliares de nitrogênio e potássio em 4 parcelamentos.....	51
4.2.1	Nitrogênio.....	52
4.2.2	Potássio.....	57
4.3	Avaliação das características de crescimento e produção das plantas em 12 parcelamentos.....	61
4.3.1	Altura das plantas.....	63
4.3.2	Diâmetro de caule.....	65
4.3.3	Diâmetro de copa.....	67
4.3.4	Número de ramos plagiotrópicos primários.....	69
4.3.5	Produtividade.....	71

4.4	Avaliação dos teores foliares de nitrogênio e potássio em 12 parcelamentos.....	75
4.4.1	Nitrogênio.....	76
4.4.2	Potássio.....	81
5	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	85
6	CONCLUSÕES.....	86
	REFERÊNCIAS.....	88
	APÊNDICE.....	94

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma atividade de grande importância econômica e social para o Brasil. Com área plantada de 2,3 milhões de hectares e, aproximadamente, 6 bilhões de plantas, essa atividade emprega, direta e indiretamente, 8,4 milhões de trabalhadores (BRASIL, 2009).

A terceira estimativa de produção de café (arábica e conilon) para o ano agrícola 2011/2012 indica que deverão ser colhidos, no país, 50,48 milhões de sacas de 60 kg do produto beneficiado. Esse recorde de produção é justificado pelo ano de safra alta, aliado à melhoria dos tratamentos culturais das lavouras (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2012).

Dentre os inúmeros fatores que afetam a produtividade do cafeeiro, destacam-se a adubação e a nutrição mineral. Com o crescente uso da irrigação e da fertirrigação em lavouras no Brasil, tem havido constante preocupação por parte dos produtores e técnicos com o estado nutricional das plantas cultivadas nesse sistema.

Atualmente, o programa de adubação para cafeeiros irrigados baseia-se somente na recomendação para a cultura de sequeiro, o que pode comprometer o desenvolvimento das plantas, induzindo a lavoura a uma deficiência nutricional durante a fase produtiva, devido ao fato de o cafeeiro irrigado apresentar padrão de crescimento e produtividade diferenciado em relação ao não irrigado.

No Brasil, a faixa crítica é um dos métodos utilizados para diagnose do estado nutricional das plantas. Para uma análise mais precisa, esses valores de referência devem ser regionais, específicos para a forma de cultivo e para cada época do ano (PARTELLI; CARVALHO; VIEIRA, 2005).

A carência de informações referentes a níveis de adubação e faixas críticas de teores foliares de nitrogênio e potássio para cafeeiros fertirrigados

aumenta a importância desse estudo na determinação de uma adubação racional e parâmetros nutricionais para o manejo adequado da lavoura irrigada.

Este estudo foi realizado com o objetivo de estabelecer as faixas críticas de teores foliares de nitrogênio e potássio para lavouras cafeeiras em produção, em dois sistemas de manejo da fertirrigação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Adubação e nutrição do cafeeiro fertirrigado

No Brasil, cerca de 251 mil hectares de cafeeiros são irrigados, e o potencial produtivo médio é de 10 milhões de sacas beneficiadas por ano. Dessa área, 28,6% apresentam sistema de gotejamento, o que corresponde a 71.700 hectares. Lavouras irrigadas apresentam produtividade duas a três vezes superior à média histórica de regiões tradicionais no cultivo do cafeeiro de sequeiro (SANTINATO; FERNANDES, 2012).

A fertirrigação é uma técnica amplamente utilizada nas lavouras cafeeiras irrigadas por gotejamento. Comparada ao sistema convencional de adubação, possibilita aumentar a produtividade, reduzir custos com mão de obra na adubação e aumentar a eficiência no manejo do solo (SOBREIRA et al., 2011).

Atualmente, a adubação para cafeeiros irrigados é baseada somente na recomendação para lavouras de sequeiro. Tal fato pode comprometer o desenvolvimento das plantas, induzindo a uma carência ou ao excesso de nutrientes, devido ao fato de o cafeeiro irrigado apresentar padrão de crescimento e produtividade diferenciado em relação ao não irrigado, conforme resultados obtidos em várias pesquisas (ARANTES; FARIA; REZENDE, 2009; CARVALHO et al., 2006; REZENDE, F. et al., 2010; SILVA; TEODORO; MELO, 2008).

Na literatura, encontram-se informações sobre economia de adubação promovida pelo uso da fertirrigação. De acordo com Quintela et al. (2011), é possível reduzir em até 41,85% a quantidade de nitrogênio recomendada para o cultivo de lavouras de sequeiro em produção, sem prejuízos à lavoura. Também Guimarães et al. (2010) e Sobreira et al. (2011) verificaram que, na fase de

formação do cafeeiro, em plantio adensado, pode-se reduzir em 30% a dose de N e K₂O recomendada para o cultivo não irrigado no sul de Minas Gerais.

Condições edafoclimáticas, espaçamento adotado e, principalmente, a fase em que se encontra a cultura são parâmetros que determinam variações na quantidade de adubo a ser aplicado na lavoura fertirrigada, resultando em economia ou, até mesmo, acréscimos no nível de adubação. Na fase produtiva, é possível que cafeeiros irrigados exijam maior quantidade de adubo em relação aos não irrigados, por apresentarem maior produtividade e, conseqüentemente, maior consumo de fotoassimilados.

Costa et al. (2010) verificaram que a produtividade máxima de 40,0 sacas ha⁻¹ para a cultivar Obatã foi atingida com o nível de NPK de 154,17%, para cultivos fertirrigados. Resultados semelhantes foram observados por Rodrigues et al. (2005), os quais relataram um acréscimo de 80% na produtividade com a aplicação de 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e K₂O, em relação aos cafeeiros adubados com 125 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Santinato e Fernandes (2002) recomendam um aumento de 30% na adubação de cafeeiros irrigados em produção.

Rezende R. et al. (2010) verificaram que a fertirrigação influenciou positivamente a fase de formação do cafeeiro na região noroeste do Paraná, porém, não foi possível constatar a dose de NPK mais indicada para cada regime hídrico na fase inicial de crescimento da lavoura.

Para a adubação no primeiro ano em lavouras fertirrigadas no sul de Minas Gerais, o melhor nível de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio foi de 118,33% da adubação padrão utilizada para lavouras de sequeiro (PINTO, 2012).

Com relação ao parcelamento das adubações, a recomendação para cafeeiro não irrigado é que a mesma seja efetuada de três a quatro vezes no ano, durante o período chuvoso (outubro a março, em intervalos de 40 a 60 dias)

(GUIMARÃES et al., 1999). Com a adoção da fertirrigação é possível aumentar a frequência das adubações, visando otimizar o sistema de irrigação e, além disso, fornecer nutrientes às plantas em diferentes épocas do ano. De acordo com Andrade et al. (2009) e Sobreira et al. (2011), o cafeeiro apresenta crescimento reduzido entre os meses de junho a agosto e elevado entre os meses de setembro a novembro. Dessa forma, torna-se importante fornecer quantidades diferenciadas de adubo ao longo do ano, levando-se em consideração as curvas de absorção de nutrientes dentro do período de fertirrigação, visando maior aproveitamento pela planta.

Silva et al. (2003), avaliando épocas de irrigação e parcelamentos de adubação na produtividade do cafeeiro cultivar Catuaí Vermelho, constataram que o parcelamento em doze vezes, seja pela água de irrigação ou aplicação manual, proporcionou as maiores produtividades em relação às aplicações em 24 e 36 vezes.

Resultados semelhantes foram observados por Guimarães et al. (2010) e Sobreira et al. (2011), os quais verificaram que a adubação de N e K em doze aplicações via fertirrigação por gotejamento é mais adequada para o crescimento do cafeeiro, cultivar Catiguá MG-3, em relação à aplicação em quatro vezes. Neste mesmo experimento, porém, na fase de produção, Assis et al. (2011) constataram um acréscimo de 17 sacas ha⁻¹ nas plantas que receberam adubação parcelada em 12 vezes. O maior parcelamento da adubação possibilita menores perdas dos nutrientes, tanto por lixiviação quanto por volatilização, que, presentes no solo, em menores concentrações, poderão facilitar a absorção pelas raízes. Além disso, evitam aplicação de altas quantidades de adubo que poderiam causar elevada salinidade no solo, bem como favorecer a competição entre nutrientes (MALAVOLTA et al., 1993; SILVA et al., 2001).

Os principais pontos a serem observados quanto à aplicação de N e K₂O na fertirrigação são o potencial de perdas por lixiviação em função da alta

mobilidade destes nutrientes no solo e as exigências das culturas (COELHO, 1994).

Oliveira et al. (2009), avaliando a lixiviação de nitrato nas profundidades de 50 e 90 cm em cafeeiros fertirrigados submetidos a quatro doses de N (70%, 100%, 130% e 190% da recomendação para sequeiro) e dois parcelamentos (quatro e doze aplicações por ano), concluíram que as perdas de nitrato foram crescentes em função do aumento dos níveis de adubação e que houve uma redução em pelo menos 50% da quantidade lixiviada no parcelamento em doze vezes em relação ao experimento com quatro aplicações.

De forma semelhante, Ernani et al. (2007) e Paglia et al. (2007) verificaram concentrações elevadas de potássio na solução lixiviada com o aumento das doses de adubos potássicos aplicados, o que ressalta a importância de uma adubação equilibrada, evitando toxidez às plantas e perdas de nutrientes por lixiviação.

2.2 Diagnose foliar

A diagnose foliar é um método em que se analisam os teores dos nutrientes em determinadas folhas, em épocas definidas, e comparando-os com os padrões nutricionais encontrados na literatura. Na folha ocorrem os principais processos metabólicos, portanto, é o órgão que melhor representa o estado nutricional da planta (FAQUIN, 2002).

A premissa da diagnose foliar é a existência de relação entre níveis de adubação e os teores dos nutrientes nas folhas, o que estaria associado com o crescimento e/ou a produção da cultura (RAIJ, 2011).

No caso da correção de fortes deficiências nutricionais, o aumento do suprimento de determinado nutriente, acompanhado pelo aumento de seu teor nos tecidos da planta, resulta em acréscimo no crescimento e na produção

(MARTINEZ; CARVALHO; SOUZA, 1999). Nessa fase, embora haja absorção pela planta do nutriente aplicado pelo adubo, o crescimento proporcionalmente maior não permite o aumento no teor foliar do elemento, podendo, inclusive, ocorrer diluição. Já quando a planta tem deficiências menos pronunciadas, o aumento do suprimento de dado nutriente e de seu teor nos tecidos da planta não é acompanhado por aumentos expressivos no crescimento ou produção. Quando a planta já conta com suprimento adequado de nutrientes, também chamada de região de absorção de luxo, o aumento do suprimento do nutriente e de sua concentração nos tecidos não é acompanhado por aumento no crescimento ou produção. Os dois extremos da faixa de consumo de luxo são denominados de níveis críticos inferiores ou de deficiência e superior ou de toxidez (FAQUIN, 2002). Já quando o suprimento de nutrientes está em excesso, verifica-se um decréscimo no crescimento ou na produção com o aumento do suprimento de dado nutriente e de seu teor nos tecidos, caracterizando-se um efeito fitotóxico (MARTINEZ; CARVALHO; SOUZA, 1999).

A padronização da amostragem de plantas é fundamental para o sucesso da diagnose foliar. De acordo com Malavolta (2006), devem-se amostrar folhas recém-maduras, ou seja, não senescentes e com crescimento finalizado, havendo uma relação mais ou menos constante entre acúmulo de matéria seca num intervalo de tempo e concentração dos elementos.

Para o cafeeiro arábica, recomenda-se amostrar o terceiro e o quarto pares de folhas, a partir do ápice de ramos produtivos, em altura mediana na planta, no estágio de chumbinho e na quantidade de 100 folhas por talhão (MARTINEZ; CARVALHO; SOUZA, 1999).

Para a interpretação dos resultados da análise foliar, um dos critérios utilizados no Brasil se baseia nos chamados níveis críticos (RAIJ, 2011). O nível crítico é definido como o teor de dado nutriente associado a 90% da produtividade ou do crescimento máximo da cultura. Esse método de

interpretação compara a concentração de determinado nutriente na amostra com o valor aceito como norma, possibilitando concluir se a planta está bem nutrida ou deficiente quanto ao nutriente em questão (MARTINEZ; CARVALHO; SOUZA, 1999).

No método da faixa de suficiência, a concentração observada na amostra é comparada com faixas de concentrações consideradas insuficientes, adequadas ou tóxicas. Em relação ao nível crítico, esse método melhora a flexibilidade na diagnose, embora haja perda na exatidão, principalmente quando os limites das faixas são muito amplos (MARTINEZ; CARVALHO; SOUZA, 1999).

Existem vários trabalhos nos quais se quantificam as faixas de suficiência para mudas de cafeeiro (GONÇALVES et al., 2009; GONTIJO et al., 2007), lavouras não irrigadas em formação (CLEMENTE et al., 2008) e, principalmente, lavouras de sequeiro em produção (MALAVOLTA, 1993; MARTINEZ et al., 2003). Porém, para cafeeiros irrigados em produção, as recomendações nutricionais ainda são baseadas no comportamento da cultura de sequeiro.

Clemente et al. (2008), estabelecendo as faixas críticas de teores foliares de macronutrientes em plantas de cafeeiro no primeiro ano após o plantio, encontraram os seguintes valores: nitrogênio (de 19,24 a 23,16 g kg⁻¹), fósforo (de 1,14 a 1,21 g kg⁻¹), potássio (de 17,39 a 19,02 g kg⁻¹), cálcio (de 12,70 a 14,11 g kg⁻¹), magnésio (de 8,26 a 8,97 g kg⁻¹), e enxofre (de 1,49 a 1,77 g kg⁻¹). Segundo esses autores, os níveis de adubação que proporcionaram 90% do crescimento máximo das plantas estavam em torno de 71% e 112,25% da adubação padrão.

Para lavouras de sequeiro em produção, Martinez et al. (2003) recomendaram, para os municípios de Guaxupé e São Sebastião do Paraíso, ambos em MG, 28,30 a 32,00 g kg⁻¹ de nitrogênio, 1,20 a 1,60 g kg⁻¹ de fósforo e 19,70 a 30,30 g kg⁻¹ de potássio.

Silva et al. (2001) encontraram as faixas críticas de teores foliares de N de 29,10 a 30,50 g kg⁻¹ e 15,70 a 17,60 g kg⁻¹ para o K, em cafeeiros não irrigados em produção, em São Sebastião do Paraíso, MG.

No Quadro 1 são apresentadas as faixas críticas de macronutrientes para cafeeiros não irrigados em produção, segundo alguns autores.

Quadro 1 Faixas críticas de macronutrientes (g kg⁻¹) para cafeeiros não irrigados em produção, segundo alguns autores

Autores	N	P	K	Ca	Mg	S
Reuter e Robinson (1988)	25-30	1,5-2,0	21-26	7,5-15,0	2,5-4,0	0,2-1,0
Mills e Jones Junior (1996)	23-30	1,2-2,0	20-25	10-25	2,5-4,0	1,0-2,0
Malavolta (1993)	27-32	1,5-2,0	19-24	10-14	3,1-3,6	1,5-2,0
Raij et al. (1996)	26-32	1,2-2,0	18-25	10-15	3,0-5,0	1,5-2,0

Malavolta et al. (1993) também propuseram faixas críticas de teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio para lavouras cafeeiras de sequeiro em produção. O ineditismo deste trabalho está no fato de essas faixas serem determinadas bimestralmente, o que aumenta a precisão da diagnose foliar (Quadro 2).

Quadro 2 Faixas críticas de N, P e K (g kg⁻¹) determinadas bimestralmente para cafeeiros não irrigados em produção

Nutrientes	January/ February	March/ April	maio/ June	July/ August.	September/ out.	November/ dez.
N	28 - 31	26 - 31	28 - 31	26 - 29	28 - 32	28 - 32
P	1,7 - 1,9	1,5 - 1,9	1,4 - 1,9	1,2 - 1,6	1,4 - 1,6	1,6 - 1,9
K	22 - 25	19 - 24	20 - 24	22 - 25	22 - 25	24 - 31

Fonte: Adaptado de Malavolta et al. (1993)

Para lavouras irrigadas no primeiro ano pós-plantio, Pinto (2012) sugere as seguintes faixas críticas e “teores de suficiência”: nitrogênio (g kg^{-1}): 28,9 a 31,5 para novembro/dezembro; 27,3 para janeiro/fevereiro; 27,5 a 30,6 para março/abril; 30,8 a 32,9 para maio/junho; 34,2 a 34,8 para julho/agosto e 31,5 para setembro/outubro; fósforo (g kg^{-1}): 1,8 para novembro/dezembro; 1,6 para janeiro/fevereiro; 1,5 para março/abril; 2,6 a 3,3 para maio/junho; 1,9 para julho/agosto e 1,5 a 1,6 para setembro/outubro; potássio (g kg^{-1}): 25,5 para novembro/dezembro; 25,3 para janeiro/fevereiro; 23,2 para março/abril; 21,8 a 22,1 para maio/junho; 23,6 para julho/agosto e 28,2 a 28,4 para setembro/outubro.

Na fase produtiva e em lavoura irrigada por gotejamento no município de Garanhuns, PE, Quintela et al. (2011) verificaram que a faixa crítica de nitrogênio foliar variou da fase de granação para a de maturação, tendo os respectivos valores de 25,72 a 27,19 g kg^{-1} e 29,24 a 29,6 g kg^{-1} .

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O trabalho foi conduzido em uma área localizada no campo experimental do Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG. As coordenadas geográficas do município são 21°14'06'' latitude sul e 45°00'00'' longitude oeste, à altitude média de 910 m.

O clima da região é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen (mesotérmico com verões brandos e suaves e estiagem de inverno). A precipitação anual média, a evapotranspiração potencial e a temperatura média anual são de 1.460,0 mm, 956,0 mm e 20,4°C, respectivamente (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

O solo da área experimental, classificado como Latossolo Vermelho distroférico e de textura argilosa a muito argilosa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006), foi analisado, quanto às características químicas, na camada de 0-20 cm, no início do experimento (novembro de 2007) e durante o período de avaliações (2010 e 2011) (Tabela 1).

Tabela 1 Caracterização química do solo em 2007, 2010 e 2011

Característica	2007	2010	2011
pH (H ₂ O)	6,7	5,2	4,8
Fósforo (P) – mg dm ⁻³	15,4	87,4	46,3
Potássio (K) - mg dm ⁻³	137,0	76,0	205,0
Cálcio (Ca ²⁺) – cmol _c dm ⁻³	4,4	2,0	1,80
Magnésio (Mg ²⁺) – cmol _c dm ⁻³	1,5	0,4	0,3
Alumínio (Al ³⁺) – cmol _c dm ⁻³	0,0	0,1	0,4
H+Al (Extrator SMP) – cmol _c dm ⁻³	2,1	4,8	6,3
Soma de bases trocáveis (SB) – cmol _c dm ⁻³	6,3	2,6	2,6
CTC (t) - cmol _c dm ⁻³	6,3	2,7	3,0
CTC a pH 7,0(T) - cmol _c dm ⁻³	8,3	7,48	8,9
Índice de saturação por bases (V) - %	74,9	35,8	30,5
Índice de saturação de alumínio (m) - %	0	2,1	8,9
Matéria orgânica (MO) - dag kg ⁻¹	4,3	-	2,9
Fósforo remanescente (P-rem) – mg L ⁻¹	7,7	-	13,8
Zinco (Zn) –mg dm ⁻³	5,1	-	8,5
Ferro (Fe) – mg dm ⁻³	76,7	-	36,3
Manganês (Mn) – mg dm ⁻³	22,5	-	15,1
Cobre (Cu) – mg dm ⁻³	3,7	-	4,6
Boro (B) – mg dm ⁻³	0,2	-	0,2
Enxofre (S) – mg dm ⁻³	38,2	-	-

3.2 Instalação e condução do experimento

O plantio da lavoura foi realizado em abril de 2007, no espaçamento de 2,5 m entre linhas por 0,6 m entre plantas (6666 plantas ha⁻¹). A cultivar utilizada foi a ‘Catiguá MG-3’ (Catuaí Amarelo IAC 86 x Híbrido de Timor UFV 440-10).

A calagem e as adubações de plantio e pós-plantio em cobertura foram realizadas de acordo com a análise de solo (Tabela 1), sendo baseadas nas recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (GUIMARÃES et al., 1999).

O manejo de plantas daninhas na linha de plantio foi realizado por meio de capina manual e, nas entrelinhas, fez-se aplicação do herbicida glyphosate (glicina substituída) (2,3 L ha⁻¹) e uso de roçadora mecânica.

Para o controle da cercosporiose e da broca-do-café, aplicaram-se, respectivamente, fungicida com epoxiconazol (triazol) + piraclostrobina (estrobilurina) e inseticida endossulfam (ciclodienoclorado), ambos na dose de $1,5 \text{ L ha}^{-1}$. Pelo fato de a cultivar utilizada no experimento apresentar resistência à ferrugem, não houve necessidade de controle químico específico para esta doença.

As adubações com nitrogênio e potássio, em todos os tratamentos, foram feitas via fertirrigação. Os adubos utilizados para o fornecimento desses nutrientes foram: ureia pecuária (45% de N) e nitrato de potássio (13% de N e 44% de K_2O). O fósforo, na forma de superfosfato simples, foi aplicado em dose única (65 g por planta) no plantio da cultura (abril/2007). O cálcio e o magnésio foram fornecidos via calcário.

Os micronutrientes foram aplicados em três pulverizações foliares (janeiro, maio e novembro de 2010 e 2011) com sulfato de zinco, cloreto de potássio, oxiclreto de cobre e ácido bórico a 0,3%, de acordo com a recomendação de Guimarães et al. (1999).

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

Foram conduzidos, de forma simultânea, dois experimentos em áreas adjacentes no Setor de Cafeicultura da UFLA. No primeiro, o parcelamento de N e K foi realizado em quatro vezes ao ano, no período das chuvas (novembro a fevereiro). Já no segundo ensaio, a adubação foi parcelada em 12 aplicações ao ano, sendo uma fertirrigação por mês (novembro a outubro). Em ambos os experimentos, foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições e cinco tratamentos referentes aos níveis de adubação.

Os tratamentos constaram de cinco níveis de adubação aplicados via fertirrigação: 30%, 80%, 130%, 180% e 230% da recomendação de N e K para cafeeiros cultivados em sequeiro (GUIMARÃES et al., 1999).

Com base na análise de solo de cada ano (Tabela 1) e na produtividade média esperada, segundo a recomendação de adubação proposta por Guimarães et al. (1999), os níveis de adubação considerados como padrão foram: 190 kg de $K_2O\ ha^{-1}$ e 250 kg de $N\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, para 2010 e 75 kg de $K_2O\ ha^{-1}$ e 400 kg de $N\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, para 2011.

Cada parcela foi composta por dez plantas, sendo as oito centrais consideradas úteis. Para cada linha de tratamento foram deixadas bordaduras duplas, de forma a não haver interferência entre tratamentos. Cada experimento ocupou uma área de 900 m² com 600 plantas.

3.4 Sistema e manejo de irrigação

O sistema de irrigação constou de uma unidade central de controle (sistema de bombeamento, filtros de areia e de tela, injetor de fertilizantes, manômetros e conexões), linha principal de tubos de PVC, PN 80, linhas de derivação de PVC, PN 40, linhas laterais com tubo flexível de polietileno, PN 40, gotejadores Katiff autocompensantes (vazão de 3,8 litros por hora) e registros. Em cada linha de plantio foi instalada uma linha lateral com espaçamento de 2,5 m e gotejadores espaçados a cada 0,3 m. Abaixo de cada linha lateral formou-se uma faixa molhada de largura de 0,6 m.

O manejo da irrigação foi realizado por tensiometria. Os tensiômetros (com tensímetro de punção digital e escala de leitura em bar) foram instalados nas profundidades de 0,10; 0,25; 0,40; 0,60 m, afastados cerca de 0,10 m da base do ramo ortotrópico das plantas. As leituras da tensão da água no solo foram realizadas diariamente, no período da manhã. O momento de proceder às

irrigações foi dado pela tensão da água no solo quando essa atingia valores próximos a 20 kPa, na profundidade de 0,25 m. Este valor de tensão foi adotado para o manejo de irrigação do experimento, por situar-se próximo à capacidade de campo do solo onde foi conduzido o trabalho (10 kPa), mantendo condições ideais de umidade no solo para o desenvolvimento adequado das plantas. A correspondência entre tensão de água no solo e umidade foi obtida pela curva característica de umidade do solo, a qual foi previamente determinada no Laboratório de Relação Água-Solo, no Departamento de Engenharia da UFLA. A descrição e os princípios de funcionamento dos tensiômetros são relatados por Coelho e Teixeira (2004). As lâminas de irrigação (com base na área total) aplicadas no experimento em 2010 e 2011 são apresentadas na Tabela 2.

Os dados meteorológicos diários de precipitação, umidade relativa e temperatura média do ar foram monitorados por estação automática instalada na área do experimento (Tabela 2).

Tabela 2 Temperatura média - T (°C), umidade relativa do ar - UR (%), precipitação total mensal - Precip. (mm) e lâmina aplicada (mm) no período de 2010 a 2011

Mês	2010				2011			
	T (°C)	UR (%)	Precip. (mm)	Lâmina (mm)	T (°C)	UR (%)	Precip. (mm)	Lâmina (mm)
January	23,01	79,39	130,60	20,57	22,45	83,42	357,10	13,61
February	23,11	75,89	92,80	22,89	23,03	75,71	121,60	50,95
March	22,81	80,87	76,84	14,68	21,34	86,61	317,20	0,00
April	20,68	78,13	67,00	8,26	21,17	78,23	57,60	21,92
maio	18,26	78,29	15,00	10,55	17,66	80,61	13,20	57,67
June	16,00	75,03	8,00	13,34	15,68	80,03	38,00	30,73
July	17,43	71,84	19,40	15,52	16,80	73,77	1,02	35,88
August	17,86	60,16	1,60	33,49	19,27	64,23	9,60	43,57
September	19,87	66,60	51,80	41,48	19,69	58,83	0,80	59,71
out.	20,35	75,74	154,5	23,35	20,22	77,58	121,80	28,45
November	20,79	82,90	334,00	0,00	19,77	79,13	120,00	16,65
December	22,59	82,94	318,00	7,75	21,07	86,87	466,2	0,00
Média	20,23	75,65	105,80	17,66	19,85	77,09	135,34	29,93
Total	-	-	1269,54	211,88	-	-	1624,12	359,14

3.5 Características avaliadas

3.5.1 Crescimento das plantas

As medidas de crescimento foram realizadas bimestralmente, em 2010 e em 2011, totalizando seis épocas de avaliação em cada ano: E1 (janeiro/fevereiro), E2 (março/abril), E3 (maio/junho), E4 (julho/agosto), E5 (setembro/outubro) e E6 (novembro/dezembro).

Foram analisadas as seguintes características:

- altura de plantas (cm): as medidas foram realizadas do colo das plantas até a gema apical dos caules, com auxílio de uma régua graduada;
- diâmetro de copa (cm): medido no sentido transversal à linha de plantio, considerando-se a extensão do ramo plagiotrópico de maior dimensão em cada planta, com auxílio de uma régua graduada;
- diâmetro de caule (cm): medido a 5 cm do nível do solo, com auxílio de um paquímetro;
- número de ramos plagiotrópicos primários: essa característica foi avaliada apenas no experimento de doze parcelamentos e nas três plantas centrais de cada parcela.

3.5.2 Determinação dos teores foliares de nutrientes

Procedeu-se à coleta de folhas simultaneamente à avaliação de crescimento, para a determinação dos teores foliares de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn). Foram amostradas 32 folhas de cada parcela, do terceiro ou quarto par de folhas, contadas a partir do ápice do ramo na altura

mediana da planta (MARTINEZ et al., 2003), em três repetições de cada tratamento.

Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel etiquetados, identificando-se as respectivas parcelas. As determinações analíticas foram feitas conforme descrito por Malavolta et al. (1993), sendo o nitrogênio pelo método semimicrokjeldahl, fósforo e boro por métodos colorimétricos, enxofre por turbidimetria, potássio por fotometria de chama e emissão e cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco pelo método de espectrofotometria de absorção atômica.

3.5.3 Produtividade

A colheita, relativa às safras de 2011 (segundo ano de produção) e 2012 (terceiro ano de produção), foi realizada por meio de derriça manual no pano, iniciada quando o percentual de frutos verdes estava entre 10% e 15%. No dia da colheita, foi mensurado o volume (L) de frutos em cada parcela e retirada uma amostra de 10 L de cada repetição. As amostras foram acondicionadas em peneiras, sendo revolvidas várias vezes, ao longo do dia, para uma secagem homogênea, até atingir umidade de beneficiamento (entre 11% e 12%). Determinaram-se, então, a massa, o volume e a umidade do café beneficiado. Os dados obtidos em todas as fases do processo foram utilizados no cálculo de produtividade (sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare).

3.6 Determinação das faixas críticas de teores foliares de N e K

Foram utilizados modelos de regressão que relacionam os níveis de adubação ao crescimento/produtividade das plantas. Para o estudo da interação entre os fatores épocas de avaliação e níveis de adubação, foram realizadas

análises de regressão para cada característica avaliada dentro de cada época de amostragem. Após a obtenção do modelo de regressão quadrática, derivaram-se as equações de regressão de cada característica dentro de cada época, determinando-se o ponto de máximo crescimento/productividade. Posteriormente, foram encontrados os valores de 90% da máxima performance (REUTER; ROBINSON, 1988). Utilizando-se a fórmula resolutive de Bhaskara, foram identificadas as faixas dos níveis de adubação que proporcionaram níveis acima de 90% do crescimento/productividade máxima das plantas. Esses níveis foram substituídos nas equações de regressão que relacionam os teores foliares dos nutrientes em cada época de amostragem, para a determinação das faixas críticas de N e K (CLEMENTE et al., 2008).

Derivando-se as equações de regressão, é possível encontrar níveis de adubação fora do intervalo estudado (30% a 230% da recomendação padrão). Apesar da validade matemática dos dados, as faixas críticas só podem ser fixadas dentro do intervalo de níveis avaliados. Dessa forma, onde os níveis de adubação calculados pela fórmula resolutive de Bhaskara foram menores que 30% e maiores que 230%, optou-se por utilizar esses limites como padrão inferior e superior, respectivamente, tal como realizado por Gonçalves et al. (2009).

Nas épocas em que não se detectaram efeitos significativos, a 5% de probabilidade pelo teste F, dos níveis de adubação sobre os teores foliares de N e K, as faixas críticas foram determinadas por meio da interpolação dos dados observados nessas épocas, utilizando-se os limites inferior e superior dos níveis de adubação que possibilitaram a obtenção de, pelo menos, 90% do crescimento máximo da cultura.

3.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo software SISVAR (FERREIRA, 2008). As variáveis que descrevem o crescimento das plantas do cafeeiro e os teores foliares de nutrientes foram analisados em esquema de parcelas subdivididas no tempo, sendo os níveis de adubação as parcelas e as épocas de avaliação as subparcelas (STEEL; TORRIE; DICKEY, 1997).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As respostas de crescimento, produtividade e as faixas críticas de teores foliares de nitrogênio e potássio das plantas submetidas a diferentes níveis de adubação podem variar em função do parcelamento de adubação. Tais diferenças de comportamento podem ser devido à redução da perda de nutrientes, tanto por lixiviação quanto por volatilização no caso do nitrogênio, que, presentes no solo em concentrações adequadas, poderão facilitar a absorção pelas raízes e, conseqüentemente, promover maior desenvolvimento do cafeeiro.

Para maior entendimento dessas possíveis influências nas plantas, os dados serão discutidos separadamente para cada parcelamento de adubação.

4.1 Avaliação das características de crescimento e produção das plantas em 4 parcelamentos

Nas Tabelas 3 e 4 são apresentadas as análises de variância dos dados referentes a altura, diâmetro de caule e diâmetro de copa das plantas de cafeeiros submetidas a níveis de adubação nitrogenada e potássica, nos anos de 2010 e 2011, respectivamente.

Nos anos de 2010 e 2011, houve efeito significativo da interação entre épocas de avaliação e níveis de adubação ($P < 0,01$) para todas as características de crescimento. Apenas para diâmetro de caule em 2011, a interação entre esses fatores não foi significativa, a 5% de probabilidade. Neste caso, optou-se pelo uso de um nível de significância menos rigoroso para a interpretação do efeito da interação, conforme trabalho de Perecin e Cargnelutti Filho (2008), pelo fato de a análise de desdobramento dos níveis de adubação dentro das épocas de avaliação ser considerada de extrema importância no presente estudo. A partir daí, detectadas diferenças significativas ($P < 0,05$) dos níveis de adubação dentro

de cada época, foram ajustadas equações de regressão para posterior utilização da fórmula resolutive de Bhaskara.

Tabela 3 Resumo da análise de variância para as características altura de planta (cm), diâmetro de copa (cm) e diâmetro de caule (cm), no parcelamento em 4 aplicações, no ano de 2010

FV	GL	Quadrados médios		
		Altura	Diâmetro de copa	Diâmetro de caule
Níveis (N)	4	645,8407*	1732,1701**	0,3312 ^{ns}
Blocos	3	260,7099	1973,0820	0,3140
Erro 1	12	213,8444	418,4490	0,2758
Épocas (E)	5	1116,9117***	460,5637***	0,8571***
Erro 2	15	5,7237	39,9473	0,0077
N X E	20	10,6558***	63,7754***	0,0072***
Erro 3	60	3,0917	14,8038	0,0029
CV1(%)		12,41	14,18	13,33
CV2(%)		2,03	4,38	2,23
CV3(%)		1,49	2,67	1,38
Média		117,87	144,21	3,94

ns – não significativo, *** significativo a 1%, ** significativo a 5%, * significativo, a 10% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 4 Resumo da análise de variância para as características altura de planta (cm), diâmetro de copa (cm) e diâmetro de caule (cm), no parcelamento em 4 aplicações, no ano de 2011

FV	GL	Quadrados médios		
		Altura	Diâmetro de copa	Diâmetro de caule
Níveis (N)	4	1964,9841***	3063,0425***	0,5852 ^{ns}
Blocos	3	569,5603	2590,3448	0,6080
Erro 1	12	209,8884	346,1525	0,3146
Épocas (E)	5	1608,8272***	1126,4543***	1,1960***
Erro 2	15	3,6333	19,9137	0,0033
N X E	20	8,5720***	21,3060***	0,0014 ^{ns}
Erro 3	60	1,4502	8,7631	0,0050
CV1(%)		9,74	10,82	11,48
CV2(%)		1,28	2,59	1,17
CV3(%)		0,81	1,72	1,44
Média		148,72	171,98	4,89

ns – não significativo, *** significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Devido ao fato de a produtividade do cafeeiro ser determinada com base no crescimento/desenvolvimento da cultura no ano anterior (PINTO, 2012; RENA; MAESTRI, 1986), utilizaram-se os dados de produção referentes aos anos de 2011 e 2012, para relacioná-los aos níveis de adubação utilizados nos anos de 2010 e 2011.

Houve efeito significativo ($P < 0,01$) dos níveis de adubação para as produtividades de 2011 e 2012 (Tabela 5).

Por se tratar de um fator quantitativo, foi aplicada análise de regressão tanto para o fator níveis de adubação quanto para o desdobramento dos níveis de N e K, para cada época de avaliação. A escolha do modelo polinomial baseou-se no nível de significância ($P < 0,05$) e no maior coeficiente de determinação (R^2).

Tabela 5 Resumo da análise de variância para a produtividade média de cafeeiros (sacas ha^{-1}) submetidos a diferentes níveis de adubação, em 4 parcelamentos, nos anos de 2011 e 2012

FV	GL	QM 2011	QM 2012
Níveis	4	489,2398***	1764,3365***
Bloco	3	110,7375	60,1035
Erro	12	62,4708	287,8989
CV (%)		35,87	25,63
Média		22,04	66,20

*** significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

A seguir, todas as variáveis respostas serão discutidas individualmente, para cada ano de avaliação.

4.1.1 Altura das plantas

Analisando-se a altura das plantas nos anos de 2010 e 2011, verificou-se efeito significativo do desdobramento dos níveis de adubação em todas as épocas de avaliação ($P < 0,01$) (APÊNDICES A e B).

A altura de plantas de cafeeiro ajustou-se ao modelo quadrático em quase todas as épocas ($R^2 > 0,80$), tendo havido, na época de janeiro/fevereiro de 2010, ajuste linear (Figuras 1 e 2).

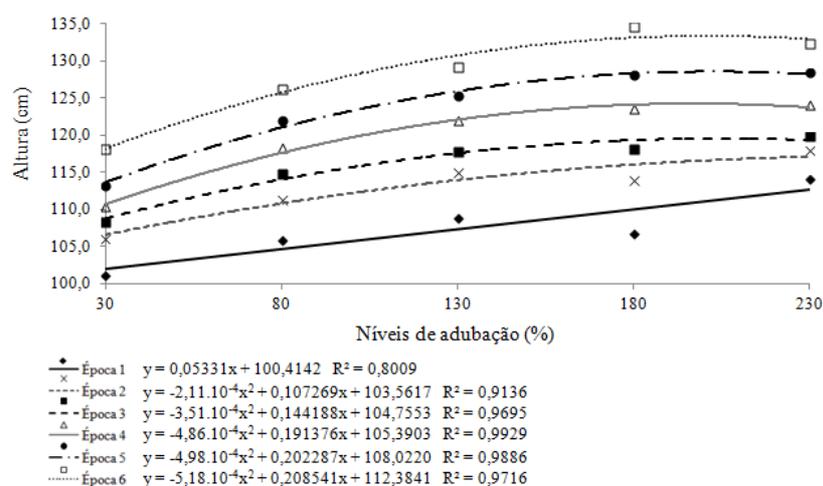


Figura 1 Altura de cafeeiros, em 2010, sob níveis de adubação nitrogenada e potássica em seis épocas, no parcelamento em quatro aplicações

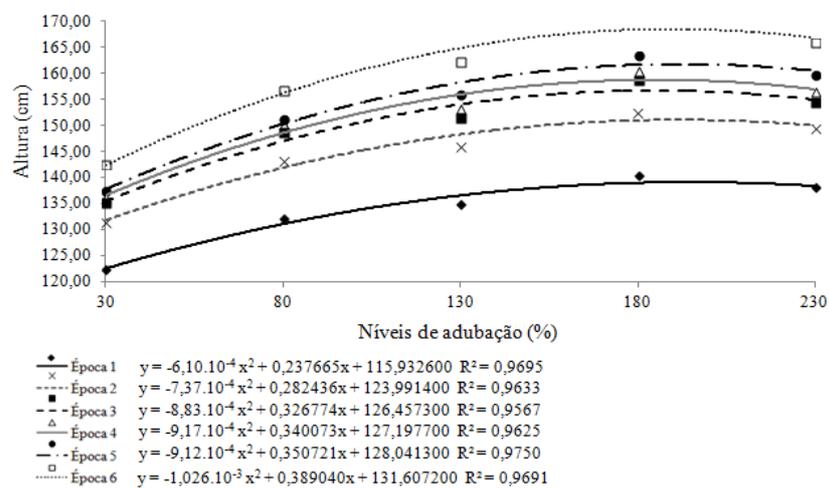


Figura 2 Altura de cafeeiros, em 2011, sob níveis de adubação nitrogenada e potássica em seis épocas, no parcelamento em quatro aplicações

Derivando-se as equações apresentadas nas Figuras 1 e 2, observou-se que os níveis de adubação que proporcionaram altura máxima das plantas variaram em cada época de avaliação, sugerindo que existe a necessidade de aplicação de quantidades diferenciadas de adubo ao longo do ano para melhor satisfazer às necessidades da cultura.

Em 2010, os níveis de N e K para a obtenção da máxima altura das plantas corresponderam a 254,19%, 205,40%, 196,89%, 203,10% e 201,29% da adubação de referência para lavoura não irrigada em produção, respectivamente para as épocas 2, 3, 4, 5 e 6.

No ano seguinte, esses níveis foram de 194,81%, 191,61%, 185,04%, 185,43%, 192,28% e 189,59%, respectivamente para as épocas 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Verifica-se, a partir desses pontos de máximo crescimento, um decréscimo na altura das plantas, em função de uma possível fitotoxidez provocada pelos altos níveis de N e K ou, até mesmo, pelo antagonismo do K com Ca e Mg (MARTINEZ; CARVALHO; SOUZA, 1999).

Os níveis de adubação que proporcionaram maior altura de plantas foram superiores à recomendação de 100% da adubação padrão proposta por Guimarães et al. (1999). Esse acréscimo pode ser atribuído, principalmente, ao uso da irrigação neste experimento, promovendo maior produtividade e, por consequência, maior demanda de nutrientes. Também devido a possíveis perdas de nitrogênio e potássio por lixiviação pelo uso da fertirrigação, sobretudo quando a adubação é parcelada durante o período chuvoso (novembro a fevereiro), o que aumenta as chances de que ocorra lixiviação de nutrientes com alta mobilidade no solo. Resultados semelhantes de aumento no nível de adubação em cafeeiros irrigados na fase produtiva foram obtidos por Costa et al. (2010), Pinto (2012), Rezende, R. et al. (2010), Rodrigues et al. (2005) e Santinato e Fernandes (2002).

4.1.2 Diâmetro de caule

Assim como para a altura de plantas, houve efeito significativo ($P < 0,01$) do desdobramento dos níveis de adubação em cada época de avaliação para a característica diâmetro de caule, nos anos de 2010 e 2011 (APÊNDICES A e B).

Para todas as épocas e nos dois anos de avaliação, houve ajuste do modelo polinomial quadrático (Figuras 3 e 4).

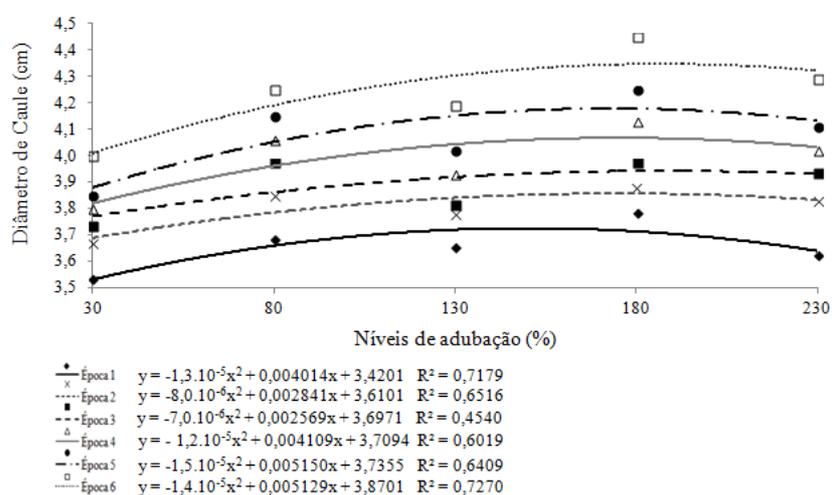


Figura 3 Diâmetro de caule de cafeeiros, em 2010, sob níveis de adubação nitrogenada e potássica em seis épocas, no parcelamento em quatro aplicações

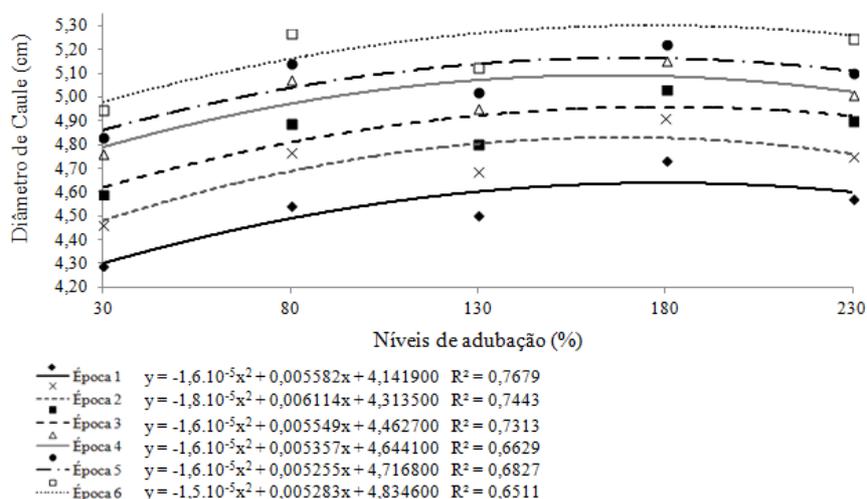


Figura 4 Diâmetro de caule de cafeeiros, em 2011, sob níveis de adubação nitrogenada e potássica em seis épocas, no parcelamento em quatro aplicações

O crescimento máximo em diâmetro de caule dos cafeeiros, em 2010, ocorreu em 154,38%, 177,56%, 183,50%, 171,21%, 171,67% e 183,18% da adubação padrão para lavoura de sequeiro em produção, respectivamente para as épocas 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Já em 2011, esse crescimento atingiu o ponto máximo no nível de adubação de 174,44%, 169,83%, 173,41%, 167,41%, 164,22% e 176,10%, respectivamente para as épocas 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Na avaliação do diâmetro de caule das plantas, o crescimento máximo ficou acima de 100% da adubação para lavouras de sequeiro, concordando, mais uma vez, com os trabalhos em lavouras em produção de Costa et al. (2010), Pinto (2012), Rezende, R. et al. (2010), Rodrigues et al. (2005) e Santinato e Fernandes (2002).

Destaca-se a importância do estudo dessa característica, em função de ser um dos atributos vegetativos que mais contribuem para a produtividade do cafeeiro (CARVALHO et al., 2010; FREITAS et al., 2007). Assim, é provável que os níveis de adubação que proporcionaram diâmetro máximo de caule das

plantas em cada época estejam situados próximos ao nível de adubação ideal para a produtividade de cafeeiros.

4.1.3 Diâmetro de copa

No ano de 2010 (Figura 5), houve ajuste do polinômio quadrático aos dados apenas na época 6, obtendo-se a maior média de diâmetro de copa no nível de 303,06% da adubação padrão.

Nas demais épocas, somente o modelo linear foi significativo, não sendo possível definir os pontos de máximos e, conseqüentemente, os valores dos níveis de adubação para a determinação das faixas críticas. Pode ser que, nessas épocas em que houve ajuste linear dos dados, a adubação que possibilita máximo diâmetro de copa se encontre acima do nível estudado.

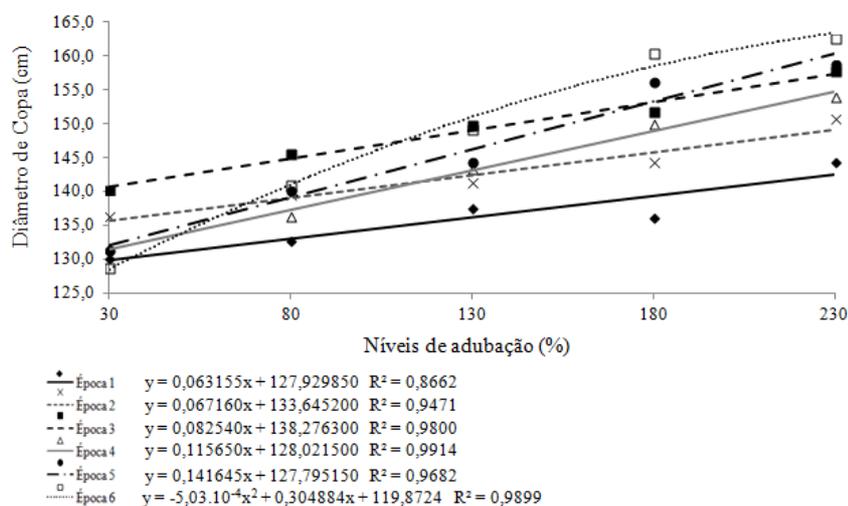


Figura 5 Diâmetro de copa de cafeeiros, em 2010, sob níveis de adubação nitrogenada e potássica em seis épocas, no parcelamento em quatro aplicações

Em 2011, os níveis de 228,64%, 221,84%, 189,80%, 189,16%, 193,44% e 182,80% da adubação proposta por Guimarães et al. (1999) proporcionaram as maiores médias de diâmetro de copa das plantas, respectivamente para as épocas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 (Figura 6). Como constatado para as características altura de plantas e diâmetro de caule, também na avaliação do diâmetro de copa das plantas o crescimento máximo ficou acima de 100% da adubação para lavouras de sequeiro, concordando, mais uma vez, com os trabalhos em lavouras em produção de Costa et al. (2010), Pinto (2012), Rezende, R. et al. (2010), Rodrigues et al. (2005) e Santinato e Fernandes (2002).

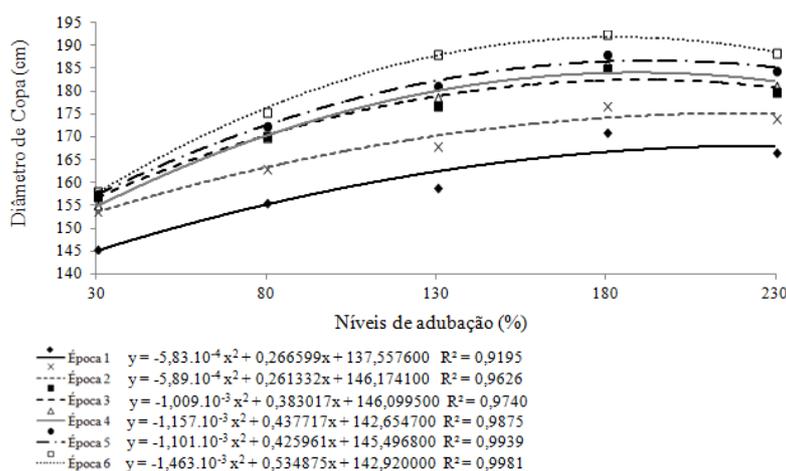


Figura 6 Diâmetro de copa de cafeeiros, em 2011, sob níveis de adubação nitrogenada e potássica em seis épocas, no parcelamento em quatro aplicações

4.1.4 Produtividade

Em função da produtividade do cafeeiro ser determinada com base no crescimento/desenvolvimento da cultura no ano anterior (PINTO, 2012; RENA; MAESTRI, 1986), utilizaram-se os dados de produção referentes aos anos de 2011 e 2012, para relacioná-los aos níveis de adubação utilizados nos anos de

2010 e 2011. Houve ajuste do modelo linear à produtividade média de café beneficiado em 2011, em função dos níveis de adubação, com um ajuste relativamente baixo, ou seja, com o modelo linear explicando apenas 74,5% dos resultados encontrados. Já para os dados de crescimento avaliados no ano anterior (2010), constatou-se, para todas as características vegetativas, ajuste do polinômio quadrático, evidenciando um decréscimo no crescimento a partir de um determinado nível de adubação. Assim, optou-se por utilizar, nesse ano, somente as variáveis de crescimento para a obtenção dos limites inferior e superior da adubação e posterior determinação das faixas críticas.

Já para o ano de 2012, a equação quadrática apresentou ajuste satisfatório aos dados ($R^2 = 0,9299$) (Figura 7). A partir desse modelo, fica evidente que a produtividade atinge um ponto máximo de 82,72 sacas ha^{-1} utilizando-se um nível de adubação de 179,91%. Após atingir esse máximo, a produtividade decresce em resposta aos níveis mais elevados de adubação, indicando um possível desequilíbrio nutricional (MALAVOLTA et al., 1993; SILVA et al., 2001).

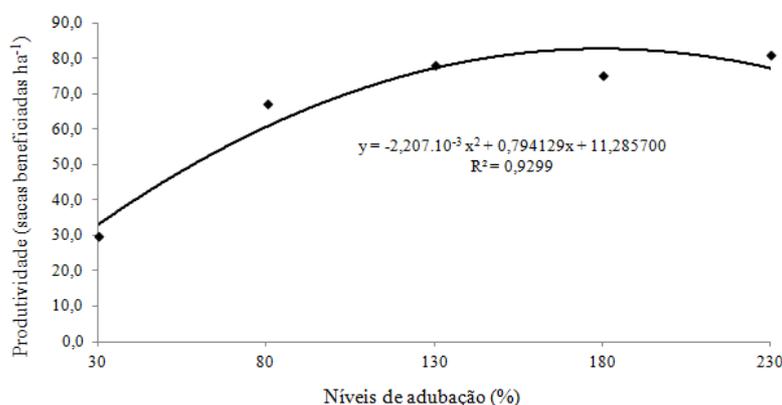


Figura 7 Produtividade de cafeeiros (sacas beneficiadas ha^{-1}), em 2012, sob níveis de adubação nitrogenada e potássica, no parcelamento em quatro aplicações

Embora o ponto de máxima produtividade tenha sido atingido com o nível de adubação de 179,91%, é possível verificar, no gráfico da Figura 7, que, a partir de 130% da adubação recomendada para lavouras de sequeiro, há uma tendência de estabilização na produtividade com o aumento da adubação.

Nas Tabelas 6 e 7 são apresentados os pontos de máximo crescimento e os níveis de adubação (%) adequados para cada característica avaliada em cada época de avaliação, nos anos de 2010 e 2011, respectivamente.

Tabela 6 Pontos de máximo crescimento, 90% do máximo e níveis de adubação adequados para cada característica avaliada, no parcelamento em quatro aplicações, no ano de 2010

Característica	Épocas de amostragem avaliadas	Nível de adubação (%)*	Ponto de máximo (y)	90% do máximo (y)	Níveis de adubação (%) correspondente a 90% do máximo	
					Inferior	Superior
Altura (cm)	E1	-	-	-	-	-
	E2	254,19	117,19	105,47	18,16	489,90
	E3	205,40	119,56	107,51	20,08	390,70
	E4	196,89	124,23	111,81	37,03	356,75
	E5	203,10	128,56	115,70	42,38	363,82
	E6	201,29	133,37	120,03	40,80	361,79
Diâmetro de caule (cm)	E1	154,38	3,73	3,36	153,85	154,92
	E2	177,56	3,86	3,47	176,86	178,26
	E3	183,50	3,93	3,54	182,75	184,25
	E4	171,21	4,06	3,65	170,62	171,79
	E5	171,67	4,18	3,76	171,14	172,19
	E6	183,18	4,34	3,91	182,62	183,73
Diâmetro de copa (cm)	E6	303,06	166,07	149,46	121,35	484,78

* Nível de adubação referente ao ponto de máximo.

Tabela 7 Pontos de máximo crescimento, 90% do máximo e níveis de adubação adequados para cada característica avaliada, no parcelamento em quatro aplicações, no ano de 2011

Característica	Épocas de amostragem avaliadas	Nível de adubação (%)*	Ponto de máximo (y)	90% do máximo (y)	Níveis de adubação (%) correspondente a 90% do máximo	
					Inferior	Superior
Altura (cm)	E1	194,81	139,08	125,17	43,80	345,82
	E2	191,61	151,05	135,94	48,45	334,78
	E3	185,04	156,69	141,02	51,83	318,25
	E4	185,43	158,73	142,86	53,87	316,98
	E5	192,28	161,76	145,58	59,10	325,46
	E6	189,59	168,49	151,64	61,46	317,73
Diâmetro de caule (cm)	E1	174,44	4,63	4,17	173,90	174,97
	E2	169,83	4,83	4,35	169,31	170,35
	E3	173,41	4,94	4,45	172,85	173,96
	E4	167,41	5,09	4,58	166,84	167,97
	E5	164,22	5,15	4,64	163,66	164,78
	E6	176,10	5,30	4,77	175,51	176,69
Diâmetro de copa (cm)	E1	228,64	168,04	151,24	58,89	398,40
	E2	221,84	175,16	157,64	49,39	394,30
	E3	189,80	182,45	164,20	55,34	324,26
	E4	189,16	184,05	165,64	63,02	315,30
	E5	193,44	186,70	168,03	63,24	323,65
	E6	182,80	191,81	172,63	68,31	297,30
Produtividade (sacas ha ⁻¹)	2012	179,91	82,72	74,45	118,69	230,00

* Nível de adubação referente ao ponto de máximo.

De acordo com metodologia utilizada por Clemente et al. (2008), com o objetivo de estabelecer a faixa crítica que contemplasse todas as características avaliadas, com prejuízo máximo de 10% de desenvolvimento (REUTER; ROBINSON, 1988), optou-se por utilizar como faixa crítica o maior valor dos limites inferiores e o menor valor dos limites superiores dos níveis de adubação em cada época de avaliação, para, posteriormente, serem substituídos nas equações que relacionam níveis de adubação e teor foliar (Tabela 8).

Tabela 8 Faixas limítrofes de adubação correspondente a 90% do máximo em cada época do ano, no parcelamento em quatro aplicações

Época	2010		2011	
	Limite inferior (%)	Limite superior (%)	Limite inferior (%)	Limite superior (%)
jan/fev	153,85	154,92	173,90	174,97
mar/abr	176,86	178,26	169,31	170,35
mai/jun	182,75	184,25	172,85	173,96
jul/ago	170,62	171,79	166,84	167,97
set/out	171,14	172,19	163,66	164,78
nov/dez	182,62	183,73	175,51	176,69

O ineditismo deste trabalho está na determinação de faixas limítrofes de adubação para cada época do ano, em lavouras fertirrigadas. Esses resultados poderão ser utilizados como base para que futuros trabalhos com aplicação diferenciada de fertilizantes ao longo do ano em lavouras cafeeiras fertirrigadas sejam realizados, com o objetivo de se obter a máxima produtividade pela otimização da adubação em cada época do ano. O cafeeiro apresenta crescimento reduzido entre os meses de julho a agosto e elevado entre os meses de setembro a novembro, justificando a importância do fornecimento diferenciado de adubo com maior aproveitamento pela planta (ANDRADE et al., 2009; SOBREIRA et al., 2011).

De acordo com Matiello et al. (2010), a quantidade de nutrientes exigida na fase de florada e chumbinho é pequena, aumentando significativamente a partir da passagem dos frutos para o estágio verde-aquoso, na granação (verde-sólido), até a maturação dos frutos. Aproximadamente 73% do crescimento vegetativo ocorrem de outubro a abril, sendo o consumo de nutrientes para frutificação também concentrado nesse período (mais de 80%).

Verifica-se (Tabela 8) que os níveis de adubação sugeridos para lavouras irrigadas estão além da recomendação proposta para cafeeiros de sequeiro (GUIMARÃES et al., 1999). Este resultado é semelhante aos relatados por Costa

et al. (2010), Rodrigues et al. (2005), Santinato e Fernandes (2002) e Rezende, R. et al. (2010). Este acréscimo é coerente, visto que a produtividade do cafeeiro irrigado é significativamente maior em relação ao regime de sequeiro, conforme resultados de várias pesquisas (COSTA et al., 2010; REZENDE, F. et al., 2010; SCALCO et al., 2011) e, conseqüentemente, as exigências nutricionais do cafeeiro irrigado são de 1,5 a 2,5 vezes superior em comparação aos não irrigados (SANTINATO; FERNANDES, 2012).

A proposta de recomendação para cafeeiros de sequeiro, conforme Guimarães et al. (1999), leva em consideração produtividades de até 60 sacas por hectare. Acima deste valor, independentemente da produtividade esperada, a recomendação de nitrogênio será constante, variando apenas em função do teor de N na folha (baixo: 450 kg ha⁻¹; adequado: 340 kg ha⁻¹ e alto: 230 kg ha⁻¹). No presente trabalho, a produtividade atingiu valores acima de 80 sacas por hectare, o que evidencia a necessidade de aumento na adubação de cafeeiros fertirrigados. Assim, o uso da adubação sugerida para lavouras de sequeiro em cultivos irrigados poderia induzi-las a uma deficiência nutricional e à conseqüente queda de produtividade.

Também em plantios fertirrigados, Costa et al. (2010) verificaram a necessidade de um incremento de 54% na adubação NPK da recomendação padrão de Matiello et al. (2005), para atingir a produtividade máxima de 40,4 sacas ha⁻¹, corroborando os resultados obtidos no presente trabalho.

Outro fator importante a ser considerado é que os limites inferior e superior dos níveis de adubação para as características de crescimento, em 2011 (Tabela 8), encontram-se dentro das faixas de adubação que possibilitaram obter, pelo menos, 90% da produtividade máxima de 2012: 118,69% e 241,13% de NK, respectivamente. Assim, é coerente a utilização das variáveis de crescimento para a determinação das faixas críticas, uma vez que as mesmas se encontram dentro do intervalo estabelecido para produtividade.

4.2 Avaliação dos teores foliares de nitrogênio e potássio em quatro parcelamentos

Para o parcelamento da adubação em quatro aplicações, de novembro a fevereiro, houve efeito significativo da interação entre níveis de adubação e épocas para o teor foliar de nitrogênio, em 2010 e 2011 e para o teor de potássio em 2010, a 5%, 10% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Na análise de variância (ANOVA), a interação entre os fatores estudados não foi significativa para o teor foliar de potássio, em 2011 (Tabela 9). Porém, optou-se pelo desdobramento dos níveis de adubação dentro de cada época de avaliação, obtendo-se significâncias importantes que não foram detectadas na ANOVA, conforme discutido no subitem 4.1.

Tabela 9 Resumo da análise de variância para o teor foliar de nitrogênio e potássio (g kg^{-1}) no parcelamento em 4 aplicações, nos anos de 2010 e 2011

FV	GL	Quadrados médios 2010		Quadrados médios 2011	
		Nitrogênio	Potássio	Nitrogênio	Potássio
Níveis (N)	4	71,7111***	11,4557 ^{ns}	51,6667***	16,4493**
Blocos	2	5,4111	5,8763	3,3583	10,4774
Erro 1	8	1,6194	5,3769	1,0458	3,8087
Épocas (E)	5	157,6378***	144,1533***	215,5317***	91,3729***
Erro 2	10	1,6644	1,7290	1,4850	1,7204
N X E	20	6,3044**	6,2416***	2,6400*	1,1934 ^{ns}
Erro 3	40	3,3728	1,6607	1,6392	2,3051
CV1(%)		4,81	11,83	3,78	10,47
CV2(%)		4,87	6,71	4,50	7,03
CV3(%)		6,94	6,57	4,73	8,14
Média		26,48	19,60	27,08	18,64

ns – não significativo, *** significativo a 1%, ** significativo a 5%, * significativo, a 10% de probabilidade, pelo teste F.

Para as épocas: 1 (janeiro/fevereiro), em 2010 e 2011, e 2(março/abril), 3 (maio/junho), 4 (julho/agosto) e 6 (novembro/dezembro), em 2011, não houve

efeito significativo, a 5% de probabilidade, dos níveis de adubação sobre os teores foliares de potássio.

A seguir, apresentam-se as figuras com as equações de regressão e as faixas críticas para nitrogênio e potássio.

4.2.1 Nitrogênio

Verificou-se (Figura 8) comportamento crescente dos teores foliares de nitrogênio em função do aumento dos níveis de adubação em todas as épocas de avaliação em 2010, exceto para novembro/dezembro, quando não houve ajuste de nenhum modelo polinomial aos dados.

Pode-se estimar, por meio da inclinação das retas ajustadas, que, para cada 10% de aumento no nível de adubação, há um incremento de 0,327; 0,280; 0,320; 0,307 e 0,200 g kg⁻¹ no teor foliar de nitrogênio, respectivamente, para as épocas 1, 2, 3, 4 e 5.

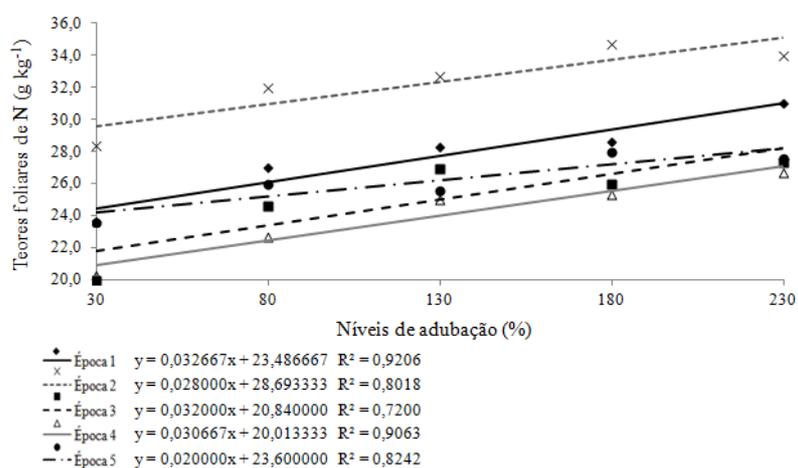


Figura 8 Teores foliares de N (g kg⁻¹), em 2010, em função de níveis de adubação (%), no parcelamento em quatro aplicações

Para a época 1 (janeiro/fevereiro), os “teores de suficiência” para o nitrogênio foram de 28,51 g kg⁻¹ até 28,55 g kg⁻¹. Para esse período, Malavolta et al. (1993) sugerem 28 a 31 g kg⁻¹ para lavouras de sequeiro em produção, ou seja, os valores encontrados neste trabalho estão dentro da faixa recomendada para lavouras de sequeiro.

Em março/abril, os teores foliares de nitrogênio situaram-se entre 33,65 g kg⁻¹ e 33,68 g kg⁻¹. Estes valores estão além da recomendação proposta por Malavolta et al. (1993), que é de 26 a 31 g kg⁻¹. Assim, se o cafeicultor irrigante adotar a recomendação de faixas críticas para cafeeiros de sequeiro em produção no período de granação dos frutos, poderá induzir sua lavoura a uma deficiência de nitrogênio. Nessa época do ano, as lavouras irrigadas, se comparadas aos resultados de Malavolta et al. (1993) para sequeiro, necessitaram de mais nitrogênio para expressar todo o seu potencial, permitindo inferir que, em futuros trabalhos de parcelamentos de adubação em lavouras irrigadas, em quantidades diferenciadas de nitrogênio por aplicação, deva-se optar por uma quantidade maior nesta época do ano (março/abril).

Os “teores de suficiência” determinados para maio/junho foi de 26,69 g.kg⁻¹ a 26,74 g kg⁻¹, os quais se encontram abaixo do proposto por Martinez et al. (2003) para lavouras em produção nos municípios de Guaxupé e São Sebastião do Paraíso, MG (28,30 a 32,00 g kg⁻¹). Essas diferenças podem ser atribuídas, principalmente, à cultivar utilizada, à produtividade esperada, às variações climáticas e à disponibilidade de água no solo. Assim, o ideal é que essas faixas críticas sejam estabelecidas para cada região, a fim de possibilitar uma avaliação nutricional mais precisa (MARTINEZ et al., 2003). Porém, infere-se que, em lavouras irrigadas, a necessidade de nitrogênio é ligeiramente inferior que as de lavouras de sequeiro nessa época do ano (maio/junho) e que, em futuros trabalhos de parcelamentos de adubação em lavouras irrigadas, em

quantidades diferenciadas de nitrogênio por aplicação, deva-se optar por uma quantidade menor.

Na época seguinte (julho/agosto), os “teores de suficiência” foram de 25,25 g kg⁻¹ a 25,28 g kg⁻¹, estando próximo do limite inferior sugerido por Malavolta et al. (1993), que é de 26,00 g kg⁻¹. Estes valores também se encontram dentro da recomendação de Mills e Jones Junior (1996) para cafeeiros em produção, que se situam entre 23,00 a 30,00 g kg⁻¹.

Encontrou-se o “teor de suficiência” de 27,02 g kg⁻¹ a 27,04 g kg⁻¹ de nitrogênio para setembro/outubro. Para o mesmo período, e para lavoura não irrigada em produção, Malavolta et al. (1993) sugerem de 28,0 a 32,0 g kg⁻¹. Porém, infere-se que, em lavouras irrigadas, a necessidade de nitrogênio é ligeiramente inferior que as de lavouras de sequeiro nessa época do ano (setembro/outubro) e que, em futuros trabalhos de parcelamentos de adubação em lavouras irrigadas, em quantidades diferenciadas de nitrogênio por aplicação, deva-se optar por uma quantidade menor.

Para novembro/dezembro, não houve ajuste de nenhum modelo polinomial aos teores foliares de nitrogênio. Dessa forma, optou-se por determinar a faixa crítica por meio da interpolação dos dados observados nessa época (APÊNDICE D), utilizando-se os limites inferior e superior dos níveis de adubação (Tabela 8), que foram de 182,62% e 183,73%. Assim, os teores adequados determinados para esse período foram de 23,05 a 23,07 g kg⁻¹ para lavouras irrigadas, sendo que, para Malavolta et al. (1993), para lavouras de sequeiro, a faixa crítica para nitrogênio nos meses de novembro/dezembro é de 28 a 32 g kg⁻¹. Infere-se, portanto, que, em lavouras irrigadas, a necessidade de nitrogênio é inferior que a de lavouras de sequeiro nessa época do ano (novembro/dezembro) e que, em futuros trabalhos de parcelamentos de adubação em lavouras irrigadas, em quantidades diferenciadas de nitrogênio por aplicação, deve-se optar por uma quantidade menor.

Em 2011, houve ajuste quadrático dos teores foliares de nitrogênio em função dos níveis de adubação em todas as épocas, exceto para maio/junho (Figura 9). Os pontos de máximo teor foliar foram de 32,59; 33,70; 24,27; 26,64 e 26,51 g kg⁻¹, respectivamente para as épocas 1 (janeiro/fevereiro), 2 (março/abr), 4 (julho/agosto), 5 (setembro/outubro) e 6 (novembro/dezembro).

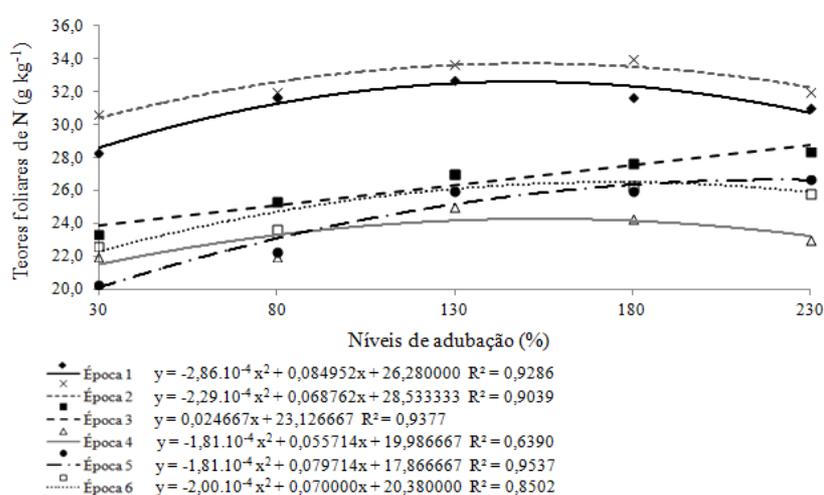


Figura 9 Teores foliares de N (g kg⁻¹), em 2011, em função de níveis de adubação (%), no parcelamento em quatro aplicações

Em janeiro/fevereiro, encontrou-se o “teor de suficiência” de 32,39 a 32,40 g kg⁻¹ de nitrogênio. Estes valores estão próximos do limite superior (31,0 g kg⁻¹) da faixa crítica de referência para lavouras de sequeiro em produção (MALAVOLTA et al., 1993).

A faixa crítica determinada para março/abril foi de 33,60 a 33,61 g kg⁻¹, ficando além da recomendação proposta por Malavolta et al. (1993) para lavouras não irrigadas, ou seja, 26 a 31 g kg⁻¹. A exigência nutricional do cafeeiro no estágio de transição entre a granação até a maturação dos frutos é relativamente alta (MATIELLO et al., 2010), principalmente em lavouras

fertirrigadas, que apresentam maior produção em relação às de sequeiro, justificando os maiores teores foliares de nitrogênio encontrados neste trabalho. Assim, infere-se que, em lavouras irrigadas, a necessidade de nitrogênio é maior que as de lavouras de sequeiro nessa época do ano (março/abril) e que, em futuros trabalhos de parcelamentos de adubação em lavouras irrigadas, em quantidades diferenciadas de nitrogênio por aplicação, deva-se optar por uma quantidade maior.

Para a época 3 (maio/junho), houve ajuste linear crescente dos teores foliares de nitrogênio em função do aumento dos níveis de adubação. Dessa forma, há um incremento de $0,246 \text{ g kg}^{-1}$ no teor foliar de nitrogênio a cada 10% de aumento no nível de N e K.

Nesse período, os “teores de suficiência” encontrados foram de 27,39 a $27,42 \text{ g kg}^{-1}$, estando próximos ao limite inferior ($28,00 \text{ g kg}^{-1}$) da recomendação de Malavolta et al. (1993). Martinez et al. (2003) encontraram, para o ano todo, valores entre 28,30 a $32,00 \text{ g kg}^{-1}$ de nitrogênio para lavouras de sequeiro em produção.

Em julho/agosto, o menor teor foliar de nitrogênio foi de $21,50 \text{ g kg}^{-1}$, utilizando-se o nível de adubação de 30% e $23,23 \text{ g kg}^{-1}$ para o maior nível (230%). Os “teores de suficiência” determinados para esse período foram de 24,23 a $24,24 \text{ g kg}^{-1}$, situando-se aquém da recomendação ($26,00 \text{ a } 29,00 \text{ g kg}^{-1}$) para cultura de sequeiro feita por Malavolta et al. (1993). Assim, infere-se que, em lavouras irrigadas, a necessidade de nitrogênio é menor que a de lavouras de sequeiro nessa época do ano (julho/agosto) e que, em futuros trabalhos de parcelamentos de adubação em lavouras irrigadas, em quantidades diferenciadas de nitrogênio por aplicação, deva-se optar por uma quantidade menor.

Para as épocas 5 (setembro/outubro) e 6 (novembro/dezembro), os “teores de suficiência” situaram-se, respectivamente, entre 26,06 a 26,09 e 26,50 a $26,51 \text{ g kg}^{-1}$. Para o mesmo período, porém, para lavouras não irrigadas em

produção, Malavolta et al. (1993) recomendam teores foliares de nitrogênio entre 28,00 e 32,00 g kg⁻¹. A utilização das faixas críticas estabelecidas para lavouras de sequeiro em cafeeiros irrigados poderia causar o chamado “consumo de luxo” ou, até mesmo, uma toxidez nas plantas irrigadas, com decréscimo no crescimento/produção da cultura. Assim, infere-se que, em lavouras irrigadas, a necessidade de nitrogênio é menor que as de lavouras de sequeiro nestas épocas (setembro/outubro e novembro/dezembro) e que, em futuros trabalhos de parcelamentos de adubação em lavouras irrigadas, em quantidades diferenciadas de nitrogênio por aplicação, deva-se optar por uma quantidade menor nessas mesmas épocas.

Verifica-se, nos dois anos de avaliação do experimento, que os teores de nitrogênio considerados adequados para a nutrição de cafeeiros fertirrigados foram maiores no período de janeiro a junho, havendo um decréscimo a partir desse mês. Dessa forma, além de serem peculiares à região, os “teores de suficiência” devem ser específicos para cada época do ano, aumentando a precisão da diagnose.

4.2.2 Potássio

Verificou-se (Figura 10) tendência quadrática dos teores foliares de potássio em função dos níveis de adubação, nas épocas 2 e 6, em 2010. Em julho/agosto e setembro/outubro, o modelo que apresentou maior ajuste aos dados foi o linear.

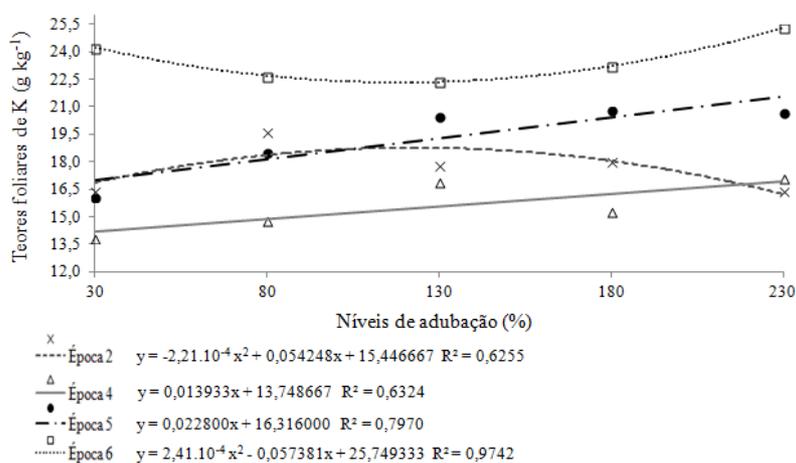


Figura 10 Teores foliares de K (g kg⁻¹), em 2010, em função de níveis de adubação (%), no parcelamento em quatro aplicações

Na época 2 (março/abril), o ponto de máximo teor foliar foi de 18,78 g kg⁻¹ e a diferença entre o maior e o menor valor dos teores foliares foi igual a 2,54 g kg⁻¹. Os “teores de suficiência” determinados para esse período foram de 18,09 a 18,13 g kg⁻¹, situando-se próximos do limite inferior da faixa crítica proposta por Malavolta et al. (1993), que recomendam 19,00 a 24,00 g kg⁻¹ para cafeeiros em produção não irrigados. Nota-se, portanto, que, em lavouras irrigadas, a necessidade de potássio é menor que as de lavouras de sequeiro nesta época (março/abril) e que, em futuros trabalhos de parcelamentos de adubação em lavouras irrigadas, em quantidades diferenciadas de potássio por aplicação, deva-se optar por uma quantidade menor nessa mesma época.

Em julho/agosto (época 4) pode-se estimar, por meio da inclinação da reta, que para cada 10% de aumento no nível de adubação, há um incremento no teor foliar de potássio em 0,13 g kg⁻¹. Os “teores de suficiência” obtidos para esse período foram de 16,13 a 16,14 g kg⁻¹. Estes valores estão abaixo da sugestão proposta por Malavolta et al. (1993), porém, se enquadram dentro da faixa crítica recomendada por Silva et al. (2001), que é de 15,7 a 17,6 g kg⁻¹,

para lavouras cafeeiras de sequeiro em produção no município de Patrocínio, MG.

Diante da diversidade de faixas críticas obtidas na literatura, em função principalmente da produção pendente, das variações climáticas, da disponibilidade hídrica e de nutrientes no solo, ressalta-se a importância desse estudo em escala regional, para a obtenção de padrões nutricionais mais precisos, tal como apontado por Martinez et al. (2003).

Na época 5 (setembro/out), observou-se um aumento de $0,22 \text{ g kg}^{-1}$ no teor foliar de potássio a cada 10 pontos percentuais que se elevaram nos níveis de adubação. Os “teores de suficiência” estabelecidos para esse período foram de $20,22$ a $20,24 \text{ g kg}^{-1}$, situando-se dentro do intervalo proposto por Martinez et al. (2003), que é de $19,70$ a $30,30 \text{ g kg}^{-1}$. Partelli, Carvalho e Vieira (2005) recomendam que as faixas críticas sejam regionais e específicas para a época do ano, sugerindo os seguintes teores foliares de potássio para o município de Manhuaçu, MG: $15,8$ a $22,6 \text{ g kg}^{-1}$, no verão e $14,8$ a $21,8 \text{ g kg}^{-1}$, no inverno.

Em novembro/dezembro, o ponto de máximo teor foliar foi de $22,33 \text{ g kg}^{-1}$, referente ao nível de adubação de $119,05\%$. Para esse período, os “teores de suficiência” recomendados foram de $23,31$ a $23,34 \text{ g kg}^{-1}$, situando-se próximos do limite inferior estabelecido por Malavolta et al. (1993), que recomendam de $24,00$ a $31,00 \text{ g kg}^{-1}$, para cafeeiros de sequeiro na fase produtiva.

Para as épocas 1 e 3, não houve ajuste de nenhum modelo polinomial aos dados. Os teores foliares adequados de potássio para janeiro/fevereiro e maio/junho foram, respectivamente, de $23,33$ a $23,37 \text{ g kg}^{-1}$ e $19,09$ a $19,12 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto a recomendação de Malavolta et al. (1993) para esses dois períodos é de 28 a 31 g kg^{-1} . Nota-se, portanto, que, em lavouras irrigadas, a necessidade de potássio é menor que as de lavouras de sequeiro nestas épocas (janeiro/fevereiro e maio/junho) e que, em futuros trabalhos de parcelamentos de

adubação em lavouras irrigadas, em quantidades diferenciadas de potássio por aplicação, deve-se optar por uma quantidade menor nessas mesmas épocas.

Em 2011, somente na época 5 (setembro/novembro) houve ajuste significativo ($R^2 = 0,80$) do modelo quadrático aos teores foliares de potássio, em função dos níveis de adubação (Figura 11).

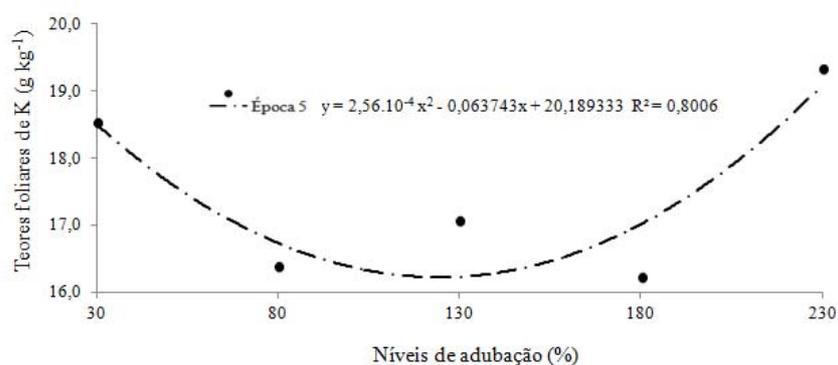


Figura 11 Teores foliares de K (g kg⁻¹), em 2011, em função de níveis de adubação (%), no parcelamento em quatro aplicações

Os maiores teores foliares de potássio foram de 18,51 g kg⁻¹, para o nível de adubação de 30% e de 19,08 g kg⁻¹, para o nível de 230%. O ponto de mínimo teor foliar foi de 16,22 g kg⁻¹. A diferença entre o maior e o menor valor dos teores foliares foi de 0,57 g kg⁻¹.

Os “teores de suficiência” determinados para setembro/outubro foram de 16,61 a 16,64 g kg⁻¹, valores esses parecidos com os encontrados por Silva et al. (2001) que, para o ano todo, em lavouras cafeeiras em produção, sugeriram teores foliares de potássio entre 15,70 a 17,60 g kg⁻¹. Porém, esses valores são inferiores aos recomendados por Malavolta et al. (1993) para cafeeiros não irrigados em produção para esse período (22,00 a 25,00 g kg⁻¹). Assim, também nessa época do ano, lavouras irrigadas tem menor necessidade de potássio que as

de lavouras de sequeiro, o que permite inferir que, em futuros trabalhos de parcelamentos de adubação (4 vezes) em lavouras irrigadas, em quantidades diferenciadas de potássio por aplicação, deva-se optar por uma quantidade menor nessas mesmas épocas.

Para as épocas 1, 2, 3, 4 e 6, os teores foliares adequados de potássio são, respectivamente, de: 20,08 a 20,14; 17,89 a 17,91; 15,93 a 15,96; 15,29 a 15,35 e 20,58 a 20,64 g kg⁻¹. Estes valores são inferiores às faixas críticas determinadas por Malavolta et al. (1993) para lavouras de sequeiro em produção.

Dessa forma, além de serem peculiares à região, estas faixas devem ser específicas para cada época do ano, aumentando a precisão da diagnose.

4.3 Avaliação das características de crescimento e produção das plantas em 12 parcelamentos

A interação entre os fatores níveis de adubação e épocas apresentaram significância, a 5% de probabilidade, para a característica diâmetro de copa, em 2010 (Tabela 10) e para todas as variáveis respostas, em 2011, exceto diâmetro de caule (Tabela 11).

Conforme discutido no subitem 4.1, apesar da não significância da interação na análise de variância para algumas características, optou-se pelo desdobramento dos níveis de adubação dentro das épocas de avaliação para identificar possíveis significâncias que não foram detectadas na ANOVA (APÊNDICES E e F).

Tabela 10 Resumo da análise de variância para as características altura de planta (cm), diâmetro de copa (cm), diâmetro de caule (cm) e número de ramos plagiotrópicos primários, no parcelamento em 12 aplicações, no ano de 2010

FV	GL	Quadrados médios			
		Altura	Diâmetro de copa	Diâmetro de caule	Número de ramos
Níveis (N)	4	616,166 ^{ns}	752,6166 ^{ns}	0,1562 ^{ns}	122,7696 ^{ns}
Blocos	3	285,9343	833,4404	0,6280	61,2101
Erro 1	12	466,6450	1039,2563	0,4686	96,0258
Épocas (E)	5	739,6560 ^{***}	446,3919 ^{***}	0,7375 ^{***}	543,5966 ^{***}
Erro 2	15	2,8811	19,8815	0,0046	1,6904
N X E	20	3,9254 ^{ns}	39,0769 ^{**}	0,0029 ^{ns}	3,0337 ^{ns}
Erro 3	60	3,2965	21,5082	0,0025	2,2600
CV1(%)		17,60	21,33	17,19	16,34
CV2(%)		1,38	2,95	1,71	2,17
CV3(%)		1,48	3,07	1,26	2,51
Média		122,71	151,12	3,98	59,96

ns – não significativo, *** significativo a 1%, ** significativo a 5%, * significativo, a 10% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 11 Resumo da análise de variância para as características altura de planta (cm), diâmetro de copa (cm), diâmetro de caule (cm) e número de ramos plagiotrópicos primários, no parcelamento em 12 aplicações, no ano de 2011

FV	GL	Quadrados médios			
		Altura	Diâmetro de copa	Diâmetro de caule	Número de ramos
Níveis (N)	4	2669,9061 ^{**}	1789,9310 ^{ns}	0,2865 ^{ns}	714,5266 ^{**}
Blocos	3	383,7278	474,5368	0,5991	208,6065
Erro 1	12	539,2115	792,9820	0,5792	186,3799
Épocas (E)	5	1907,8075 ^{***}	1579,2162 ^{***}	1,3930 ^{***}	768,8905 ^{***}
Erro 2	15	6,0306	11,3646	0,0029	0,5465
N X E	20	23,7931 ^{***}	22,2362 ^{**}	0,0033 ^{ns}	8,4837 ^{***}
Erro 3	60	3,3053	10,8773	0,0026	1,3629
CV1(%)		15,38	16,02	15,38	17,17
CV2(%)		1,63	1,92	1,09	0,93
CV3(%)		1,20	1,88	1,04	1,47
Média		150,94	175,80	4,95	79,50

ns – não significativo, *** significativo a 1%, ** significativo a 5%, * significativo, a 10% de probabilidade, pelo teste F.

Para a produtividade de café beneficiado, o fator níveis de adubação foi significativo somente no ano de 2012 (Tabela 12). Assim, as faixas críticas de teores foliares de nitrogênio e potássio, em 2010, foram obtidas apenas com a utilização das características de crescimento, em função da não significância para a produtividade de 2011.

Tabela 12 Resumo da análise de variância para a produtividade média de cafeeiros (sacas ha⁻¹) submetidos a diferentes níveis de adubação, em 12 parcelamentos, nos anos de 2011 e 2012

FV	GL	QM 2011	QM 2012
Níveis	4	82,7989 ^{ns}	2077,0358***
Bloco	3	58,9992	400,8009
Erro	12	56,8846	248,9059
CV (%)		56,60	23,80
Média		13,32	66,30

ns – não significativo, *** significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

4.3.1 Altura das plantas

Os dados de altura de cafeeiros ajustaram-se ao modelo quadrático em todas as épocas de avaliação, em 2010 e em 2011 (Figuras 12 e 13).

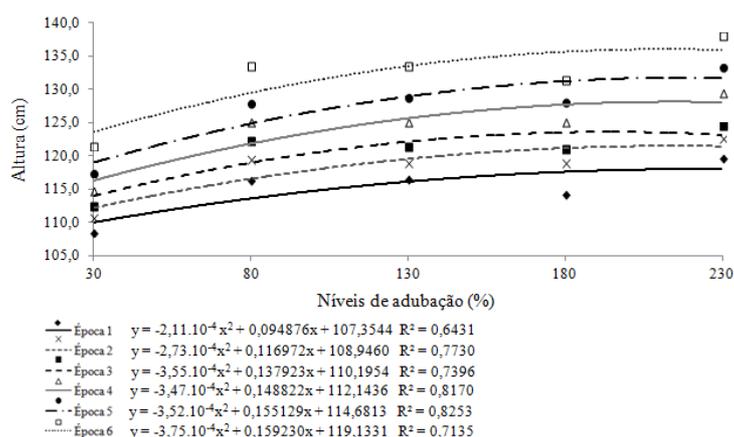


Figura 12 Altura de cafeeiros, em 2010, sob níveis de adubação nitrogenada e potássica, em seis épocas, no parcelamento em doze aplicações

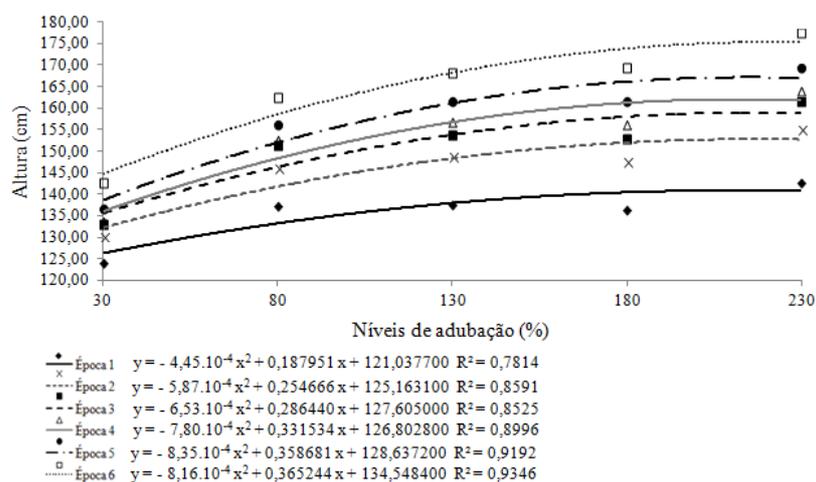


Figura 13 Altura de cafeeiros, em 2011, sob níveis de adubação nitrogenada e potássica, em seis épocas, no parcelamento em doze aplicações

Derivando-se as equações, os níveis de N e K que proporcionaram altura máxima das plantas, em 2010, corresponderam a 224,82%, 214,23%, 194,26%, 214,44%, 220,35% e 212,31% da adubação de referência para lavoura não irrigada em produção, respectivamente para as épocas 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

No ano seguinte, esses níveis foram de 211,18%, 216,92%, 219,33%, 212,52%, 214,78% e 223,80%, respectivamente para as épocas 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Os níveis de adubação que proporcionaram maior altura de plantas no presente estudo estão superiores à recomendação de 100% da adubação padrão proposta por Guimarães et al. (1999). Resultados semelhantes foram obtidos em lavouras em produção por Costa et al. (2010), Pinto (2012), Rezende, R. et al. (2010), Rodrigues et al. (2005) e Santinato e Fernandes (2002).

4.3.2 Diâmetro de caule

Houve efeito significativo dos níveis de adubação em todas as épocas de avaliação para a característica diâmetro de caule (Figuras 14 e 15). Porém, devido aos ajustes lineares das equações em 2010 e nas épocas 1 e 2 de 2011 (janeiro/fevereiro e março/abril), não foi possível definir os pontos de máximo e, conseqüentemente, determinar as faixas críticas para essas épocas com base nessa característica de crescimento.

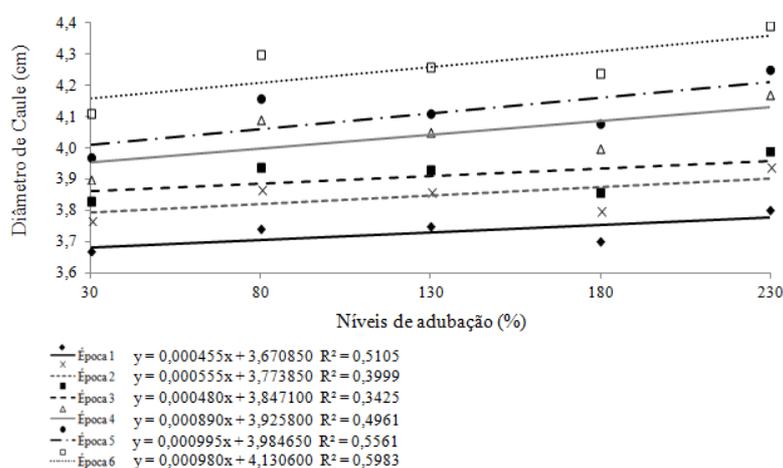


Figura 14 Diâmetro de caule de cafeeiros, em 2010, sob níveis de adubação nitrogenada e potássica, em seis épocas, no parcelamento em doze aplicações

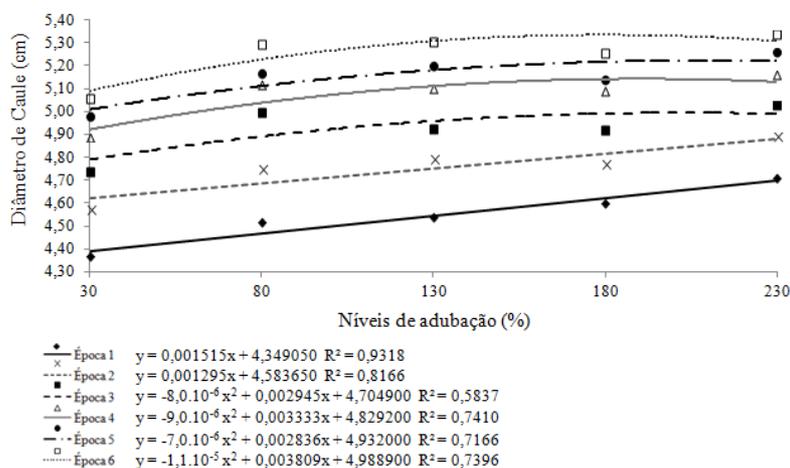


Figura 15 Diâmetro de caule de cafeeiros, em 2011, sob níveis de adubação nitrogenada e potássica, em seis épocas, no parcelamento em doze aplicações

Em maio/junho de 2011, o nível de 184,06% da adubação, baseada na recomendação de lavouras cafeeiras em produção de sequeiro, proporcionou diâmetro de caule máximo de 4,98 cm.

Nas demais épocas, os maiores valores de diâmetro de caule foram obtidos nos níveis de 185,17%, 202,57% e 173,14% da adubação recomendada por Guimarães et al. (1999), respectivamente, para julho/agosto, setembro/out e novembro/dezembro

Também os níveis de adubação que proporcionaram maior diâmetro do caule no presente estudo foram superiores à recomendação de 100% da adubação padrão proposta por Guimarães et al. (1999). Resultados semelhantes foram obtidos em lavouras em produção, por Costa et al. (2010), Pinto (2012), Rezende, R. et al. (2010), Rodrigues et al. (2005) e Santinato e Fernandes (2002).

4.3.3 Diâmetro de copa

Em 2010, houve ajuste linear dos níveis de adubação sobre a característica diâmetro de copa em todas as épocas, exceto para janeiro/fev e março/abr, quando nenhum modelo polinomial foi significativo. Portanto, o ajuste obtido nessas épocas não permitiu a determinação dos pontos de máximo e, conseqüentemente, das faixas críticas de teores foliares de nitrogênio e potássio (Figura 16).

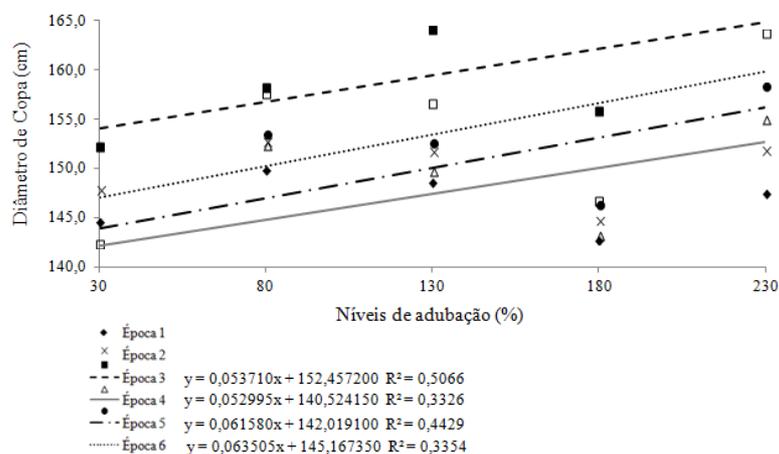


Figura 16 Diâmetro de copa de cafeeiros, em 2010, sob níveis de adubação nitrogenada e potássica, em seis épocas, no parcelamento em doze aplicações

Já em 2011, o modelo quadrático representou adequadamente o comportamento do diâmetro de copa em todas as épocas de avaliação (Figura 17).

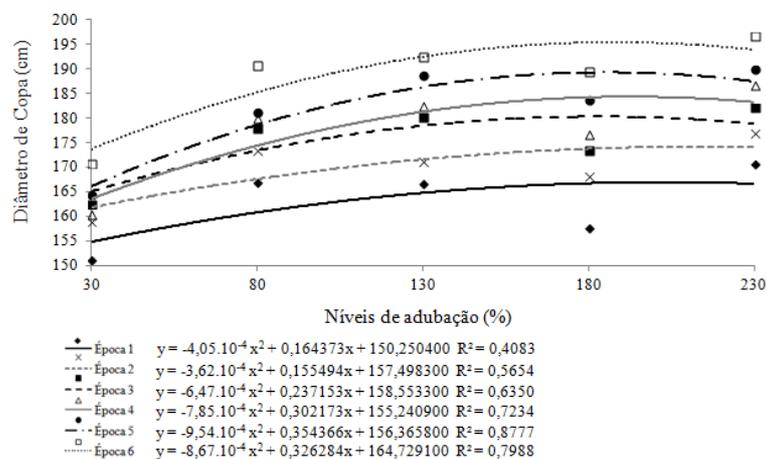


Figura 17 Diâmetro de copa de cafeeiros, em 2011, sob níveis de adubação nitrogenada e potássica, em seis épocas, no parcelamento em doze aplicações

Os pontos de máximo crescimento foram obtidos nos níveis de adubação correspondentes a 183,27%, 192,47%, 185,73% e 188,17% da recomendação para lavouras de sequeiro, respectivamente, para as épocas 3, 4, 5 e 6.

Também os níveis de adubação que proporcionaram maior diâmetro de copa no presente estudo foram superiores à recomendação de 100% da adubação padrão proposta por Guimarães et al. (1999). Resultados semelhantes foram obtidos em lavouras em produção, por Costa et al. (2010), Pinto (2012), Rezende, R. et al. (2010), Rodrigues et al. (2005) e Santinato e Fernandes (2002).

Em janeiro/fevereiro e março/abril, devido ao baixo ajuste dos dados ao modelo quadrático ($R^2 = 0,40$ e $0,56$, respectivamente), as equações não foram derivadas para a obtenção dos pontos de máximo.

4.3.4 Número de ramos plagiotrópicos primários

O número de ramos plagiotrópicos primários do cafeeiro mostrou comportamento quadrático em todas as épocas de avaliação, exceto nos meses de janeiro/fevereiro, março/abril e maio/junho de 2010, quando não houve significância de nenhum modelo aos dados (Figuras 18 e 19).

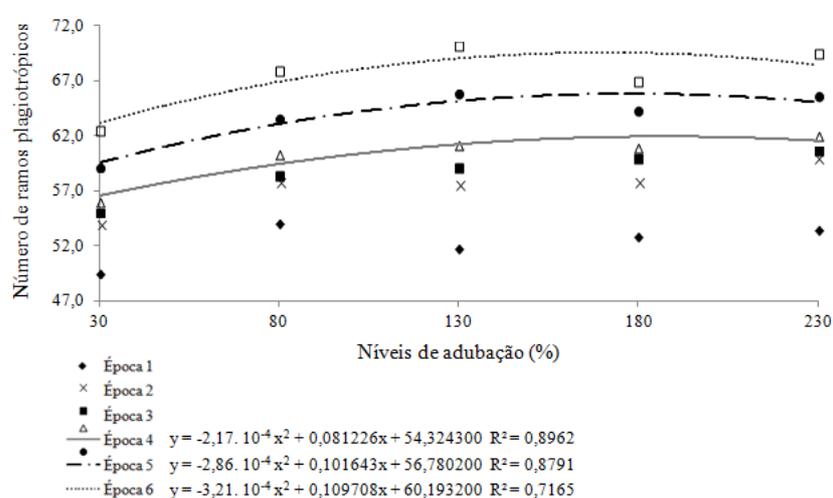


Figura 18 Número de ramos plagiotrópicos de cafeeiros, em 2010, sob níveis de adubação nitrogenada e potássica, em seis épocas, no parcelamento em doze aplicações

O ajuste do modelo polinomial quadrático demonstra que a emissão de ramos plagiotrópicos primários do cafeeiro fertirrigado mostra variações em função dos níveis de adubação utilizados, não seguindo um comportamento linear. Assim, após atingir um ponto máximo em cada época de avaliação, a emissão de ramos produtivos decresce em resposta aos níveis mais elevados de N e K, indicando um possível desequilíbrio nutricional ou uma fitotoxidez (MALAVOLTA et al., 1993; SILVA et al., 2001).

O estudo dessa característica é importante, em função da alta correlação que ela apresenta com a produtividade (CARVALHO et al., 2010). Assim, é provável que os níveis de adubação que proporcionaram número máximo de ramos plagiotrópicos em cada época estejam situados próximos ao nível de adubação ideal para a produtividade de cafeeiros.

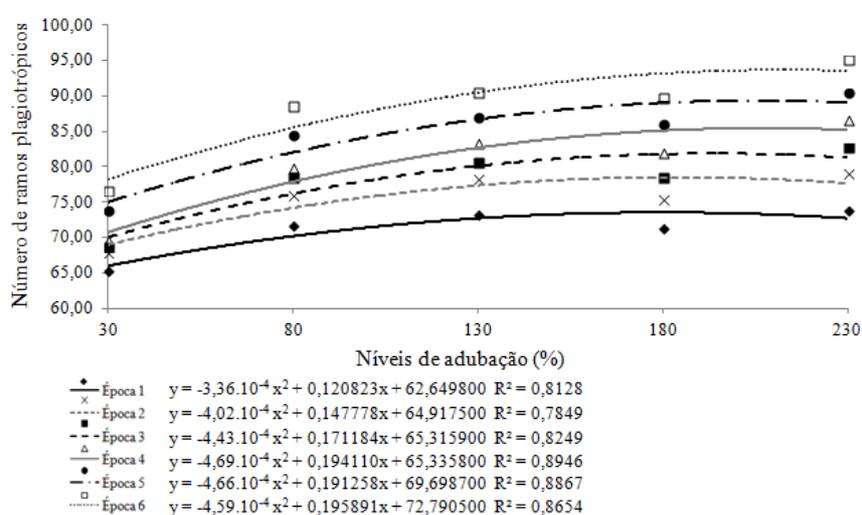


Figura 19 Número de ramos plagiotrópicos de cafeeiros, em 2011, sob níveis de adubação nitrogenada e potássica, em seis épocas, no parcelamento em doze aplicações

Em 2010, os níveis de adubação de 187,16%, 177,70% e 170,88% da recomendação padrão proporcionaram as maiores médias de ramos plagiotrópicos primários (61,93; 65,81 e 69,57 ramos), respectivamente para as épocas 4, 5 e 6.

Nas demais épocas em 2011, os pontos de máximo crescimento para essa característica foram obtidos nos níveis de 179,80%, 183,80%, 193,21%, 206,94%, 202,52% e 213,39% da adubação recomendada por Guimarães et al.

(1999), respectivamente para as épocas 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Também em cultivo fertirrigado, Costa et al. (2010) verificaram que o número de ramos plagiotrópicos das plantas da cultivar Obatã diminuiu com a aplicação de 100% do nível de NPK sugerido por Matiello et al. (2005) e atingiu um ponto máximo no nível de adubação de 200%. Mais uma vez, os níveis de adubação que proporcionaram maior crescimento em lavouras irrigadas foram superiores à recomendação de 100% da adubação padrão proposta por Guimarães et al. (1999). Resultados semelhantes foram obtidos em lavouras em produção, por Costa et al. (2010), Pinto (2012), Rezende, R. et al. (2010), Rodrigues et al. (2005) e Santinato e Fernandes (2002).

4.3.5 Produtividade

A produtividade de café beneficiado, em 2012, foi influenciada significativamente pelos níveis de adubação, apresentando ajuste quadrático (Figura 20).

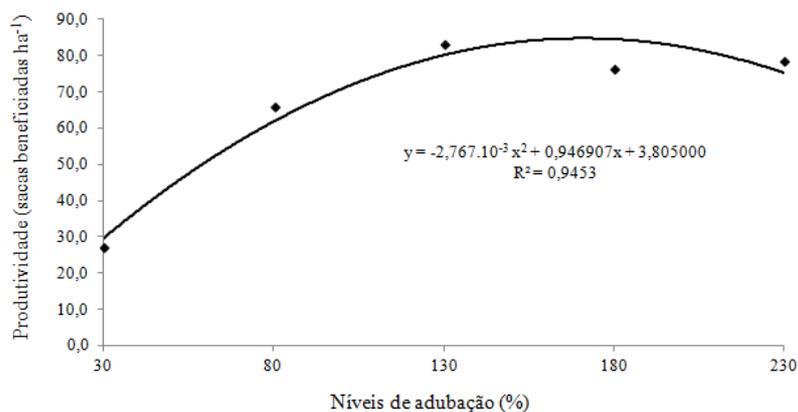


Figura 20 Produtividade de cafeeiros (sacas beneficiadas ha⁻¹), em 2012, sob níveis de adubação nitrogenada e potássica, no parcelamento em doze aplicações

O modelo exposto na Figura 20 evidencia aumentos expressivos da produtividade com aplicações crescentes de nitrogênio e potássio, decrescendo após atingir a produtividade máxima de 84,82 sacas ha⁻¹, utilizando-se 171,11% da adubação padrão recomendada para lavouras de sequeiro.

Embora o ponto de máxima produtividade tenha sido atingido com o nível de adubação de 171,11%, é possível verificar, no gráfico da Figura 20, que, a partir de 130% da adubação recomendação para lavouras de sequeiro, há uma tendência de estabilização na produtividade com o aumento da adubação.

Estes resultados confirmam os obtidos por Pinto (2012), Rodrigues et al. (2005) e Santinato e Fernandes (2002), os quais recomendam um acréscimo de 50%, 30% e 18,33%, respectivamente, no nível de adubação para lavouras cafeeiras fertirrigadas em produção. Esse aumento pode estar relacionado à lixiviação após aplicações de N e K na fertirrigação (COELHO, 1994) e da maior produtividade da lavoura irrigada em relação aos cafeeiros cultivados em sequeiro, demandando, por consequência, maior quantidade de nutrientes. Ernani et al. (2007), Oliveira et al. (2009) e Paglia et al. (2007) também obtiveram resultados semelhantes, com lixiviação de nutrientes.

Nas Tabelas 13 e 14 são apresentados os pontos de máximo crescimento, sua correspondência a 90% e os níveis de adubação derivados dos pontos máximos, em 2010 e 2011, respectivamente.

Tabela 13 Pontos de máximo crescimento, 90% do máximo e níveis de adubação adequados para cada característica avaliada, no parcelamento em doze aplicações, no ano de 2010

Característica	Épocas de amostragem avaliadas	Nível de adubação (%)*	Ponto de máximo (y)	90% do máximo (y)	Níveis de adubação (%) correspondente a 90% do máximo	
					Inferior	Superior
Altura (cm)	E1	224,82	118,02	106,22	217,34	232,30
	E2	214,23	121,48	109,33	3,33	425,14
	E3	194,26	123,59	111,23	7,66	380,86
	E4	214,44	128,10	115,29	22,3	406,58
	E5	220,35	131,77	118,59	26,85	413,86
	E6	212,31	136,04	122,44	21,87	402,74
Número de ramos plagiotrópicos	E4	187,16	61,93	55,74	180,71	193,60
	E5	177,70	65,81	59,23	25,99	182,49
	E6	170,88	69,57	62,61	23,70	175,54

* Nível de adubação referente ao ponto de máximo.

Tabela 14 Pontos de máximo crescimento e produtividade, 90% do máximo e níveis de adubação adequados para cada característica avaliada, no parcelamento em doze aplicações, no ano de 2011

Característica	Épocas de amostragem avaliadas	Nível de adubação (%)*	Ponto de máximo (y)	90% do máximo (y)	Níveis de adubação (%) correspondente a 90% do máximo	
					Inferior	Superior
Altura (cm)	E1	211,18	140,88	126,79	33,23	389,13
	E2	216,92	152,78	137,50	55,57	378,27
	E3	219,33	159,02	143,12	63,29	375,36
	E4	212,52	162,03	145,83	68,38	356,66
	E5	214,78	167,16	150,44	73,31	356,25
	E6	223,80	175,42	157,88	77,18	370,42
Diâmetro de caule (cm)	E3	184,06	4,98	4,48	183,28	184,85
	E4	185,17	5,14	4,63	184,41	185,92
	E5	202,57	5,22	4,70	201,71	203,43
	E6	173,14	5,32	4,79	172,44	173,83
Diâmetro de copa (cm)	E3	183,27	180,28	162,25	16,32	350,22
	E4	192,47	184,32	165,89	39,23	345,70
	E5	185,73	189,27	170,34	44,86	326,59
	E6	188,17	195,43	175,89	38,04	338,29
Número de ramos plagiotrópicos	E1	179,80	73,51	66,16	175,12	184,47
	E2	183,80	78,50	70,65	44,07	323,53
	E3	193,21	81,85	73,66	57,26	329,16
	E4	206,94	85,42	76,88	71,98	341,90
	E5	202,52	89,32	80,39	66,74	343,68
	E6	213,39	93,69	84,32	70,51	356,27
Produtividade (sacas ha ⁻¹)	2012	171,11	84,82	76,34	115,76	226,45

* Nível de adubação referente ao ponto de máximo.

Conforme discutido no subitem 4.1.4, com o objetivo de estabelecer a faixa crítica que contemplasse todas as características avaliadas, com prejuízo máximo de 10% de desenvolvimento (REUTER; ROBINSON, 1988), optou-se por utilizar o maior valor dos limites inferiores e o menor valor dos limites superiores dos níveis de adubação em cada época de avaliação para, posteriormente, serem substituídos nas equações que relacionam os níveis de adubação e teor foliar (Tabela 15).

Tabela 15 Faixas limítrofes de adubação correspondente a 90% do máximo em cada época do ano, no parcelamento em doze aplicações

Época	2010		2011	
	Limite inferior (%)	Limite superior (%)	Limite inferior (%)	Limite superior (%)
jan/fev	217,34	230,00	175,12	184,47
mar/abr	30,00	230,00	55,57	230,00
mai/jun	30,00	230,00	183,28	184,85
jul/ago	180,71	193,60	184,41	185,92
set/out	30,00	182,49	201,71	203,43
nov/dez	30,00	175,54	172,44	173,83

No parcelamento em doze aplicações, os limites inferior e superior dos níveis de adubação para as características de crescimento, em 2011 (Tabela 15), encontram-se dentro das faixas de adubação (115,76% e 226,45% de NK) que possibilitou obter, pelo menos, 90% da produtividade máxima de 2012: 76,34 sacas ha⁻¹. Assim, é coerente a utilização das variáveis de crescimento para a determinação das faixas críticas, uma vez que as mesmas se encontram dentro do intervalo estabelecido para produtividade.

4.4 Avaliação dos teores foliares de nitrogênio e potássio em 12 parcelamentos

Para o teor foliar de nitrogênio (Tabela 16), houve efeito significativo da interação entre os fatores analisados, nos anos de 2010 ($P < 0,01$) e 2011 ($P < 0,10$), evidenciando que a resposta dos níveis de adubação é diferenciada para cada época de amostragem.

Já para o teor foliar de potássio, a interação não foi significativa. Porém, conforme discutido no subitem 4.1., optou-se pelo desdobramento dos níveis de adubação dentro de cada época de avaliação, para detectar possíveis significâncias que não foram identificadas na ANOVA. Assim, nas épocas 3

(maio/junho), 4 (julho/agosto) e 6 (novembro/dezembro), em 2010 e janeiro/fevereiro e setembro/outubro, em 2011, houve efeito altamente significativo da interação sobre os teores foliares deste nutriente (APÊNDICE G).

Os coeficientes de variação encontrados nesta análise situam-se abaixo de 18%, indicando boa precisão do experimento (PIMENTEL-GOMES, 2000).

Tabela 16 Resumo da análise de variância para o teor foliar de nitrogênio e potássio (g kg^{-1}), no parcelamento em 12 aplicações, nos anos de 2010 e 2011

FV	GL	Quadrados médios 2010		Quadrados médios 2011	
		Nitrogênio	Potássio	Nitrogênio	Potássio
Níveis (N)	4	31,1833***	49,1322**	151,1389***	7,6550 ^{ns}
Blocos	2	7,5111	42,4374	1,9444	6,9104
Erro 1	8	1,3167	12,1548	2,6805	4,2669
Épocas (E)	5	41,7511***	135,2593***	30,2311***	82,0578***
Erro 2	10	1,3511	9,2192	1,4778	1,9812
N X E	20	3,8900***	13,4507 ^{ns}	3,2589*	3,1515 ^{ns}
Erro 3	40	1,0233	9,0050	1,9305	2,0411
CV1(%)		4,43	17,88	5,76	11,17
CV2(%)		4,49	15,58	4,27	7,61
CV3(%)		3,90	15,39	4,88	7,72
Média		25,91	19,49	28,44	18,50

ns – não significativo, *** significativo a 1%, ** significativo a 5%, * significativo, a 10% de probabilidade, pelo teste F.

A seguir, apresentam-se as figuras com as equações de regressão e as faixas críticas para nitrogênio e potássio.

4.4.1 Nitrogênio

Verifica-se (Figura 21) que houve ajuste do modelo quadrático para o teor foliar de nitrogênio, em 2010, nas épocas 1, 2 e 6.

Em janeiro/fevereiro (época 1), o ponto de máximo teor foliar encontrado foi de $27,41 \text{ g kg}^{-1}$. Os “teores de suficiência” obtidos para esse

período foram de 26,80 a 27,05 g kg⁻¹, situando-se abaixo da recomendação de Malavolta et al. (1993), cujos valores encontrados variaram de 28,00 a 31,00 g kg⁻¹.

Para o ano todo e em lavouras de sequeiro em produção, Farnezi, Silva e Guimarães (2009) encontraram valores entre 22,50 e 27,90 g kg⁻¹.

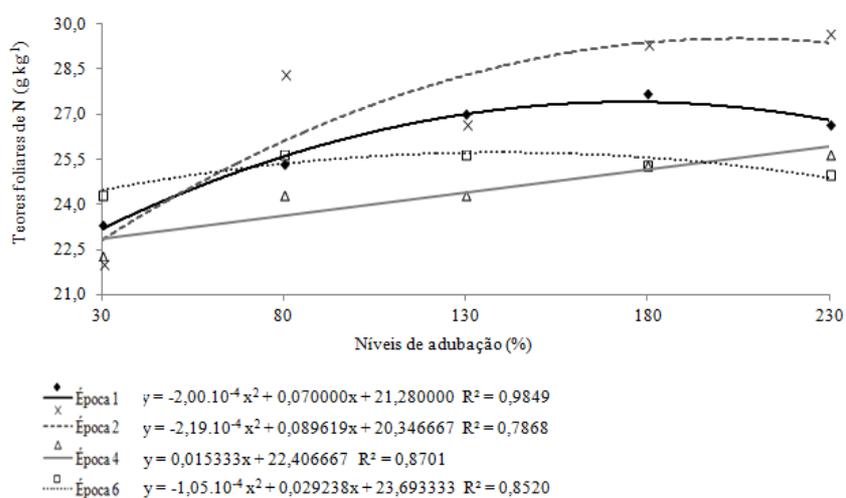


Figura 21 Teores foliares de N (g kg⁻¹), em 2010, em função de níveis de adubação (%) no parcelamento em doze aplicações

Na época 2 (março/abr) obteve-se o teor foliar de N de 22,84 g kg⁻¹ para o menor nível de adubação (30%) e 29,37 g kg⁻¹ para o maior (230%), sendo o ponto de máximo teor foliar igual a 29,52 g kg⁻¹. A diferença entre o maior e o menor valor dos teores foliares foi de 6,68 g kg⁻¹.

A faixa crítica determinada para março/abril foi de 22,84 a 29,37 g kg⁻¹, situando-se próximo ao intervalo de 23,00 a 30,00 g kg⁻¹ estabelecido por Mills e Jones Junior (1996), para lavouras não irrigadas em produção.

Na época 4, o teor foliar de nitrogênio apresentou comportamento mais bem definido pelo modelo linear. Estima-se que, para cada 10% de aumento no

nível de adubação, haja um incremento de $0,15 \text{ g kg}^{-1}$ no teor foliar de nitrogênio (Figura 21).

Para esse período, os “teores de suficiência” foram de 25,18 a 25,38 g kg^{-1} . Este intervalo encontra-se próximo ao limite inferior ($26,00 \text{ g kg}^{-1}$) da recomendação de Malavolta et al. (1993).

Em novembro/dezembro (época 6), o ponto de máximo teor foliar de $25,73 \text{ g kg}^{-1}$ foi obtido no nível de 139,23% da adubação. Os “teores de suficiência” para esse período ($24,48$ a $25,59 \text{ g kg}^{-1}$) encontram-se abaixo da sugestão proposta por Malavolta et al. (1993), os quais encontraram teores que variaram de 28 a 32 g kg^{-1} , para lavouras de sequeiro em produção.

Nas épocas 3 e 5, as equações de regressão foram significativas, porém, devido ao baixo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,58$ e $0,47$, respectivamente), optou-se pela interpolação dos teores foliares observados nessas épocas (APÊNDICE H) com os limites inferior e superior dos níveis de adubação (Tabela 15). Dessa forma, os “teores de suficiência” obtidos foram de $22,67$ a $24,67 \text{ g kg}^{-1}$ e $28,00$ a $29,62 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente para maio/junho e setembro/outubro.

Os resultados apresentados confirmam os obtidos por Mills e Jones Junior (1996), os quais encontraram, para o ano todo, valores entre $23,00$ a $30,00 \text{ g kg}^{-1}$ de nitrogênio, para lavouras de sequeiro em produção.

Em 2011, houve ajuste linear dos teores foliares de nitrogênio em função dos níveis de adubação nas épocas 1, 3, 4 e 5 (Figura 22). Estima-se, por meio da inclinação das retas, que, para cada 10% de aumento no nível de adubação, ocorra um incremento no teor foliar de nitrogênio em $0,18$; $0,40$; $0,40$ e $0,35 \text{ g kg}^{-1}$, em janeiro/fevereiro, maio/junho, julho/ago e setembro/out, respectivamente.

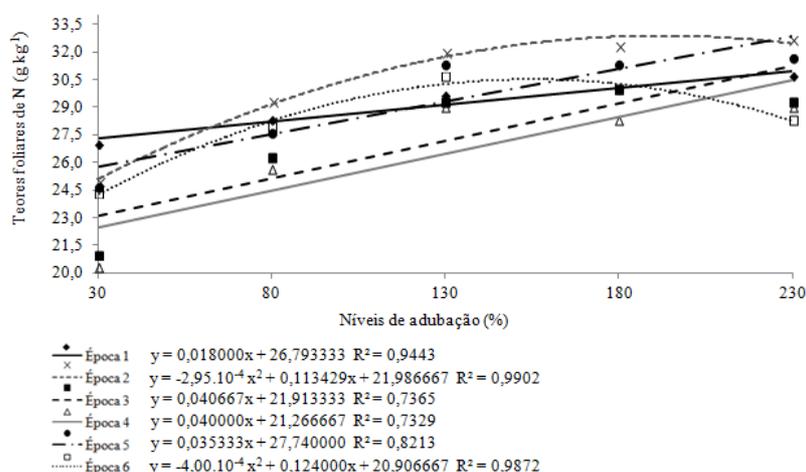


Figura 22 Teores foliares de N (g kg⁻¹), em 2011, em função de níveis de adubação (%) no parcelamento em doze aplicações

Na época 1, os “teores de suficiência” determinados para o nitrogênio foram de 29,95 a 30,11 g kg⁻¹. Para esse período e para lavouras de sequeiro em produção, Malavolta et al. (1993) sugerem 28,00 a 31,00 g kg⁻¹.

Em março/abril, houve tendência quadrática para os teores foliares de nitrogênio, em função dos níveis de adubação aplicados. O ponto de máximo teor foliar foi de 32,89 g kg⁻¹ e o menor valor obtido foi de 25,12 g kg⁻¹, no nível de 30% da adubação.

A faixa crítica encontrada para esse período foi de 27,38 a 32,46 g kg⁻¹. Malavolta et al. (1993) sugerem, para a mesma época, 26,00 a 31,00 g kg⁻¹.

Foram encontrados, para maio/junho, “teores de suficiência” de 29,37 a 29,43 g kg⁻¹ de nitrogênio. Também em lavoura cafeeira fertirrigada por gotejamento, Quintela et al. (2011) sugerem valores entre 29,24 a 29,60 g kg⁻¹ de nitrogênio na fase de maturação, confirmando os resultados obtidos no presente estudo.

Para a época 4, os “teores de suficiência” determinados para o nitrogênio foram de 28,64 a 28,70 g kg⁻¹, estando próximos da proposta por Malavolta et al. (1993), cujos valores situam-se entre 26,00 a 29,00 g kg⁻¹.

Os “teores de suficiência” de nitrogênio encontrados para setembro/outubro foram de 31,87 a 31,93 g kg⁻¹. Em lavouras cafeeiras de sequeiro na fase produtiva, Martinez et al. (2003) encontraram valores entre 28,30 a 32,00 g kg⁻¹ de nitrogênio. Para o mesmo período, porém, em lavouras não irrigadas, Malavolta et al. (1993) sugerem 28,00 a 32,00 g kg⁻¹ de nitrogênio.

Na época 6 (novembro/dezembro), o teor foliar de nitrogênio apresentou comportamento melhor definido pelo modelo quadrático. O ponto de máximo teor foliar obtido no nível de 155% da adubação foi de 30,52 g kg⁻¹ e os “teores de suficiência” situaram-se entre 30,37 a 30,40 g kg⁻¹ de nitrogênio. Estes valores encontram-se dentro da recomendação proposta por Malavolta et al. (1993), que sugerem 28,00 a 32,00 g kg⁻¹ de nitrogênio.

É importante ressaltar, nos dois anos de avaliação do experimento, que as faixas de teores foliares de nitrogênio consideradas adequadas para a nutrição de cafeeiros fertirrigados foram maiores no período de setembro a janeiro, havendo um decréscimo a partir de fevereiro.

As diferenças de teores foliares encontradas neste trabalho seguem a mesma tendência encontrada por Valarini, Bataglia e Fazuoli (2005), os quais observaram aumento da concentração de nitrogênio na folha em dezembro, com posterior declínio nos meses de fevereiro até maio. Provavelmente, a diminuição no teor de nitrogênio nas folhas teve como dreno principal a formação dos frutos, em função da alta mobilidade deste nutriente.

Partelli, Carvalho e Vieira (2005) também verificaram variações na concentração de nutrientes ao longo do ano, sugerindo os seguintes teores

foliares de nitrogênio para cafeeiros em produção no município de Manhuaçu (MG): 30,20 a 33,80 g kg⁻¹, no verão e 27,10 a 32,00 g kg⁻¹, no inverno.

4.4.2 Potássio

Em 2010, houve efeito significativo dos níveis de adubação sobre os teores foliares de potássio somente nas épocas 3, 4 e 6 (Figura 23).

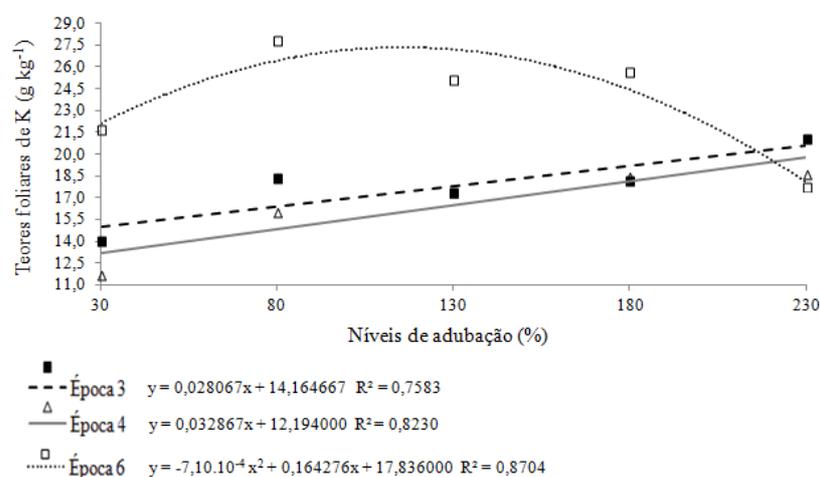


Figura 23 Teores foliares de K (g kg⁻¹), em 2010, em função de níveis de adubação (%) no parcelamento em doze aplicações

Pode-se estimar, por meio da inclinação das retas ajustadas (Figura 23), que, para cada 10% de aumento no nível de adubação, há um incremento de 0,28 e 0,32 g kg⁻¹ no teor foliar de potássio, respectivamente, para maio/junho e julho/agosto.

Os “teores de suficiência” determinados para maio/junho e julho/agosto, foram, respectivamente, de 15,00 a 20,62 g kg⁻¹ e 18,13 a 18,56 g kg⁻¹. Partelli, Carvalho e Vieira (2005) recomendam, para o mesmo período e para lavouras de sequeiro em produção, 14,80 a 21,80 g kg⁻¹ de potássio.

Na época 6, os teores foliares de potássio apresentaram comportamento quadrático em função dos níveis de adubação aplicados. O ponto de máximo teor foliar obtido no nível de 115,69% da adubação foi de 27,34 g kg⁻¹ e a faixa crítica situou-se entre 22,13 a 24,79 g kg⁻¹ de potássio. Malavolta et al. (1993) sugerem teores entre 24,00 a 31,00 g kg⁻¹ de potássio para cafeeiros não irrigados.

Para as épocas 1, 2 e 5, não houve efeito significativo dos níveis de adubação sobre os teores foliares de potássio (APÊNDICE G). Neste caso, conforme discutido no subitem 4.4.1, as faixas críticas foram determinadas por interpolação. Em janeiro/fevereiro, março/abril e setembro/outubro, os teores foliares considerados adequados são, respectivamente, 20,60 a 20,65 g kg⁻¹; 13,30 a 17,10 g kg⁻¹ e 20,80 a 23,54 g kg⁻¹.

Em 2011, o modelo quadrático foi o mais adequado para representar o comportamento dos teores foliares de potássio, em função dos níveis de adubação (Figura 24).

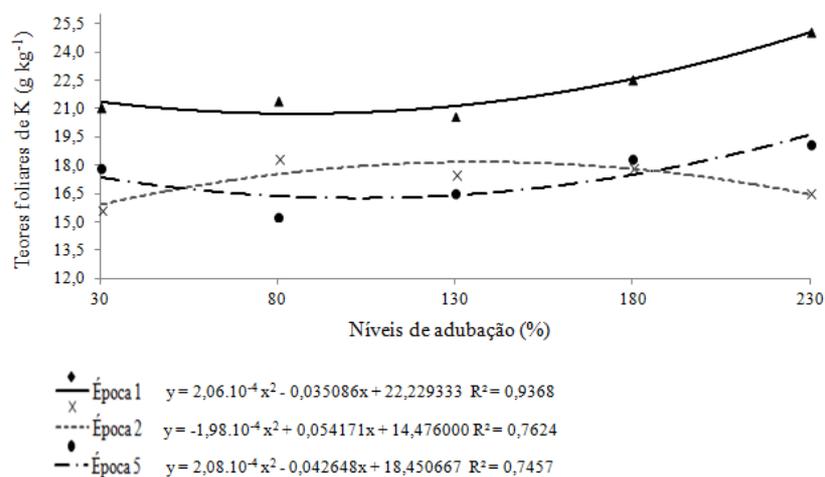


Figura 24 Teores foliares de K (g kg⁻¹), em 2011, em função de níveis de adubação (%) no parcelamento em doze aplicações

Na época 1 (janeiro/fevereiro), o ponto de mínimo teor foliar igual a 20,74 g kg⁻¹ foi obtido no nível de 85,16% da adubação. Os “teores de suficiência” para esse período foram de 22,40 a 22,77 g kg⁻¹. Estes valores se enquadram dentro da recomendação proposta por Malavolta et al. (1993), que sugerem 22,00 a 25,00 g kg⁻¹ de potássio para lavouras não irrigadas.

Em março/abril (época 2), foram encontrados “teores de suficiência” de 16,46 a 16,87 g kg⁻¹ de potássio. Os valores obtidos no presente trabalho estão dentro da faixa crítica recomendada por Silva et al. (2001), que é de 15,7 a 17,6 g kg⁻¹, para lavouras cafeeiras de sequeiro em produção no município de Patrocínio, MG.

Para a época 5, o ponto de mínimo teor foliar foi de 16,26 g kg⁻¹, referente ao nível de adubação de 102,52%. Para esse período, os “teores de suficiência” foram de 18,31 a 18,38 g kg⁻¹, situando-se abaixo da recomendação de Malavolta et al. (1993), que sugerem de 22,00 a 25,00 g kg⁻¹ de potássio para cafeeiros de sequeiro na fase produtiva.

Para as demais épocas, em função da ausência de um modelo polinomial que se ajustasse aos dados, as faixas críticas foram determinadas por interpolação, conforme já discutido anteriormente. Os teores foliares adequados para maio/junho, julho/agosto e novembro/dezembro, são, respectivamente, 17,06 a 17,07; 17,29 a 17,31 e 20,72 a 20,73 g kg⁻¹ de potássio.

As faixas críticas apresentadas para o nitrogênio e potássio no presente trabalho são condizentes com os valores sugeridos por Martinez et al. (2003), Partelli, Carvalho e Vieira (2005) e Silva et al. (2001). As diferenças encontradas nos teores foliares em algumas épocas de avaliação se devem, principalmente, ao uso da irrigação e da fertirrigação neste experimento, enquanto nos demais os cafeeiros foram cultivados em sistema de sequeiro.

É importante ressaltar que, embora na fase de formação do cafeeiro fertirrigado, a redução da dose de N e K₂O em 30% da recomendada para o

cultivo em sequeiro (SOBREIRA et al., 2011) não prejudique o crescimento das plantas, é possível que essa diminuição na adubação provoque a “fome oculta” no cafeeiro irrigado em produção. Nessa fase, as plantas têm o dreno forte dos frutos, sendo o produto da fotossíntese carregado para essas partes (RENA; MAESTRI, 1986).

Pinto (2012) verificou um acréscimo de 18,33% no nível de adubação para atingir a produtividade máxima, no primeiro ano de produção, em lavoura fertirrigada.

Também, no presente trabalho, em lavoura fertirrigada no segundo e no terceiro anos de produção, verificou-se a necessidade de aumento na adubação em cerca de 70%, em função, principalmente, da alta produtividade obtida (acima de 80 sacas ha⁻¹) e, conseqüentemente, da maior demanda nutricional de cafeeiros irrigados em comparação aos de sequeiro.

Como se pode notar também no item Avaliação dos teores foliares de nitrogênio e potássio em 12 parcelamentos, em lavouras irrigadas, as faixas críticas são diferentes em algumas épocas do ano, podendo a necessidade ser maior ou menor que a das lavouras de sequeiro. Assim, em futuros trabalhos de parcelamentos de adubação (12 vezes) em lavouras irrigadas, em quantidades diferenciadas de potássio por aplicação, deve-se optar por uma quantidade menor ou maior, conforme o caso, em cada aplicação, em cada época do ano.

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Embora o ponto de máxima produtividade tenha sido atingido com os níveis de adubação de 179,91% e 171,11%, respectivamente para os parcelamentos em quatro e doze aplicações, é possível verificar que, a partir de 130% da adubação recomendada para lavouras de sequeiro, há uma tendência de estabilização na produtividade com o aumento da adubação. Tomando por base os resultados obtidos neste trabalho e nos de Pinto (2012), Rodrigues et al. (2005) e Santinato e Fernandes (2002), parece que o nível de adubação a ser recomendado para lavouras irrigadas estará por volta de 130% da adubação recomendada para lavouras de sequeiro.

Sugere-se, em futuros trabalhos, parcelamento da adubação com níveis diferenciados de N e K, nas diversas fases fenológicas do cafeeiro fertirrigado.

6 CONCLUSÕES

Os “teores de suficiência” para o nitrogênio e potássio em lavouras cafeeiras fertirrigadas em produção são:

Para o segundo ano de produção, no parcelamento em quatro aplicações:

- nitrogênio (g kg^{-1}): 28,51 a 28,55, em janeiro/fevereiro; 33,65 a 33,68, em março/abril; 26,69 a 26,74, em maio/junho; 25,25 a 25,28, em julho/agosto; 27,02 a 27,04, em setembro/outubro e 23,05 a 23,07, em novembro/dezembro;
- potássio (g kg^{-1}): 23,33 a 23,37, em janeiro/fevereiro; 18,09 a 18,13, em março/abril; 19,09 a 19,12, em maio/junho; 16,13 a 16,14, em julho/agosto; 20,22 a 20,24, em setembro/outubro e 23,31 a 23,34, em novembro/dezembro.

Para o terceiro ano de produção, no parcelamento em quatro aplicações:

- nitrogênio (g kg^{-1}): 32,39 a 32,40, em janeiro/fevereiro; 33,60 a 33,61, em março/abril; 27,39 a 27,42, em maio/junho; 24,23 a 24,24, em julho/agosto; 26,06 a 26,09, em setembro/outubro e 26,50 a 26,51, em novembro/dezembro;
- potássio (g kg^{-1}): 20,08 a 20,14, em janeiro/fevereiro; 17,89 a 17,91, em março/abril; 15,93 a 15,96, em maio/junho; 15,29 a 15,35, em julho/agosto; 16,61 a 16,64, em setembro/outubro e 20,58 a 20,64, em novembro/dezembro.

Para o segundo ano de produção, no parcelamento em doze aplicações:

- nitrogênio (g kg^{-1}): 26,80 a 27,05, em janeiro/fevereiro; 22,84 a 29,37, em março/abril; 22,67 a 24,67, em maio/junho; 25,18 a 25,38, em julho/agosto; 28,00 a 29,62, em setembro/outubro e 24,48 a 25,59, em novembro/dezembro;
- potássio (g kg^{-1}): 20,60 a 20,65, em janeiro/fevereiro; 13,30 a 17,10, em março/abril; 15,00 a 20,62, em maio/junho; 18,13 a 18,56, em julho/agosto; 20,80 a 23,54, em setembro/outubro e 22,13 a 24,79, em novembro/dezembro.

Para o terceiro ano de produção, no parcelamento em doze aplicações:

- nitrogênio (g kg^{-1}): 29,95 a 30,11, em janeiro/fevereiro; 27,38 a 32,46, em março/abril; 29,37 a 29,43, em maio/junho; 28,64 a 28,70, em julho/agosto; 31,87 a 31,93, em setembro/outubro e 30,37 a 30,40, em novembro/dezembro;
- potássio (g kg^{-1}): 22,40 a 22,77, em janeiro/fevereiro; 16,46 a 16,87, em março/abril; 17,06 a 17,07, em maio/junho; 17,29 a 17,31, em julho/agosto; 18,31 a 18,38, em setembro/outubro e 20,72 a 20,73, em novembro/dezembro.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. V. S. F. et al. Crescimento vegetativo em diferentes genótipos de café arábica fertirrigados na região do Alto Paranaíba, MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Anais...** Vitória: UFES, 2009. 1 CD-ROM.

ARANTES, K. R.; FARIA, M. A. de; REZENDE, F. C. Recuperação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) após recepa, submetido a diferentes lâminas de água e parcelamentos da adubação. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 313-319, March/April 2009.

ASSIS, G. A. et al. Efeito do parcelamento e de diferentes doses de n e k₂o em cafeeiros fertirrigados na região de Lavras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 14., 2011, Araguari. **Anais...** Araguari: UFU, 2011. 1 CD-ROM.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Café sustentável: riqueza do Brasil**. Brasília, 2009. 22 p.

CARVALHO, A. M. de et al. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 269-275, March 2010.

CARVALHO, C. H. M. de et al. Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 243-250, March/April 2006.

CLEMENTE, F. M. V. T. et al. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes no cafeeiro em pós-plantio: primeiro ano. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 47-57, January/June 2008.

COELHO, A. M. Fertigação. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Ed.). **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 201-227.

COELHO, S. L.; TEIXEIRA, A. dos S. Avaliação do tensiômetro eletrônico no monitoramento do potencial matricial de água no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, September/December 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162004000300006>. Acesso em: 10 August 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira:** café safra 2012, terceira estimativa setembro 2012. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 19 out. 2012.

COSTA, A. R. et al. Número de ramos plagiotrópicos e produtividade de duas cultivares de cafeeiro utilizando irrigação por gotejamento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 571-581, out./December 2010.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, November/December 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306 p.

ERNANI, P. R. et al. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 2, p. 393-402, March/April 2007.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 77 p.

FARNEZI, M. M. M.; SILVA, E. B.; GUIMARÃES, P. T. G. Diagnose nutricional de cafeeiros da região do Alto Jequitinhonha, MG: normas DRIS e faixas críticas de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 969-978, July/August 2009.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.

FREITAS, Z. M. T. S. et al. Avaliação de caracteres quantitativos relacionados com o crescimento vegetativo entre cultivares de café arábica de porte baixo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 267-275, 2007.

GONÇALVES, S. M. et al. Faixas críticas de teores foliares de micronutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) produzidas em tubetes. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 743-752, maio/June 2009.

GONTIJO, R. A. N. et al. Faixas críticas de teores foliares de micronutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 135-141, July/December 2007.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5^a aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 289-302.

GUIMARÃES, R. J. et al. Adubação para primeiro ano pós-plantio (N e K₂O) de cafeeiros fertirrigados na região sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 137-147, maio/August 2010.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

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

MALAVOLTA, E. et al. **Seja o doutor do seu cafezal**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. 36 p. (Arquivo do Agrônomo, 3).

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5^a aproximação**. Viçosa, MG, 1999. p. 143-168.

MARTINEZ, H. E. P. et al. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 703-713, June 2003.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil: manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2010. 542 p.

_____. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. 5. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento; Fundação PROCAFE, 2005. 438 p.

MILLS, H. A.; JONES JUNIOR, J. B. **Plant analysis handbook II**. 2nd ed. Athens: Micro-Macro, 1996. 422 p.

- OLIVEIRA, H. F. E. et al. Lixiviação de nitrato em cafeeiros submetidos à diferentes dosagens e parcelamentos da adubação nitrogenada. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 10., 2009, Montes Claros. **Anais...** Montes Claros: UNIMONTE, 2009. 1 CD-ROM.
- PAGLIA, E. C. et al. Doses de potássio na lixiviação do solo com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 94-100, 2007.
- PARTELLI, F. L.; CARVALHO, V. B.; VIEIRA, H. D. Normas DRIS de verão e inverno, para o cafeeiro arábica da região de Manhuaçu, MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: EMBRAPA Café, 2005. p. 1-5.
- PERECIN, D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 68-72, January/February 2008.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Nobel, 2000. 477 p.
- PINTO, C. G. **Faixas críticas de teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio para o cafeeiro (*Coffea arabica* L.) fertirrigado no primeiro ano pós-plantio**. 2012. 64 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- QUINTELA, M. P. et al. Parâmetros produtivos e nutricionais do cafeeiro submetido adubação nitrogenada na região de Garanhuns. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 4, p. 74-79, out./December 2011.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.
- RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B. et al. (Ed.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 13-85.
- REUTER, D. J.; ROBINSON, J. B. **Plant analysis: an interpretation manual**. Melbourne: Inkata, 1988. 218 p.

REZENDE, F. C. et al. Cafeeiro recepado e irrigado em diferentes épocas: produtividade e qualidade. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 3, p. 229-236, 2010.

REZENDE, R. et al. Crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro em diferentes regimes hídricos e dosagens de fertirrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 447-458, 2010.

RODRIGUES, S. B. S. et al. Avaliação do efeito de diferentes dosagens de nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação na produtividade de cafeeiros na região de Viçosa, MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Café, 2005. 1 CD-ROM.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. **Cultivo do cafeeiro irrigado em plantio circular sob pivô central**. Rio de Janeiro: MAPA/Procafé, 2002. 250 p.

_____. **Cultivo do cafeeiro irrigado por gotejamento**. 2. ed. Uberaba: PLD, 2012. 388 p.

SCALCO, M. S. et al. Cultivo irrigado e não irrigado do cafeeiro em plantio superadensado. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 193-202, 2011.

SILVA, A. M. et al. Avaliação do efeito do parcelamento da adubação e da época de início da irrigação sobre a produtividade do cafeeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1354-1362, November/December 2003.

SILVA, C. A. da; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. de. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 387-394, March 2008.

SILVA, E. B. et al. Adubação potássica do cafeeiro: produção, faixas críticas de nutrientes no solo e nas folhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 801-811, July/August 2001.

SOBREIRA, F. M. et al. Adubação nitrogenada e potássica de cafeeiro fertirrigado na fase de formação, em plantio adensado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 9-16, January 2011.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3rd ed. New York: McGraw Hill, 1997. 666 p.

VALARINI, V.; BATAGLIA, O. C.; FAZUOLI, L. C. Macronutrientes em folhas e frutos de cultivares de café arábica de porte baixo. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 61-67, 2005.

APÊNDICE

APÊNDICE A - Resumo da análise de variância para o desdobramento de níveis de adubação dentro de cada época no parcelamento em 4 aplicações para altura, diâmetro de copa e diâmetro de caule das plantas no ano de 2010.....	95
APÊNDICE B - Resumo da análise de variância para o desdobramento de níveis de adubação dentro de cada época no parcelamento em 4 aplicações para altura, diâmetro de copa e diâmetro de caule das plantas no ano de 2011.....	95
APÊNDICE C - Resumo da análise de variância para o desdobramento de níveis de adubação dentro de cada época no parcelamento em 4 aplicações para teores foliares de nitrogênio e potássio nos anos de 2010 e 2011.....	96
APÊNDICE D - Teores foliares de N e K (g kg^{-1}) no parcelamento em quatro aplicações, nas seis épocas de avaliação em 2010 e 2011.....	96
APÊNDICE E - Resumo da análise de variância para o desdobramento de níveis de adubação dentro de cada época no parcelamento em 12 aplicações para altura, diâmetro de copa, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos primários das plantas no ano de 2010..	97
APÊNDICE F- Resumo da análise de variância para o desdobramento de níveis de adubação dentro de cada época no parcelamento em 12 aplicações para altura, diâmetro de copa, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos primários das plantas no ano de 2010..	97
APÊNDICE G - Resumo da análise de variância para o desdobramento de níveis de adubação dentro de cada época no parcelamento em 12 aplicações para teores foliares de nitrogênio e potássio nos anos de 2010 e 2011.....	98
APÊNDICE H - Teores foliares de N e K (g kg^{-1}) no parcelamento em doze aplicações, nas seis épocas de avaliação em 2010 e 2011.....	98

APÊNDICE A - Resumo da análise de variância para o desdobramento de níveis de adubação dentro de cada época, no parcelamento em 4 aplicações, para altura, diâmetro de copa e diâmetro de caule das plantas, no ano de 2010

FV	GL	Quadrados médios		
		Altura de plantas	Diâmetro de copa	Diâmetro de caule
Níveis: E1	4	88,7164***	115,1105***	0,0324***
Níveis: E2	4	79,5782***	119,0646***	0,0281***
Níveis: E3	4	83,1284***	173,8039***	0,0446***
Níveis: E4	4	127,4712***	337,2840***	0,0655***
Níveis: E5	4	155,8826***	518,0406***	0,0917***
Níveis: E6	4	164,3428***	787,7433***	0,1050***
Erro	60	3,0917	14,8038	0,0029

*** Significativo, a 1%, pelo teste F.

APÊNDICE B - Resumo da análise de variância para o desdobramento de níveis de adubação dentro de cada época, no parcelamento em 4 aplicações, para altura, diâmetro de copa e diâmetro de caule das plantas, no ano de 2011

FV	GL	Quadrados médios		
		Altura de plantas	Diâmetro de copa	Diâmetro de caule
Níveis:E1	4	195,2647***	392,3425***	0,1026***
Níveis:E2	4	263,7037***	336,0215***	0,1056***
Níveis:E3	4	317,8370***	465,0716***	0,1059***
Níveis:E4	4	345,0201***	592,8300***	0,0851***
Níveis:E5	4	405,2597***	596,9208***	0,0857***
Níveis:E6	4	480,7589***	786,3861***	0,1071***
Erro	60	1,4502***	8,7631***	0,0050***

*** Significativo, a 1%, pelo teste F.

APÊNDICE C - Resumo da análise de variância para o desdobramento de níveis de adubação dentro de cada época, no parcelamento em 4 aplicações, para teores foliares de nitrogênio e potássio, nos anos de 2010 e 2011.

FV	GL	QM 2010		QM 2011	
		Nitrogênio	Potássio	Nitrogênio	Potássio
Níveis:E1	4	21,7333***	1,6573 ^{ns}	8,0667***	4,2423 ^{ns}
Níveis:E2	4	18,3333***	5,4290**	5,6000**	4,0073 ^{ns}
Níveis:E3	4	26,6667***	13,1477***	12,1667***	1,1327 ^{ns}
Níveis:E4	4	18,8333***	5,7557**	5,5667**	3,5407 ^{ns}
Níveis:E5	4	9,1000**	12,2293***	23,2333***	5,5727*
Níveis:E6	4	8,5667*	4,4450**	10,2333***	3,9207 ^{ns}
Erro	40	3,3728	1,6607	1,6392	2,3051

ns – não significativo, *** significativo a 1%, ** significativo a 5%, * significativo, a 10% de probabilidade, pelo teste F.

APÊNDICE D - Teores foliares de N e K (g kg^{-1}) no parcelamento em quatro aplicações, nas seis épocas de avaliação, em 2010 e 2011.

2010												
Níveis	E1		E2		E3		E4		E5		E6	
	N	K	N	K	N	K	N	K	N	K	N	K
30%	23,67	22,70	28,33	16,40	20,00	17,03	20,33	13,83	23,67	16,07	24,67	24,33
80%	27,00	23,03	32,00	19,63	24,67	16,73	22,67	14,77	26,00	18,50	21,00	22,57
130%	28,33	22,57	32,67	17,83	27,00	21,93	25,00	16,87	25,67	20,43	25,33	22,23
180%	28,67	24,17	34,67	18,03	26,00	19,17	25,33	15,27	28,00	20,77	23,00	23,53
230%	31,00	22,23	34,00	16,40	27,33	18,20	26,67	17,07	27,67	20,63	24,00	25,17
2011												
30%	28,33	21,93	30,67	19,17	23,33	16,90	22,00	16,23	20,33	18,53	22,67	22,23
80%	31,67	20,30	32,00	16,57	25,33	15,77	22,00	16,43	22,33	16,40	23,67	21,43
130%	32,67	22,57	33,67	18,70	27,00	17,07	25,00	17,37	26,00	17,07	27,00	22,73
180%	31,67	19,80	34,00	17,70	27,67	15,77	24,33	14,63	26,00	16,23	26,33	20,43
230%	31,00	21,93	32,00	19,33	28,33	16,23	23,00	17,20	26,67	19,33	25,83	23,37

APÊNDICE E - Resumo da análise de variância para o desdobramento de níveis de adubação dentro de cada época, no parcelamento em 12 aplicações, para altura, diâmetro de copa, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos primários das plantas, no ano de 2010

FV	GL	Quadrados médios			
		Altura	Diâmetro de copa	Diâmetro de caule	Número de ramos
Níveis:E1	4	68,3575***	33,9482 ^{ns}	0,0101***	12,6633***
Níveis:E2	4	77,1006***	45,9497*	0,0192***	18,7454***
Níveis:E3	4	85,3719***	142,3553***	0,0168***	18,9045***
Níveis:E4	4	118,2903***	211,0684***	0,0399***	21,7857***
Níveis:E5	4	135,9078***	214,0498***	0,0445***	29,3585***
Níveis:E6	4	150,7655***	300,6297***	0,0401***	36,4808***
Erro	60	3,2965	21,5082	0,0025	2,2600

ns – não significativo, *** significativo, a 1%, pelo teste F.

APÊNDICE F - Resumo da análise de variância para o desdobramento de níveis de adubação dentro de cada época, no parcelamento em 12 aplicações, para altura, diâmetro de copa, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos primários das plantas, no ano de 2010

FV	GL	Quadrados médios			
		Altura	Diâmetro de copa	Diâmetro de caule	Número de ramos
Níveis:E1	4	188,7183***	249,0474***	0,0616***	46,6618***
Níveis:E2	4	338,2293***	186,4766***	0,0513***	77,3962***
Níveis:E3	4	442,8789***	244,9415***	0,0508***	115,8092***
Níveis:E4	4	519,2536***	407,1739***	0,0450***	167,0760***
Níveis:E5	4	611,1247***	413,1558***	0,0432***	159,6332***
Níveis:E6	4	688,6667***	400,3168***	0,0512***	190,3688***
Erro	60	3,3053***	10,8773***	0,0026***	1,3629***

ns – não significativo, *** significativo, a 1%, pelo teste F.

APÊNDICE G - Resumo da análise de variância para o desdobramento de níveis de adubação dentro de cada época, no parcelamento em 12 aplicações, para teores foliares de nitrogênio e potássio, nos anos de 2010 e 2011

FV	GL	QM 2010		QM 2011	
		Nitrogênio	Potássio	Nitrogênio	Potássio
Níveis:E1	4	8,8333***	1,2957 ^{ns}	6,4333**	9,7407***
Níveis:E2	4	29,4333***	18,0527 ^{ns}	31,2333***	3,5527 ^{ns}
Níveis:E3	4	4,6000***	19,4777*	42,1000***	0,8457 ^{ns}
Níveis:E4	4	5,0667***	24,6100**	40,9333***	1,2393 ^{ns}
Níveis:E5	4	1,7667 ^{ns}	6,2057 ^{ns}	28,5000***	7,0227**
Níveis:E6	4	0,9333 ^{ns}	46,7443***	18,2333***	1,0117 ^{ns}
Erro	40	1,0233	9,0050	1,9305	2,0411

ns – não significativo, *** significativo a 1%, ** significativo a 5%, * significativo, a 10% de probabilidade, pelo teste F.

APÊNDICE H - Teores foliares de N e K (g kg⁻¹) no parcelamento em doze aplicações, nas seis épocas de avaliação, em 2010 e 2011

Níveis	2010												
	E1		E2		E3		E4		E5		E6		
	N	K	N	K	N	K	N	K	N	K	N	K	
30%	23,33	19,50	22,00	13,30	22,67	14,00	22,33	11,70	28,00	20,80	24,33	21,73	
80%	25,33	20,30	28,33	19,47	24,00	18,37	24,33	16,07	27,67	23,23	25,67	27,90	
130%	27,00	19,33	26,67	15,27	23,67	17,40	24,33	17,37	28,33	22,87	25,67	25,17	
180%	27,67	20,80	29,33	18,33	26,00	18,20	25,33	18,50	29,67	23,70	25,33	25,67	
230%	26,67	20,60	29,67	17,07	24,67	21,10	25,67	18,70	28,67	20,60	25,00	17,80	
Níveis	2011												
	30%	27,00	21,10	25,00	15,63	21,00	16,60	20,33	17,50	24,67	17,87	24,33	20,65
	80%	28,33	21,43	29,33	18,33	26,33	15,90	25,67	15,93	27,67	15,30	28,00	19,97
	130%	29,67	20,63	32,00	17,53	29,33	16,10	29,00	17,23	31,33	16,57	30,67	20,47
	180%	30,00	22,57	32,33	17,87	30,00	17,07	28,33	17,37	31,33	18,37	30,00	20,77
	230%	30,67	25,13	32,67	16,53	29,33	17,03	29,00	16,70	31,67	19,17	28,33	21,57