

EDSON SANTANA SARAIVA

RESPOSTA DO CAFEIRO ARÁBICA EM PRODUÇÃO À ADUBAÇÃO
FOSFATADA

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2012

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

T

S243r
2012

Saraiva, Edson Santana, 1979-

Reposta do cafeeiro arábica em produção à adubação
fosfatada / Edson Santana Saraiva. – Viçosa, MG, 2012.
x, 91f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Hermínia Emília Prieto Martinez.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 70-75

1. Café - Efeito do fósforo. 2. Café - Teor de fósforo.
3. Café - Adubos e fertilizantes. 4. *Coffea arabica*.
5. Fitotecnia. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 633.73895

EDSON SANTANA SARAVA

RESPOSTA DO CAFEIEIRO ARÁBICA EM PRODUÇÃO À ADUBAÇÃO
FOSFATADA

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 17 de fevereiro de 2012.


Paulo Tácito Gontijo Guimarães


Júlio César Lima Neves
(Coorientador)


Herminia Emília Prieto Martinez
(Orientadora)

Aos meus pais, Antônio da Silva Saraiva (*in memoriam*) e Ilda Santana Saraiva.

A minha esposa Hercilândia, e meus filhos Maria Eduarda e Antônio.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por ter me dado inteligência e coragem para realização deste trabalho.

A meus pais, Antônio da Silva Saraiva e Ilda Santana Saraiva, que me deram condições de estudar.

À professora Hermínia Emília Prieto Martinez, pela orientação no curso e neste trabalho e, sobretudo, pela paciência e confiança.

Ao Prof. Júlio César Lima Neves, e ao Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães, pelas sábias sugestões.

A todos os professores que contribuíram para o meu crescimento profissional e humano.

O colega, Leonardo Correa Alves, pela ajuda nas coletas de dados e nas análises de nutrientes.

A todos os colegas, pelos momentos agradáveis e pelo apoio.

Aos funcionários do laboratório, Domingos e Itamar, pelo auxílio nas análises nutricionais e nas análises de solo.

Aos funcionários da área experimental, Agronomia.

À Universidade Federal de Viçosa, e à secretaria do Departamento de Fitotecnia.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pelo apoio financeiro.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vi
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. O Cafeeiro	4
2.2. Importância do fósforo	6
2.3. Dinâmica e disponibilidade de P no solo	7
2.4. Fósforo no Cafeeiro	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1. Experimentos	12
3.1.1. Experimento I	12
3.1.2. Experimento II	17
3.2. Análises laboratoriais	21
3.3. Análise estatística	22
3.3.1. Experimento I	22
3.3.2. Experimento II	23
4. RESULTADOS E DISCURSÃO	23
4.1. Experimento I	23
4.1.1. Altura de plantas, número de ramos plagiotrópico, Emissão de ramos plagiotrópico e número de nós por ramo plagiotrópico	23
4.1.2. Produtividade	24
4.1.3. Análise de rendimento e % de grãos retirados em peneira acima de quinze (15)	27
4.1.4. Teores de fósforo no solo	27
4.1.5. Fósforo Remanescente	31
4.1.6. Teores de K no solo	33
4.1.7. Dinâmica de macro e micro nutrientes em folhas, flores, casca e grão de cafeeiro em função das doses de P ₂ O ₅ aplicadas	36
4.2. Experimento II	48
4.2.1. Crescimento vegetativo	48

4.2.2. Produtividade de café nas safras de 2010 e 2011, porcentagens de rendimento e porcentagens de grãos retidos em peneira acima de 15 na safra de 2011	49
4.2.3. Teores de P extraídos pelos extratores Mehlich-1 e Resina Mista, e valores de P-rem de amostras de solo coletadas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, em julho de 2010	51
4.2.4. Teores de K, Ca e Mg, de amostras de solo coletadas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, em julho de 2010	53
4.2.5. Dinâmica de macro e micro nutrientes nas folhas, cascas e grãos de cafeeiro	55
5. CONCLUSÃO	68
5.1. Experimento I	68
5.2. Experimento II	69
6.0. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
7.0. APÊNDICE	76

RESUMO

SARAIVA, Edson Santana, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2012. **Resposta do cafeeiro arábica em produção à adubação fosfatada.** Orientadora: Hermínia Emília Prieto Martinez. Coorientador: Júlio César Lima Neves.

Nos últimos anos surgiu uma corrente de pesquisadores indicando a necessidade de uso de doses elevadas de fósforo (P), visando melhorar a produtividade dos cafezais, e evitar o ciclo bienal de produção do cafeeiro. Diante dessa indicação torna-se necessário, avaliar e quantificar, em variadas condições de cafezais, a resposta a doses de P. O presente trabalho tem como objetivo, avaliar a influência da aplicação de doses e fontes de P_2O_5 , sobre a produtividade do cafeeiro, teores de P lábeis do solo, os teores de P e dos outros nutrientes nas folhas, flores, casca e grãos de café. Para tanto foram realizados dois experimentos. O primeiro foi conduzido no período 2007 a 2010, na área Experimental da UFV em um cafezal da cultivar Oeiras, espaçado 2 x 1 m, que no início do experimento, estava com 4 anos de idade. As doses de 33, 83, 166, 333 e 666 kg de P_2O_5 ha⁻¹, aplicadas na forma de fosfato mono potássico, constituíram o fator em estudo. Os tratamentos foram aplicados em quatro blocos casualizados sendo dispostas cinco plantas homogêneas e competitivas por parcela. A adubação fosfatada foi realizada em duas parcelas no período chuvoso. Nos tratamentos que receberam doses menores de P_2O_5 , o potássio (K) foi suplementado com KCl, de modo a se fornecer a mesma dose de K para todos os tratamentos. Foram fornecidos 400 kg de nitrogênio (N) ha⁻¹ na forma de uréia dividida em três parcelas e micro nutrientes via foliar. O segundo trabalho foi conduzido no período de outubro de 2009 a abril de 2011, em uma lavoura localizada no município de Porto Firme, MG. Foi utilizada uma lavoura de cultivar Paraíso, no espaçamento de 3,0 x 0,6 m, que no início do experimento, estava com dois anos de idade. O delineamento adotado foi em blocos casualizados com três repetições em esquema fatorial (4X2)+1 compreendendo 4 fontes P_2O_5 : fosfato natural reativo (PNR), superfosfato simples (SS), superfosfato triplo (ST), fosfato monopotássico (FMK) em duas doses (80 e 320 kg de P_2O_5 ha⁻¹). O tratamento adicional consistiu-se de ausência de P. Cada parcela experimental foi constituída por duas linhas de 5m, sendo as duas plantas centrais e uniformes

de cada linha adotadas como úteis. A adubação fosfatada foi realizada de uma única vez, na face superior das plantas na projeção da copa. Nos tratamentos onde foram utilizadas fontes de P_2O_5 que não tinham K em sua formulação, e o tratamento de menor dose de P_2O_5 da fonte de FMK, o K foi suplementado com KCl, de modo a se fornecer a mesma dose de K para todos os tratamentos. Assim, na primeira parcela de adubação todos os tratamentos receberam 209 kg de K_2O por hectare. Foram feitas mais duas adubações de $95,5 \text{ kg ha}^{-1} K_2O$ na forma de KCl para todos os tratamentos. Foram fornecidos 400 Kg de N na forma de uréia divididos em três parcelas e micronutrientes via foliar. Avaliaram-se a produtividade, altura de planta (AP), emissão de ramos plagiotrópicos (ERP), números de internódios por ramo plagiotrópico (NIRP), teores de macro e micro nutrientes em folhas, cascas e frutos, e as características químicas do solo nas camadas de 0-20 e 20-40. Observou-se que não houve efeito significativo das diferentes doses de P nas variáveis: AP, ERP, NIRP nos dois experimentos. As análises de solo indicaram aumento significativo das concentrações de P no solo extraído pelos extratores Mehlich-1 e Resina trocadora de cátions e ânions. No experimento 1, foi observado que a produtividade no primeiro ano de avaliação não apresentou diferença significativa entre as doses de P, mas nos últimos dois ciclos observou-se diferença, atingiu-se 90% da produtividade máxima com a dose de 113 kg ha^{-1} de P_2O_5 , porém a máxima eficiência econômica foram obtidos com as doses de $322,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 , na safra de 2009 e de $341,66 \text{ kg ha}^{-1}$ na safra de 2010. No experimento 2, não houve interação, quanto a produtividade, entre as fontes e as doses nos dois ciclos produtivos. Para doses de P_2O_5 não houve resposta significativa do cafeeiro com relação à produtividade. Na comparação dos tratamentos que receberam P com a testemunha, verificou-se que esse último tratamento apresentou produtividade média estatisticamente inferior. As fontes FMK, ST e SS apresentaram produtividades estatisticamente iguais, mas essas apresentaram produtividades estatisticamente superiores à fonte FNR. Esses resultados mostram a importância da adubação fosfatada, com fontes solúveis, para atender adequadamente as exigências nutricionais dos cafeeiros e alcançar produtividades desejadas. Maiores teores de P no solo foram obtidos com a aplicação de maiores doses de P_2O_5 , sendo os

valores médios extraídos pela resina mista maiores que os extraídos pelo extrator Mehlich 1.

ABSTRACT

SARAVA, Edson Santana, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, february, 2012. **Production of arabica coffee in response to phosphate fertilization.** Advisor: Hermínia Emília Prieto Martinez. Co-advisor: Júlio César Lima Neves.

In recent years appeared a group of researchers that indicate high doses of phosphorus (P) aiming to improve the coffee productivity, and thus avoid the biennial cycle of production this crop. According this statement, become necessary to evaluate in different conditions of this crop the response of phosphorus doses when applied in the soil. This study aimed to evaluate the influence of application rates and sources of P_2O_5 on the coffee yield, content of labile P in the soil, as well as the levels of P and other nutrients in the leaves, flowers, bark and coffee grains. For this, two experiments were conducted in field conditions. The first assay was carried out in the period 2007 to 2010 at the experimental field of the UFV in an area with the Oeiras cultivar aged of 4 years old, with spacing of 2 x 1 m. Doses of 33, 83, 166, 333 and 666 kg of P_2O_5 per ha, applied as mono-potassium phosphate, represented the main factor studied. The treatments were applied in four randomized blocks being arranged five homogeneous plants per plot. Phosphorus fertilization was applied in two times during the rainy season. In the treatments with lower doses of P_2O_5 , the potassium (K) was added as KCl, so as to provide the same amount of K for all treatments. The quantity of 400 kg ha⁻¹ of nitrogen (N) per ha was provided as urea applied on three times as well as micronutrients through foliar spray. The second assay was conducted from October 2009 to April 2011 in a crop of coffee located in the country of Porto Firme, MG. In that experiment it was used the cultivar Paraíso aged two years old, spaced 3.0 x 0.6 m. The experimental design used was of randomized blocks with three replications in a factorial scheme (4 x 2) + 1 comprising four sources of phosphate as following: reactive natural phosphate (RNP), simple superphosphate (SS), triple superphosphate (TS), and potassium dihydrogen phosphate (PDP) in two doses (80 and 320 kg/ha of P_2O_5). The additional treatment consisted of the absence of phosphorus. Each plot was consisted of two rows of 5m, being the two central plants of each line adopted as useful area. Phosphorus fertilization was performed only once on the soil, on the canopy projection of the plants. In the treatments with sources of P_2O_5 and without K as well as treatment with lower

doses of P_2O_5 (PDP), the K was supplemented with KCl, so as to provide the same amount of K in all treatments. Thus, in the first parcel of fertilization, all treatments received 209 kg ha^{-1} of K_2O . In addition, were made two additional fertilization with 95.5 kg ha^{-1} of K_2O per ha in all treatments, using KCl. The quantity 400 kg ha^{-1} of nitrogen (N) divided in three portions was provided as urea and applied on three times as well as micronutrients through foliar spray. It was evaluated the yield, plant height (PH), production of plagiotropic branches (PPB), number of internodes per plagiotropic branch (NIPB), content of macro and micro nutrients in the leaves, bark and fruits, as well as soil chemical characteristics at 0-20 and 20-40 of depth. There was no significant effect of the different doses of P tested in relation to the variables PH, PPB, EIPB in both assays. Soil analyses indicated significant increase in concentrations of P in the soil extracted by both the extractors: Mehlich-1 and exchange resin of cations and anions. In experiment 1, it was observed that the productivity in the first year showed no significant difference between the P doses, but in the last two seasons it was observed significant difference for this parameter, reaching 90% of maximum yield with the dose of 113 kg ha^{-1} of P_2O_5 . However, 90% of the maximum economic efficiency was obtained with doses of 322.7 kg ha^{-1} of P_2O_5 in 2009 and with $341.66 \text{ kg ha}^{-1}$ of P_2O_5 in 2010. In experiment 2, there was no effect interaction between sources and doses of phosphorus on the productivity in the two evaluated production seasons. Comparing the treatments that received P with the untreated plots, it was verified that this last treatment had significantly lower productivity. The sources PDP, TS and SS showed yields statistically similar, but these yields were statistically superior that observed with RNP. These results show the importance of fertilization with soluble phosphorus to achieve adequately the nutritional requirements of the coffee plants and get desired yields. Higher P levels in soil were obtained by applying greater doses of P_2O_5 and the average values extracted by the cations and anions exchange resin were higher than those obtained by the Mehlich 1 extractor.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é atualmente o maior produtor e exportador mundial de café, com uma área plantada de 2.292,7 mil hectares e tendo produzido na safra 2009/2010 de acordo com CONAB (2010) 47,2 milhões sacas de café beneficiado. O Estado de Minas Gerais contribuiu com 52,33% da produção. Apesar de a produtividade média brasileira ter crescido nos últimos anos, ainda é considerada baixa, sendo esta na safra de 2009/2010 de 22,67 sacas/ha de café beneficiado, considerando que o potencial produtivo das variedades está acima de 40 sacas/ha de café beneficiado.

Segundo (MATIELLO *et al.*, 2005) os cafezais brasileiros, são cultivados em diversos tipos de solos, em sua maioria, de baixa fertilidade natural ou degradados, caracterizados por uma acidez elevada, altos teores de Al e Mn, baixos teores de matéria orgânica, baixo teor de P disponível, baixos teores de Ca e K, baixa saturação por bases e, principalmente, baixa disponibilidade de micronutrientes. Solos férteis estão presentes em pequenas áreas, como em manchas de terra roxa em Rondônia, Paraná e São Paulo.

A prática de adubação do cafeeiro é complementar ao conjunto solo-planta-clima, devendo ser realizada segundo exigências da planta, produtividade esperada, mobilidade do nutriente no solo e características do adubo utilizado.

A fertilidade do solo está estreitamente relacionada com a produtividade das plantas, se mantidos os demais fatores de produção em níveis não limitantes. Para o P, este comportamento não é exceção. Este nutriente é, talvez, o mais investigado na literatura, em função de sua importância para os seres vivos, da frequência com que limita a produção das culturas, sobretudo nas regiões tropicais e pelo fato de ser um insumo mineral finito e insubstituível (MALAVOLTA, 2006).

O P é imprescindível ao crescimento e à reprodução das plantas as quais não alcançam seu máximo potencial produtivo sem um adequado suprimento nutricional (MARSCHNER, 1995). Ele tem como principais funções o armazenamento e transporte de energia na forma de ATP (MALAVOLTA, 2006). Além disso, melhora a qualidade dos produtos agrícolas, sendo de vital importância para a formação do sistema radicular. Logo, sua deficiência pode

afetar absorção de todos os nutrientes, e em disponibilidade adequada favorece a eficiência no uso da água e aumenta a resistência da planta às doenças e aos problemas causados por temperaturas muito baixas (GRANT *et al.*, 2001).

O P tem uma dinâmica complexa nos solos das regiões tropicais que apresentam em geral teores de P disponível limitantes ao desenvolvimento normal das culturas (LOPES, 1983). Nesses solos, são grandes as quantidades de P a serem aplicadas para manter a disponibilidade adequada do nutriente para as plantas (SOUZA *et al.*, 2004).

Apesar de suas importantes funções, o P é exigido pelo cafeeiro em pequenas quantidades em relação a outros macronutrientes como o N e o K (BATAGLIA, 2004; GUIMARÃES, 1986). No entanto, altas e constantes produtividades médias foram obtidas em Planaltina, DF, em cafeeiros irrigados cultivados num Latossolo originalmente sob cerrado, apresentando respostas muito promissoras quando se aplicaram doses de até 400 kg de P_2O_5 ha⁻¹, até então pouco testadas para a cultura (GUERRA *et al.*, 2007).

Esses autores afirmam que a adubação fosfatada do cafeeiro deve ser feita anualmente, parcelada nos períodos de maior demanda da planta, considerando que a mesma precisa de P como suprimento energético para crescer e desenvolver plenamente seus ramos plagiotrópicos e gemas reprodutivas, independentemente da produtividade esperada para o ano seguinte.

Dessa maneira, aliados ao estresse hídrico controlado (GUERRA *et al.*, 2006), conseguiram-se produtividades médias em torno de 70 ha⁻¹ sacas de café beneficiado, minimização da bienalidade da cultura, alto grau de uniformidade de maturação dos frutos na colheita com baixa incidência de grãos defeituosos e plantas mais vigorosas, mesmo após alta produção (GUERRA *et al.*, 2007).

Nesse contexto, não há concordância na literatura, quanto às doses de P a ser aplicadas ao solo para uma adequada nutrição do cafeeiro.

Sabe-se que há uma diversidade de atributos físico-químicos dos solos brasileiros, e que alguns deles competem com as plantas pelo nutriente e podem influenciar na sua disponibilidade, portanto, há a necessidade de

compreender como o P está se comportando no ambiente solo-planta em sistema com grandes doses anuais de fosfato.

Nesta situação, são feitas indagações sobre se realmente é necessário aplicar maiores doses de P. Também se questiona se essa aplicação é viável do ponto de vista técnico, econômico e ecológico, uma vez que o P é um nutriente considerado caro e com reservas minerais finitas.

Logo o presente trabalho tem como objetivo, avaliar a influencia da aplicação de doses e fontes de P_2O_5 , sobre a produtividade do cafeeiro, os teores de P labéis do solo, os teores de P e dos outros nutrientes nas folhas, flores, cascas e grãos de café.

2.0. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O Cafeeiro

O Brasil é atualmente, o maior produtor e o maior exportador mundial de café. Com uma área plantada de 2.292,7 mil hectares e tendo produzido na safra 2009/2010 de acordo com CONAB (2010) 47,2 milhões sacas de café beneficiado. O Estado de Minas Gerais contribuiu com 52,33% da produção.

Apesar de a produtividade média brasileira ter crescido nos últimos anos, ainda é considerada baixa, sendo esta na safra de 2009/2010 de 22,67 sacas/ha de café beneficiado, enquanto que o potencial produtivo das variedades está acima de 40 sacas/ha de café beneficiado. Esta baixa produtividade é devida à falta de informações e acesso às tecnologias existentes, sobre variedades mais adaptadas e principalmente ao inadequado manejo nutricional da cultura.

Além da importância econômica, esta cultura tem grande relevância social, pois é uma cultura que demanda grande quantidade de mão de obra (ANDRADE, 1995).

O cafeeiro arábica é uma planta especial que leva dois anos para completar o ciclo fenológico. De acordo com, GOUVEIA (1984) no primeiro ano formam-se os ramos vegetativos com gemas axilares nos nós, durante os meses de dias longos. A partir de janeiro, quando os dias começam a encurtar, as gemas vegetativas axilares são induzidas por fotoperiodismo em gemas reprodutivas. O segundo ano fenológico do cafeeiro, de acordo com CAMARGO & CAMARGO (2001) inicia-se com a floração, após um choque hídrico nas gemas florais. Após a fecundação da flor, inicia-se o período de desenvolvimento do fruto, entre os meses de setembro a junho, passando pelos estádios de chumbinho, expansão rápida, granação até a maturação. As fases fenológicas do cafeeiro são rígidas, porém, segundo CAMARGO & CORTEZ (1998), estas podem adiantar ou atrasar em função do clima e da região.

Segundo MATIELLO *et al.*, 2002 o crescimento vegetativo do cafeeiro inicia-se ativamente a partir das primeiras chuvas, em setembro-outubro ocorrendo à razão de 1,1 par de folhas ao mês, atingindo o auge no verão, com

1,6 par de folhas ao mês por ramo plagiotrópico. No outono e inverno, com redução das chuvas e da temperatura somado ao efeito nutricional e do fotoperíodo, a planta cresce à razão de apenas 0,5 par de folhas ao mês.

Segundo MATIELLO *et al.*, 2005 os cafezais brasileiros, são cultivados em diversos tipos de solos, em sua maioria, de baixa fertilidade natural ou degradados, caracterizados por apresentar: acidez elevada, altos teores de alumínio (Al) e manganês (Mn), baixos teores de matéria orgânica, baixo teor de P disponível, baixos teores de Ca e K, baixa saturação por bases e, principalmente, baixa disponibilidade de micronutrientes. Solos férteis estão presentes em pequenas áreas, como em manchas de terra roxa em Rondônia, Paraná e São Paulo.

A prática de adubação do cafeeiro é complementar ao conjunto solo-planta-clima, devendo ser realizada segundo exigências da planta, produtividade esperada, mobilidade do nutriente no solo e características do adubo utilizado.

Segundo MALAVOLTA *et al.* (2002), a demanda por nutrientes pelo cafeeiro ao longo dos anos, não varia em virtude da produção, pois quando a frutificação é baixa, o crescimento de ramos novos e a formação de folhas substituem o fruto como dreno de carboidratos e nutrientes.

A época de fornecimento dos fertilizantes para o cafeeiro deve coincidir com o período de maior consumo de nutrientes para sustentar o crescimento vegetativo e a frutificação. No entanto, devem ser consideradas também as condições climáticas.

De acordo com CORRÊA *et al.* (1986), a exigência nutricional do cafeeiro é crescente a partir dos primeiros 6 meses até 78 meses de idade após o plantio (6,5 anos) apresentando comportamento semelhante à acumulação de matéria seca. Além disso, com a idade, o crescimento do sistema radicular do cafeeiro aumenta a eficiência de recuperação de nutrientes do solo, elevando o aproveitamento dos fertilizantes aplicados (PREZOTTI, 2001).

2.2. Importância do fósforo

A fertilidade do solo está estreitamente relacionada com a produtividade das plantas, se mantidos os demais fatores de produção em níveis não limitantes. Para o P, este comportamento não é exceção. Este nutriente é, talvez, o mais investigado na literatura, em função de sua importância para os seres vivos, da frequência com que limita a produção das culturas, sobretudo nas regiões tropicais e pelo fato de ser um insumo mineral finito e insubstituível (MALAVOLTA, 2006).

O P é um elemento essencial para as plantas. É constituinte de importantes compostos das células vegetais, incluindo fosfato presente nas moléculas de açúcares, intermediários da respiração e fotossíntese, bem como dos fosfolípidos que compõem as membranas vegetais. É, também, componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2004).

É imprescindível ao crescimento e à reprodução das plantas as quais não alcançam seu máximo potencial produtivo sem um adequado suprimento nutricional (MARSCHNER, 1995). Ele tem como principais funções o armazenamento e transporte de energia na forma de ATP (MALAVOLTA, 2006). Além disso, melhora a qualidade de muitas frutas, verduras e grãos, sendo de vital importância para a formação de sementes. Favorece a eficiência no uso da água e aumenta a resistência da planta às doenças e os problemas causados por temperaturas muito baixas (GRANT *et al.*, 2001).

Plantas que passam por deficiências de P, quando têm seu fornecimento restabelecido, o absorvem de forma excessiva, como se perdessem a capacidade de regular a absorção. O tempo necessário para o aparecimento da deficiência numa planta depende da quantidade de P armazenado nos seus tecidos. Nas plantas superiores, a maior parte do P armazenado encontra-se na forma de P inorgânico, apresentando-se em quantidades bastante variáveis (GRANT *et al.*, 2001).

Ainda segundo os mesmos autores, somente uma pequena parcela do P presente na planta encontra-se ativo no seu metabolismo. A maior parte se acumula nos vacúolos na forma de ortofosfato, servindo de fonte imediata à planta no caso de uma deficiência. Na ocorrência de uma deficiência, ocorre a

redução da fotossíntese e da respiração. Se esta última sofrer uma redução maior que a primeira, ocorrerá um aumento no acúmulo de carboidratos, o que deixará as folhas com um aspecto verde-escuro, chegando à púrpura. Como o P participa da formação do DNA, quando em falta, as células deixam de crescer satisfatoriamente, trazendo como consequência a menor emissão de folhas, a menor estatura da planta e o menor número de raízes secundárias (GRANT *et al.*, 2001).

2.3. Dinâmica e disponibilidade de P no solo

Na natureza ele é mais raro do que o N, e seus reservatórios são principalmente rochas como a apatita, em menor escala a fosforita e também o guano. No meio terrestre, a concentração de P disponível às plantas costuma ser baixa, constituindo um fator limitante ao seu desenvolvimento.

Os adubos fosfatados excedentes e os diversos produtos contendo fosfatos, como as lixívia, são lançados nas águas superficiais e nas subterrâneas, do mesmo modo que os nitratos, onde contribuem para a eutrofização (DAJOZ, 2005).

O solo é heterogêneo e nele ocorrem reações complexas, envolvendo os nutrientes adicionados pelos adubos que, muitas vezes, embora presentes em quantidades adequadas, não estão disponíveis para a absorção pelas raízes (MARTINEZ & CLEMENTE, 2011).

O P é um dos elementos que se enquadra nesta situação. Seu comportamento torna-se ainda mais importante em solos das regiões tropicais como os sob cerrado que apresentam teores de P disponível muito abaixo dos níveis críticos considerados adequados, limitando o desenvolvimento normal das culturas (LOPES, 1983). E em solos deficientes em P e com grande quantidade de argilominerais e óxidos, a adsorção de P é maior e, para o atendimento da exigência das culturas, são necessários doses de adubação fosfatada mais elevada do que em solos arenosos (MOTTA *et al.*, 2002). Nesses solos, são grandes as quantidades de P a serem aplicadas para manter a disponibilidade adequada do nutriente para as plantas (SOUSA *et al.*, 2004).

Outro importante componente do solo, que afeta a disponibilidade de P para as plantas, é a matéria orgânica, sendo o seu efeito, devido principalmente, ao menor contato dos íons ortofosfato com os sítios de fixação. Esse processo acontece pelo recobrimento desses sítios por radicais orgânicos, formação de complexos organofosforados, os quais são mais facilmente absorvidos pelas plantas e substituição de íons fosfatos por íons orgânicos nos sítios de adsorção (SÁ, 2004).

Quando o fertilizante fosfatado é fornecido ao solo, ele é solubilizado e vai para a solução do solo. Em condições de pH elevado, parte do P é precipitado em formas pouco solúveis e retorna ao compartimento “Fonte mineral”. Na solução, ocorre um desequilíbrio em relação ao momento anterior à chegada do P. Ocorrerá, então, tanto a difusão quanto a adsorção (que ocorre mais facilmente, principalmente em solos intemperizados). O P adsorvido se transforma em P-lábil, que atua como um reservatório, fornecendo P à solução quando ali ele se encontra escasso. Esse fluxo de fósforo da forma lábil-solução ou solução-lábil varia de acordo com a granulometria e intemperização do solo (NOVAIS *et al.*, 2007).

Para solos mais argilosos, o P encontra uma resistência maior para mover-se de um lugar para outro. Isso é conhecido como “poder tampão do solo”. Esse sistema de reservatório funciona como um regulador de excesso e escassez, sendo mais rigoroso ainda em solos bastante intemperizados, onde o P passa mais rapidamente da forma lábil para não-lábil (forma não prontamente disponível), fenômeno conhecido como fixação de P. Ao contrário do N, o P é muito pouco móvel no solo, “não lixiviável” em condições normais (NOVAIS *et al.*, 2007).

Se for adicionado ao solo um fertilizante fosfatado solúvel em água, as reações acontecerão rapidamente, fazendo com que a porção adubada do solo fique saturada com P. Essa saturação cria um potencial osmótico que atrai a água para si e, ao mesmo tempo, ocorre difusão do P desta região para outras mais pobres em P. Isso significa que esse P será absorvido pelas raízes presentes. Segundo GRANT *et al.* (2001), a maior parte do P que chega às raízes chega por difusão. Acredita-se que a raiz absorva apenas o P que se encontra a até 2 mm de distância. Plantas submetidas a condições de baixa disponibilidade deste nutriente tendem a desenvolver o sistema radicular maior

do que a parte aérea, como mecanismo adaptativo para aumentar a eficiência de absorção.

Existe um mecanismo nos solos, principalmente naqueles mais intemperizados, de promover uma “economia” de P, que será tanto maior quanto menor for a quantidade desse elemento no solo (NOVAIS *et al.*, 2007). Segundo o mesmo autor, o movimento contrário à fixação raramente acontece, uma forma de favorecê-lo é adicionar ao solo matéria orgânica.

Os P solúveis reagem mais rapidamente no solo, se comparados aos fosfatos naturais, portanto, fornecem inicialmente maiores quantidades de fósforo ao sistema. NOVAIS *et al.*, 2007 sugerem que a aplicação de P solúvel como correção é economicamente questionável, por questões de fixação, sendo interessante fazer aplicações localizadas ou mesmo parceladas, à semelhança do N.

O fertilizante fosfatado apresenta um efeito residual durante os anos subsequentes à aplicação. Este efeito é variável em função de vários fatores, como por exemplo, a fonte, a dose, o teor de argila e pH do solo, o manejo adotado e as culturas empregadas (SOUSA & LOBATO, 2003).

De acordo com SOUSA *et al.* (1987) citado por SOUSA & LOBATO (2003), o efeito residual de fontes solúveis de P é da ordem de: 60%, 45%, 35%, 15% e 5% depois do primeiro, segundo, terceiro, quarto e quinto ano consecutivo de cultivo, respectivamente. Os fosfatos solúveis fornecem quantidades maiores de P inicialmente, mas o efeito residual vai diminuindo de um ano para outro. Já os fosfatos naturais, fornecem menores quantidades de P inicialmente, mas no decorrer de dois ou três anos, seu efeito residual vai aumentando.

2.4. Fósforo no cafeeiro

Inicialmente, as plantas se servem do P armazenado na semente para seu crescimento. Na próxima etapa, o crescimento é influenciado pela interação entre o P disponível externamente e na própria planta (GRANT *et al.*, 2001).

No caso do cafeeiro, além do P armazenado na semente, é importante também aquele que é fornecido ao substrato de formação das mudas.

Geralmente se utiliza um substrato feito pela mistura de terra de subsolo (terra de barranco), esterco de curral, e superfosfato simples (MATIELLO *et al.*, 2005). Mudanças feitas com substrato deficiente em P apresentam sistema radicular pouco desenvolvido, sendo esse um fator limitante ao desenvolvimento no campo (MALAVOLTA, 1980). Por outro lado, excessos de fósforo podem afetar a sanidade das mudas por reduzir a disponibilidade de ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), e cálcio (Ca) (YAMADA, 1995).

POZZA *et al.*, (2002) avaliaram o comportamento de mudas de café plantadas num substrato com doses de P variando de 0 a 3,2 kg de P_2O_5 m³. Com relação à incidência de cercosporiose, não foi observada nenhuma diferença em função das doses. Provavelmente isso se deve ao fato de o esterco usado já ter suprido a necessidade de P dessas mudas.

Em um cafezal plantado sem o uso de adubos fosfatados no sulco de plantio, BARROS *et al.* (2000) notaram que, mesmo depois da aplicação superficial do fertilizante, na intenção de compensar o que não foi adicionado no plantio, o café se recuperou apenas parcialmente.

Há uma série de estudos indicando que se a planta não receber uma dose suficiente de P na fase inicial de sua vida, seu desenvolvimento no futuro fica seriamente comprometido, mesmo que depois receba esse nutriente nas doses recomendadas (GRANT *et al.*, 2001).

Já na fase adulta ao contrário grande maioria das culturas perenes apresenta baixa resposta a P na fase de produção em muitos solos. O mecanismo de acúmulo de formas de reserva de P nas plantas perenes deve ter evoluído em razão dos maiores e mais prolongados déficits hídricos a que essas plantas estão sujeitas ao longo dos anos, se comparadas às plantas de ciclo anual (NOVAIS & MELLO, 2007).

Na fase de formação do café, acredita-se que o P seja muito importante, uma vez que a planta apresenta ainda um pequeno sistema radicular (MELO *et al.*, 2005). Com o crescimento das raízes, um maior volume de solo é explorado, suprimindo a planta em sua demanda por este nutriente. Além disso, as associações micorrízicas podem contribuir para a ampliação da capacidade de absorção de P pela planta (SAGGIN-JÚNIOR *et al.*, 1994; SAGGIN-JÚNIOR & SIQUEIRA, 1992).

O P é um dos macronutrientes menos exigidos e exportados pela cultura do cafeeiro (MALAVOLTA, 1986). É bem aceito, por diversos pesquisadores, que esta cultura responde a incrementos de fósforo apenas em sua fase inicial de desenvolvimento no momento do plantio e da formação da lavoura.

No Brasil, o cafeeiro é considerado pouco responsivo à aplicação de P em lavouras em produção (BATAGLIA, 2004), tendo as pesquisas, por muito tempo, consolidado este conceito.

Mas, trabalhos recentes, mostram altas produtividades médias e constantes em cafeeiros irrigados num Latossolo originalmente sob cerrado em Planaltina, DF, mostrando respostas muito promissoras quando se aplicaram doses de até 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅, até então pouco testadas para a cultura (GUERRA *et al.*, 2007). Estes autores afirmam que a adubação fosfatada do cafeeiro deve ser feita anualmente, parcelada nos períodos de maior demanda da planta, considerando que a mesma precisa de P como suprimento energético para crescer e desenvolver plenamente seus ramos plagiotrópicos e gemas reprodutivas, independentemente da produtividade esperada para o ano seguinte.

Dessa maneira, aliados ao estresse hídrico controlado (GUERRA *et al.*, 2006), conseguiram-se produtividades médias em torno de 70 sacas de café beneficiado ha⁻¹, minimização da bienalidade da cultura, alto grau de uniformidade de maturação dos frutos na colheita com baixa incidência de grãos defeituosos e plantas mais vigorosas, mesmo após alta produção (GUERRA *et al.*, 2007).

Os autores também mostraram resultados promissores de lavouras de sequeiro no Sul de Minas, que tiveram alta média de produtividade e, ainda, conseguiram vegetar para o ano seguinte, minimizando a bienalidade da cultura quando se aplicavam 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, independentemente de se considerarem os teores de P pela análise de solo.

Já GUIMARÃES *et al.*, (1999) recomenda em áreas com 5 mg dm⁻³ de fósforo no solo, no máximo 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Contudo, existe uma demanda por respostas em termos de comportamento desse nutriente no solo sob a aplicação de elevada quantidade de P₂O₅, para que ocorram maior produtividade e minimização da bienalidade.

3.0. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Experimentos:

Para avaliar a influencia da aplicação de doses e fontes de P_2O_5 , sobre a produtividade do cafeeiro, altura de planta (cm), número de ramos plagiotrópicos, emissão de pares de ramos plagiotrópicos (ERP), número de nós por ramo plagiotrópico (NNRP), teores de fósforo labil do solo, os teores de fósforo e dos outros nutrientes nas folhas, flores, casca e grão, análise de rendimento e % de grãos retidos em peneira acima de 15, foram instalados e avaliados dois experimentos.

3.1.1 Experimento I

O trabalho foi conduzido durante um período de trinta e dois meses, entre agosto de 2007 e abril de 2010, em Área Experimental da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, com altitude de 651 m, latitude de $20^{\circ} 45'$ sul e longitude de $42^{\circ} 51'$ oeste.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico. Antes do início do experimento fez-se análise química e física do solo, cujas características podem ser observadas na Tabela 1. Procedendo-se a seguir a calagem segundo recomendações de GUIMARÃES *et al* 1999.

Foi utilizada uma lavoura de cultivar, Oeiras, plantada no espaçamento de 2,0 x 1,0 m, que no início do experimento, estava com 4 anos de idade.

As doses de 33, 83, 166, 333 e 666 kg de P_2O_5 ha⁻¹ constituíram o fator em estudo, utilizando-se como fonte o fosfatomonopotássico.

O fosfatomonopotássico foi aplicado na projeção da copa e na face superior da copa do cafeeiro, sendo 1/2 da dose entre final de outubro e início de novembro, e a outra 1/2 entre final de dezembro e início de janeiro em função das condições climáticas.

Nos tratamentos que receberam doses menores de P_2O_5 , o K foi suplementado com KCl, de modo a se fornecer a mesma dose de K para todos os tratamentos.

Foram fornecidos 400 kg de N ha⁻¹ na forma de uréia dividida em três parcelas iguais, sendo a primeira parcela aplicada entre final de outubro e início de novembro, a segunda parcela aplicada entre o final de dezembro e início de janeiro, e a terceira parcela aplicada entre final de fevereiro e início de março em função das condições climáticas.

Os micronutrientes, B, Cu, e Zn foram fornecidos via adubação foliar.

Tabela 01: Atributos químicos e físicos da área experimental da UFV, em Viçosa, Minas Gerais, na profundidade de 0-20 cm, por ocasião do início do estudo em agosto de 2007

Ph	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	m	P-rem
						cmolc/dm ³						
4,6	7	55	0,9	0,4	0,7	5,28	1,44	2,14	6,72	21	33	26
Argila	Silte		Areia		Classificação Textural			Tipo de Solo				
			%									
48	12		40		Argiloso			3				

O método utilizado foi o da "Pipeta" segundo EMBRAPA (1997).

* Conforme a capacidade de retenção de água:

Tipo 1 Arenoso

Tipo 2 Textura Média

Tipo 3 Argiloso

SB = Soma de bases trocáveis

V = Porcentagem de saturação por bases

pH em H₂O = relação 1:2,5

CTC = Capacidade de troca de cátions

P, K = Extrator Mehlich 1

Ca₂₊, Mg₂₊, Al₃₊ = KCl 1 mol/l

H + AL = Método Ca(OAc)₂ 0,5 mol/l, pH = 7

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em que as parcelas foram constituídas de três linhas de plantio e sete plantas por linha, sendo as cinco plantas, da linha central, consideradas úteis e ambas as laterais bordaduras.

Avaliaram-se produtividade, altura de planta (cm), números de ramos plagiotrópico, emissão de pares de ramos plagiotrópicos (ERP), número de internódios de ramos plagiotrópicos (NIRP), teores de macro e micronutrientes em folhas, flores, cascas e grãos, teores de P lábeis do solo a 0-20 e 20-40.

Além destas fez-se determinação do rendimento e a % de grãos retidos em peneira acima de 15.

Tabela 02: Precipitação (mm) diária no período compreendido entre Janeiro de 2007 a dezembro de 2008 obtida na estação climatológica do departamento de engenharia agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG

Dia	2007												2008											
	Meses																							
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	6.3	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8	18.5	22.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.8	
2	24.9	2.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	12.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	94.4	
3	50.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	7.8	0.0	18.4	0.0	0.0	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	7.3	3.4	
4	11.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	2.7	0.0	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.5	1.6	
5	40.4	20.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0	0.0	3.8	9.7	13.5	0.0	6.3	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	8.6	1.3	
6	1.3	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	12.0	10.9	17.4	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	
7	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	11.6	2.1	10.9	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	
8	3.2	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	1.0	12.8	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.6	0.0	
9	29.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	3.5	2.1	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
10	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
11	0.0	20.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.4	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	9.4	
12	13.3	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.2	0.0	0.0	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	18.1	
13	9.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	33.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	13.2	
14	2.9	28.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.2	0.2	0.0	10.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	20.9	11.4	49.6	
15	12.8	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	49.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.8	3.0	88.4	
16	16.3	0.0	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	0.1	88.8	
17	0.0	0.0	16.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	9.9	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6	0.0	53.8	47.8
18	20.4	1.9	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	33.8	
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	14.2	2.1	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	0.1	
20	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	46.4	15.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	2.3	
21	50.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.0	0.0	0.0	
22	***	0.0	0.0	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	1.0	7.9	6.0	0.0	0.0	11.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.1	
23	92.7	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	14.8	0.0	0.8	4.6	6.8	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	1.4	1.6	
24	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	23.3	0.0	0.0	15.4	0.0	0.0	0.0	1.0	4.8	
25	2.3	0.0	0.0	0.0	***	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	1.0	0.0	0.8	0.2	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	13.6	
26	4.2	0.0	0.0	0.0	***	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2	0.0	4.5	0.2	3.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	25.4	0.0	0.0	
27	5.6	0.0	0.0	0.0	***	0.0	6.1	0.0	0.0	4.8	1.2	0.0	17.2	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.3	0.0	33.6	49.8
28	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.2	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	41.5	
29	14.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.4	0.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.4	2.6	
30	11.1		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0	80.6		0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	12.8	0.0	0.0	2.6	
31	2.4		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0	0.0	18.5		0.0		0.0		0.0		0.4		23.6	

Tabela 03: Precipitação (mm) diária no período compreendido entre Janeiro de 2009 a dezembro de 2010, obtida na estação climatológica do departamento de engenharia agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG

Dia	2009												2010											
	Meses																							
	Jan	fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	0.4	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	23.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.2	60.2	60.2	
2	0.5	42.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.0	0.5	11.4	0.0	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3	3.9	42.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	80.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	
4	36.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.7	0.0	0.0	18.6	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	
5	30.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	12.8	20.3	20.3	
6	3.9	0.0	13.2	0.4	0.0	11.0	1.0	0.0	1.8	0.0	0.0	14.0	1.3	0.0	9.6	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.2	29.2	
7	0.0	0.0	21.2	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	2.2	19.9	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	0.2	0.2	
8	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.7	2.1	6.4	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
9	42.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.4	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	12.0	
10	0.0	1.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	18.9	
11	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	1.8	3.6	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	7.9	
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	
13	0.0	55.0	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	2.3	
14	0.0	2.1	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.7	0.0	0.3	17.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	10.0	10.0	
15	9.7	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	37.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	2.7	
16	2.5	7.8	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.6	0.0	30.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.6	12.6	
17	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.7	31.7	
18	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0	26.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.6	0.0	0.0	
19	0.2	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
20	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.8	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
21	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.2	33.9	0.0	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	2.1	
22	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.2	4.5	0.0	0.0	38.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	59.4	59.4	
23	9.0	0.0	35.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	60.1	60.1	
24	0.0	0.0	47.4	0.0	0.0	0.0	1.0	12.8	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.4	16.4	
25	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.2	1.2	0.0	1.4	0.0	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	43.2	43.2	
26	2.8	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	0.0	21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.8	3.0	3.0	
27	49.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8	0.0	0.2	0.0	0.0	7.4	20.1	0.0	0.0	0.8	0.7	0.5	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0	
28	2.9	0.0	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	7.0	8.7	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	0.0	0.0	
29	0.0		35.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.4	23.4	22.3	18.4	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	
30	0.0		33.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	17.2	0.0		20.8	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	26.2	0.0	0.0	
31	0.0		53.6		0.0		0.0			4.8		71.2	0.0		0.2		0.0		0.0		8.6		60.2	

Estimativa de produtividade:

A estimativa da produtividade foi realizada por meio da derriza completa de cinco plantas úteis em sequência, em seguida secou-se, descascou-se e transformou-se em sacas por hectare. Fez-se o mesmo procedimento nas quatro repetições.

Altura de plantas:

Para determinar a altura das plantas, estas foram avaliadas nos meses de abril de 2008, 2009 e 2010. Avaliaram-se cinco plantas sequenciais, da parcela útil, fazendo-se o mesmo procedimento nas quatro repetições.

Números de ramos plagiotrópico:

Para determinar o número de ramos plagiotrópicos, fez-se a contagem desses em cinco plantas úteis sequenciais, nos meses de abril de 2008 e 2009, fazendo-se o mesmo procedimento nas quatro repetições. Já no ano de 2010 optou-se por contar apenas os pares de ramos emitidos no período de novembro de 2009 a abril de 2010.

Número de internódios por ramo plagiotrópico:

A estimativa do número de internódios por ramo plagiotrópico foi realizada por meio da contagem desses, emitidos no período de novembro de 2009 a abril de 2010 nas cinco plantas úteis sequenciais, fazendo-se o mesmo procedimento nas quatro repetições.

Amostragens de solo:

As amostras de solo foram coletadas no mês de julho, antes das adubações para o próximo ano agrícola, nos anos de 2008, 2009 e 2010. As amostras foram coletadas na projeção da copa, nas profundidades, 0 a 20 e 20 a 40 cm para análise química. Para cada profundidade foram retiradas

amostras compostas em pontos diferentes respeitando a independência das profundidades. Fez-se o mesmo procedimento nas quatro repetições.

Amostragens de folhas:

Para determinar os teores de macro e micro nutrientes em folhas dos cafeeiros foram coletadas amostras em abril de 2008, novembro de 2008, novembro de 2009, janeiro de 2010, abril de 2010; as folhas foram correspondentes ao 3º e 4º pares, na posição distal, de ramos plagiotrópicos com frutos, situados no terço médio da planta.

Amostragem de Flor:

Para determinar os teores de macro e micro nutrientes nas flores dos cafeeiros, foram coletadas amostras de flores correspondentes ao 3º e 4º pares, na posição distal, de ramos plagiotrópicos situados no terço médio da planta, da safra 2010.

Amostragens de casca e grão:

Para determinar os teores de macro e micro nutrientes na casca e nos frutos de cafeeiros foram coletadas amostras da safra 2010; a casca e os frutos foram correspondentes de frutos maduros amostrados em toda a planta.

3.1.2 Experimento II

O trabalho foi conduzido durante um período de dezenove meses, entre outubro de 2009 a abril de 2011, em uma lavoura localizada no município de Porto Firme, MG, há uma altitude de 669m, latitude de 20 ° 41 ' sul e longitude de 43 ° 01' oeste. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico. Antes do início do experimento fez-se análise química do solo, cujas características químicas e físicas podem ser observadas na Tabela 04.

Foi utilizada uma lavoura da cultivar Paraíso, no espaçamento de 3,0 x 0,6 m, que no início do experimento, estava com dois anos de idade.

O delineamento adotado foi em blocos casualizados, com três repetições, em esquema fatorial (4X2)+1 compreendendo 4 fontes P₂O₅: fosfato reativo (FNR), superfosfato simples (SS), superfosfato triplo (ST), fosfato monopotássico (FMP); duas doses de P₂O₅ por hectare: 80 e 320 kg de P₂O₅ ha⁻¹; e um tratamento adicional: que consistiu de ausência de fósforo.

Cada parcela experimental foi constituída por quatro linhas de 5m, sendo as duas plantas centrais e uniformes das duas linhas centrais adotadas como úteis.

A adubação fosfatada foi realizada de uma única vez, na projeção da copa e na face superior da copa do cafeeiro.

Tabela04: Atributos químicos e físicos do solo da área de Porto Firme, Minas Gerais, na profundidade de 0-20 cm, por ocasião do início do estudo em outubro de 2009

pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	m	P-rem
						cmolc/dm ³				%		mg/L
5,7	8	50	1,5	0,7	0	2,97	2,33	2,33	5,3	43,9	0	25

Argila	Silte	Areia	Classificação Textural	Tipo de Solo
%				
43	8	49	Argiloso Arenoso	2

O método utilizado foi o da "Pipeta" segundo EMBRAPA (1997).

SB = Soma de bases trocáveis

V = Porcentagem de saturação por bases

pH em H₂O = relação 1:2,5

CTC = Capacidade de troca de cátions

P, K = Extrator Mehlich 1

Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ = KCl 1 mol/l

H + AL = Método Ca(OAc)₂ 0,5 mol/l, pH = 7

* Conforme a capacidade de retenção de água:

Tipo 1 Arenoso

Tipo 2 Textura Média

Tipo 3 Argiloso

Como o fosfato monopotássico tem potássio na sua fórmula, assim o tratamento que recebeu a dose menor de P₂O₅, dessa fonte, e os tratamentos das fontes: fosfato natural reativo, superfosfato simples, superfosfato triplo e o

tratamento adicional, o K foi suplementado com KCl, de modo a se fornecer a mesma dose de K para todos os tratamentos.

Assim, na primeira parcela de adubação todos os tratamentos receberam 209 kg ha^{-1} de K_2O . Foram feitas mais duas adubações de $95,5 \text{ kg ha}^{-1}$ K_2O na forma de KCl para todos os tratamentos e totalizando 400 kg de K_2O por hectare.

Foram fornecidos 400 kg ha^{-1} de N ha^{-1} na forma de uréia dividida em três parcelas iguais, sendo que a primeira parcela, foi aplicada no início de novembro, a segunda parcela aplicada no final de dezembro e a terceira parcela aplicada no início de março.

Os micronutrientes, boro (B), cobre (Cu), e zinco (Zn) foram fornecidos via pulverizações foliar.

Avaliaram-se produtividade, emissão de ramos plagiotrópicos (ERP), número de nós por ramo plagiotrópico (NNRP), teores de macro e micronutrientes em folhas, cascas e frutos. Análise química do solo foi feita de amostras coletada a 0-20 e 20-40.

Estimativa de produtividade:

A estimativa da produtividade foi realizada por meio da derricha completa de quatro plantas úteis da parcela, em seguida secou-se, descascou-se e transformou-se em sacas por hectare. Fez-se o mesmo procedimento nas três repetições.

Emissão de ramos plagiotrópico:

A estimativa de emissão de pares de ramos plagiotrópico foi realizada por meio da contagem desses, emitidos no período de novembro de 2009 a abril de 2010 em quatro plantas sequenciais, duas em uma linha e duas em outra, fazendo-se o mesmo procedimento nas três repetições.

Número de nós por ramos plagiotrópico:

A estimativa do número de nós por ramo plagiotrópico foi realizada por meio da contagem desses, emitidos no período de novembro de 2009 a abril de 2010 em cinco plantas sequenciais, fazendo-se o mesmo procedimento nas três repetições.

Tabela 05: Precipitação diária (mm) no período compreendido entre outubro de 2009 a maio de 2011, obtida na estação climatológica, em Porto Firme, MG, há nove km do experimento

Dia	2009			2010												2011				
	Meses																			
	Out	Nov	Dez	Jan	fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	fev	Mar	Abr	Mai
1	0	3,4	12,5	27,5	0	7,2	0	2	0	0	0	0	0	15,8	25,4	12,4	0	62,3	0	0
2	0	4,2	0	0	0	37,6	0	0	0	0	0	0	12,6	56,4	4,7	0,7	0	0	0	0
3	0	14,5	2,6	0	0	11,6	0	0	4,3	0	0	0	0	0	8	2,2	0	53,5	15,5	0
4	20,5	0	66	0	0	3,5	0	0	0,5	0	0	0	0	0	5,7	16,2	0	22,8	2,3	0
5	0	0	56,2	0	0	2,9	10,5	0	0,2	0	0	0	2,8	0	0	21,3	0	9,3	89,9	0
6	0	0	15	1,7	0	5,9	1,6	0	0,2	0	0	0	7,5	25,4	21	87	0	52,5	26,3	0
7	0	0	9,8	0,4	0	15	3	0	0	0	0	0	0	25,2	1,5	0	0	59,3	0	0
8	7,4	1,4	21,5	0	0	5,4	0	0	0	0	0	1,6	10	0	0,8	0	0	65,4	0	0
9	9,8	0,6	3,5	0	0	12,2	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	25,1	0	0
10	0	34,5	10,6	0	0	3	0	5,5	0	0	0	0	0	26,1	0	0	0	2,2	0,6	0
11	0	1,9	0,2	0	0	0	0	12,3	0	0	0	0	2,6	12,3	0	0	0	0	0	0
12	0	4,9	0	0	0	22,3	0	0	0	0	0	0	0	4,7	0	0,4	1,6	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0	0	0	0	1,7	2,3	42,5	0	26,4	0	0
15	0	0	47,6	0	0	4,1	0	0	0	0	0	0	0	3,6	62	24,2	0	2,1	0	0
16	4,8	13,2	0	0	0	21,6	0	0	0	0	0	0	0	4,7	33,3	5,3	0	21,2	0	1,3
17	0,4	48,3	0	0	0	26,2	0	0	0	0	0	0	0	16,8	0	0,9	0	0	0	0
18	3,7	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	10,5	0	0	0	1,4	0	0
19	0,2	0	10,9	0	14,7	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0,4	25,3	0
20	7,7	0	0,6	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	7,7	23,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,5	0,5	0	0	0
22	26,6	0	0	0,3	0	65,3	0	0	0	0	0	0	0	8,7	0	0	0	0	0	0
23	24,5	0	0	5,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	37	0	10	0	0	0
24	0	0	0	0	0	3,9	0	0	0	0	0	0	0,4	19,6	20,2	0	11,4	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	20	6,1	7,7	0	0	0	0
26	2,2	0	5,3	0,8	15,6	0	0	0	0	0	0	0	0	26	14,1	0	0,8	0	0	0
27	0,4	0	0	0	1,1	0	0	0,5	0	0	0	0	50,7	4,7	16,7	0	0	0	2,5	0
28	3,2	9,9	5,3	0	0	0	0	0,4	0	0	0	4,3	0	5,8	48,2	0	3,2	0	0	0
29	2,7	12,2	8,4	0	0	0	0	0	0	0	0	18,6	0	0	20,5	0	0	0	0	0
30	22,5	27,5	46,4	0	0	0	0	0	0	0	0	4,3	0	0	29,6	0	0	0	0	0
31	0	0	35,9	0	0	37	0	0	0	0	0	0	34	0	37	0	0	0	0	0

Amostragens de solo:

As amostras de solo foram coletadas no mês de julho de 2010. As amostras foram coletadas nas projeções da copa nas profundidades, 0 a 20 e 20 a 40 cm para análise química. Para cada profundidade foram retiradas amostras compostas em pontos diferentes respeitando a independência das profundidades. Fez-se o mesmo procedimento nas três repetições.

Amostragens de folhas:

Para determinar os teores de macro e micro nutrientes nas folhas do cafeeiro foram coletadas amostras em janeiro de 2010 e em abril de 2010; as folhas foram correspondentes ao 3^o e 4^o pares, na posição distal, de ramos plagiotrópicos com frutos, situados no terço médio da planta.

Amostragens de casca e grãos:

Para determinar os teores de macro e micro nutrientes na casca e frutos dos cafeeiros foram coletadas amostras da safra 2010; a casca e frutos foram correspondentes de frutos maduros amostrados em toda a planta.

3.2. Análises laboratoriais:

O material vegetal coletado foi lavado em água desionizada e posto a secar em estufa de circulação forçada de ar a 70 °C até atingir peso constante conforme descrito por JONES JUNIOR *et. al* (1991). Após este processo, os materiais vegetais foram pesados em balança de precisão, moídos em moinho tipo Wiley, de aço inoxidável e acondicionados em embalagens de papel devidamente identificadas para realização das análises químicas.

Para determinação dos teores N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn o material seco e moído foi submetido a digestão nitricoperclórica (JOHNSON e ULRICH, 1959), o fósforo foi determinado por redução do fosfomolibdato pela vitamina C, conforme descrito por BRAGA & DEFELIPO (1974), o K por fotometria de chama, enquanto que o Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e o Zn foram

quantificados por espectrofotometria de absorção atômica (AOAC, 1975) e o S foi avaliado por turbidimetria do sulfato (JACKSON, 1958). Para determinação dos teores de N, o material vegetal, seco e moído, foi submetido a digestão sulfúrica (JACKSON, 1958). As amostras digeridas, oriundas da digestão sulfúrica, foram utilizadas para as análises dos teores de N total, pelo método de destilação.

3.3. Análise estatística

3.3.1 Experimento I

A análise estatística foi realizada com o apoio do programa, Sistema de Análises Estatísticas (SAEG). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Posteriormente efetuaram-se as análises de regressão selecionando-se os modelos que mais explicaram fisiologicamente a variação de produtividade, dos teores de macro e micronutrientes em folhas, flores, casca e grãos, e dos teores de P, K, e P-rem, em função das doses de P_2O_5 .

Foi calculada a dose de P_2O_5 para obtenção da produtividade máxima e de máxima eficiência econômica, igualando-se a derivada primeira da função de produtividade, determinada por meio da equação de regressão, à zero e à relação de preço do fertilizante utilizado e da saca de café beneficiado, respectivamente. Para tanto, foram considerados os preços médios dos fertilizantes e da saca de café beneficiado, vigentes nos últimos três anos (Tabela 06).

Tabela 06: Histórico dos preços médios pagos pela saca de café beneficiado e pelos fertilizantes nos últimos três anos.

Ano	¹ Preço da saca de café --- R\$ saca ⁻¹ ---	² Preço médio – P_2O_5 ⁻ ----- R\$ kg ⁻¹ -----	Rel.de Preços P_2O_5 ⁻ ---R\$ kg ⁻¹ / R\$ sc ⁻¹ ---
2009	262,9	4,3	0,0162
2010	311	2,9	0,0093
2011	503,6	3,9	0,0077
Média	359,16	3,7	0,0103

¹ Fonte: Cepea/ESALQ, 2011 (cotação de preços da saca de café beneficiado); ²CONAB, 2012 (histórico de preços dos fertilizantes).

3.3.2. Experimento II

A análise estatística foi realizada com o apoio do programa, Sistema de Análises Estatísticas (SAEG). Os dados foram submetidos à análise de variância. Quando houve interação significativa optou-se pelo estudo do desdobramento da mesma. Quando não houve interação significativa optou-se pelo estudo das marginais. As médias foram comparadas utilizando-se o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.0. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1. Experimento I

4.1.1. Altura de plantas, número de ramos plagiotrópicos, Emissão de pares de ramos plagiotrópico e número de internódios por ramo plagiotrópico.

Não houve efeito das doses de P_2O_5 sobre a altura das plantas nos três anos avaliados. Sendo que essas atingiram uma altura média de 140,1 cm 150,8 cm e 164,6 cm nos respectivos anos de 2008, 2009 e 2010.

Para números de ramos plagiotrópicos nos anos de 2008 e 2009 não se observou resposta significativa, e esses foram de 29,1 e 29,0 nas respectivas safras.

Também não houve efeito das doses de P_2O_5 sobre as emissões de pares de ramos plagiotrópicos, no período de novembro de 2009 a abril de 2010. As médias de emissões foram de 7,3 pares nesse período.

O mesmo foi observado para números de internódios por ramo plagiotrópico nas safras de 2009 e 2010. Os números médios de internódios por ramos plagiotrópico foram de 6,1 e 6,6 nos respectivos anos, sendo este avaliado no período de novembro de 2008 a abril de 2009 e novembro de 2009 a abril de 2010.

4.1.2. Produtividade

Houve resposta significativa do cafeeiro às doses de P_2O_5 aplicadas, com relação à produtividade em sacas de café beneficiado por hectare nas safras de 2009 e 2010 do presente experimento.

O mesmo não foi observado na safra de 2008 (Figura 01). Cabe aqui comentar que sendo 2008 o primeiro ano de colheita dessa lavoura, a produção já formada na planta e a adição de P nas covas de plantio podem ter sido a razão da ausência de resposta significativa da produtividade nesse ano agrícola.

O modelo quadrático foi o que melhor se ajustou à produtividade da safra de 2009. Já na safra de 2010 o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o de raiz quadrada.

A dose de P correspondente a 90% da produtividade máxima foi de 113 kg/ha de P_2O_5 , nas safras de 2009 e 2010 (Figura 02). A dose de P_2O_5 correspondente a 90% da produtividade máxima está próxima daquelas recomendadas oficialmente para uma alta produtividade por GUIMARÃES *et al.*, (1999) que recomenda em áreas com 5 mg dm^{-3} de fósforo no solo, 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Vale ressaltar que neste experimento mesmo nas altas doses de P, houve um grande decréscimo de produtividade em relação à safra de 2008 para as de 2009 e 2010 (Figura 01). Isso leva a concluir, que nas condições em que o experimento foi conduzido, altas doses de P não implicaram a reduzir a bienalidade, resultado este que contradiz a GUERRA *et al.*, 2007, os quais conseguiram minimização da bienalidade da cultura, produtividades médias em torno de 70 sacas de café beneficiado ha^{-1} , alto grau de uniformidade de maturação dos frutos na colheita, baixa incidência de grãos defeituosos e plantas mais vigorosas, mesmo após alta produtividade, quando empregaram altas doses de P_2O_5 na adubação.

No entanto, se for considerada a dose de P_2O_5 aplicada que correspondente a 90% da máxima eficiência econômica, com os preços praticados no período compreendido entre 2009 e 2011, verifica-se que, embora os rendimentos tenham sido decrescentes em doses superiores a 113 kg/ha de P_2O_5 , houve retorno econômico para a adubação fosfatada até a dose

de 322,7 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na safra de 2009 e de 341,66 kg ha⁻¹ na safra de 2010 (Figura 03).

As doses de P₂O₅ correspondentes à máxima eficiência econômica obtidas no presente trabalho são superiores às recomendadas para uma alta produtividade por GUIMARÃES *et al.*,(1999), que recomenda em áreas com 5 mg dm⁻³ de fósforo no solo, 80 kg de P₂O₅ ha⁻¹. No entanto, é importante destacar que a dose de máxima eficiência econômica é variável, pois depende do preço do fertilizante e do preço de mercado para a saca de café, não podendo ser utilizada como referência para a recomendação de adubação. Se a relação de preços for favorável, o acréscimo de produtividade obtido com altas doses de P, ainda que pequeno, é compensador.

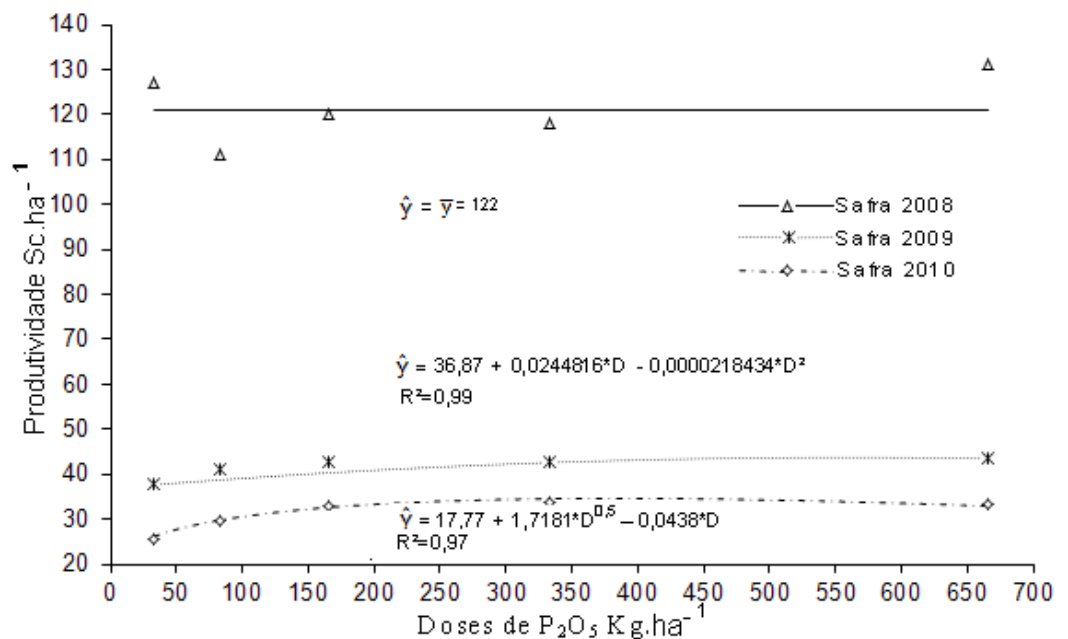


Figura 01: Produtividade de Cafeeiro (*Coffea arabica* L.) nas safras de 2008, 2009 e 2010 em função da aplicação anual de doses de P, nos anos de 2007, 2008 e 2009 em Viçosa, MG.

* Significativo pelo teste t a 5%.

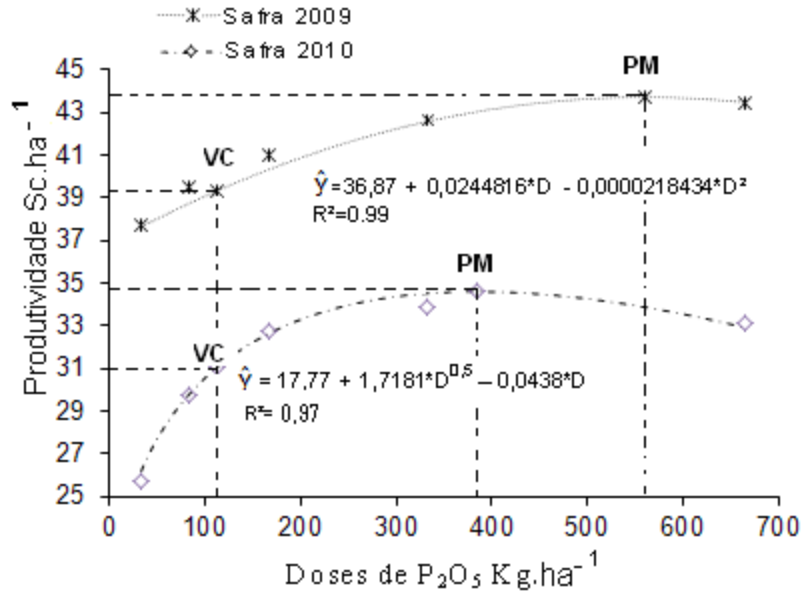


Figura 02: Produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e dose de P_2O_5 correspondente a 90 % da produtividade máxima nas safras de 2009 e 2010, em função da aplicação anual de doses de fósforo, em Viçosa, MG.

* Significativo pelo teste t a 5%.

vc = 90% da produtividade máxima

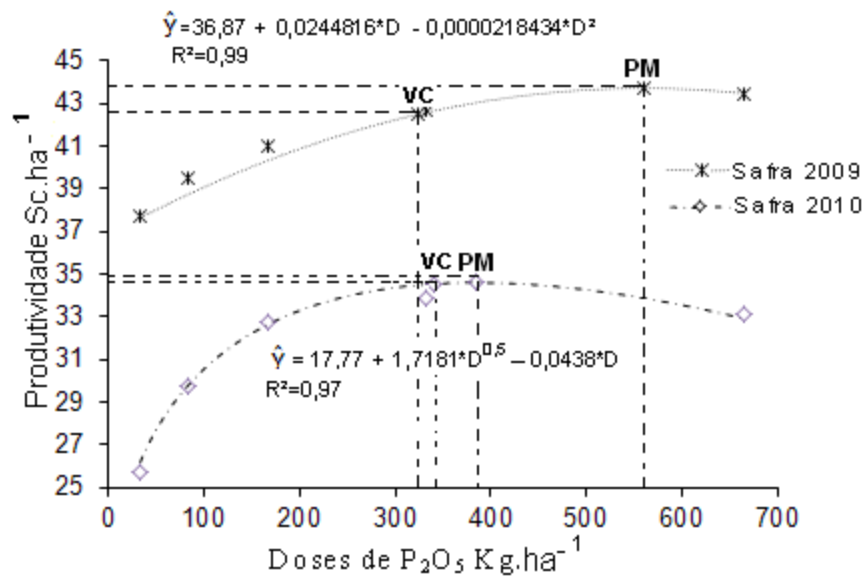


Figura 03: Produtividade de Cafeeiro (*Coffea arabica* L.) nas safras de 2009 e 2010 e dose de P_2O_5 correspondente a máxima eficiência econômica, em função da aplicação anual de doses de fósforo, em Viçosa, MG.

* Significativo pelo teste t a 5%.

vc= Máxima eficiência econômica.

4.1.3. Análise de rendimento e % de grãos retidos em peneira acima de 15

Houve resposta significativa do cafeeiro às doses de P_2O_5 aplicadas, com relação a rendimento e % de grãos retidos em peneira acima de 15. O modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados.

O rendimento máximo de 53,74% foi atingido na dose de 409 kg/ha de P_2O_5 . Esse rendimento foi 5,31% maior que o obtido com a menor dose de P_2O_5 empregada. A maior porcentagem de grãos retidos em peneira acima de 15 foi de 75,37%, atingida na dose de 455 kg/ha de P_2O_5 e apenas 3,73% superior à obtida com a menor dose de P_2O_5 empregada (Figura 04).

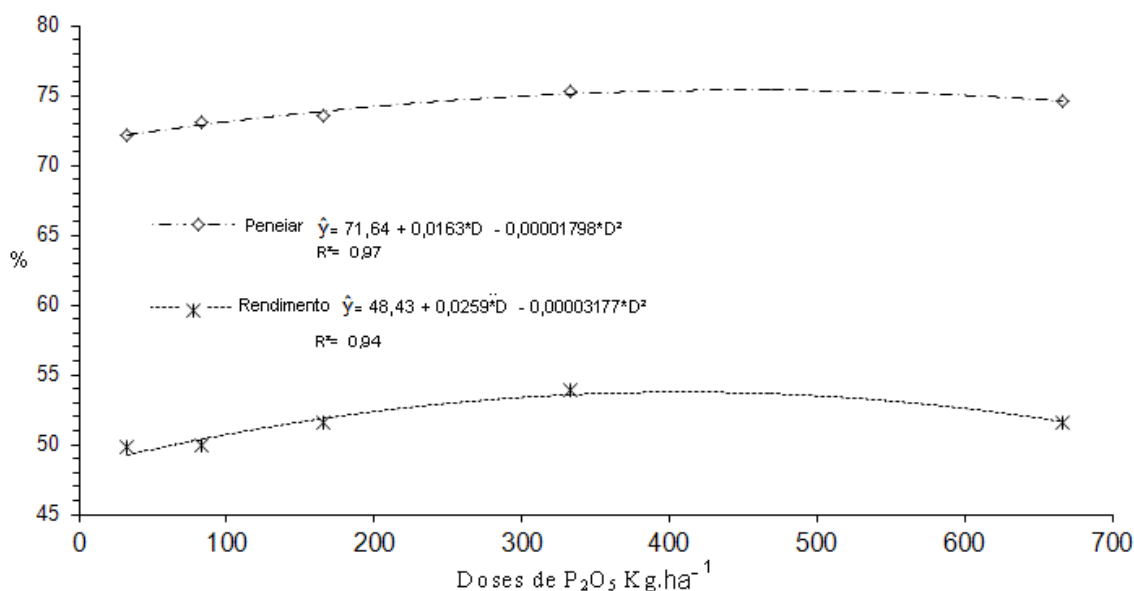


Figura 04: Análise de rendimento e % de grãos retidos em peneira acima de 15, na safra de 2010, em função da aplicação anual de doses de P em Viçosa, MG.

* Significativo pelo teste t a 5%.

4.1.4. Teores de fósforo no solo

Observou-se resposta significativa nos teores de P no solo, às doses de P_2O_5 aplicadas, nas camadas de 0-20 e 20-40 em amostras de solos coletadas nos anos de 2008, 2009 e 2010. A tendência geral, do comportamento do P disponível, foi de acréscimo em função da adição das doses de P_2O_5 aplicadas ao solo (Figuras 5 a 8).

Houve um ajuste quadrático para o teor de P do solo nas camadas, de 0-20 cm nos anos de 2008 e 2009 respectivamente (Figuras 05 e 06), e em amostras coletadas nas camadas de 20-40 cm (Figuras 05, 06 e 07) correspondente aos anos 2008, 2009 e 2010. Já na camada de 0-20, no ano de 2010 (Figura 07), houve um aumento linear no teor de P.

A curva correspondente à camada de 0-20 cm do gráfico para o primeiro ano de análise (Figura 05), mostra que até próximo à dose de 300 kg de P_2O_5 ha^{-1} os teores de P disponível não se alteraram muito, mantendo-se próximos dos 50 mg/dm^3 de P no solo, já a partir da dose de 300 kg ha^{-1} de P_2O_5 os teores de P disponível aumentaram mais rapidamente com a adição de P_2O_5 ao solo, e atingiram valores próximos dos 200 mg/dm^3 .

Estes resultados mostram que neste primeiro ano de adubação, até próximo à dose de 300 kg ha^{-1} de P_2O_5 , grande parte do P aplicado era necessário para suprir os sítios de adsorção de P do solo, e só a partir desta dose o P ficava mais disponível no solo.

Já para o segundo ano de amostragem a curva correspondente à camada de 0-20 do gráfico (Figura 06) mostra que ao contrário do primeiro ano de adubação, já nas menores doses, os teores de P no solo aumentam rapidamente, e estes teores começam a se estabilizar, a partir da dose de 300 Kg ha^{-1} de P_2O_5 /ha. Nesse mesmo gráfico para a curva de resposta da camada de 20-40 cm, a partir da dose de 300 Kg de P_2O_5 ha^{-1} os teores de P começam a aumentar mais rapidamente com a adição de P_2O_5 .

Tais resultados indicam que no segundo ano de adubação, como grande parte dos sítios de adsorção de P já estavam supridos, logo nas menores doses de P_2O_5 , os teores de P no solo aumentam rapidamente até 300 kg de P_2O_5 , mas a partir desta dose o P começou a descer no perfil do solo, como foi observado pelo aumento de teores de P na camada de 20-40 a partir da dose de 300 Kg de P_2O_5 .

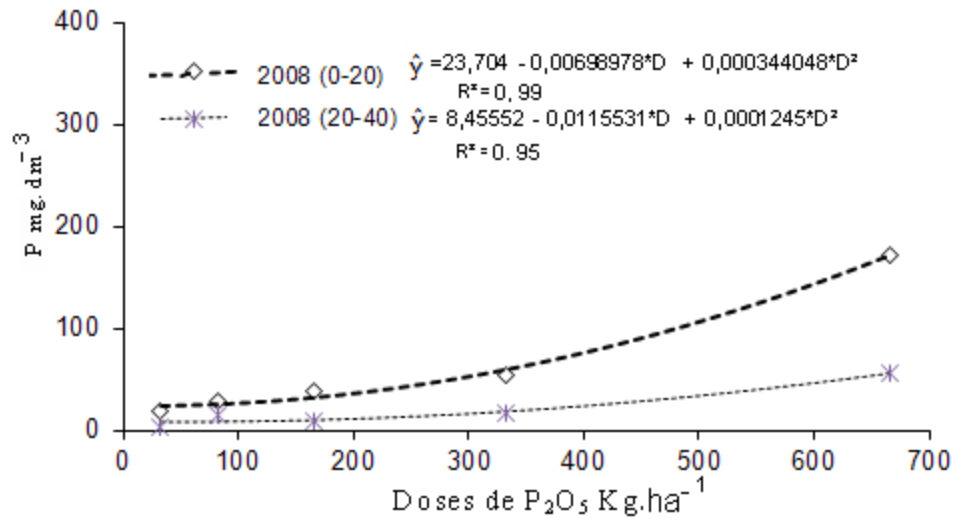


Figura 05: Teores de P, disponível pelo extrator Mehlich-1, em amostras coletadas no ano de 2008, nas camadas de (0-20 e 20-40) em função da aplicação anual de doses de P, no ano de 2007, em Viçosa, MG.

* Significativo pelo teste t a 5%.

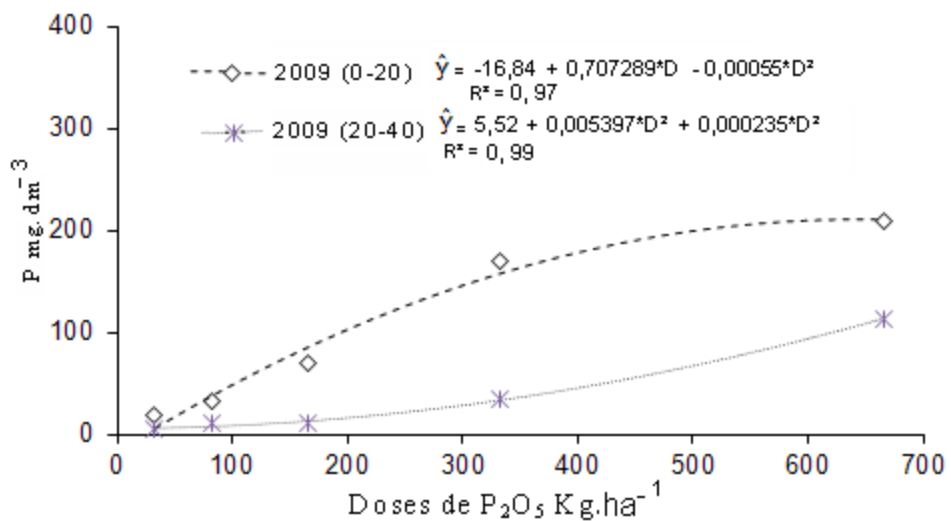


Figura 06: Teores de P, disponível pelo extrator Mehlich-1, em amostras coletadas no ano de 2009, nas camadas de (0-20 e 20-40) em função da aplicação anual de doses de P, nos anos de 2007 e 2008, em Viçosa, MG.

* Significativo pelo teste t a 5%.

No terceiro ano de amostragem, os teores de P no solo foram determinados pelos extratores, Mehlich-1 (Figura 07) e pela Resina trocadora de cátions e ânions (Figura 08). As curvas de resposta para os teores de P no

solo tiveram tendências iguais para os dois extratores, sendo que a resina conseguiu extrair mais P do solo que o Mehlich-1.

Esse resultado é comum segundo a literatura, pois foram empregadas fontes solúveis de P. E esses menores teores de P encontrados pelo extrator Mehlich-1 devem-se ao desgaste do extrator, fato comum em solos argilosos.

Nesse ano, os teores de P no solo aumentaram linearmente, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm em função da aplicação de P_2O_5 . Estes resultados mostram que os sítios de adsorção deste solo foram saturados, e os íons estavam livres para serem absorvidos pelas raízes.

Desta maneira, pode-se inferir que essas doses estavam suprindo a exigência de P pelos sítios de adsorção do nutriente no solo e conseguem atender adequadamente as exigências nutricionais dos cafeeiros.

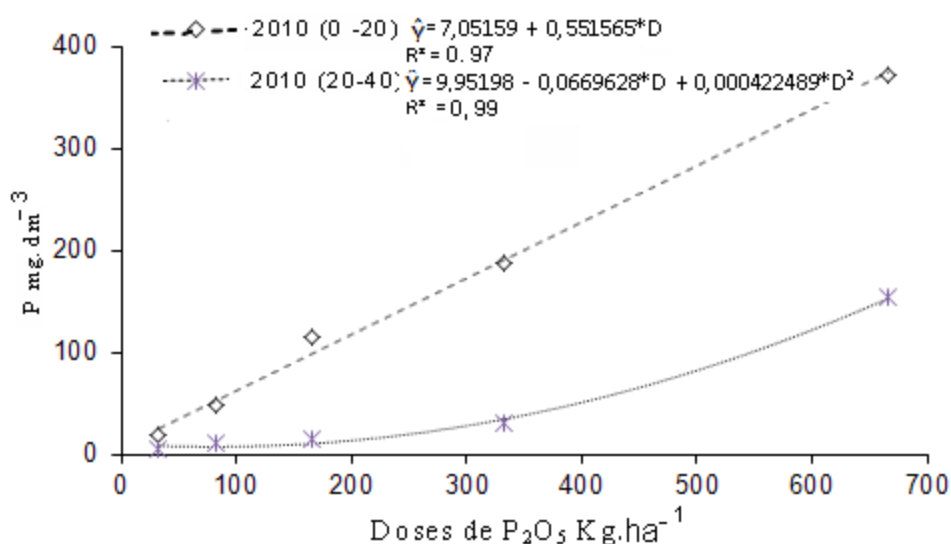


Figura 07: Teores de P, disponível pelo extrator Mehlich-1, em amostras coletadas no ano de 2010, nas camadas de 0-20 e 20-40 em função da aplicação anual de doses de fósforo, nos anos de 2007, 2008, 2009, em Viçosa, MG.

* Significativo pelo teste t a 5%.

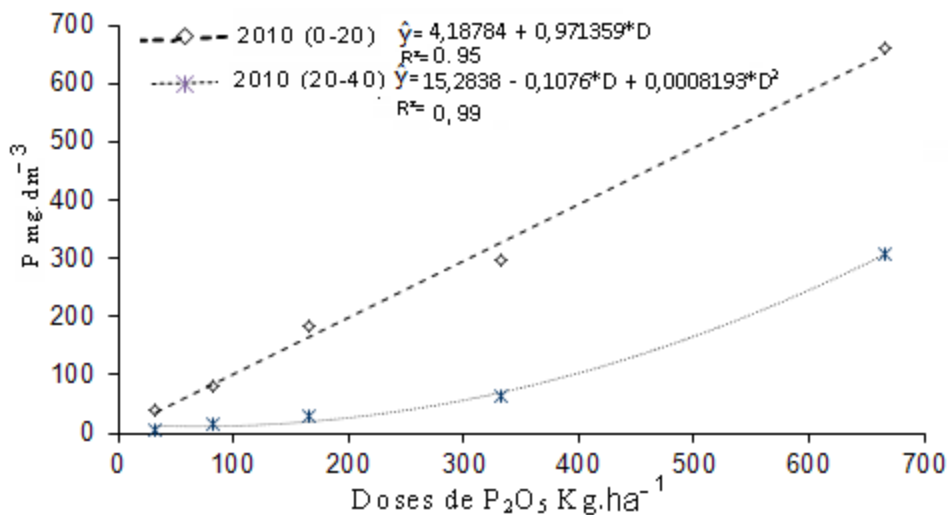


Figura 08: Teores de P disponível no solo, Extraído pela resina mista, em amostras de solo, coletada no ano de 2010, nas camadas de 0-20 e 20-40 em função da aplicação anual de doses de fósforo, nos anos de 2007, 2008 e 2009, em Viçosa, MG.

* Significativo pelo teste t a 5%.

4.1.5. Fósforo Remanescente

Houve resposta significativa, do P-rem no solo, às doses de P₂O₅ aplicadas, nas camadas de 0-20 e 20-40 em solos coletados nos anos de 2008, 2009 e 2010 (Figuras 09, 10 e 11).

Houve um ajuste quadrático para o P-rem nas camadas de 0-20 nas análises realizadas nos solos amostrados no ano de 2008 (Figura 9) e em amostras coletadas nas camadas de 20-40 nos anos de 2008, 2009 e 2010 (Figuras 09, 10 e 11) respectivamente.

Na camada de 0-20 dos anos de 2009 e 2010 (Figura 10 e 11) respectivamente, houve um aumento linear no teor de P-rem.

Pode-se observar pelas figuras que além do P-rem aumentar em função da aplicação de fósforo, este foi aumentando anualmente em função das aplicações anuais. Estes resultados mostram que à medida que iam aumentando as doses de P₂O₅, os sítios de adsorção do fósforo no solo iam sendo saturados e proporcionando o aumento dos teores de P-rem.

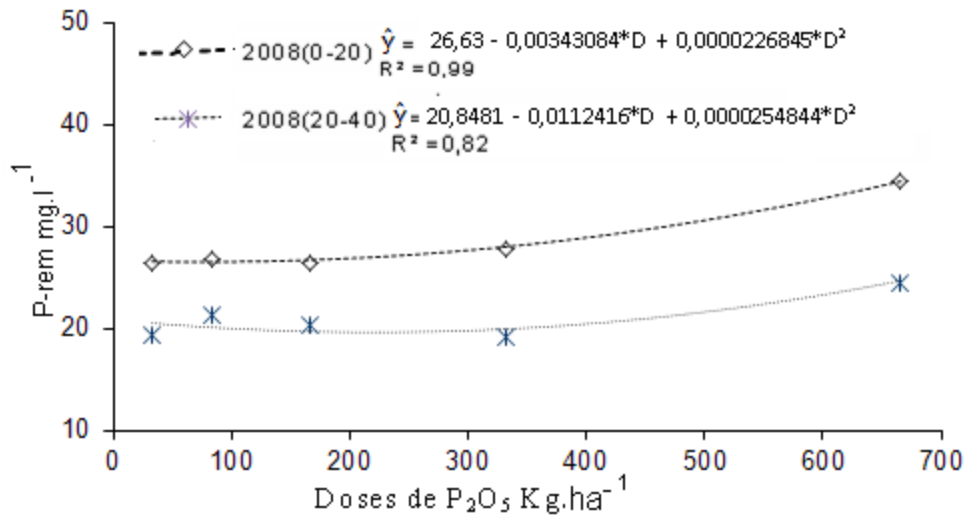


Figura 09: P-rem em amostras de solo, coletadas no ano de 2008, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, em função da aplicação anual de doses de P no ano de 2007, em Viçosa, MG.

* Significativo pelo teste t a 5%.

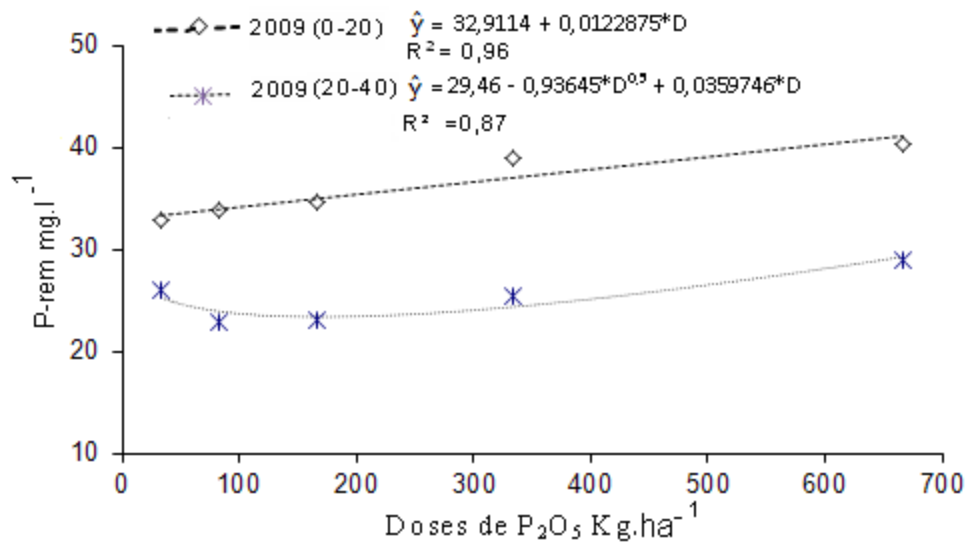


Figura 10: P-rem em amostras de solo, coletada no ano de 2009, nas camadas de 0-20 e 20-40, em função da aplicação anual de doses de P nos anos de 2007 e 2008, em Viçosa, MG.

* Significativo pelo teste t a 5%.

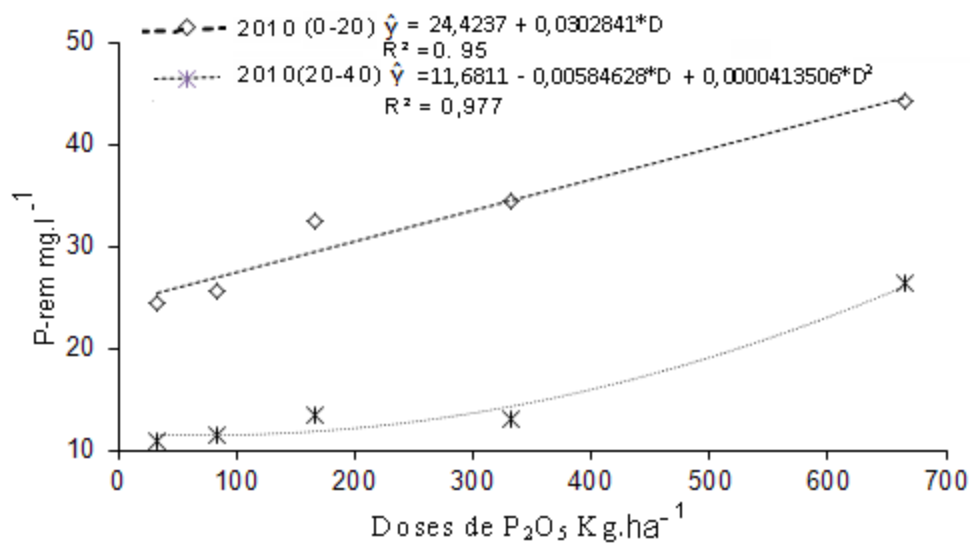


Figura 11: P-rem em amostras de solo, coletada no ano de 2010, nas camadas de 0-20 e 20-40, em função da aplicação anual de doses de P nos anos de 2007, 2008 e 2009, em Viçosa, MG.

* Significativo pelo teste t a 5%.

Os resultados obtidos com relação aos teores de fósforo no solo apresentam grande coerência e, em resumo, evidenciam que num primeiro momento grande parte do P aplicado supre os sítios de adsorção de P do solo até alcançar uma situação em que o P disponível no solo começa a descer no perfil. Concomitantemente, tanto na camada de 0-20 cm, quanto na de 20-40 cm, com os sítios de adsorção saturados, o P em solução aumenta, e os íons ficam livres para serem absorvidos pelas raízes. Tal comportamento evidencia que a resposta a doses elevadas de P₂O₅ pelo cafeeiro dependerão predominantemente das características do solo, e que os resultados obtidos em uma situação particular não podem ser generalizados.

4.1.6. Teores de K no solo

Não houve respostas significativas dos teores de K, nas amostras de solo coletadas na camada de 0-20 cm, nos anos de 2008 e 2009 (Figuras 12 e 13) respectivamente, às doses de P₂O₅. Eles variaram significativamente na camada do solo de 0-20 cm, no ano de 2010 (Figura 14). Nesse ano, os teores de K no solo aumentaram linearmente em função das doses de P₂O₅.

Para as amostras da camada de 20-40, houve resposta significativa para o ano de 2008, 2009 e 2010 (Figura 12, 13 e 14) respectivamente. Para o ano de 2008 o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados, e os teores de K se mantiveram mais ou menos constante até próximo à dose de 300 kg/ha de P_2O_5 , e a partir deste ponto, os teores de K no solo aumentaram quadraticamente em função do aumento das doses de P_2O_5 .

Para os resultados do ano de 2009 o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o de logarítmico. E no ano de 2010, os teores de K aumentaram linearmente em função das doses de P_2O_5 .

Embora a dose de K tenha sido equilibrada com o KCl nos tratamentos que receberam menores doses de P_2O_5 , houve no geral uma elevação dos teores de K nos tratamentos que receberam maiores doses de P_2O_5 . Tal fato indica que o K apresentou maior mobilidade no perfil do solo quando o íon acompanhante foi o Cl sendo lixiviado para maiores profundidades.

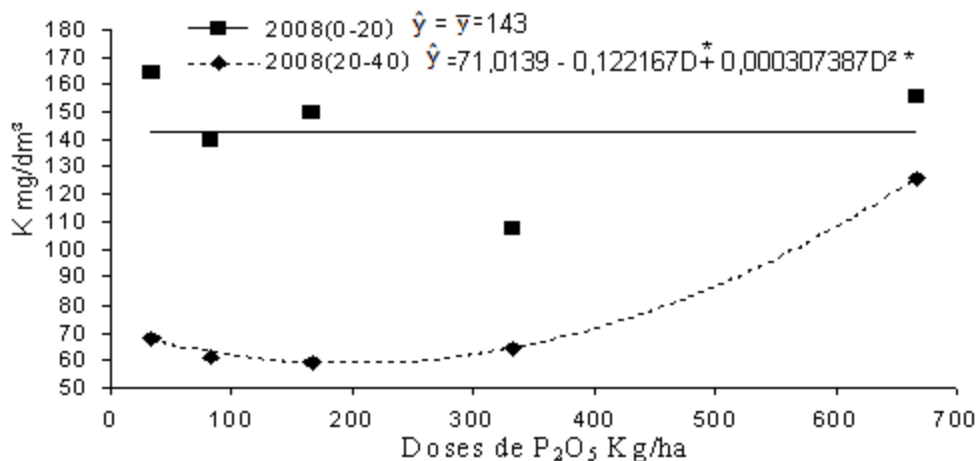


Figura 12: Teores de K em amostras de solo, coletadas no ano de 2008, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, em função da aplicação anual de doses de P no ano de 2007, em Viçosa, MG.

* Significativo pelo teste t a 5%.

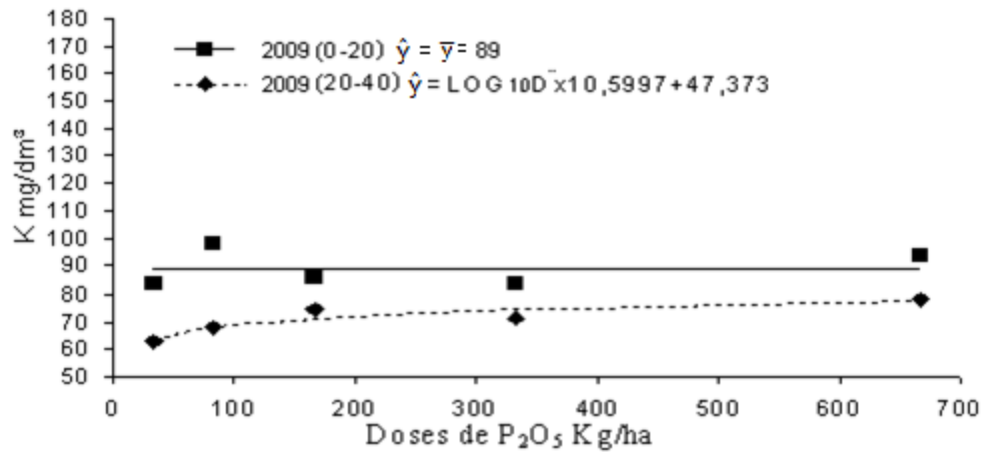


Figura 13: Teores de K em amostras de solo, coletadas no ano de 2009, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, em função da aplicação anual de doses de P nos anos de 2007 e 2008, em Viçosa, MG.

* Significativo pelo teste t a 5%.

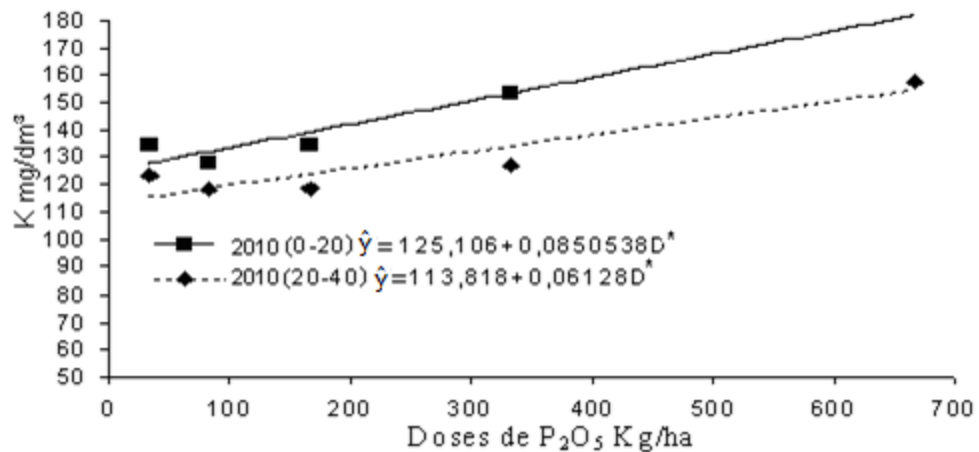


Figura 14: Teores de K em amostras de solo, coletadas no ano de 2010, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, em função da aplicação anual de doses de P nos anos de 2007, 2008 e 2009, em Viçosa, MG.

* Significativo pelo teste t a 5%.

4.1.7. Dinâmica de macro e micro nutrientes nas folhas, flores, casca e grãos de café em função das doses de P₂O₅ aplicadas

Fósforo:

Houve resposta significativa das concentrações de P nas folhas em função da aplicação anual de doses de P apenas na amostragem de novembro de 2008 (Figura 15-B), o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o quadrático, sendo que o maior teor de P nas folhas foi atingido com a dose de 558 kg de P₂O₅ ha⁻¹, teor este de 0,141 dag/kg, menor que os teores encontrados em outras amostragens (Figura 15-A, 16-A, 16-B, 16-C) mesmo com aplicação de apenas 33 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Esse menor teor de P nas folhas nessa amostragem provavelmente deve-se ao fato da amostragem ter sido feita após um longo período de seca e após um ano de safra muito alta. Por ser o P um elemento de alta mobilidade no floema (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995; MARTINEZ *et al.*, 2003), dentre os fatores que podem influenciar sua concentração foliar destaca-se a carga de frutos. Maiores cargas de frutos podem promover maior remobilização e translocação de P das folhas para órgãos reprodutivos.

Como na maioria das amostragens não houve efeito significativo das doses de P em sua concentração foliar, pode-se concluir que a menor dose de P₂O₅ aplicada no solo foi suficiente para nutrir as plantas. Os teores de P encontrados nas folhas variaram de 0,161 a 0,245 dag/kg, valores estes dentro da faixa considerada ótima por MARTINEZ *et al.* (2004).

As concentrações de P nas folhas variaram também em função das épocas de amostragem (Figura 16) sendo que a concentração de P diminuiu nas folhas com o desenvolvimento dos frutos. Isso confirma a ocorrência de translocação desse nutriente para os frutos.

Cabe destacar que, no decorrer das três safras estudadas neste trabalho, a maior produtividade média do cafeeiro, de 121 sacas de café beneficiado ha⁻¹ na safra 2008, foi obtida quando o teor foliar de P das plantas atingiu o valor médio de 0,14dag/ kg em amostras retiradas em abril de 2008, ou seja em amostras retiradas no final do ciclo produtivo. Na safra de 2010 quando o melhor tratamento produziu 34,6 de sacas de café beneficiado por

hectare foi encontrado um teor de P nas folhas dessas mesmas plantas e numa mesma época de amostragem de 0,16 dag/kg.

Nas análises realizadas para teores de P na casca dos frutos não houve resposta significativa das concentrações, em função da aplicação anual de doses de P (Figura 17-A). Para os grãos e flores houve resposta significativa das concentrações de P, em função da aplicação anual de doses de P.

Para teores de P nos grãos, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o da raiz quadrada (Figura 17-B), sendo que o maior teor de P nos grãos foi alcançado com a dose de 443 kg de P_2O_5 /ha.

Para teores de P nas flores o modelo que melhor ajustou aos dados foi o hiperbólico I (Figura 17-C) sendo o maior teor de P nas flores foi alcançado com a maior dose de P_2O_5 adicionada ao solo.

Nitrogênio:

Houve resposta significativa do cafeeiro em função das doses de P_2O_5 aplicadas, com relação ao teor de N em folhas em apenas uma amostragem (Figura 16-A) das cinco realizadas ao longo de trinta e dois meses de experimento. Nesta amostragem os teores de N nas folhas diminuíram linearmente com o aumento das doses de P_2O_5 . Como se trata de dois ânions provavelmente pode ter ocorrido uma competição do NO_3^- com $H_2PO_4^-$ pelos sítios de absorção, tendo o N sua absorção reduzida pelo aumento da concentração de $H_2PO_4^-$ no solo. O que pode ter potencializado esta supressão é que a amostragem foi feita após um longo período de ausência de adubação nitrogenada e baixa precipitação pluviométrica.

O mesmo não foi observado nas outras amostragens, o que mostra que com a chegada do período chuvoso e novas aplicações de N, se neutralizava esta possível redução da absorção de N decorrente do aumento da concentração de $H_2PO_4^-$ no solo.

Comparando-se os teores de N nas folhas em três épocas de amostragem, novembro, janeiro e abril (Figura 16) pode-se observar que o teor de N é maior nas folhas nos meses de novembro e janeiro do que no mês de abril. Sendo o N um elemento de alta mobilidade no floema (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995; MARTINEZ *et al.*, 2003), esta menor concentração

de N nas folhas no mês de abril, confirma que durante a fase de enchimento de grãos ocorreu uma remobilização e translocação de N das folhas para os frutos. Os teores de N em todas as amostras estão dentro da faixa ótima estabelecida por MARTINEZ *et al.* (2004)

Nas análises realizadas para teores de N nas cascas, nos grãos e nas flores, houve resposta significativa, em função da aplicação anual de doses de P (Figura 17).

Para N na casca, o modelo que se ajustou melhor aos dados foi o linear (Figura 17-A), sendo que o aumento de doses de P_2O_5 fez com que decrescesse o teor de N na casca. Já para os grãos (Figura 17-B), e flores (Figura 17-C), o modelo que se ajustou melhor aos dados foi o de raiz quadrada, sendo que o maior teor de N nos grãos foi alcançado com a dose de 391 kg/ha de P_2O_5 . O maior teor de N nas flores foi alcançado com a dose de 383 kg/ha de P_2O_5 .

Potássio:

Observaram-se respostas significativas do cafeeiro em função das doses de P_2O_5 aplicadas com relação aos teores de K nas folhas em apenas uma das cinco amostragens ao longo de trinta e dois meses de experimento, em novembro de 2008 (Figura 15-B). Amostragem esta, realizada depois de um longo período de seca e sem adubação.

O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o hiperbólico I, sendo que os teores de K nas folhas aumentaram com a elevação das doses de P_2O_5 aplicadas ao solo. A análise de solo realizada em julho de 2008 revelou maiores teores de K no solo na camada de 20-40 cm, nos tratamentos que receberam as maiores doses P_2O_5 , camada esta onde se encontra o maior teor umidade em épocas de seca. Logo, os tratamentos que proporcionaram maiores teores de K nessa camada, proporcionariam maiores teores de K nas folhas nos períodos de seca.

O mesmo não foi observado nas outras quatro amostragens, o que evidencia, que com a chegada do período chuvoso as novas aplicações de K, principalmente naqueles tratamentos que recebiam o K_2O da fonte KCl, mais

solúvel que a fonte Fosfatomonopotássico (FMP), neutralizavam os efeitos positivos, dos maiores teores de K nas camadas mais profundas.

Comparando os teores de K nas folhas em três épocas de amostragens, novembro, janeiro e abril (Figura 16) pode-se observar que o teor de K é maior nas folhas nos meses de novembro e janeiro do que no mês de abril. Sendo o K um elemento de alta mobilidade no floema (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995; MARTINEZ *et al.*, 2003), esta menor concentração de K nas folhas no mês de abril, evidencia que durante a fase de enchimento de grãos ocorreu uma remobilização e translocação do K das folhas para os frutos. Os teores de K em todas as amostras estão dentro da faixa ótima estabelecida por MARTINEZ *et al.* (2004).

Nas análises realizadas para se avaliar os teores de K na casca, nos grãos e nas flores observou-se resposta significativa das concentrações, em função da aplicação anual de doses de P (Figura 17).

Para K na casca, o modelo que se ajustou melhor aos dados foi o raiz quadrada (Figura 17-A). O maior teor de K na casca foi alcançado com a dose de 222 kg de P_2O_5 ha⁻¹. Para os teores de K nos grãos o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o hiperbólico 2 (Figura 17-B), e para os teores de K nas flores o modelo que melhor ajustou aos dados foi o Hiperbólico 1 (Figura 17-C).

Como visto anteriormente os tratamentos que proporcionaram maiores teores de K nas camadas de 20-40, proporcionariam maiores absorções de K e maiores concentrações de K nas folhas e flores depois de um período de seca. Pode-se observar nessas análises o alto teor de K na casca do cafeeiro, e enfatizar o quanto é importante retorna-las aos cafezais.

Cálcio:

Não houve resposta significativa do cafeeiro em função das doses de P_2O_5 aplicadas com relação aos teores de Ca nas folhas, em cinco amostragens realizadas, ao longo de trinta e dois meses de experimento (Figuras 15 e 16).

Nas análises realizadas para se avaliar os teores de Ca na casca, nos grãos e nas flores, não houve resposta significativa das concentrações desse, em função da aplicação anual de doses de P (Figura 17).

Comparando os teores de Ca nas folhas em três épocas de amostragens, novembro, janeiro e abril (Figura 16) pode-se observar que os teores de Ca são maiores nas folhas no mês de abril que no mês de novembro e janeiro. Sendo o Ca um elemento de baixa mobilidade no floema (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995; MARTINEZ *et al.*, 2003), observou-se que não ocorreu uma remobilização e translocação do Ca das folhas para os frutos.

Os teores médios de Ca encontrados nas folhas neste experimento foram de 0,906 a 1,28 dag/kg. Os teores de Ca encontrados nas flores foram em média de 2,5 dag/kg. Esta observação indica que é importante realizar a calagem antes da florada, visto que este nutriente é requerido em grandes quantidades pelas flores.

Magnésio:

As respostas do cafeeiro em função das doses de P_2O_5 aplicadas, foram significativas com relação aos teores de Mg nas folhas em três amostragens, novembro de 2008, novembro de 2009, e janeiro de 2010 (Figura 15-B, 16-A e 16-B) respectivamente.

O modelo hiperbólico I foi o que melhor se ajustou aos dados de novembro de 2008 e novembro de 2010. E o modelo que melhor se ajustou aos dados de janeiro de 2010 foi o linear, em que os teores de Mg nas folhas aumentaram linearmente com o aumento das doses de P_2O_5 aplicadas ao solo.

De modo geral os teores de Mg nas folhas aumentaram nos tratamentos onde foram aplicadas maiores doses de P ao solo. Segundo NEPTUNE, 1986 desde 1901/1905, já existe na literatura a expressão "o magnésio é o carregador do fósforo", decorrente, principalmente, da constatação dos pesquisadores de que sempre há uma relação positiva entre o P e o Mg. Atualmente, prefere-se justificar a inter-relação entre P e Mg como consequência da necessidade de Mg para as reações de transferência de energia na célula (BERGMANN, 1992). Interações positivas entre P e Mg são esperadas já que o Mg é o ativador de enzimas quinases e ativa a maioria das reações, envolvendo transferência de fosfato (FAGERIA, 2001).

Além disso, diversas pesquisas têm indicado que o estado nutricional de P da planta pode afetar a absorção de outros nutrientes e, conseqüentemente, influenciar a nutrição e produção das culturas. Alguns trabalhos também têm demonstrado que a eficiência da adubação fosfatada é aumentada pela presença de Mg no adubo (MALAVOLTA, 1986).

Comparando os teores de Mg nas folhas em três épocas de amostragens, novembro, janeiro e abril (Figura 16) pode-se observar que os teores de Mg foram maiores nas folhas no mês de abril que nos meses de novembro e janeiro. Este aumento dos teores de Ca e Mg nas folhas na amostragem do mês de abril pode ser devido à maior disponibilidade destes nutrientes no solo proporcionada pelo calcário adicionado. Houve respostas significativas do cafeeiro em função das doses de P_2O_5 aplicadas, com relação ao teor de Mg em casca (Figura 17-A) e flores (Figura 17-C), o mesmo não foi observado para os grãos. Para os teores de Mg da casca, o modelo que melhor ajustou aos dados foi o raiz quadrada, já para as flores foi o hiperbólico¹.

Enxofre:

Não houve resposta significativa do cafeeiro em função das doses de P_2O_5 aplicadas, com relação ao teor de S nas folhas em todas as amostragens realizadas, mas observaram-se respostas significativas do cafeeiro em função das doses de P_2O_5 aplicadas, com relação aos teores de S na casca (Figura 17-A) e grãos (Figura 17-B). Os teores de S na casca diminuíram linearmente, com o aumento da aplicação de P_2O_5 ao solo. Os teores de S nos grãos o modelo que melhor ajustou aos dados foi o raiz quadrada.

Ferro:

Observou-se neste experimento resposta significativa do cafeeiro em função das doses de P_2O_5 aplicadas, com relação ao teor de Fe nas folhas em apenas uma amostragem realizada em abril de 2008 (Figura 15 A), das cinco realizadas, ao longo de trinta e dois meses de experimento. O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o raiz quadrada, os teores de Fe nas folhas foram aumentando com o aumento das doses de P_2O_5 aplicadas ao solo, e

atingiram o ponto de máximo em 228 kg/ha de P_2O_5 . Não se observou resposta significativa do teor de ferro em cascas, grãos, e flores em função das doses de P_2O_5 (Figura 19).

Cobre:

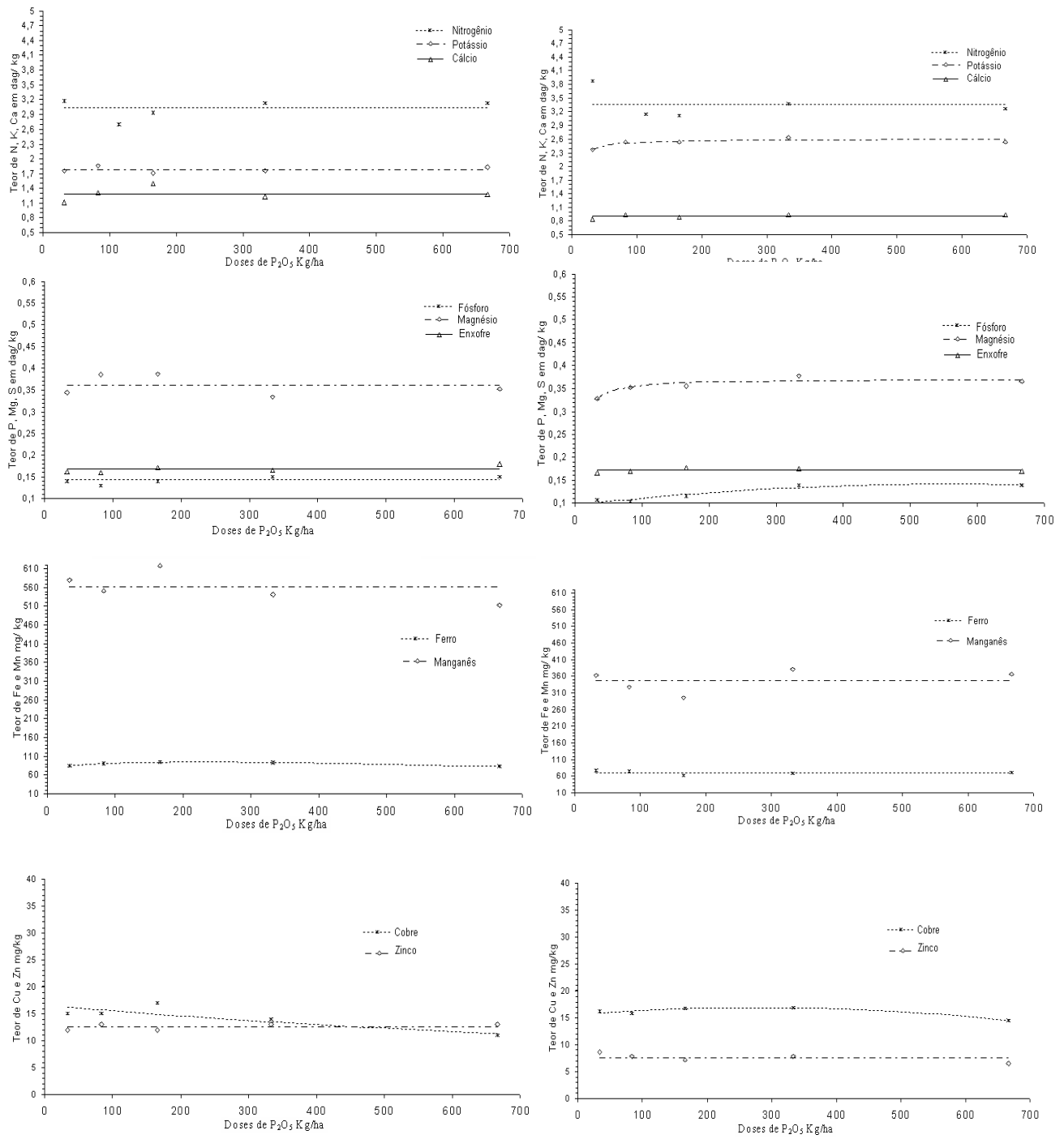
Foram observadas respostas significativas do cafeeiro em função das doses de P_2O_5 aplicadas, com relação aos teores de Cu nas folhas em todas as amostragens. De modo geral os teores de Cu nas folhas diminuíram nos tratamentos onde foram aplicados maiores doses de fósforo. Comparando os teores de Cu nas folhas em três épocas de amostragens, novembro, janeiro e abril (Figura 18) pode-se observar que o teor de Cu foi aumentando nas folhas durante os meses de novembro a abril, mostrando que as adubações foliares realizadas nessa época foram eficientes. Não se observaram respostas significativas dos teores de Cu na casca, grãos, e flores em função das doses de P_2O_5 (Figura 19).

Manganês:

Não houve resposta significativa do cafeeiro em função das doses de P_2O_5 aplicadas, com relação aos teores de Mn em flores e nas folhas em todas as amostragens (Figuras 18-C, 14-A, 14-B, 16-A, 16-B, 16-C)

Zinco:

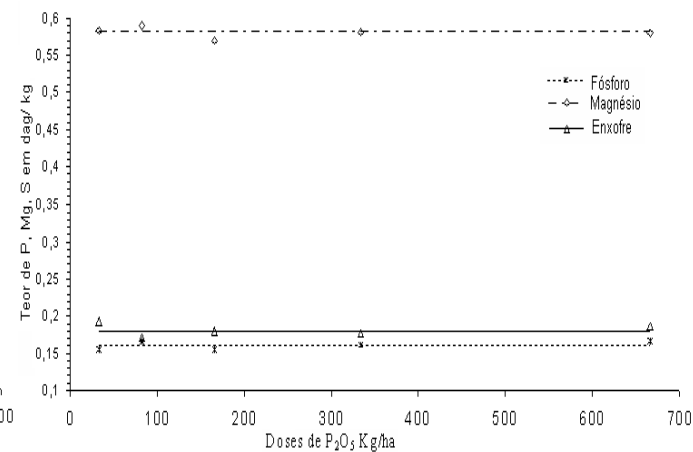
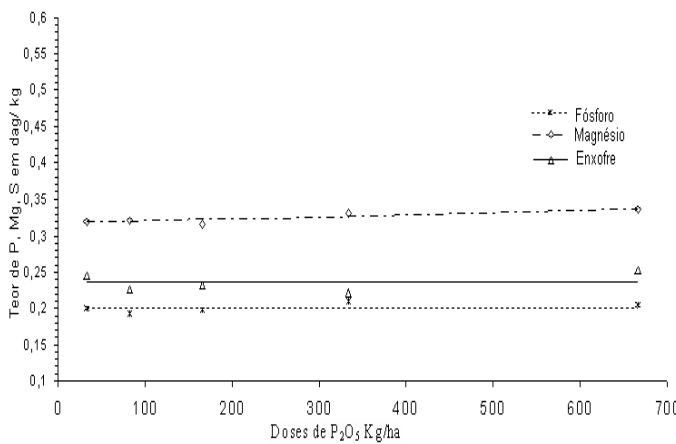
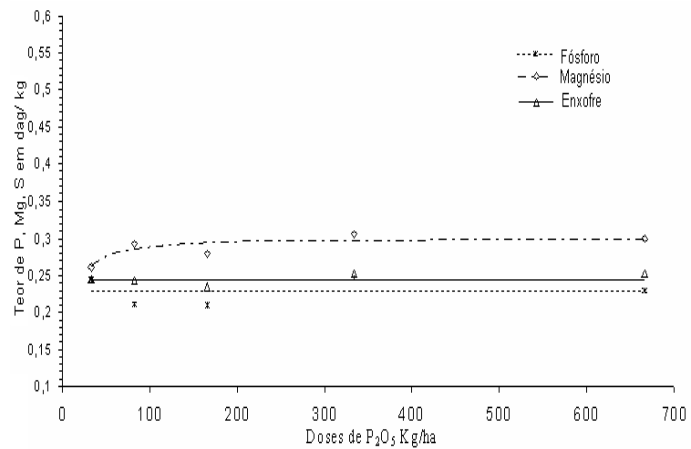
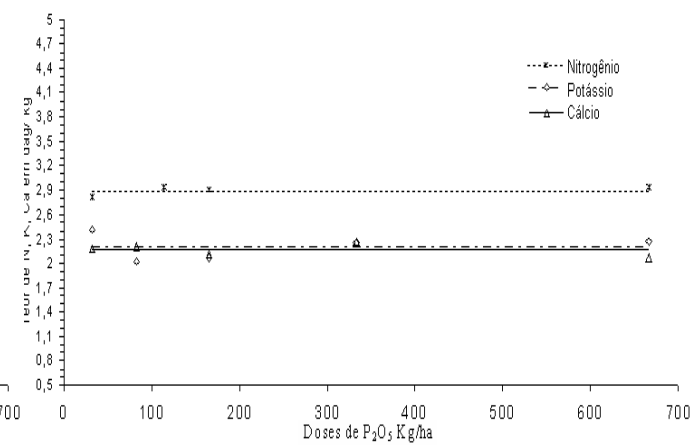
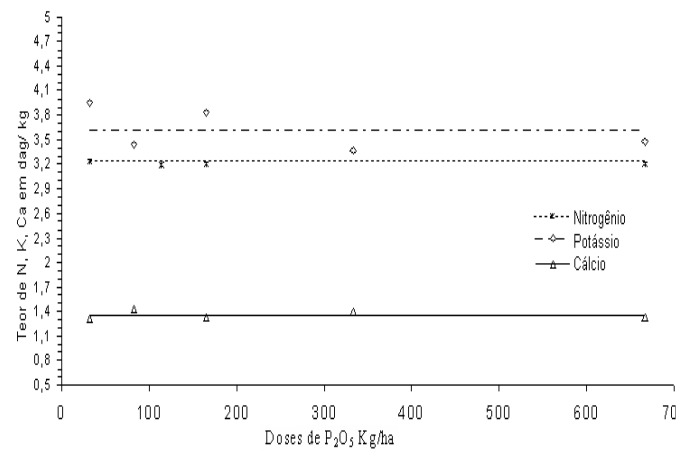
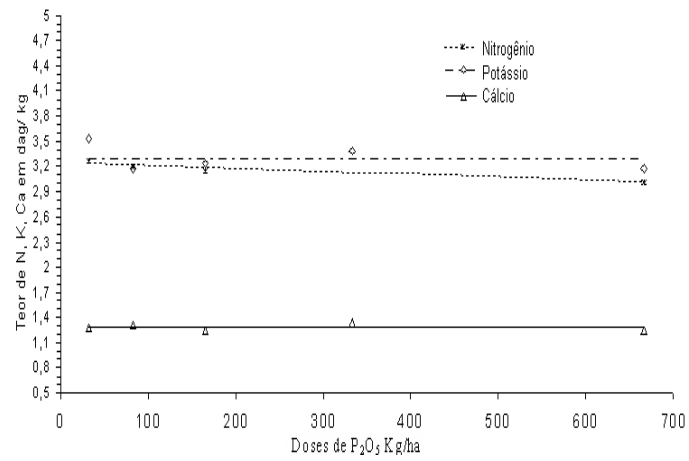
Não houve resposta significativa do cafeeiro em função das doses de P_2O_5 aplicadas, com relação ao teor de zinco na casca, no grão, nas flores e nas folhas em todas as amostragens (Figuras 18-A, 18-B, 18-C, 14-A, 14-B, 16-A, 16-B, 16-C).



A

B

Figura 17: Teores de macro e micro nutrientes nas folhas de café, de amostras coletadas nos meses de abril de 2008(A) e novembro de 2008 (B), em função da aplicação anual de doses de P, em Viçosa, MG.



A

B

C

Figura 18: Teores de macronutrientes nas folhas de café, de amostras coletadas nos meses de novembro 2009 (A), Janeiro (B) e Abril (C) 2010 em função da aplicação anual de doses de P, em Viçosa, MG.

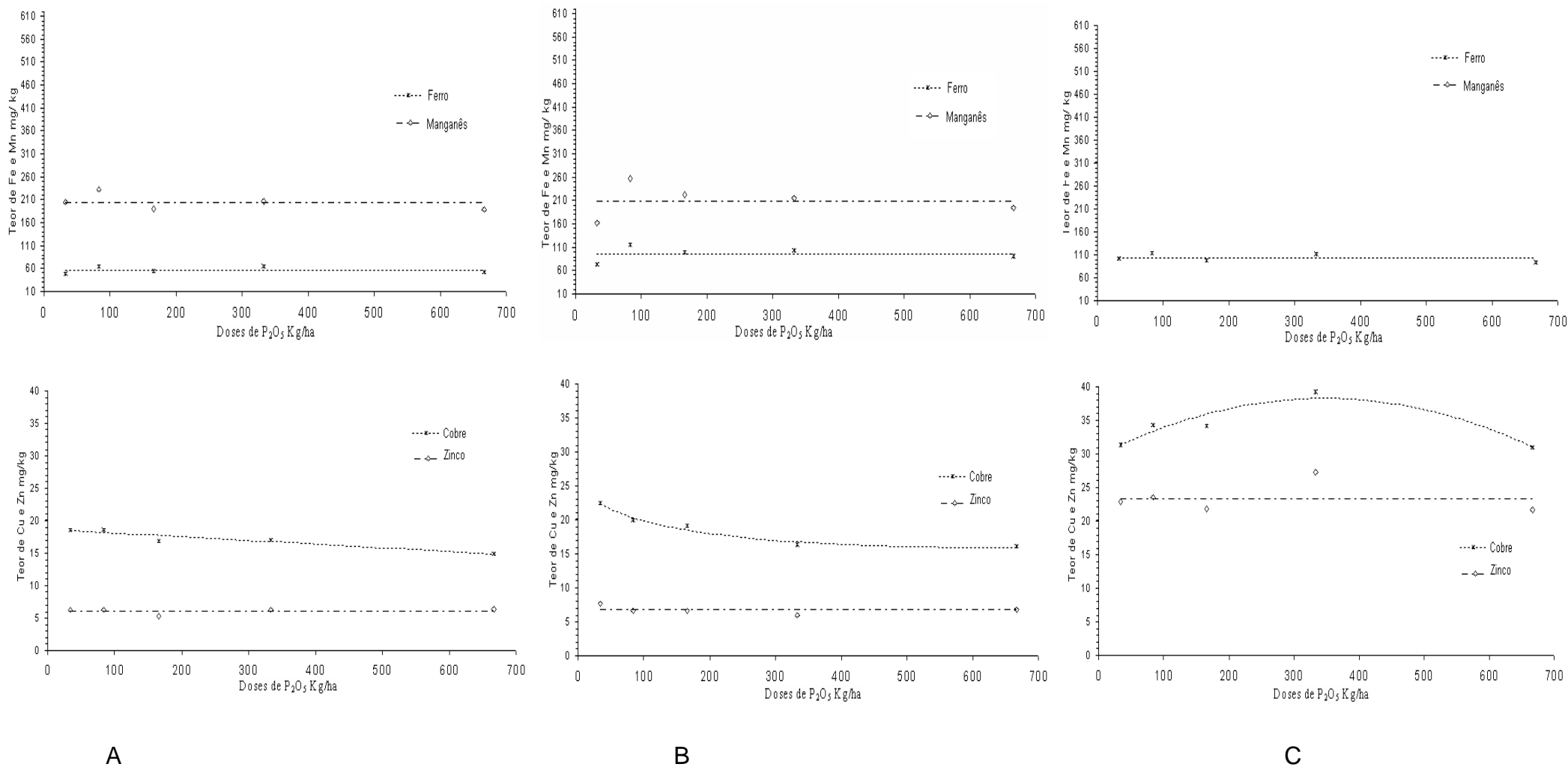
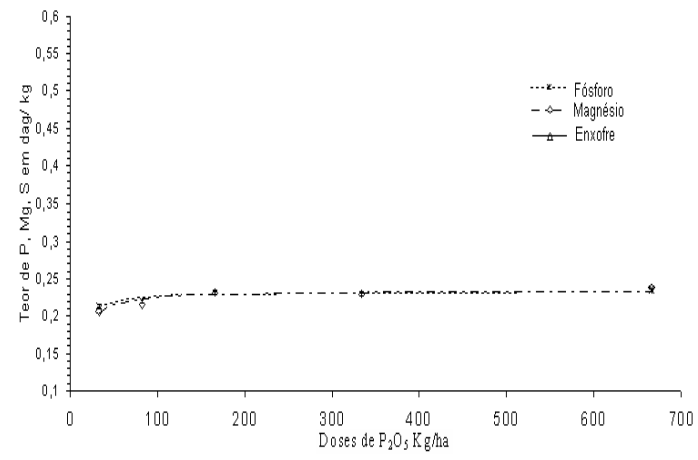
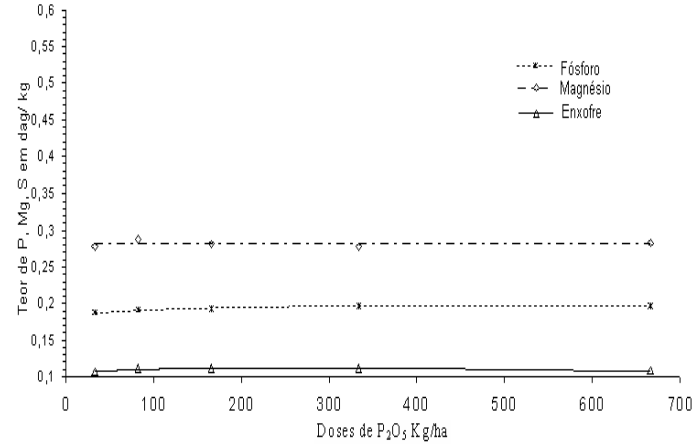
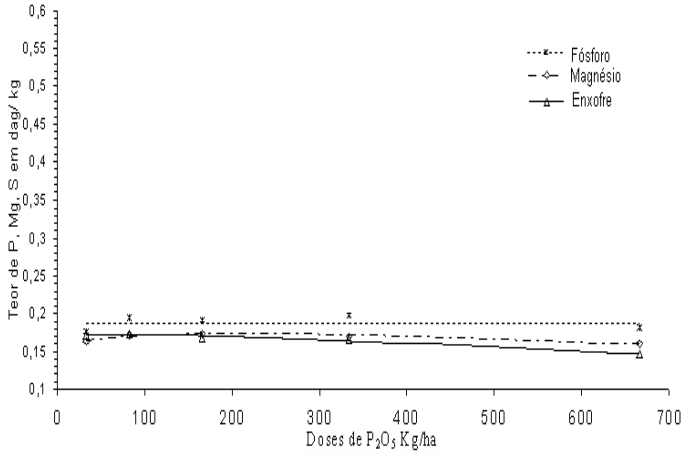
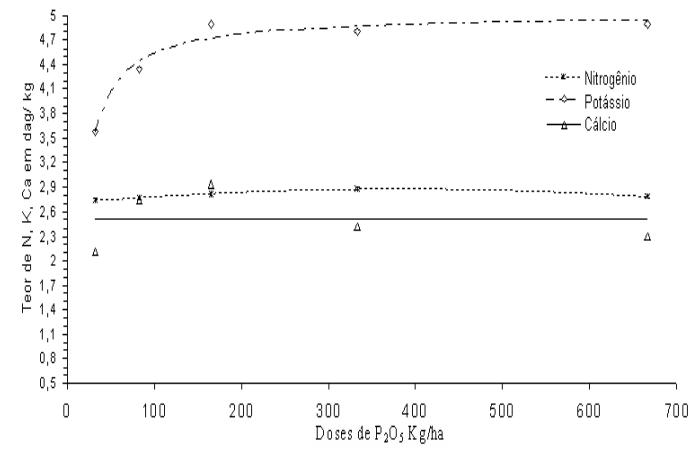
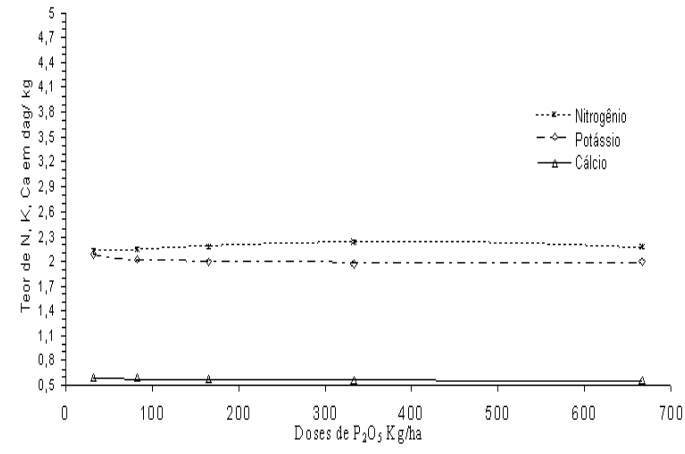
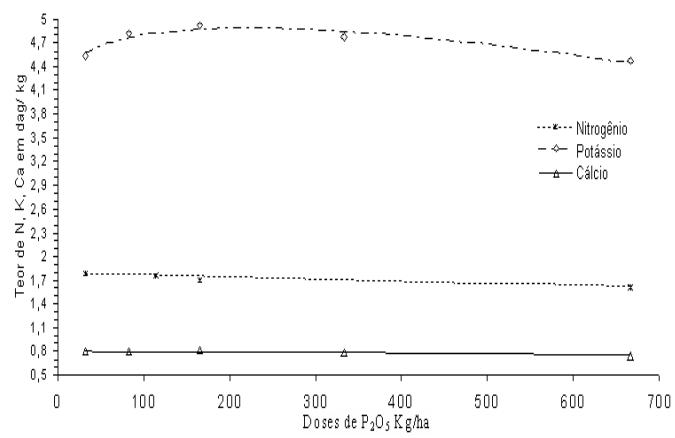


Figura 19: Teores de micronutrientes nas folhas de café, de amostras coletadas nos meses de novembro 2009 (A), Janeiro (B) e Abril (C) 2010 em função da aplicação anual de doses de P, em Viçosa, MG.

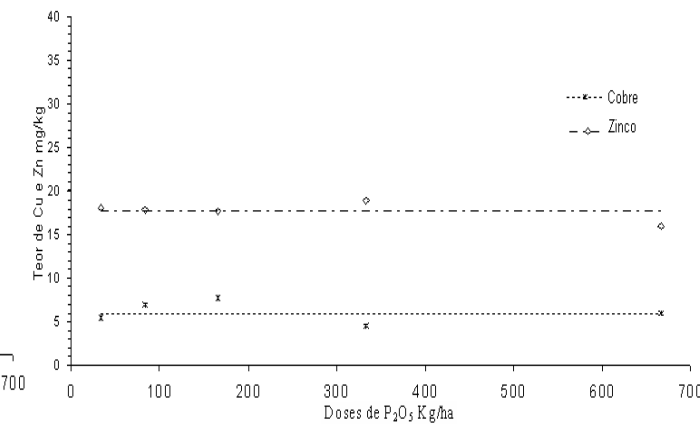
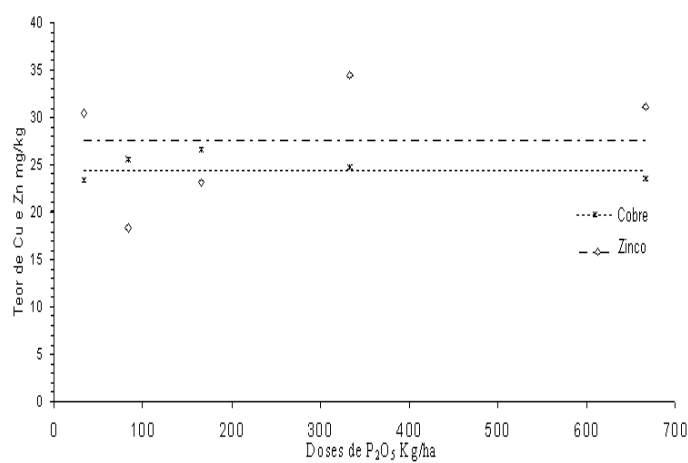
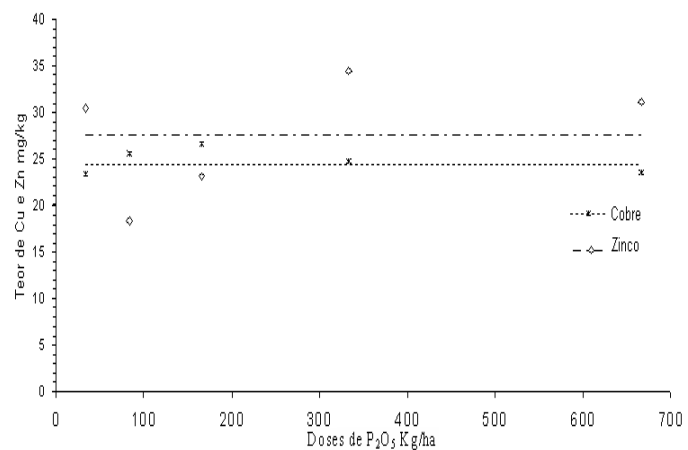
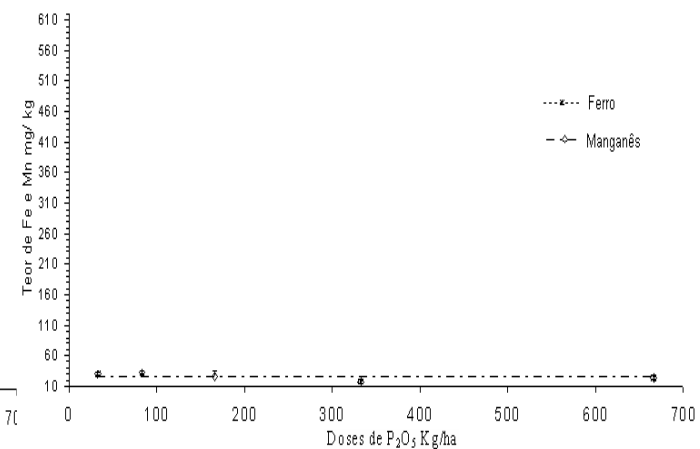
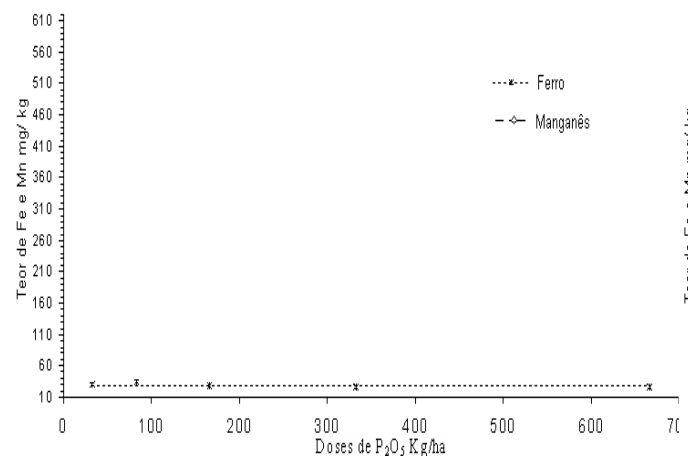
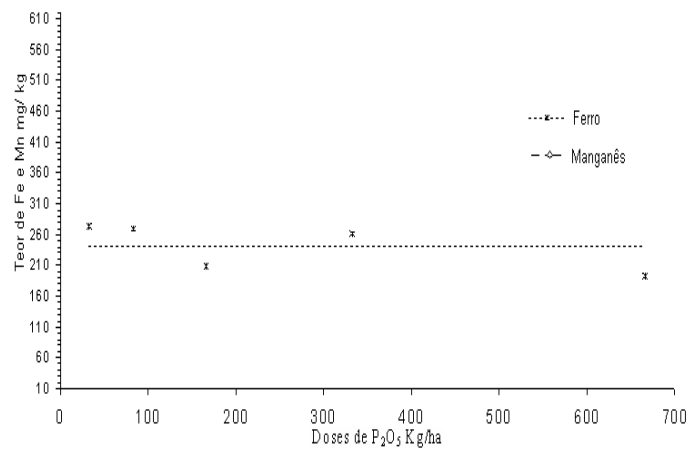


A

B

C

Figura 20: Teores de macronutrientes na casca (A), Grão (B), e Flor (C) de café, referente à safra 2010, em Viçosa, MG.



A

B

C

Figura 21: Teores de micronutrientes na casca (A), Grão(B), e Flor de café, referente à safra 2010, em Viçosa, MG.

4.2. Experimento II

4.2.1. Crescimento vegetativo

Não houve efeito dos tratamentos sobre a emissão de pares de ramos plagiotrópicos e número de internódios por ramo plagiotrópico.

As plantas atingiram uma média de 9,91 pares de ramos plagiotrópicos e uma média de 7,7 internódios por ramo plagiotrópico (Tabela 7) no período de novembro de 2009 a abril de 2010. Segundo MATIELLO *et al.*, 2002, o crescimento vegetativo do cafeeiro atinge o auge no verão, com 1,6 pares de folhas ao mês por ramo plagiotrópico.

As plantas do experimento atingiram um crescimento médio de 1,54 internódios por ramo plagiotrópico no período de novembro de 2009 a abril de 2010, assim estas plantas estavam com crescimento muito próximo do considerado ótimo por MATIELLO *et al.*, 2002.

Tabela 7: Emissão de ramos plagiotrópicos, número de internódios por ramo plagiotrópico.

Emissão de pares de ramos plagiotrópico					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	9,9	9,6	10,2	9,8	9,9 a
320kg/ha	9,7	9,8	10,3	10,1	9,9 a
Média	9,8 A	9,7 A	10,3 A	9,9 A	
Média da testemunha = 9,1	Média do fatorial= 9,9				
C.V. = 5,37					

Número de internódios por ramo plagiotrópico					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	7,4	7,7	8,6	6,9	7,8 a
320kg/ha	7,8	8,0	8,0	7,8	7,6 a
Média	7,6 A	7,8 A	8,3 A	7,4 A	
Média da testemunha = 7,6	Média do fatorial=7,7				
C.V. = 13,13					

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

* Média da testemunha, que diferem estatisticamente da média do fatorial, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4.2.2. Produtividade de café nas safras de 2010 e 2011, porcentagens de rendimento e porcentagens de grãos retidos em peneira acima de 15 na safra de 2011

Como não houve interação entre as fontes e as doses, serão discutidos os resultados das doses e das fontes independentemente.

Para doses de P_2O_5 não houve resposta significativa do cafeeiro com relação à produtividade em sacas de café beneficiado por hectare na safra de 2010 e 2011 (Tabela 08).

Na comparação dos tratamentos que receberam P com a testemunha, ou seja, o tratamento sem adição de P no solo verificou-se que esse tratamento apresentou produtividade média estatisticamente inferior. Dessa maneira, pode-se inferir que é necessário o suprimento de P no solo para conseguir atender adequadamente as exigências nutricionais dos cafeeiros e alcançar produtividades desejadas. No entanto, a dose de 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 que é recomendada em áreas com 5 mg dm^{-3} de P para obter produtividade alta, por GUIMARÃES *et al.*, (1999) foi suficiente para alcançar o teto de produtividade desse sistema e não sendo necessário o uso de uma dose mais elevada, como mostra o resultado deste experimento (Tabela 08).

Mesmo aplicadas anualmente, doses elevadas de P não proporcionaram as produtividades preconizadas, da ordem de 60 a 80 sacas por hectare, nas safras de 2010 e 2011. Contudo, a produtividade média próxima de 40 sacas de café beneficiado hectare ano é adequada para lavouras bem conduzidas, para esse nível de fertilidade, e em sistema de cultivo sem irrigação.

Vale ressaltar neste experimento, que no ano agrícola de 2010 ocorreu um longo período de ausência de chuva entre 01 de janeiro e 15 de fevereiro, no qual ocorreu uma queda significativa de grãos, que certamente comprometeu a produtividade desse ano agrícola.

Para o ano agrícola de 2010, a fonte que forneceu maior média de produtividade foi a FMK (fosfato monopotássico), com 43,24 sc de café beneficiado por hectare, não diferindo estatisticamente das fontes de ST (superfosfato triplo) e SS (superfosfato simples), mas diferindo estatisticamente da fonte FNR (fosfato natural reativo - Tabela 08).

No ano agrícola de 2011 a fonte de P que forneceu a maior média de produtividade foi o ST com 34,68 sc de café beneficiado por hectare, não diferindo estatisticamente das fonte de FMK e SS, mas diferindo estatisticamente da fonte FNR (Tabela 08). Esses resultados mostram a importância da adubação fosfatada, com fontes solúveis, para uma obtenção de resposta rápida à adubação fosfatada.

Para análise de rendimento e porcentagens de grãos retidos em peneira maior ou igual a 15 (Tabela 08) não houve resposta significativa aos tratamentos.

Tabela 08: Produtividade de café, em sc.ha⁻¹, referente às safras dos anos agrícolas de 2010 e 2011, porcentagens de rendimento e porcentagens de grãos retidos em peneira acima de 15 na safra de 2011, em Porto Firme, MG

Produtividade, em sc/ha, na safra do ano agrícola 2010					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	31,22	38,63	37,73	46,50	38,21 a
320kg/ha	33,53	35,91	40,81	40,99	37,81 a
Média	32,37 B	37,26 AB	39,27 AB	43,24 A	
Média da testemunha = 30,776*			Média do fatorial=38,01		
C.V. = 14,06					
Produtividade, em sc/ha, na safra do ano agrícola 2011					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	27,17	30,92	33,92	31,37	30,84 a
320kg/ha	29,25	33,92	35,46	32,37	32,75 a
Média	28,20 B	32,41 AB	34,68 A	31,87 AB	
Média da testemunha = 21,542*			Média do fatorial=31,79		
C.V. = 8,94					
Porcentagens de rendimento, no ano agrícola 2011					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	55,05	52,93	52,50	54,53	53,7 a
320kg/ha	52,62	53,66	53,44	54,31	53,5 a
Média	53,8 A	53,2 A	52,9 A	54,4 A	
Média da testemunha = 50,61			Média do fatorial=53,6		
C.V. = 3,38					
Porcentagens de grãos retidos em peneira acima de 15, no ano agrícola 2011					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	67,85	73,73	75,68	72,60	72,46 a
320kg/ha	72,75	71,34	75,77	75,14	73,74 a
Média	70,29 A	72,53 A	75,72 A	73,87 A	
Média da testemunha =68,25			Média do fatorial=73,1		
C.V. = 13,25					

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

* Média da testemunha, que diferem estatisticamente da média do fatorial, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4.2.3. Teores de P extraídos pelos extratores Mehlich-1 e Resina Mista, e valores de P-rem de amostras de solo coletadas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, em julho de 2010

Como não houve interação entre as fontes e as doses, estudaram-se os resultados independentemente para fontes e doses.

Para doses, observou-se resposta significativa do teor de P no solo (Tabela 09), nas camadas de 0-20 e 20-40 cm extraído pelos extratores, Mehlich-1 e Resina Mista. Como já esperado, os teores de P no solo foram maiores nos tratamentos que receberam maiores doses de P_2O_5 ha^{-1} .

Na comparação dos tratamentos que receberam fósforo e a testemunha, ou seja, o tratamento, sem adição de P no solo, verificou-se que, nesse tratamento, o teor médio de P no solo foi estatisticamente menor (Tabela 09).

Pode-se observar que a resina extraiu mais P do solo que o Mehlich-1 (Tabela 09). Esse resultado é esperado segundo a literatura, pelo fato do extrator Mehlich-1 sofrer desgaste, fato comum em solos argilosos.

Observou-se resposta significativa do teor médio de P no solo quanto às fontes utilizadas.

Quando se utilizou o extrator Melinch-1, a significância foi apenas na camada de 0-20 cm, e a fonte fosfato natural reativo (FNR) foi a que proporcionou maior teor de P no solo. As fontes solúveis, superfosfato simples (SS), superfosfato triplo (ST) e o fosfato monopotássico (FMP) resultaram em teores de P no solo estatisticamente iguais (Tabela 09).

Quando utilizou o extrator, Resina Mista, as médias dos teores de P no solo, foram estatisticamente diferentes, em função das fontes utilizadas, somente na camada de 0-20 cm. A fonte de fosfato natural reativo (FNR) foi a que proporcionou maior teor médio de P no solo, mas estatisticamente igual às fontes superfosfato simples (SS) e fosfato monopotássico, mas esta foi estatisticamente superior à fonte de superfosfato triplo (ST) (Tabela 09).

Para valores médios de P-rem não houve resposta significativa tanto para fontes quanto para doses de P_2O_5 .

Tabela 09: Teores de P no solo, em $mg.dm^{-3}$, extraídos pelos extratores Mehlich-1 e Resina Mista, valores de P-rem do solo, em $mg.l^{-1}$, de amostras

coletadas em julho de 2010, das camadas de 0-20 e 20-40 cm, em função da aplicação de fontes e doses de P, em Porto Firme, MG

Teores de P mg/dm ³ no solo, da camada 0-20 cm, extraído pelo extrator Mehlich-1					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	37,79	6,26	9,79	9,50	15,83 b
320kg/ha	166,67	95,08	57,58	73,22	98,13 a
Média	102,23 A	50,67 B	33,68 B	41,36 B	
Média da testemunha =1,930*			Média do fatorial=56,98		
C.V. = 47,95					

Teores de P mg/dm ³ no solo, da camada 20-40cm, extraído pelo extrator Mehlich-1					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	1,37	1,80	2,32	0,67	1,54 b
320kg/ha	13,99	6,32	9,50	4,44	8,56 a
Média	7,68 A	4,06 A	5,91 A	2,55 A	
Média da testemunha = 0,570*			Média do fatorial=5,05		
C.V. = 87,13					

Teores de P mg/dm ³ no solo, da camada 0-20 cm, extraído pela resina mista					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	59,67	26,67	33,000	23,33	35,67 b
320kg/ha	165,33	179,33	72,67	121,67	134,75 a
Média	112,5 A	103,0 AB	52,83 B	72,5 AB	
Média da testemunha = 4,333*			Média do fatorial=85,21		
C.V. = 53,74					

Teores de P mg/dm ³ no solo, da camada 20-40 cm, extraído pela resina mista					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	3,33	3,33	8,33	3,00	4,50 b
320kg/ha	26,00	7,67	15,67	12,67	15,50 a
Média	14,66 A	5,5 A	12,00 A	7,83 A	
Média da testemunha =2,00			Média do fatorial=10,00		
C.V. = 86,96					

Valores de P-rem mg/L no solo, da camada de 0-20 cm					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	12,03	11,25	11,17	12,87	11,82 a
320kg/ha	11,30	15,72	13,92	13,18	13,52 a
Média	11,66 A	13,48 A	12,57 A	13,02 A	
Média da testemunha =11,50			Média do fatorial=12,67		
C.V. = 19,96					

Valores de P-rem mg/L no solo, da camada de 20-40 cm					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	4,43	3,45	3,65	3,77	3,82 a
320kg/ha	4,33	2,31	4,50	3,45	3,65 a
Média	4,38 A	2,88 A	4,07 A	3,6 A	
Média da testemunha =3,333			Média do fatorial=3,74		
C.V. = 27,93					

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de tukey.

* Média da testemunha, que diferem estatisticamente da média do fatorial, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey..

4.2.4. Teores de K, Ca e Mg, de amostras de solo coletadas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, em julho de 2010

Para os teores de K no solo, não houve resposta significativa às doses e fontes de P aplicadas ao solo, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.

Para os teores de Ca no solo, na camada de 0-20 cm, observou-se resposta significativa e com efeito da interação entre as fontes e as doses de P.

Para fontes dentro da dose menor, de 80kg de $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$, os teores médios de Ca no solo foram estatisticamente iguais para todas as fontes de P_2O_5 (Tabela 10).

Para fontes dentro da dose maior, de 320kg de $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$, os teores médios de Ca no solo, para a fonte de SS, foi estatisticamente maior que para as fontes de ST, FMK e SNR. Os teores de Ca no solo para a fonte de ST, foram estatisticamente iguais aos obtidos para a fonte de FNR e estatisticamente superiores aos da fonte FMK. Os teores de Ca no solo não diferiram estatisticamente entre si para as fontes FNR e FMK.

Nessa mesma camada o teor de Ca do solo do tratamento adicional, ou seja, no tratamento sem adição de P no solo, foi estatisticamente menor que o dos tratamentos que receberam P.

Na camada de 20-40 cm não houve interação entre fontes e doses para os teores de Ca no solo. Os teores médios de Ca no solo nessa camada foram estatisticamente iguais em função das doses de P_2O_5 , mas diferiam estatisticamente em função das fontes.

A fonte de super fosfato simples proporcionou teor médio de Ca no solo igual à fonte ST, e estatisticamente maior que os das fontes FNR e FMK. As fontes ST, FNR, FMK proporcionaram teores médios de Ca no solo estatisticamente iguais.

Nessa mesma camada o teor de Ca do tratamento adicional, ou seja, no tratamento sem adição de P ao solo, foi estatisticamente menor que os dos tratamentos que receberam fósforo.

Já era esperado que a fonte FMP não proporcionasse incremento do teor de Ca do solo, pois esta fonte não tem Ca em sua composição. Também já era esperado um maior incremento de Ca nos tratamentos que receberam SS do que nos tratamentos que receberam o ST, devido ao fato do super simples

apresentar em sua composição 18 a 20% de Ca, enquanto que o ST apresenta em sua composição 12 a 14 % de Ca.

Nos tratamentos que receberam o FNR, era esperado encontrar teores de Ca maiores que os observados nas análises, pois essa fonte apresenta em sua formulação de 30 a 34 % de cálcio.

Tabela 10: Teores de K, em mg.dm^{-3} , e Ca, em cmolc.dm^{-3} , no solo, de amostras coletadas em julho de 2010, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, em função da aplicação de doses e fontes de P, em Porto Firme, MG

Teores de K mg/dm^3 no solo, da camada de 0-20 cm					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	132,71	127,66	125,49	138,49	131,08 a
320kg/ha	142,46	149,32	133,44	130,55	138,93 a
Média	137,58 A	138,48 A	129,46 A	134,51 A	
Média da testemunha =134,517			Média do fatorial=135,01		
C.V. = 14,09					

Teores de K mg/dm^3 no solo, da camada de 20-40 cm					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	98,79	101,31	105,28	111,06	104,11 a
320kg/ha	110,70	102,04	102,04	95,54	102,57 a
Média	104,74 A	101,67 A	103,69 A	103,29 A	
Média da testemunha =100,23			Média do fatorial=103,34		
C.V. = 9,66					

Teores de Ca cmolc/dm^3 no solo, da camada de 0- 20 cm					
	FNR	SS	ST	FMK	
80 kg/ha	1,16 a A	1,48 b A	1,25 a A	0,72 a A	
320kg/ha	1,45 a BC	3,12 a A	1,59 a B	0,77 a C	
Média da testemunha =0,957*			Média do fatorial=1,44		
C.V. = 24,07					

Teores de Ca cmolc/dm^3 no solo, da camada de 20-40 cm					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	0,27	0,50	0,54	0,31	0,41 a
320kg/ha	0,37	1,02	0,50	0,23	0,53 a
Média	0,32 B	0,76 A	0,52 AB	0,27 B	
Média da testemunha =0,20*			Média do fatorial=0,47		
C.V. = 47,13					

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de tukey.

* Média da testemunha, que diferem estatisticamente da média do fatorial, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de TUKEY.

Com relação ao Mg não houve resposta significativa às doses e fontes de P_2O_5 aplicados ao solo, nas camadas de 0-20 e 20-40(Tabela 11). Esse

resultado é devido o fato de que nenhuma das fontes utilizadas apresentam Mg em sua composição.

Na camada de 0-20 o teor de Mg do tratamento adicional, ou seja, no tratamento sem adição de P no solo, foi estatisticamente maior que dos tratamentos que receberam fósforo. Esse fato pode ter ocorrido provavelmente, porque plantas com deficiência de P, apresentam redução na absorção de magnésio.

Tabela 11: Teores Mg no solo, em cmolc.dm^{-3} , de amostras coletadas em julho de 2010, das camadas de 0-20 e 20-40 cm, em função da aplicação de fontes e doses de P, em Porto Firme, MG

Teores de Mg cmolc/dm^3 no solo, da camada de 0- 20 cm					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	0,49	0,42	0,41	0,37	0,42 a
320kg/ha	0,46	0,25	0,56	0,39	0,41 a
Média	0,47 A	0,33 A	0,48 A	0,38 A	
Média da testemunha =0,62*			Média do fatorial=0,42		
C.V. = 32,63					
Teores de Mg cmolc/dm^3 no solo, da camada de 20-40 cm					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	0,100	0,118	0,171	0,132	0,1304 A
320kg/ha	0,086	0,084	0,124	0,085	0,0949 A
Média	0,0933 A	0,1013 A	0,1473 A	0,1080 A	
Média da testemunha =0,123			Média do fatorial=0,1126		
C.V. = 79,7					

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

* Média da testemunha, que diferem estatisticamente da média do fatorial, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4.2.5. Dinâmica de macro e micro nutrientes nas folhas, cascas e grãos de cafeeiro

Fósforo:

Não houve resposta significativa das concentrações de P nas folhas entre os tratamentos, em função das doses e fontes de fósforo, nas amostragens realizadas em janeiro de 2010 (Tabela 12). Nessa mesma amostragem, também não se observou diferença significativa do teor médio de P nas folhas entre os tratamentos que receberam doses de P e o tratamento adicional, ou seja, o tratamento sem adição de P no solo.

Na segunda amostragem, no mês de abril de 2010 (Tabela 12), não houve resposta significativa das concentrações de P nas folhas entre os tratamentos, em função das doses de P, mas observou-se resposta significativa das concentrações de P nas folhas entre os tratamentos, em função das fontes de P. Sendo o tratamento que recebeu o P da fonte FNR apresentou menor teor médio de P nas folhas que os tratamentos que receberam P das fontes solúveis: SS, ST, PMK.

Nessa mesma amostragem, o teor médio de P nas folhas dos tratamentos que receberam fósforo, foi maior estatisticamente, que o teor de P do tratamento adicional (Tabela 12).

Esses resultados mostram a importância da adubação fosfatada, com fontes solúveis, prontamente absorvíveis, para obtenção de resposta rápida à adubação fosfatada.

Comparando os teores de P nas folhas nas duas épocas de amostragem, janeiro e abril (Tabela 12) pode-se observar que o teor de P é maior nas folhas no mês de janeiro do que no mês de abril. Sendo o P um elemento de alta mobilidade no floema (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995; MARTINEZ *et al.*, 2003), esta menor concentração de P nas folhas no mês de abril, leva a concluir que durante a fase de enchimento de grãos ocorreu uma remobilização e translocação de P das folhas para os frutos.

Para teores de P na casca e grão de café, não se observou diferença significativa entre os tratamentos, em resposta à aplicação de doses e fontes de P, mas os teores médios de P na casa de café, dos tratamentos que receberam P, foram estatisticamente maiores, que o teor de P na casca do tratamento adicional, ou seja, o tratamento sem adição de P no solo (Tabela 13).

Já para grão, os teores médios de P dos tratamentos que receberam doses de P e do tratamento adicional, não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 13).

Nitrogênio:

Não houve resposta significativa das concentrações de N nas folhas nos tratamentos em resposta às doses e fontes de P, nas amostragens realizadas em janeiro e abril de 2010 (Tabela 12).

Na amostragem de janeiro não houve diferença significativa do teor médio de N das folhas entre os tratamentos que receberam P e o tratamento adicional, ou seja, o tratamento sem adição de P no solo. Já na segunda amostragem, no mês de abril, o teor médio de N das folhas dos tratamentos que receberam P foi maior estatisticamente que o teor de N das folhas do tratamento adicional (Tabela 12).

Comparando-se os teores de N nas folhas, nas duas épocas de amostragem, janeiro e abril (Figura 20) pode-se observar que este é maior no mês de janeiro do que no mês de abril. Sendo o N um elemento de alta mobilidade no floema (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995; MARTINEZ *et al.*, 2003), esta menor concentração de N nas folhas no mês de abril, indica que durante a fase de enchimento de grãos ocorreu uma remobilização e translocação de N das folhas para os frutos.

Para teores de N na casca e grão não houve resposta significativa à aplicação de doses e fontes de fósforo. Os teores médios de N na casca e nos grão dos tratamentos que receberam P e o tratamento adicional, não diferiram estatisticamente entre si. (Tabela 13).

Enxofre:

Não houve resposta significativa, entre os tratamentos, das concentrações de enxofre nas folhas em resposta às doses e fontes de fósforo, na amostragem realizada em abril de 2010 (Tabela 12). Também não houve resposta significativa dos teores médios de enxofre nas folhas, entre os tratamentos que receberam P e o tratamento adicional.

Para teores de S nos grãos, não houve diferença significativa em resposta à aplicação de doses e fontes de fósforo, mas houve resposta significativa das concentrações de enxofre na casca. Sendo que a fonte SS

proporcionou maior teor médio de P que as demais fontes. Isso se deve ao fato dessa fonte conter em sua formulação de 10 a 12 % de S.

Os teores médios de S na casca e grão dos tratamentos que receberam P e do tratamento adicional, não diferiram estatisticamente entre si. (Tabela 15)

Tabela 12: Teores de Fósforo, Nitrogênio e Enxofre em dag/kg nas de folhas de Café em duas épocas de amostragem (Janeiro e Abril de 2010) em respostas á aplicação de diferentes fontes e doses de Fósforo

Teores de P dag/kg nas folhas de café nas amostras coletadas no mês de janeiro de 2010					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	0,18	0,19	0,18	0,17	0,19 a
320kg/ha	0,17	0,18	0,21	0,21	0,19 a
Média	0,18 A	0,19 A	0,20 A	0,19 A	
Média da testemunha =0,165			Média do fatorial=0,19		
C.V.= 10,65					
Teores de P dag/kg nas folhas de café nas amostras coletadas no mês de abril de 2010					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	0,12	0,15	0,14	0,15	0,14 a
320kg/ha	0,12	0,15	0,16	0,16	0,15 a
Média	0,12 B	0,15 A	0,15 A	0,16 A	
Média da testemunha =0,108*			Média do fatorial=0,15		
C.V.= 10,40					
Teores de N dag/kg nas folhas de café nas amostras coletadas no mês de janeiro de 2010					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	3,76	3,71	3,76	3,61	3,71 a
320kg/ha	3,61	3,79	3,79	3,66	3,72 a
Média	3,68 A	3,75 A	3,77 A	3,64 A	
Média da testemunha =3,744			Média do fatorial=3,71		
C.V.= 2,84					
Teores de N dag/kg nas folhas de café nas amostras coletadas no mês de abril de 2010					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	2,90			3,11	3,02 a
320kg/ha	3,15	3,14	2,99	3,16	3,11 a
Média	3,02 A	3,17 A	2,92 A	3,13 A	
Média da testemunha = 2,63*			Média do fatorial=3,05		
C.V.= 2,21					
Teores de S dag/kg nas folhas de café nas amostras coletadas no mês de abril de 2010					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	0,18	0,20	0,19	0,19	0,19 a
320kg/ha	0,18	0,22	0,19	0,21	0,20 a
Média	0,18 A	0,21 A	0,19 A	0,20 A	
Média da testemunha = 0,187			Média do fatorial=0,20		
C.V.= 10,22					

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de tukey.

* Média da testemunha, que diferem estatisticamente da média do fatorial, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de TUKEY.

Tabela 13 - Teores de Fósforo, Nitrogênio e enxofre em dag/kg nas cascas e grãos de café, em função da aplicação de diferentes fontes e doses de Fósforo, em Porto Firme, MG

Teores de P dag/kg nas cascas de café					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	0,11	0,14	0,12	0,12	0,12 a
320kg/ha	0,11	0,12	0,12	0,13	0,12 a
Média	0,11 A	0,13 A	0,12 A	0,13 A	
Média da testemunha = 0,09*			Média do fatorial=0,12		
C.V.= 15,15					
Teores de P dag/kg nos grãos de café					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	0,16	0,17	0,16	0,17	0,16 a
320kg/ha	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17 a
Média	0,16 A	0,17 A	0,17 A	0,17 A	
Média da testemunha = 0,16			Média do fatorial=0,17		
C.V.= 4,90					
Teores de N dag/kg nas cascas de café					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	2,21	2,46	1,90	2,21	2,00 a
320kg/ha	2,08	2,19	2,08	1,92	2,07 a
Média	2,15 A	2,33 A	2,00 A	2,07 A	
Média da testemunha = 2,124			Média do fatorial=2,13		
C.V.= 11,04					
Teores de N dag/kg nos grãos de café					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	2,81	2,05	2,50	2,57	2,48 a
320kg/ha	2,29	2,36	2,52	2,55	2,43 a
Média	2,55 A	2,20 A	2,51 A	2,56 A	
Média da testemunha = 2,63			Média do fatorial=2,45		
C.V.= 11,11					
Teores de S dag/kg nas cascas de café					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	0,17	0,20	0,17	0,18	0,180 A
320kg/ha	0,18	0,20	0,18	0,17	0,181 A
Média	0,174 B	0,20 A	0,18 B	0,18 B	
Média da testemunha = 0,182			Média do fatorial=0,18		
C.V.= 7,70					
Teores de S dag/kg nos grãos de café					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12 a
320kg/ha	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12 a
Média	0,12 A	0,12 A	0,12 A	0,12 A	
Média da testemunha = 0,12			Média do fatorial=0,12		
C.V.= 8,37					

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de tukey.

* Média da testemunha, que diferem estatisticamente da média do fatorial, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de TUKEY.

Potássio

Não houve resposta significativa das concentrações de K nas folhas, em resposta às doses e fontes de fósforo, nas amostragens realizadas em janeiro e abril de 2010 (Tabela 14). Também não houve diferença significativa dos teores médios de K nas folhas entre os tratamentos que receberam P e o tratamento adicional.

Comparando os teores de K das folhas nas duas épocas de amostragem, janeiro e abril (Tabela 14) pode-se observar que os teores de K são maiores nas folhas no mês de janeiro do que no mês de abril. Sendo o K um elemento de alta mobilidade no floema (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995; MARTINEZ *et al.*, 2003), esta menor concentração de K nas folhas no mês de abril, leva a concluir que durante a fase de enchimento de grãos ocorreu uma remobilização e translocação de K das folhas para os frutos.

Para teores de K, na casca e nos grãos não houve resposta significativa, à aplicação de fontes de P, mas houve resposta às doses de fósforo (Tabela 15). Os tratamentos que receberam menores doses de P forneceram maiores teores médios de K nas folhas.

Cálcio

Não houve resposta significativa das concentrações de Ca nas folhas de café, entre os tratamentos, em resposta das doses e fontes de P, nas amostragens realizadas em janeiro e abril de 2010 (Tabela 14), mas houve diferença significativa dos teores médios de cálcio nas folhas entre os tratamentos que receberam P e o tratamento adicional, na amostragem do mês de abril de 2010. O mesmo não ocorreu na amostragem de janeiro de 2010.

Comparando os teores de Ca nas folhas nas duas épocas de amostragem, janeiro e abril (Tabela 14) pode-se observar que não houve muita alteração dos teores de Ca. Também não houve resposta significativa, das

concentrações de Ca às doses de P, na casca, mas houve resposta significativa nos grãos.

Houve resposta significativa para esse elemento em função das fontes de P tanto nas cascas quanto nos grãos (Tabela 15), mas, apesar de esses resultados serem estatisticamente diferentes, eles são muito próximos do ponto de vista fisiológico.

Magnésio

Não houve resposta significativa entre os tratamentos, dos teores médios de magnésio, nas folhas, nas duas épocas de amostragem (Tabela 14), nas cascas e nos grão (Tabela 15), em resposta às doses e fontes de P.

Também não houve resposta significativa dos teores médios de magnésio na comparação entre a testemunha e os tratamentos que receberam fósforo.

Tabela 14- Teores de Potássio, Cálcio e Magnésio em dag/kg nas folhas de Café em duas épocas de amostragem (Janeiro e Abril de 2010) em função da aplicação de diferentes fontes e doses de Fósforo, em Porto Firme, MG

Teores de K dag/kg nas folhas de café nas amostras coletadas no mês de janeiro de 2010					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	3,47	3,04	3,22	3,08	3,20 a
320kg/ha	3,15	3,18	3,00	3,08	3,10 a
Média	3,31 A	3,11 A	3,11 A	3,08 A	
Média da testemunha = 3,11			Média do fatorial=3,15		
C.V.= 5,28					

Teores de K dag/kg nas folhas de café nas amostras coletadas no mês de abril de 2010					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	1,54	1,79	1,61	1,78	1,73 a
320kg/ha	1,59	1,68	1,73	1,91	1,68 a
Média	1,57 A	1,74 A	1,67 A	1,84 A	
Média da testemunha = 1,66			Média do fatorial=1,70		
C.V.= 14					

Teores de Ca dag/kg nas folhas de café nas amostras coletadas no mês de janeiro de 2010					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	1,80	1,97	1,77	1,86	1,95 a
320kg/ha	1,74	1,84	2,13	2,10	1,85 a
Média	1,77 A	1,91 A	1,95 A	1,98 A	
Média da testemunha =1,65			Média do fatorial=1,90		
C.V.= 10,62					

Teores de Ca dag/kg em folhas de café em amostras coletadas no mês de abril de 2010					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	1,67	1,73	1,78	1,68	1,69 a
320kg/ha	1,65	1,92	1,62	1,59	1,70 a
Média	1,66 A	1,82 A	1,69 A	1,63 A	
Média da testemunha =1,533 *			Média do fatorial=1,70		
C.V.= 7,30					

Teores de Mg dag/kg em folhas de café em amost. coletadas no mês de janeiro de 2010					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	0,11	0,12	0,12	0,11	0,11 a
320kg/ha	0,11	0,12	0,10	0,11	0,11 a
Média	0,11 A	0,12 A	0,11 A	0,11 A	
Média da testemunha = 0,10			Média do fatorial= 0,11		
C.V.= 9,30					

Teores de Mg dag/kg em folhas de café em amostras coletadas no mês de abril de 2010					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	0,63	0,64	0,66	0,65	0,65 a
320kg/ha	0,62	0,62	0,64	0,67	0,64 a
Média	0,63 A	0,63 A	0,65 A	0,66 A	
Média da testemunha = 0,591			Média do fatorial=0,64		
C.V.= 10,85					

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de tukey.

* Média da testemunha, que diferem estatisticamente da média do fatorial, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de TUKEY.

Tabela 15- Teores de Potássio, Cálcio, e Magnésio, em dag/kg, nas cascas e grãos de café, em função da aplicação de diferentes fontes e doses de Fósforo, em Porto Firme, MG

Teores de K dag/kg nas cascas de café					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	4,28	4,53	4,25	4,35	4,35 a
320kg/ha	3,98	3,83	4,22	3,63	3,91 b
Média	4,13 A	4,18 A	4,23 A	3,99 A	
Média da testemunha = 4,15			Média do fatorial=4,13		
C.V.= 8,4					
Teores de K em dag/kg nos Grãos de café					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	1,73	1,69	1,76	1,69	1,72 a
320kg/ha	1,71	1,73	1,66	1,68	1,69 a
Média	1,72 A	1,71 A	1,71 A	1,69 A	
Média da testemunha =1,64			Média do fatorial=1,71		
C.V.= 3,09					
Teores de Ca dag/kg nas cascas de café					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	0,80	0,75	0,75	0,74	0,76 a
320kg/ha	0,81	0,81	0,75	0,74	0,78 a
Média	0,81 A	0,77 AB	0,75 B	0,74 B	
Média da testemunha =0,747			Média do fatorial=0,77		
C.V.= 3,8					
Teores de Ca dag/kg nos grãos de café					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	0,55	0,54	0,57	0,57	0,55 b
320kg/ha	0,57	0,56	0,57	0,58	0,57 a
Média	0,56 AB	0,55 B	0,57 AB	0,58 A	
Média da testemunha =0,558			Média do fatorial=0,56		
C.V.= 1,7					
Teores de Mg dag/kg nas cascas de café					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	0,26	0,23	0,26	0,27	0,26 a
320kg/ha	0,25	0,26	0,26	0,27	0,26 a
Média	0,26 A	0,24 A	0,26 A	0,27 A	
Média da testemunha =0,244			Média do fatorial=0,26		
C.V.= 11,4					
Teores de Mg dag/kg nos grãos de café					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29 a
320kg/ha	0,29	0,29	0,30	0,29	0,29 a
Média	0,29 A	0,29 A	0,30 A	0,29 A	
Média da testemunha =0,29			Média do fatorial=0,29		
C.V.= 3,5					

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de tukey.

* Média da testemunha, que diferem estatisticamente da média do fatorial, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de TUKEY.

Ferro:

Não houve resposta significativa, entre os tratamentos, dos teores médios de ferro nas folhas, nas duas épocas de amostragem (Tabela 16) e nas cascas (Tabela 17), em função das doses e fontes de P.

Também não houve resposta significativa dos teores médios de ferro nas folhas, nas duas épocas de amostragem (Tabela 16) e nas cascas (Tabela 17), na comparação entre a testemunha e os tratamentos que receberam P.

Para teores médios de ferro, nos frutos, houve resposta significativa e, com efeito, da interação, entre fontes e doses de P (Tabela 17).

Para fontes dentro da dose menor, de 80 kg de P_2O_5 ha⁻¹, os teores médios de ferro nos frutos foram maiores estatisticamente para a fonte FNR, e as demais fontes apresentaram teores estatisticamente iguais (Tabela 17).

Para fontes dentro da dose maior, de 320kg de P_2O_5 por hectare, os teores médios de Fe nos frutos foram estatisticamente iguais, para as fontes de FNR, ST, FMP, e sendo que a fonte ST proporcionou teores médios de Ferro nos frutos maiores que a fonte SS, e essa com valores médios iguais as fontes FNR, FMP.

Para doses dentro da fonte FNR, o teor de Fe nos frutos foi maior na menor dose aplicada no solo. Nas demais fontes o teor de Fe nos frutos não se alterou em função das doses de P_2O_5 aplicado no solo.

Zinco:

Não houve resposta significativa, entre os tratamentos, dos teores médios de zinco nas folhas, na amostragem feita em janeiro de 2010 (Tabela 16), nas cascas e nos frutos (Tabela 17) em função das doses e fontes de fósforo. Também não houve resposta significativa, para essas variáveis, nos teores médios de zinco, na comparação entre a testemunha e nos tratamentos que receberam fósforo.

Na amostragem foliar realizada no mês de abril de 2010, houve resposta significativa, entre os tratamentos, do teor médio de zinco, em função das doses de P_2O_5 aplicadas ao solo, sendo que o maior teor de zinco foi encontrado nas folhas, das plantas, dos tratamentos que receberam as menores doses de P. Também houve resposta significativa, para essa variável, na comparação entre a testemunha e nos tratamentos que receberam fósforo,

sendo que o maior teor de zinco foi encontrado nas plantas dos tratamentos que receberam fósforo.

Cobre

Não houve resposta significativa, entre os tratamentos, dos teores médios de cobre nas folhas, nas duas épocas de amostragem e nos frutos em função das doses e fontes de fósforo.

Também não houve resposta significativa dos teores médios de cobre na comparação entre a testemunha e nos tratamentos que receberam fosforo para essas variáveis.

Observou-se resposta significativa, entre os tratamentos, para teores médios de cobre na casca, em resposta as doses de P_2O_5 aplicada ao solo, sendo que o maior teor de cobre foi encontrado nas cascas, das plantas, dos tratamentos que receberam as menores doses de P.

Também houve resposta significativa, para essa variável, do teor médio de cobre, na comparação entre a testemunha e nos tratamentos que receberam fosforo, sendo que o maior teor de cobre foi encontrado nas plantas dos tratamentos que receberam fósforo.

Tabela 16- Teores de Ferro, Zinco e Cobre em mg/kg nas folhas de Café, em duas épocas de amostragens (Janeiro e Abril de 2010) em função da aplicação de diferentes fontes e doses de Fósforo, em Porto Firme, MG

Teores de ferro mg/kg nas folhas de café, nas amostras coletadas no mês de janeiro de 2010					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	63,92	57,91	71,64	62,01	63,86 a
320kg/ha	61,69	62,76	52,36	61,81	59,65 a
Média	62,80 A	60,33 A	62,00 A	61,91 A	
Média da testemunha = 55,89			Média do fatorial=61,75		
C.V.= 15,75					
Teores de ferro mg/kg nas folhas de café, nas amostras coletadas no mês de abril de 2010					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	155,93	116,12	111,68	102,42	121,53 a
320kg/ha	118,98	97,60	115,41	113,30	111,32 a
Média	137,45 A	106,85 A	113,54 A	107,85 A	
Média da testemunha =104,083			Média do fatorial=116,42		
C.V.= 19,67					
Teores de zinco mg/kg nas folhas de café nas amostras coletadas no mês de janeiro de 2010					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	3,56	3,60	3,13	3,62	3,60 a
320kg/ha	3,80	4,39	3,38	2,81	3,48 a
Média	3,68 A	4,00 A	3,26 A	3,21 A	
Média da testemunha =2,80			Média do fatorial=3,54		
C.V.= 15,04					
Teores de zinco mg/kg nas folhas de café nas amostras coletadas no mês de abril de 2010					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	2,47	3,36	2,93	3,67	3,10 a
320kg/ha	2,40	2,50	2,73	1,87	2,37 b
Média	2,43 A	2,93 A	2,83 A	2,77 A	
Média da testemunha =1,65*			Média do fatorial=2,73		
C.V.= 30,86					
Teores de Cu mg/kg nas folhas de café nas amostras coletadas no mês de janeiro de 2010					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	18,85	18,38	17,71	17,50	18,11 a
320kg/ha	19,96	17,19	16,74	17,87	17,94 a
Média	19,40 A	17,78 A	17,23 A	17,69 A	
Média da testemunha =18,433			Média do fatorial=18,03		
C.V.= 11,63					
Teores de cobre mg/kg nas folhas de café nas amostras coletadas no mês de abril de 2010					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	17,55	25,27	15,72	20,23	19,69 a
320kg/ha	18,67	15,02	16,90	19,10	17,42 a
Média	18,11 A	20,14 A	16,30 A	19,66 A	
Média da testemunha =18,433			Média do fatorial=18,55		
C.V.= 20,35					

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de tukey.

* Média da testemunha, que diferem estatisticamente da média do fatorial, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de TUKEY.

Tabela 17: Teores de Fe, Zn e Cu, em mg/kg, nas cascas e nos grãos de café, em função da aplicação de diferentes fontes e doses de Fósforo, em Porto Firme, MG

Teores de Fe, mg/kg, nas cascas de café					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	153,30	305,13	128,65	271,87	214,73 a
320kg/ha	141,22	203,80	178,58	149,07	168,16 a
Média	147,25 A	255,46 A	153,61 A	210,46 A	
Média da testemunha =107,117			Média do fatorial=191,44		
C.V.= 47,27					
Teores de Fe, mg/kg, nos grãos de café					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	31,82 aA	25,71 aB	26,00 aB	25,43 aB	
320kg/ha	25,61 bAB	24,27 aB	29,00 aA	25,70 aAB	
Média					
Média da testemunha = 27,133			Média do fatorial=26,69		
C.V.= 6,65					
Teores de Zn, mg/kg, nas cascas de café					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	45,12	43,93	66,22	48,03	50,82 a
320kg/ha	43,93	58,43	60,86	51,45	53,66 a
Média	44,52 A	51,17 A	63,54 A	49,74 A	
Média da testemunha = 64,287			Média do fatorial=52,24		
C.V.= 25,97					
Teores de Zn, mg/kg, nos grãos de café					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	4,19	4,70	6,62	3,69	5,50 a
320kg/ha	5,28	5,62	5,46	5,63	4,80 a
Média	4,73 A	5,16 A	6,05 A	4,66 A	
Média da testemunha = 4,595			Média do fatorial=5,15		
C.V.= 38,48					
Teores de Cu, mg/kg, nas cascas de café					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	33,68	26,30	25,97	26,13	28,02 a
320kg/ha	26,12	24,40	22,75	24,38	24,41 b
Média	29,90 A	25,35 A	24,35 A	25,25 A	
Média da testemunha = 22,917			Média do fatorial=26,21		
C.V.= 16,58					
Teores de Cu, mg/kg, nos grãos de café					
	FNR	SS	ST	FMK	Média
80 kg/ha	12,52	12,07	12,62	13,33	12,63 a
320kg/ha	13,12	12,15	12,18	12,45	12,47 a
Média	12,82 A	12,11 A	12,40 A	12,89 A	
Média da testemunha =14,23			Média do fatorial=12,55		
C.V.= 10,90					

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de tukey.

* Média da testemunha, que diferem estatisticamente da média do fatorial, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de TUKEY.

5.0. CONCLUSÕES:

5.1. Experimento I

A produtividade do cafeeiro respondeu positivamente à fertilização com fósforo.

Doses de P_2O_5 acima das usualmente recomendadas para o cafeeiro não promoveram respostas positivas de crescimento, nem amenizaram a bienalidade de produção, mas elevaram a produtividade, sendo as taxas de acréscimo decrescentes com o incremento das doses.

Nas condições em que se realizou o experimento a dose que correspondeu a 90% da produtividade máxima foi 113 kg ha^{-1} de P_2O_5 , porém as doses correspondentes a 90% da máxima eficiência econômica foram $322,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 , na safra de 2009 e de $341,66 \text{ kg ha}^{-1}$ na safra de 2010.

A análise foliar evidenciou que a menor dose de P_2O_5 aplicada ao solo (33 kg ha^{-1}) foi suficiente para nutrir adequadamente as plantas, que os teores de Mg nas folhas aumentaram e os teores de Cu diminuíram com o incremento das doses de P_2O_5 .

A análise de P no solo pelos métodos Mehlich 1, resina mista e P-remanescente nas camadas de 0-20 e 20-40 cm evidenciou que com o incremento das doses de P_2O_5 , num primeiro momento grande parte do P supre os sítios de adsorção de P do solo. Em seguida, com o aumento do P disponível, o elemento tende a descer no perfil, e por fim, uma vez saturados os sítios de adsorção aumenta o P em solução. Isso indica que a resposta do cafeeiro a doses elevadas de P_2O_5 dependerá predominantemente das características do solo.

5.2. Experimento II

Nas condições em que este experimento foi conduzido (sequeiro), foi necessário o suprimento de P ao solo, para conseguir atender adequadamente as exigências nutricionais do cafeeiro, e alcançar as produtividades desejadas, sendo que a menor dose testada (80 kg/ha P_2O_5) foi suficiente para atingir a máxima produtividade.

A adubação com fontes solúveis de P promoveu respostas mais rápidas.

As concentrações foliares de P não se alteraram com o emprego de doses de P_2O_5 de 0, 80 e 320 kg ha⁻¹.

A dose de 320 kg ha⁻¹ P_2O_5 promoveu reduções nos teores foliares de Zn e de Cu nas cascas.

As concentrações de P extraído por Mehlich 1 e resina mista na camada de 0-20 cm e 20-40 cm aumentaram com o aumento das doses de P_2O_5 aplicadas, sendo os valores obtidos com resina mista maiores que os obtidos com Mehlich 1.

6.0. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C. E. **Análise dos excedentes econômicos gerados pelos acordos internacionais do café.** 1995. 90f.. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Curso de Pós-Graduação em Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - A.O.A.C. **Official methods of analysis.** 12. ed. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists, 1975, 1094p

BARROS, U. V. et al. Recuperação de cafeeiros com aplicação corretiva de adubo fosfatado em plantas sem fósforo na cova de plantio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 26., 2000, Marília. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBG/GERCA, 2000. p. 64-66.

BATAGLIA, O.C. Resposta à adubação fosfatada na cultura do café. In: YAMADA, T; ABDALLA, S.R.S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira.** Piracicaba: Potafos/Anda, 2004. p. 307-328.

BERGMANN, W. **Nutrition disorders of plants;** development, visual and analytical diagnosis. New York: Gustave Fischer Verlag, 1992. 741p.

BRAGA, J. M., DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de P em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres,** Viçosa, Minas Gerais, v.21, n.113, p.73-85, 1974.

CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. de. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia,** v.60, n.1, p.65-68, 2001.

CAMARGO, A.P. As oito fases fenológicas da frutificação do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24. Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1998. p.41-42.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=132>>. Acesso em: 10 nov. 2010 e 6 jul. 2012.

CORRÊA, J.B.; GARCIA, A.W.R.; COSTA, P.C. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 13., 1986, São Lourenço. **Anais...** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1986. p.35-41.

DAJOZ, Roger. **Princípios de Ecologia**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 520 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.

FAGERIA, V.D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of plant Nutrition**, New York, v.24, n.8, p.1269-1290, 2001.

GUERRA, A.F.; ROCHA, O.C.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C.; TOLEDO, P.M.R.; RIBEIRO, L.F. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. **item**, Brasília, n.73, p. 52-61, 2007.

GUERRA, A.F.; ROCHA, O.C.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C. Manejo da irrigação do cafeeiro, com estresse hídrico controlado, para uniformização de florada. In.: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Boas práticas agrícolas na produção de café**. Viçosa, MG: UFV, 2006. P.83-115.

GUIMARÃES, P.T.G.; GARCIA, A.W.R.; ALVAREZ V., V.H.; PREZOTTI, L.C.; VIANA, A.S.; MIGUEL, A.E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J.B., LOPES, A.S.; NOGUEIRA, F.D.; MONTEIRO, A.V.C. Cafeeiro. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez V., V.H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e**

fertilizantes em Minas Gerais, 5ª Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG. 1999. p.289-302.

GUIMARAES, P.T.G.; LOPES, A.S. Solos para o cafeeiro: características, propriedades e manejo. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba: POTAFOS, 1986. p. 115-161.

GUIMARÃES, P.T.G. **Respostas do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) à adubação mineral e orgânica em solos de baixa fertilidade do Sul de Minas Gerais.** 1986. 140p. (Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

GOUVEIA, M. N. **Estudo da diferenciação e crescimento das gemas florais de *Coffea arabica* L.: observações sobre antese e maturação dos frutos.** Campinas, 1984. 237 P. Dissertação (Mestrado em Biologia). - Instituto de Biologia, UNICAMP.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, n. 95, Piracicaba, Instituto Potafós, 2001.

JACKSON, M. L. Soil chemical analysis. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1958.458p.

JOHNSON, C. M.; ULRICH, A. Analytical methods for use in plants analyses. Los Angeles: University of California, 1959. v.766, p.32-33.

JONES JUNIOR, JB.; WOLF, B.; MILLS, H.A. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide.** Athens Georgia: Micro-Macro Publishing, 1991. 213p.

LOPES, A.S. **Solos sob cerrado: características, propriedades e manejo.** Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1983. 162 p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Pioneira, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafos, 1986. p. 136-274.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631 p.

MALAVOLTA, E.; FAVARIM, J.L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C.P.; HEINRICH, R.; SILNEIRA, J.S.M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas, e flores do cafeeiro. **Revista Brasileira de Agropecuária**, Brasília- DF, v. 37n. 7, jul.2002.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic, 1995. 887p.

MARTINEZ, H.E.P & CLEMENTE, J.M.. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: Editora UFV, 2011, 76p.

MARTINEZ, H.E.P.; MENEZES, J.F.S.; SOUZA, R.B.; ALVAREZ V., V.H.; GUIMARÃES, P.T.G. Faixas críticas de concentração de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., vol 38, nº 6 p.703-713, 2003.

MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B.; ALVAREZ V., V.H.; MENEZES, J.F.S.; NEVES, Y.P.; OLIVEIRA, J.A.; ALVARENGA, A.P.; GUIMARÃES, P.T.G. **Nutrição mineral, fertilidade do solo e produtividade de cafeeiros nas regiões de Patrocínio, Manhuaçu, Viçosa, São Sebastião do Paraíso e Guaxupé**. Belo Horizonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, 2004. (Boletim Técnico, 72).

MATIELLO, J.B. et al. **Cultura de café no Brasil**: Novo manual de recomendações, Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. 387p.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W.R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil**: Novo manual de recomendações, Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2005. 438P.

MELO, B.; MARCUZZO, K.V.; TEODORO, R.E.F.; CARVALHO, H.P. Fontes e doses de fósforo no desenvolvimento e produção do cafeeiro, em um solo originalmente sob vegetação de cerrado de Patrocínio – MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 315-321, Mar./Abr. 2005.

MOTTA, P.E.F.; CURTI, N.; SIQUEIRA, J.O.; RAIJ, B. van; FURTINI NETO, A.E.; LIMA, J.M. Adsorção e formas de fósforo em latossolos: influência da mineralogia e histórico de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 349-359, abr./jun. 2002.

NEPTUNE, A.M.L. O magnésio como nutrientes para as culturas. In: Silva, M. de C. (Coord.). **P, Ca, Mg, S e micronutrientes**: Situação atual e perspectivas na agricultura. São Paulo: MANAH, 1986. P.74-82, 144p.

NOVAIS, R.F.; MELLO, J.W.V. Relação Solo-Planta. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p.133-204.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG; SBCS, 2007. 471-550p.

POZZA, A. A. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; ROMANIELLO, M. M.; POZZA, E. A.; CARVALHO, J. G. Suprimento de fósforo na produção e intensidade da cercosporiose de mudas de cafeeiro em tubetes. **Revista Ciênc. agrotec.**, Lavras.V.26, n.5, p.970-976, 2002.

PREZOTTI, L.C. Fertilização do cafeeiro. In: ZAMBOLIM L. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa: UFV. Departamento de Fitopatologia, 2001, p. 607-615.

SÁ, J.C.M. Adubação fosfatada no sistema plantio direto. In: YAMADA, T; ABDALLA, S.R.S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos/Anda, 2004. p. 201-222.

SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O. Avaliação da eficiência simbiótica de fungos endomicorrízicos para o cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 39-46, jan./abr.1992.

SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O.; GUIMARÃES, P.T.G.; OLIVEIRA, E. Interação fungos micorrízicos versus superfosfato e seus efeitos no crescimento e teores de nutrientes do cafeeiro em solo não fumigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 27-36, jan./abr. 1994.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do cerrado. Encarte técnico, **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n-102, Instituto Patafos 2003.

SOUSA, D.M.G. de.; LOBATO, E.; REIN, A.T. Adubação fosfatada. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p.147-168.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

YAMADA, T. A nutrição mineral e a resistência das plantas às doenças. Piracicaba: **Informações Agronômicas**, 1995. 3 p. (Encarte Técnico, 72).

7.0. APENDICE:

TABELA 1A: Quadrados médios referentes à emissão de ramos plagiotrópicos (E.R.P.), Número de nós por ramos plagiotropicos (N.N.R.P.) produtividades referente as safras 2010 e 2011, porcentagem de rendimento e porcentagem de grãos retidos em peneira acima de 15 na safra de 2010, em função da aplicação de fontes e doses de fósforo, em Porto Firme, MG

F.V.	G.L.	E.R.P.	N.N.R.P.	PRODUTIVIDADE (2010)	PRODUTIVIDADE (2011)	ANÁLISE DE RENDIMENTO	PENEIRA ACIMA DE 15
BLOCOS	2	1,182871	0,395833	50,90677	5,229745	13,69501	274,9979
TRATAMENTOS	(8)	0,408565	0,625	78,03429	54,0856	5,317	26,396
DOSES	1	0,09375	0,375	2,99831	21,80273	0,371658	9,920073
FONTES	3	0,340278	0,934028	133,2781667*	43,24716667*	2,418826	31,31695
INT. DOSES X FONTES	3	0,100694	0,576389	25,28087	1,090928667	3,552273	14,77849
FATORIAL X TESTEMUNHA	16	1,851852	0,9375	145,5989*	280,4515*	24,24727*	62,9598
RESÍDUO	26	0,279225	1,036458	27,57763	7,512297	3,258471	22,43284
C.V. (%)		5,37	13,13	14,062	8,94	3,38	13,25

* F significativo ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 2A: Quadrados médios referentes a teores de fósforo disponível, extraído pelos extratores, Melinch-1 e Resina trocadora de cátions e ânions, e valores de P-remanescente, em amostras de solo das camadas de (0-20 e 20-40) em função da aplicação de fontes e doses de fósforo, em Porto Firme, MG

F.V.	G.L.	P (0-20) (Melinch-1)	P (0-40) (Melinch-1)	P (0-20) (Resina)	P (0-40) (Resina)	P.remanescente (0-20)	P.remanescente (20-40)
BLOCOS	2	983.4919	10.60489	604.0000	78.11111	20.02898	8.763981
TRATAMENTOS	(8)	8949.151	63.85571	12455.17	186.8333	6.923981	1.409398
DOSES	1	40643,86*	296,0335*	58905,04*	726*	17,34	0,18375
FONTES	3	5748,35*	29,71232667	4542,04	101,4444333	3,620693333	2,554583333
INT. DOSES X FONTES	3	1873,79066	24,03477	3222,708333	97,8889	8,295833333	0,997361
FATORIAL X TESTEMUNHA	16	8082,93*	53,57086	17442,04*	170,6667	2,302269	0,4356019
RESÍDUO	26	594.9565	15.74800	1678.458	62.73611	5.928252	1.064086
C.V. (%)		47,95	87,13	53,74	86,93	19,36	27,93

* F significativo ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 3A: Quadrados médios referentes a teores de Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), em amostras de solo das camadas de (0-20 e 20-40) em função da aplicação de fontes e doses de fósforo, em Porto Firme, MG

F.V.	G.L.	K (0-20)	K (20-40)	Ca (0-20)	Ca (20-40)	Mg (0-20)	Mg (20-40)
BLOCOS	2	1397.594	291.2596	0.1819421	0.02171157	0.005361530	0.0005422875
TRATAMENTOS	(8)	166.7426	80.69558	1.558592	0.1895705	0.3512293	0.002402385
DOSES	1	369,7245	14,11684	2,030249*	0,09315096	0,000432846	0,00754486
FONTES	3	99,4366	9,68803	2,498678333*	0,298151167*	0,031348683	0,00344715
INT. DOSES X FONTES	3	221,7500333	192,1812	0,771112667*	0,113673767	0,024553477	0,000348396
FATORIAL X TESTEMUNHA	16	0,6567242	25,84017	0,629111*	0,1879386	0,1128441*	0,000287579
RESÍDUO	26	361.6430	99.14354	0.1117784	0.04287801	0,02067171	0.008231897
C.V. (%)		14,09	9,66	24,07	47,13	32,63	79,70

* F significativo ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 4A: Quadrados médios referentes a teores de Fósforo, Nitrogênio e Enxofre em amostras de folhas de Café em duas épocas de amostragem (Janeiro e Abril de 2010) em resposta á aplicação de diferentes fontes e doses de fósforo, em Porto Firme, MG

F.V.	G.L.	P (janeiro)	P (abril)	N (janeiro)	N (abril)	S (abril)
BLOCOS	2	0.0003005775	0.00007462630	0.04066604	0.05263183	0.0005184479
TRATAMENTOS	(8)	0.0008013701	0.001103066	0.01572166	0.1082994	0.0005936316
DOSES	1	0,000623322	0,000620167	0,000198985	0,05072438	0,00064896
FONTES	3	0,000526398	0,001469101*	0,02505225	0,078430367	0,00107143
INT. DOSES X FONTES	3	0,000854845	0,000160715	0,015859273	0,026588803	0,000221389
FATORIAL X TESTEMUNHA	16	0,001643912	0,00331491	0,002839724	0,5006132*	0,000221636
RESÍDUO	26	0.0003960735	0.0002102605	0.01116219	0.04722714	0.0003961927
C.V. (%)		10,62	10,40	2,84	2,21	10,22

* F significativo ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 5A: Quadrados médios referentes a teores de fósforo, nitrogênio e enxofre em amostras de cascas e grãos de café, em função da aplicação de diferentes fontes e doses de fósforo, em Porto Firme, MG

F.V.	G.L.	P casca	P grão	N casca	N grão	S casca	S grão
BLOCOS	2	0.000714807	0.0000511828	0.05245126	0.0337782	0.0007939112	0.0003068993
TRATAMENTOS	(8)	0.000628222	0.0000630005	0.8594266	0.1439160	0.0002907343	0.0000286125
DOSES	1	2,50104E-05	0,00010626	0,1038584	0,0161199	0,0000047704	0,0000503151
FONTES	3	0,00056709	0,0000443507	0,1221116	0,173655	0,000688813*	0,000040787
INT. DOSES X FONTES	3	0,000270684	0,0000310451	0,0723913	0,1771525	0,000082589	0,0000167471
FATORIAL X TESTEMUNHA	16	0,002487449*	0,000171557	0,0001740	0,0827852	0,000006897	0,000005983
RESÍDUO	26	0.0003031959	0.00006550839	0.05545344	0.07577637	0.0001966111	0.0001020003
C.V. (%)		15,15	4,90	11,04	11,11	7,70	8,37

* F significativo ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 6A: Quadrados médios referentes a teores de potássio, cálcio e magnésio em amostras de folhas de Café em duas épocas de amostragem (Janeiro e Abril de 2010) em resposta á aplicação de diferentes fontes e doses de fósforo, em Porto Firme, MG

F.V.	GL	K (janeiro)	K (abril)	Ca (janeiro)	Ca (abril)	Mg (janeiro)	Mg (abril)
BLOCOS	2	0.04808944	0.2563184	0.03005775	0.06298316	0.00003748982	0.01323011
TRATAMENTOS	(8)	0.05848715	0.04027064	0.08013701	0.03884101	0.1477214	0.001865365
DOSES	1	0,05897455	0,012823	0,06233223	0.0024624	0,0000241141	0,0005415
FONTES	3	0,068072533	0,081495067	0,052639767	0,042321067	0,000105947	0,001753072
INT. DOSES X FONTES	3	0,066772833	0,019888063	0,085484467	0,034415567	0,000146669	0,00080813
FATORIAL X TESTEMUNHA	16	0,004386537	0,005192767	0,1643912	0,07805582*	0,000399807	0,006697814
RESÍDUO	26	0.02761893	0.05666143	0.03960735	0.01525704	0.0001066283	0.004757086
C.V. (%)		5,28	14	10,62	7,30	9,3	10,85

* F significativo ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 7A: Quadrados médios referentes a teores de potássio, cálcio e magnésio em amostras de cascas e grãos de café, em função da aplicação de diferentes fontes e doses de fósforo, em Porto Firme, MG

F.V.	G.L.	K casca	K grão	Ca casca	Ca grão	Mg casca	Mg grão
BLOCOS	2	0.3680407	0.00339114	0.002964065	0.000209564	0.001675607	0.0000448473
TRATAMENTOS	(8)	0.2337343	0.00402705	0.002884009	0.000423592	0.000555503	0.0000630023
DOSES	1	1,168377*	0,00381513	0,001418344	0,00102051*	0,00031901	0,0000022509
FONTES	3	0,06623443	0,00127170	0,005310733*	0,000659427*	0,000790754	0,000154721
INT. DOSES X FONTES	3	0,167405567	0,004662897	0,001555316	0,000123955	0,000399718	0,0000020184
FATORIAL X TESTEMUNHA	16	0,000576969	0,01059753	0,001055584	0,0000180845	0,0005536	0,0000315486
RESÍDUO	26	0.1226016	0.00275535	0.000873283	0.0001004919	0.0008611968	0.0001091691
C.V. (%)		8,4	3,09	3,8	1,7	11,4	3,5

* F significativo ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 8A: Quadrados médios referentes a teores de ferro, zinco e cobre em amostras de folhas de Café em duas épocas de amostragem (Janeiro e Abril de 2010) em resposta á aplicação de diferentes fontes e doses de fósforo, em Porto Firme, MG

F.V.	G.L.	Fe (janeiro)	Fe (abril)	Zn (janeiro)	Zn (abril)	Cu (janeiro)	Cu (abril)
BLOCOS	2	1762,85	1409.957	0.2729160	0.6032343	13.13410	18.37843
TRATAMENTOS	(8)	88,93086	857.6084	0.7173630	1.255738	2.739447	27.19169
DOSES	1	106,5805	625,8629	0,082134	3,226667*	0,1663335	30,9401
FONTES	3	6,418333	1231,168333	0,828468	0,275706933	5,427446667	18,00066
INT. DOSES X FONTES	3	164,5567	711,645	0,673434	0,942091667	1,816789333	44,1837
FATORIAL X TESTEMUNHA	16	91,92159	406,5648	1,151064	3,165845*	0,0165375	0,04028935
RESÍDUO	26	92,44244	512.3635	0.2715795	0.6548738	4.394844	14.23988
C.V. (%)		15,73	19,67	15,04	30,86	11,63	20,35

* F significativo ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 9A: Quadrados médios referentes a teores de ferro, zinco e cobre em amostras de cascas e grãos de café, em função da aplicação de diferentes fontes e doses de fósforo, em Porto Firme, MG

F.V.	G.L.	Fe casca	Fe grão	Zn casca	Zn grão	Cu casca	Cu grão
BLOCOS	2	7091.348	5.332315	1238.378	2.383434	11.64250	1.543426
TRATAMENTOS	(8)	13406.25	16.04919	241.5727	2.346236	31.57375	1.494190
DOSES	1	13013,06	7,205104	48,3936	2,926017	78,12042	0,1504167
FONTES	3	15433,99667	17,81927*	389,384	2,417507	37,37973333	0,810694333
INT. DOSES X FONTES	3	9656,13	22,40510333*	109,8061	2,592036	11,09680667	0,617361
FATORIAL X TESTEMUNHA	16	18966,57	0,5152894	386,6178	0,8152449	29,04	7,518935
RESÍDUO	26	7409.225	3.166898	193.3773	3.831133	18.38094	1.945613
C.V. (%)		47,27	6,65	25,97	38,48	16,58	10,94

* F significativo ao nível de **5%** de probabilidade

Tabela 10A: Equações de regressão de teores de macro e micro nutrientes em folhas de café em amostras coletadas em abril de 2008(A) e novembro de 2008 (B), em função da aplicação anual de doses de fósforo, em Viçosa, MG

Nutrientes/Ano	Equações	R ²
Nitrogênio/ 2008	$\hat{y} = \bar{v} = 3,035$	ns
Potássio/ 2008	$\hat{y} = \bar{v} = 1,78$	ns
Cálcio/ 2008	$\hat{y} = \bar{v} = 1,28$	ns
Fósforo/ 2008	$\hat{y} = 0,1435$	ns
Magnésio/2008	$\hat{y} = \bar{v} = 0,361$	ns
Enxofre/2008	$\hat{y} = \bar{v} = 0,168$	ns
Ferro/2008	$\hat{y} = 70,8021 + 3,12549D^{0,5} - 0,103554D$	0,99
Manganês/2008	$\hat{y} = \bar{v} = 560,5$	ns
Zinco/2008	$\hat{y} = \bar{v} = 12,6$	ns
Cobre/2008	$\hat{y} = 1 / (0,0601261 + 0,0000420408D)$	0,79
Nitrogênio/ 2009	$\hat{y} = \bar{v} = 3,35$	ns
Potássio/ 2009	$\hat{y} = 2,60156 - 7,56331D$	0,79
Cálcio/ 2009	$\hat{y} = \bar{v} = 0,906$	ns
Fósforo/ 2009	$\hat{y} = 0,0953912 + 0,00016425D - 0,000000147279D^2$	0,92
Magnésio/2009	$\hat{y} = 0,371584 - 1,47062 (1/D)$	0,86
Enxofre/2009	$\hat{y} = \bar{v} = 0,172$	ns
Ferro/200	$\hat{y} = \bar{v} = 70,83$	ns
Manganês/2009	$\hat{y} = \bar{v} = 347,32$	ns
Zinco/2009	$\hat{y} = \bar{v} = 7,62$	ns
Cobre/2009	$\hat{y} = 15,6430 + 0,00867440D - 0,0000158913D^2$	0,90

Tabela 11A: Equação de regressão de Teores de macronutrientes em folhas de café em amostras coletadas em novembro (A) 2009, Janeiro(B) e Abril(C) 2010 em função da aplicação anual de doses de fósforo, em Viçosa, MG.

Nutrientes/Coleta	Equações	R ²
Nitrogênio/ A	$\hat{y} = 3,24537 - 0,000331389D$	0,84
Potássio/ A	$\hat{y} = \bar{v} = 3,3$	ns
Cálcio/ A	$\hat{y} = \bar{v} = 1,28$	ns
Fósforo/ A	$\hat{y} = \bar{v} = 0,228$	ns
Magnésio/ A	$\hat{y} = 0,3016 - 1,30453*(1/D)$	0,75
Enxofre/ A	$\hat{y} = \bar{v} = 0,245$	ns
Nitrogênio/ B	$\hat{y} = \bar{v} = 3,25$	ns
Potássio/ B	$\hat{y} = \bar{v} = 3,61$	ns
Cálcio/ B	$\hat{y} = \bar{v} = 1,35$	ns
Fósforo/ B	$\hat{y} = \bar{v} = 0,201$	ns
Magnésio/ B	$\hat{y} = 0,317521 + 0,0000281924*D$	0,80
Enxofre/ B	$\hat{y} = \bar{v} = 0,2361$	ns
Nitrogênio/ C	$\hat{y} = \bar{v} = 2,88$	ns
Potássio/ C	$\hat{y} = \bar{v} = 2,2$	ns
Cálcio/ C	$\hat{y} = \bar{v} = 2,17$	ns
Fósforo/ C	$\hat{y} = \bar{v} = 0,161$	ns
Magnésio/ C	$\hat{y} = \bar{v} = 0,583$	ns
Enxofre/ C	$\hat{y} = \bar{v} = 0,18$	ns

Tabela 12A: Equações de regressão de teores de micronutrientes em folhas de café, coletadas em novembro(A) 2009, Janeiro(B) e Abril(C) 2010 em função da aplicação anual de doses de fósforo, em Viçosa, MG.

Nutrientes/Ano	Equações	R ²
Ferro/ A	$\hat{y} = \bar{y} = 57,09$	ns
Manganês/ A	$\hat{y} = \bar{y} = 204,7$	ns
Zinco/ A	$\hat{y} = \bar{y} = 6,11$	ns
Cobre/ A	$\hat{y} = 18,6737 - 0,0057035 * D$	0,88
Ferro/ B	$\hat{y} = \bar{y} = 95,99$	ns
Manganês/ B	$\hat{y} = \bar{y} = 209$	ns
Zinco/ B	$\hat{y} = \bar{y} = 6,77$	ns
Cobre/ B	$\hat{y} = 26,8401 - 0,876142 * D^{0,5} + 0,0176696 * D$	0,97
Ferro/ C	$\hat{y} = \bar{y} = 103,33$	ns
Zinco/ C	$\hat{y} = \bar{y} = 23,43$	ns
Cobre/ C	$\hat{y} = 29,7596 + 0,0489487 * D - 0,0000705763 D^2$	0,88

Tabela 13A: Equações de regressão de teores de macronutrientes em casca (A), Grão(B), e Flor de café referente à safra 2009-2010 em função da aplicação anual de doses de fósforo, em Viçosa, MG

Nutrientes/Tecido	Equações	R ²
Nitrogênio/ A	$\hat{y} = \bar{v} = 1,79214 - 0,000256644 * D$	0,74
Potássio/ A	$\hat{y} = \bar{v} = 4,0637 + 0,111473 * D^{0,5} - 0,00374227D$	
Cálcio/ A	$\hat{y} = \bar{v} = 0,809901 - 0,0000872391D$	0,83
Fósforo/ A	$\hat{y} = \bar{v} = 0,188$	ns
Magnésio/ A	$\hat{y} = 0,150093 + 0,00313851 * D^{0,5} - 0,00010742 * D$	
Enxofre/ A	$\hat{y} = 0,175447 - 0,0000407076 * D$	
Nitrogênio/ B	$\hat{y} = 2,10385 + 0,000671016 * D - 0,00000085811 * D^2$	0,96
Potássio/ B	$\hat{y} = 1,97543 + 3,74198 * (1/D)$	
Cálcio/ B	$\hat{y} = 0,58506 - 0,0000415106D$	0,77
Fósforo/ B	$\hat{y} = 0,179072 + 0,00166123 * D^{0,5} - 0,0000394835 * D$	0,98
Magnésio/ B	$\hat{y} = \bar{v} = 0,2816$	ns
Enxofre/ B	$\hat{y} = 0,10094 + 0,00141352 * D^{0,5} - 0,0000446012 * D$	
Nitrogênio/ C	$\hat{y} = 2,71797 + 0,000806553 * D - 0,00000105314 * D^2$	0,99
Potássio/ C	$\hat{y} = 5,017725 - 47,632 * (1/D)$	0,96
Cálcio/ C	$\hat{y} = \bar{v} = 2,5$	ns
Fósforo/ C	$\hat{y} = 0,233507 - 0,740538/D$	0,90
Magnésio/ C	$\hat{y} = 0,235083 - 1,03002 * (1/D)$	0,85

Tabela 14A: Equações de regressão correspondente de Teores de micronutrientes em casca (A), Grão(B), e Flor de café referente a safra 2009-2010, em função da aplicação anual de doses de fósforo, em Viçosa, MG.

Nutrientes/Ano	Equações	R ²
Ferro/ A	$\hat{y} = \bar{v} = 241,18$	ns
Zinco/ A	$\hat{y} = \bar{v} = 27,49$	ns
Cobre/ A	$\hat{y} = \bar{v} = 24,5$	ns
Ferro/ B	$\hat{y} = \bar{v} = 29,243$	ns
Zinco/ B	$\hat{y} = \bar{v} = 6,92$	ns
Cobre/ B	$\hat{y} = \bar{v} = 11,8$	ns
Ferro/ C	$\hat{y} = \bar{v} = 29,095$	ns
Manganês/ C	$\hat{y} = \bar{v} = 26,14$	ns
Zinco/ C	$\hat{y} = \bar{v} = 17,69$	ns
Cobre/ C	$\hat{y} = \bar{v} = 5,95$	ns

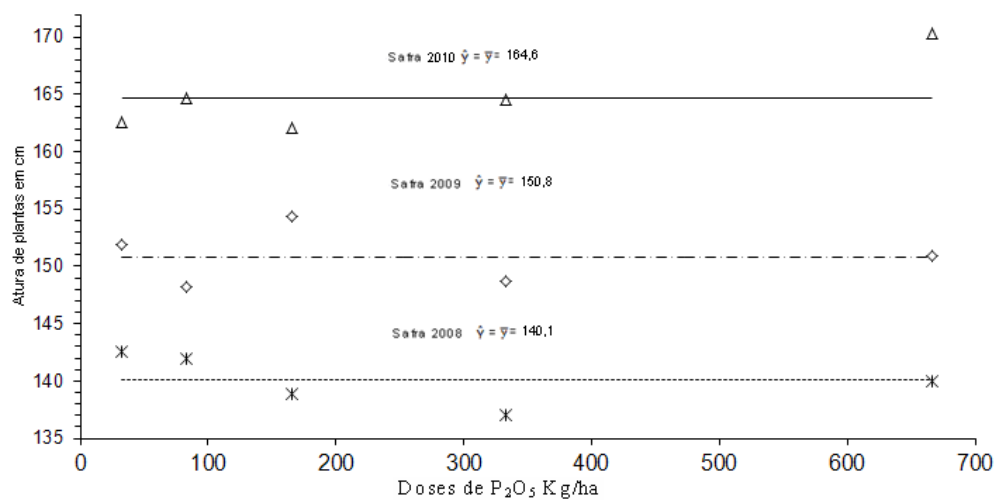


Figura 01A: Altura de plantas nas safras de 2008, 2009 e 2010 em função da aplicação anual de doses de fósforo, em Viçosa, MG.

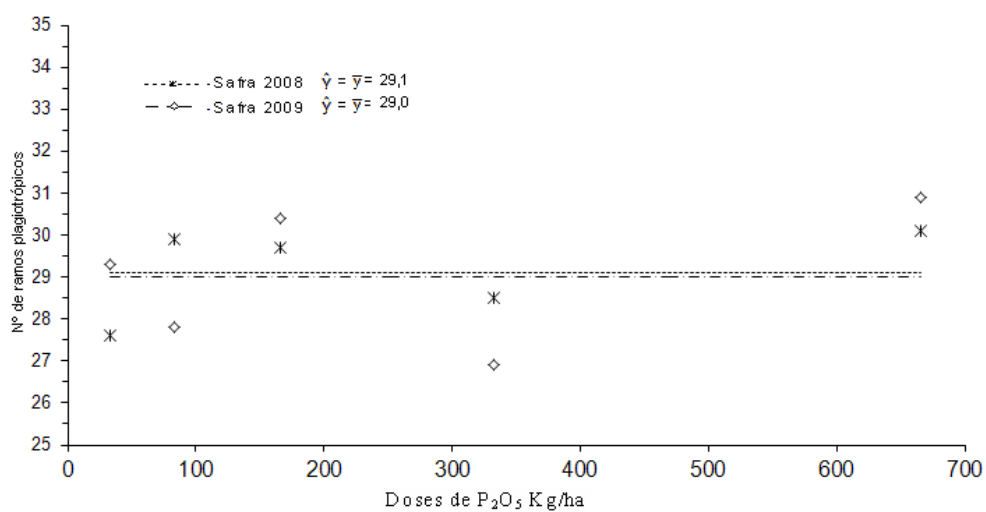


Figura 02A: Números de ramos plagiotrópicos nas safras de 2008 e 2009 em função da aplicação anual de doses de fósforo, em Viçosa, MG.

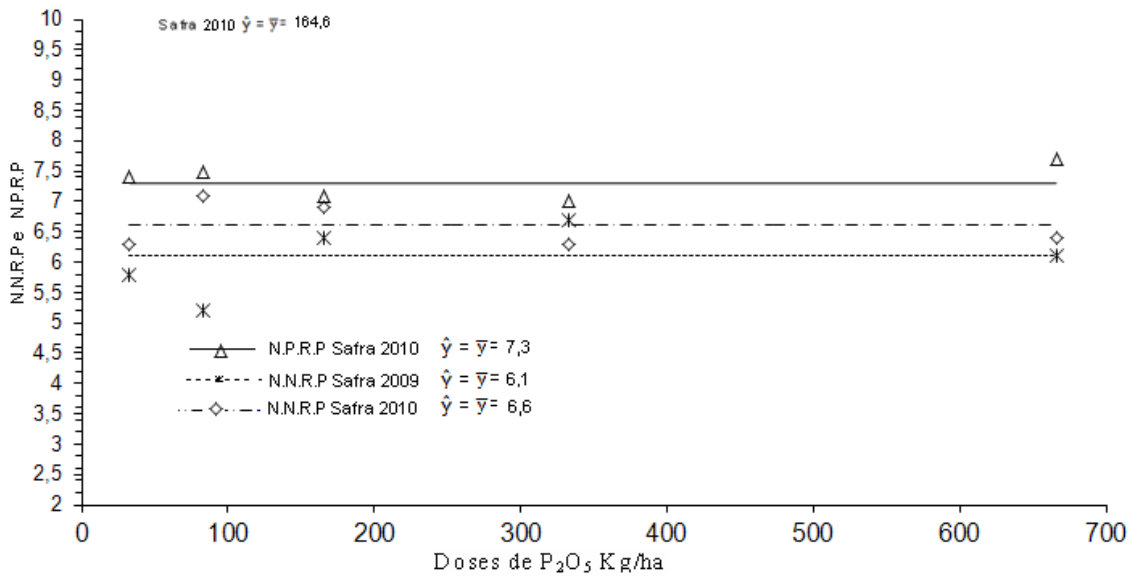


Figura 03A: Emissão de pares de ramos plagiotrópico (E.P.R.P.) na safra de 2010 e números de nós por ramo plagiotrópico (N.N.R.P.) nas safras de 2009 e 2010, em função da aplicação anual de doses de fósforo, em Viçosa, MG.