

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

VANESSA MARIA DE SOUZA BARROS

**ADUBAÇÃO COMBINADA DE N E P NO SOLO NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO
DE CAFEIRO CONILON**

ALEGRE – ES

2018

VANESSA MARIA DE SOUZA BARROS

**ADUBAÇÃO COMBINADA DE N E P NO SOLO NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO
DE CAFEIEIRO CONILON**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Produção Vegetal na Área de Concentração em Fitotecnia.

Orientador: Marcelo Antonio Tomaz.
Coorientadores: Lima Deleon Martins e
José Francisco Teixeira do Amaral.

ALEGRE - ES

2018

Barros, Vanessa Maria de Souza, 1994-

B277a Adubação combinada de N e P no solo no crescimento e nutrição de
cafeeiro conilon / Vanessa Maria de Souza Barros. – 2018.

39 f. : il.

Orientador: Marcelo Antonio Tomaz.

Coorientadores: Lima Deleon Martins ; José Francisco Teixeira do
Amaral.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do
Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Café conilon. 2. Macronutrientes. 3. Nutrientes. 4. Adubação. I.
Tomaz, Marcelo Antonio. II. Martins, Lima Deleon. III. Amaral, José
Francisca Teixeira do. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro
de Ciências Agrárias e Engenharias. V. Título.

1 CDU: 63

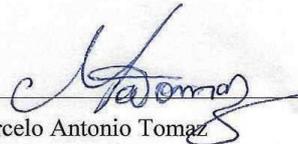
VANESSA MARIA DE SOUZA BARROS

**ADUBAÇÃO COMBINADA DE N E P NO SOLO NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO
DE CAFEIEIRO CONILON**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Produção Vegetal na Área de Concentração em Fitotecnia.

Aprovada em 12 de julho de 2018.

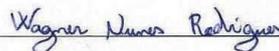
COMISSÃO EXAMINADORA



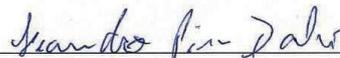
D. Sc. Marcelo Antonio Tomaz
CCAUE-UFES (Orientador)



D. Sc. Lima Deleon Martins
CCAUE-UFES (Coorientador)



D. Sc. Wagner Nunes Rodrigues
(Membro externo à UFES)



D. Sc. Leandro Pin Dalvi
CCAUE-UFES (Membro interno do Programa)

A minha mãe Maria Aparecida, pelo exemplo de vida, caráter e força.

DEDICO

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação.”

(Simone de Beauvoir)

BIOGRAFIA

VANESSA MARIA DE SOUZA BARROS, filha de Antônio Alvim de Barros e Maria Aparecida de Souza Barros, nasceu em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, em 21 de junho de 1994. Em fevereiro de 2012, iniciou o curso de Bacharel em Agroecologia no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, *campus* Rio Pomba e graduou-se Bacharela em Agroecologia em fevereiro de 2016. Em agosto de 2016, ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Alegre – ES, submetendo-se à defesa de dissertação em 12 de julho de 2018.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por permitir que eu ande nos seus caminhos. Agradeço por todas as graças alcançadas, pelo que tenho e sou.

Aos meus pais, Antônio Alvim de Barros e Maria Aparecida de Souza Barros, pelos valores de honestidade, respeito, simplicidade, por toda a educação e por nunca terem medido esforços para que eu atingisse os meus objetivos. Aos meus sobrinhos Thiago Barros, Mariane Barros e Jhennifer Barros por me mostrarem a todo momento que a felicidade encontra-se nas coisas mais simples da vida e ao Jonathas Moreira, por todo apoio e amor.

À Universidade Federal do Espírito Santo e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, sua comissão de coordenação, professores e funcionários, pelas oportunidades e ensinamentos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pelo apoio financeiro para a execução do trabalho e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos para o curso de mestrado.

Ao meu orientador, Marcelo Antonio Tomaz, pela oportunidade, confiança, paciência, disponibilidade e orientação dadas para que este trabalho fosse feito da melhor maneira possível.

Ao meu coorientador, Lima Deleon Martins, pela valiosa contribuição e coorientação, opiniões e críticas enriquecedoras.

À técnica do laboratório de Nutrição Mineral, Larissa Ataíde, por todo auxílio nas análises, apoio e paciência em ensinar.

Aos amigos do curso de pós-graduação em Produção Vegetal, em especial ao Bruno Fardim, Daniel Ferreira, Joab Pedrosa, Márcio Apostólico e Wellington Erlacher, pelas dicas, amizade e auxílios prestados.

Às amigas Diana Pellanda, Débora Pellanda, Priscila Brigide, Mariana Oliveira, Thaís Serafim e Sintia Bruneli que fizeram com que esse período fosse tão mais leve, pela convivência, ajuda e principalmente por sempre estarem abertas a me ouvir.

Aos meus amigos, Alexandra Zorzal e Joab Pedrosa, pela companhia diária, amizade, carinho e inestimável ajuda e apoio nos momentos em que mais precisei.

Aos meus amigos de Minas, em especial Sebastião Moreira e Ana Cláudia Pereira pela amizade, carinho, apoio e cuidado em todos os momentos e por mais uma vez me darem a certeza de que sou muito abençoada por ter vocês em minha vida!

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta etapa de minha vida, muito obrigada!

RESUMO

Com o desenvolvimento de novos clones de cafeeiro conilon, trabalhos têm sido realizados a fim de avaliar o efeito de níveis isolados de N, P e K. Contudo, são necessários estudos de combinação de nutrientes no solo que permitam verificar a interação entre os mesmos e os efeitos no crescimento das plantas. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência da adubação combinada de N e P no crescimento e nutrição de genótipo de *Coffea canephora* e avaliar a eficiência dessas plantas no uso desses nutrientes. O ensaio foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com 13 níveis de adubação combinada com N e P, baseados inicialmente na recomendação para estudos em ambiente controlado, com três repetições. Os níveis de adubação consistiram na adição combinada de diferentes níveis de N e P ao solo, seguindo o modelo matricial Box Berard aumentada 3 ($2^k + 2k + 2k + 1$), com espaço amostral de 29,28 a 170,71 mg/dm³ de N e de 43,93 a 256,06 mg/dm³ de P. Aos 150 dias de cultivo, foram avaliados parâmetros de crescimento vegetativo e também mensurados os teores nutricionais dos tecidos foliares, produção de matéria seca total e particionada das plantas. Quando quantificados os teores de N e P, calculou-se o conteúdo dos nutrientes na matéria seca da raiz, parte aérea e total. Para o estudo da eficiência nutricional foram aplicadas expressões matemáticas referentes à absorção, à translocação e à eficiência de uso. Em geral, a combinação de 60,71- 43,93 de N e P possibilitou os melhores resultados para as variáveis número de folhas, altura de planta, volume de raiz, produção de matéria seca das raízes, parte aérea e total, conteúdo de N nas raízes, conteúdo de P nas raízes e total, eficiência de uso de nitrogênio e ainda apresentou a melhor relação de biomassa raiz/parte aérea. O cafeeiro conilon apresentou eficiências nutricionais diferentes quanto ao N e P. A eficiência de absorção do nitrogênio foi maior quando se utilizou as combinações (139,28-91,07 de N e P) e (170,71-208,91 de N e P). As combinações (41,07-150,00 de N e P) e (139,28-208,91 de N e P) possibilitaram melhor eficiência de absorção de fósforo. A eficiência de translocação de N foi menor do que a do P. A eficiência de uso máxima de N foi alcançada nas combinações (60,71- 43,93 de N e P) e (60,71-91,07 de N e P) e de P nas combinações (60,71-91,07 de N e P) e (158,92-150,00 de N e P). A combinação com diferentes níveis de N e P na adubação interfere no crescimento e na nutrição das mudas de *Coffea canephora*, podendo causar diferentes respostas à medida que o balanço entre nutrientes é alterado.

Palavras-chave: Macronutrientes. Eficiência Nutricional. *Coffea canephora*.

ABSTRACT

With the development of new clones of conilon coffee, many studies have been carried out to evaluate the effect of isolated levels of N, P and K. However, soil nutrient combination studies are necessary to verify the interaction between them and the effects on plant growth. The objective of this work was to verify the influence of the combined fertilization of N and P on the growth and nutrition of *Coffea canephora*, genotype and to evaluate the efficiency of these plants in the use of these nutrients. The experiment was carried out in a completely randomized design with 13 fertilization levels combined with N and P, based initially on the recommendation for controlled environment studies with three replicates. Fertilizer levels consisted of the combined addition of different N and P levels to the soil, following the Box Berard augmented matrix model 3 ($2^k + 2k + 2k + 1$), with a sample space of 29.28 at 170.71 mg/dm³ of N and of 43.93 at 256.06 mg/dm³ of P. At 150 days of cultivation, vegetative growth parameters were evaluated, as well as the nutritional contents of leaf tissues, total and partitioned dry matter production of plants. When the N and P contents were quantified, the content of nutrients in the dry matter of root, shoot and total was calculated. For the study of nutritional efficiency, mathematical expressions were applied regarding absorption, translocation and efficiency of use. In general, the combination 2 of N and P 60.71- 43.93 allowed the best results for the leaf number, plant height, root volume, root dry matter, shoot and total root content, N content in the roots, P content in the roots and total, efficiency of nitrogen use and still presented the best ratio of root / shoot biomass. The coffee conilon presented different nutritional efficiencies regarding N and P. The nitrogen absorption efficiency was higher when the combinations 7 (139.28-91.07 of N and P) and 12 (170.71-208.91 of N and P). The combinations 6 (41.07-150.00 of N and P) and 11 (139.28-208.91 of N and P) yielded better phosphorus absorption efficiency. The efficiency of N translocation was lower than that of P. The maximum use efficiency of N was achieved in the combinations 2 (60.71- 43.93 of N and P) and 4 (60.71-91.07 of N and P) and of P in the combinations 4 (60.71-91.07 of N and P) e 9 (158.92-150.00 of N and P) A combination with different levels of N and P in fertilization interferes with the growth and nutrition of *Coffea canephora* seedlings, which can cause different responses as nutrient balance is altered.

Keywords: Macronutrients. Nutritional Efficiency. *Coffea canephora*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Níveis combinados de nitrogênio e fósforo para o estudo da interação	17
Tabela 2. Atributos físico-químicos do solo utilizado como substrato	18

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** (A) Número de folhas, (B) altura (cm), (C) área foliar (m^2) e (D) volume de raiz (dm^3) de plantas de café conilon submetidas a treze combinações de N e P (mg/dm^3) no solo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott ($p \leq 0,05$)..... 21
- Figura 2.** (A) Massa de matéria seca ($g.planta^{-1}$) de raízes (MSR), da parte aérea (MSPA) e total de plantas (MST). (B) Conteúdo ($mg.planta^{-1}$) de N na raiz (CNR), na parte aérea (CNPA) e total (CNT). (C) Conteúdo ($mg.planta^{-1}$) de P na raiz (CPR), na parte aérea (CPPA) e total (CPT) de plantas de café conilon submetidas a treze combinações de N e P (mg/dm^3) no solo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). MSR e MSPA estão apresentadas com letras minúsculas e a MST em maiúscula. 24
- Figura 3.** Eficiência de absorção de N (A) ($mg.g^{-1}$). Eficiência de absorção de P (B) ($mg.g^{-1}$). Eficiência de translocação de N (C) (%). Eficiência de translocação de P (D) (%). Eficiência de utilização de N (E) ($g^2.mg^{-1}$). Eficiência de utilização de P (F) ($g^2.mg^{-1}$), em plantas de café conilon submetidas a trezes combinações de N e P (mg/dm^3) no solo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). 26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVO	16
3. MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO	16
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	16
3.3 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	17
3.4 VARIÁVEIS ANALISADAS	19
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	20
4. RESULTADOS	20
4.1 CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO	20
4.2 MASSA DE MATÉRIA SECA E CONTEÚDO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO NA RAIZ, PARTE AÉREA E TOTAL	22
4.3 EFICIÊNCIA DE ABSORÇÃO, TRANSLOCAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE N E P EM PLANTAS DE CAFÉ CONILON	25
5. DISCUSSÃO	27
6. CONCLUSÃO	32
7. REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma das atividades mais importantes do setor agropecuário brasileiro, destacando o país como o maior produtor e exportador e o segundo maior consumidor mundial, colhendo mais de 44,97 milhões de sacas beneficiadas na safra de 2017, sendo 34,25 milhões de café arábica e 10,72 milhões de conilon (CONAB, 2018). Além disso, possui significativa importância para o agronegócio, uma vez que gera emprego e renda em escala nacional, garantindo a arrecadação de impostos e principalmente auxiliando na fixação do homem ao campo (LOPES et al., 2012). Desse modo, é fundamental a busca por novas tecnologias e a melhoria do manejo nutricional das plantas, uma vez que essa representa elevada participação no custo de produção e é uma ferramenta essencial para elevar a produtividade e melhorar a qualidade dos produtos.

A produtividade do cafeeiro é afetada diretamente pela disponibilidade dos macro e micronutrientes, em especial o nitrogênio, potássio e fósforo (BRAGANÇA; PREZOTTI, LANI, 2017). Dessa forma, é necessária a disponibilidade de quantidades adequadas destes nutrientes minerais nos solos para suprir as exigências das culturas e com isso manter o equilíbrio nutricional.

Alguns trabalhos encontrados na literatura demonstram a importância do N na cultura do cafeeiro (CLEMENTE et al., 2013; PREZOTTI et al., 2015). Visto que este desempenha papel fundamental como componente estrutural de aminoácidos e proteínas, bases nitrogenadas e ácidos nucléicos, enzimas, coenzimas e vitaminas, pigmentos e outros produtos secundários. Além disso, favorece o crescimento vegetativo, promove crescimento rápido das folhas novas (MALAVOLTA; VITTI, OLIVEIRA, 1997), também proporciona aumento do crescimento dos ramos plagiotrópicos, maior área foliar, maior produção de amido e outros carboidratos indispensáveis para formação e crescimento dos frutos (GUIMARÃES; MENDES, 1997).

Vale ressaltar, que o nitrogênio merece atenção no manejo no campo, devido a seu alto dinamismo no solo, resultado da grande abundância de reações químicas e biológicas em que esse nutriente participa. Em consequência desse dinamismo, o nitrogênio se torna um nutriente difícil de ser mantido na quantidade total necessária para uma boa produtividade. Por isso, a adubação mineral do cafeeiro deve ser planejada de forma que a maior proporção dos fertilizantes seja fornecida nos períodos de maior demanda da planta (DUBBERTEIN et al., 2017) e que a adubação nitrogenada seja realizada com periodicidade, em relação aos demais nutrientes, devido à grande exigência da cultura (FURTINI NETO et al., 2001).

É de suma importância, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental, o uso mais racional de adubos químicos, pois além de serem onerosos, representam risco ao meio ambiente, quando aplicados em excesso (RIBEIRO et al., 2016; PINTO et al., 2017). As perdas de nitrogênio ocorrem principalmente por lixiviação, volatilização, nitrificação ou outros meios (TIMILSENA et al., 2015). A lixiviação de nitrato foi estimada no Brasil de 87 kg ha⁻¹ por ano e as perdas com fertilizantes geralmente excedem 10-15 kg ha⁻¹ por ano (VILLALBA et al., 2014).

Alguns exemplos dos impactos da utilização e manejo inadequado do nitrogênio são enriquecimento do nutriente em bacias agrícolas, indicando suscetibilidade potencial à eutrofização (HUNKE et al., 2015), induzindo proliferação de algas prejudiciais por meio do uso ineficiente de nutrientes. O fósforo quando aplicado ao solo em demasia têm potencial poluidor especialmente em águas superficiais, quando contamina causa eutrofização das águas e mortandade de peixes (BHADHA; LANG; DAROUB, 2016).

O fósforo é um dos elementos mais limitante para as culturas agrícolas (CAIONE et al., 2012), principalmente nos solos brasileiros que são deficientes neste nutriente, em razão do avançado grau de intemperismo dos solos e pelo fato de ser um insumo mineral finito e insubstituível (DIAS et al., 2015). Por ser um nutriente essencial para o crescimento e para a produção das plantas, quando este não é disponibilizado em níveis adequados, pode acarretar em perdas na produtividade (RAMAEKERS et al., 2010).

Diversos autores relatam que é necessário a aplicação de doses elevadas de P visando suprir à demanda das culturas e sendo justificada pela intensa fixação desse elemento, ocasionando baixo conteúdo de P disponível (NOVAIS; SMYTH, 1999; KURIHARA et al., 2016; FORTES et al., 2018). Segundo Moreira e Siqueira (2006), mais de 75% do P aplicado em solos intemperizados são retidos em suas partículas, e se a quantidade de P acumulada nos solos agrícolas pudessem ser disponibilizadas, seria possível sustentar a produção agrícola mundial por cerca de um século. Segundo Guimarães et al. (2011), o fósforo é pouco exigido e pouco exportado pelo cafeeiro quando comparado com os demais nutrientes. Sabe-se que apenas 5% a 20% do P solúvel é aproveitado pela cultura (ALCARDE; PROCHNOW, 2003).

O P é considerado um elemento rico em energia, que desempenha papel fundamental como componente em diferentes compostos das células vegetais, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos e substratos metabólicos (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). Considerado determinante no crescimento das plantas, uma vez que tem considerável importância no

metabolismo do carbono e também na formação de açúcares fosfatados, processos estes fundamentais para assimilação e utilização de N (ELSER et al., 2007). A energia absorvida pela clorofila durante a fotossíntese é convertida em adenosina trifosfatada (ATP) e atua como a primeira fonte energética requerida nos processos biológicos (GRANT et al., 2007). Além de atuar na divisão celular, no alargamento das células e na transferência da informação genética e ainda promove o uso mais eficiente da água e de outros nutrientes (GUIMARÃES et al., 2011).

Em condições de deficiência de P, alguns problemas podem ser acarretados, tais como: redução do desenvolvimento radicular e da parte aérea (MATIELLO et al., 2010), a assimilação de N pelas plantas é limitada (RUFTY JR et al., 1990; ALVES et al., 1996), podendo restringir a absorção e translocação de N nas plantas (ARAÚJO; TEIXEIRA; LIMA, 2002). Além disso, a falta de P pode provocar acúmulo de amido nos cloroplastos, reduzindo o transporte de carboidratos e a atividade de todas as enzimas que dependem de fosforilação, em especial aquelas envolvidas na absorção ativa de nutrientes (MALAVOLTA, 2006).

O P pode em alguns casos limitar a absorção de outros nutrientes (MACEDO; TEIXEIRA, 2012), assim como melhorar a eficiência e aproveitamento desses nutrientes. Um exemplo é a interação sinérgica entre o N e o P, em que ambos os nutrientes, quando disponibilizados em doses adequadas, promovem aumentos na produção vegetal maiores do que aqueles obtidos com a aplicação de cada um isoladamente (SHUMAN, 1994; DAVIDSON; HOWARTH, 2007).

A produtividade das culturas agrícolas e a assimilação de N tendem a diminuir em condições de baixa disponibilidade de fósforo. Três efeitos distintos podem ser identificados para explicar esta diminuição na assimilação de N: primeiro, a absorção de nitrato pelas raízes decresce; segundo, a translocação de nitrato das raízes para a parte aérea diminui, aparentemente devido da restrição do transporte do simplasma da raiz para o xilema; e terceiro, acúmulo de aminoácidos tanto nas folhas quanto nas raízes, resultante da inibição da síntese ou degradação de proteínas (RUFTY et al., 1993; JESCHKE et al., 1997).

Estudos de interação entre o fósforo e outros nutrientes são convenientes dado a sua baixa disponibilidade em solos tropicais. Desse modo, estudos dessa natureza que avaliem a interação entre N e P são relevantes, devido ao desequilíbrio causado na absorção e utilização do nitrogênio pelo suprimento inadequado de fósforo ou o inverso, podendo ter reflexos diretos na

eficiência de utilização dos mesmos e possibilitando assim a otimização dos recursos, além de explorar possíveis ganhos em produtividade.

2. OBJETIVO

Objetivo geral:

Avaliar a influência da adubação conjunta de N e P no solo no crescimento e nutrição do café conilon.

Objetivos específicos:

- i. Avaliar o desenvolvimento inicial de genótipo de café conilon influenciado por diferentes níveis conjuntos de N e P no solo em ambiente controlado.
- ii. Verificar o impacto do desbalanço nutricional influenciado por diferentes níveis conjuntos de N e P aplicados no solo nas características biométricas e de produção de matéria seca de café conilon em ambiente controlado.
- iii. Obter e comparar a eficiência nutricional de genótipo de café conilon em diferentes níveis conjuntos de N e P, em ambiente controlado.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na área experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), localizado no município de Alegre-ES, com coordenadas de latitude 20°45' S e longitude 41°33' W e altitude média de 277,41 metros. O clima predominante é do tipo “Aw” com estação seca no inverno, de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura anual média de 23,1 °C e a precipitação anual média de 1.200 mm.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O ensaio foi realizado em um delineamento inteiramente casualizado, com 13 níveis de adubação combinada com nitrogênio (N) e fósforo (P), com três repetições (Tabela 1), aplicados simultaneamente no solo. A parcela experimental foi constituída de uma muda do clone 2V da variedade de café “Conilon Vitória Incaper 8142” por vaso.

Tabela 1. Níveis combinados de nitrogênio e fósforo para o estudo da interação

Combinações ¹	N	P
	----- mg/dm ³ -----	
1	100,00	150,00
2	60,71	43,93
3	29,28	91,07
4	60,71	91,07
5	100,00	61,61
6	41,07	150,00
7	139,28	91,07
8	60,71	208,91
9	158,92	150,00
10	100,00	238,38
11	139,28	208,91
12	170,71	208,91
13	139,28	256,06

¹ Modelo matricial Box Berard aumentada 3 ($2^k + 2k + 2k + 1 + 1$).

² Somatório das doses de N e P.

Os tratamentos consistiram na adição combinada de diferentes níveis de nitrogênio e fósforo no solo, seguindo o modelo matricial Box Berard aumentada 3 ($2^k + 2k + 2k + 1 + 1$), modificada por Leite (1984). O espaço amostral foi de 29,28 a 170,71 mg/dm³ de N e de 43,93 a 256,06 mg/dm³ de P. A combinação 1 foi obtida a partir da dose de 100 mg/dm³ de N e 150 mg/dm³ de P, conforme recomendação por Novais (1991) e foi determinada como o tratamento padrão. As demais combinações foram apresentadas em ordem crescente, a partir do total de nutrientes somados.

3.3 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Foram utilizadas mudas com dois pares de folhas, do clone 2V pertencente a variedade de café “Conilon Vitória Incaper 8142”, obtidas junto ao Instituto Capixaba de Pesquisa Agropecuária (Incaper), provenientes de multiplicação assexuada, via estaquia. Essas mudas foram transplantadas para vasos de polietileno selados com capacidade de 12 dm³, preenchidos com 10 dm³.

O solo utilizado para preenchimento dos vasos foi coletado em área de vegetação nativa, a uma profundidade de 10-40 cm. Descartando-se os primeiros 10 cm do perfil do solo com o intuito de reduzir o efeito da matéria orgânica presente na camada superficial. Após coletado, o solo foi seco a sombra, homogeneizado em peneira de malha de 4,0 mm. Uma amostra representativa desse solo, caracterizado como Latossolo Vermelho Amarelo eutrófico, foi encaminhada para determinação dos atributos físico-químicos (Tabela 2).

Tabela 2. Atributos físico-químicos do solo utilizado como substrato

Atributos	Valores
Areia (%)	47
Silte (%)	6
Argila (%)	47
Densidade (g cm^{-3}) ⁽¹⁾	1,21
pH ²	6,37
P (mg dm^{-3}) ³	5,65
K (mg dm^{-3}) ³	83,00
Ca ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) ³	3,73
Mg ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) ⁴	0,63
Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) ⁴	0,00
H + Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) ⁵	3,63
Soma de Bases ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) ⁶	4,83
CTC potencial ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) ⁷	8,46
CTC efetiva ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) ⁸	4,83
Saturação por Bases (%) ⁹	57,1
Saturação por Alumínio (%) ¹⁰	0,00

^{1/} obtido pelo método da proveta; ^{2/} relação solo-água 1:2,5; ^{3/} extraído por Mehlich-1; ^{4/} extraído por KCl; ^{5/} extraído por Acetato de Cálcio; ^{6/} soma de bases; ^{7/} CTC a pH 7,0; ^{8/} CTC efetiva; ^{9/} porcentagem de saturação por bases; ^{10/} porcentagem de saturação por alumínio (EMBRAPA, 1997).

Os níveis de N foram aplicados na forma de sais diluídos em água destilada e aplicando na superfície, de forma circular, a 10 cm do coleto da planta; dividido em cinco aplicações, sendo a primeira após o plantio e as demais, periodicamente, aos 30, 60, 90 e 120 dias após o plantio. Os níveis de P correspondentes a cada parcela experimental foram aplicados na forma de sais diluídos em água destilada e homogeneizados totalmente ao volume de solo no vaso, no ato do plantio. O Ca e o K também foram fornecidos por meio de sais no ato do plantio. Não houve

necessidade de realização de calagem. Em todas as adubações os nutrientes foram fornecidos na forma de sais *p.a* (KNO_3 , KH_2PO_4 , NH_4NO_3 , CaHPO_4 e KCL).

A irrigação foi realizada mantendo-se a umidade do solo durante todo período do experimento a 60% do volume total de poros (EMBRAPA, 1997). Todos demais tratos culturais seguiram as recomendações de cultivo da cultura e foram realizados de acordo com a necessidade.

3.4 VARIÁVEIS ANALISADAS

Aos 150 dias após a implementação, ao final do experimento, avaliou-se a altura das plantas (AP), medido com auxílio de régua graduada, paralelamente ao caule, do colo até o ápice do ramo ortotrópico; diâmetro do caule (DC), medido com auxílio de paquímetro digital, na altura do colo da planta; área foliar (AF), obtida por meio de um método não destrutivo, baseado nas médias das dimensões lineares das folhas, desenvolvido por Barros et al. (1973) e eficiente para uso na cultura do cafeeiro conilon como descrito por Brinate et al. (2015) e Rodrigues et al. (2015); número de folhas (NF), por meio da contagem das folhas e volume de raiz (VR), obtido após a lavagem da raiz com água, imergindo o material em volume padrão de água e observando-se a variação sobre o volume de água deslocado por meio da utilização de proveta graduada em milímetros.

Após a determinação do volume de raiz, as raízes foram lavadas, pesadas, secas à sombra e acondicionadas em sacos de papel, que foram colocados em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até peso constante, para determinação da produção de matéria seca das raízes (MSR). Para determinação da matéria seca da parte aérea (MSPA) e da MSR, o material foi pesado em balança analítica de precisão, obtendo-se o resultado em gramas por planta. Sendo a MSPA, a soma das massas de matérias secas da folha, do caule e ramos e a matéria seca total (MST), a soma das MSR e MSPA. A massa de matéria seca da raiz e da parte aérea do clone foi triturada em moinho de facas tipo Wiley (malha 20 mesh), separadamente, para obtenção de um pó homogêneo, e então acondicionado em sacos de papel para análises químicas dos teores nutricionais.

As amostras destinadas à determinação do N foram pesadas em 0,5 g (+/-0.001g) e sofreram digestão sulfúrica (JACKSON, 1958), enquanto aquelas destinadas à determinação do P foram pesadas em 0,4 g (+/-0.001g) e posteriormente submetidas à digestão nítrico perclórica (EMBRAPA, 1997). Os teores de N e P foram determinados por intermédio de espectrometria de absorção molecular no ultravioleta / visível (Uv-vis).

A partir do conhecimento dos teores de N e P, calculou-se o conteúdo dos nutrientes na matéria seca dos segmentos analisados. Para o estudo da eficiência de uso dos nutrientes foram aplicadas as expressões matemáticas de conceitos de eficiência nutricional propostas por Swiader et al. (1994) referente à absorção, quanto à eficiência de translocação por Li et al. (1991) e à eficiência de uso proposta por Siddiqi e Glass (1981).

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e, quando observada significância das fontes de variação, aplicou-se o critério de Scott-Knott (5% de probabilidade) para o agrupamento das médias. A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa computacional SIRVAR (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS

Estudando o comportamento dos 13 níveis de adubação combinada com nitrogênio e fósforo, pode-se observar o comportamento diferenciado para todas variáveis analisadas, verificado pela formação de grupos de médias distintas pelo critério de Scott-Knott em cada nível de adubação de N e P (Figura 1, 2 e 3).

4.1 CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO

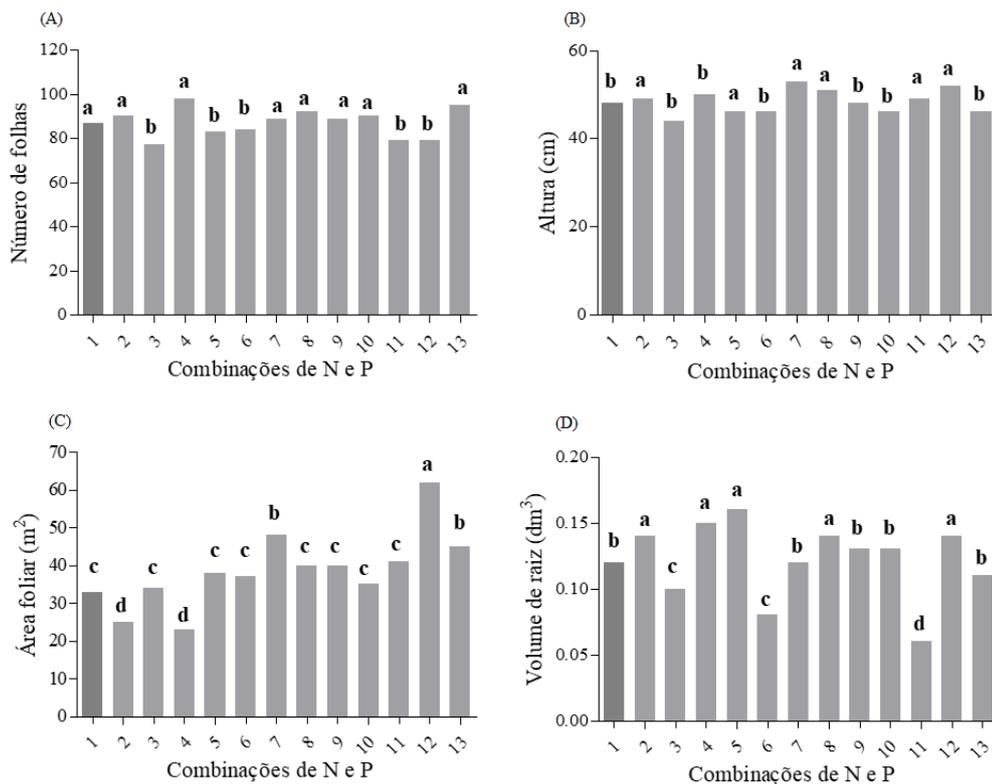
O estudo dos valores médios de número de folhas e altura de planta das combinações do N e P apresentaram a diferenciação de apenas dois grupos estatisticamente distintos, demonstrando assim uma menor variabilidade dentro do conjunto de características estudadas no experimento. As variáveis área foliar e volume de raiz possibilitaram a formação de 4 grupos homogêneos nos trezes níveis de combinação (Figura 1).

Quanto a variável número de folhas (Figura 1A), observa-se que as combinações 1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 e 13 formaram o grupo de médias superiores e as combinações 3, 5, 6, 11 e 12, formaram o grupo de médias inferiores. Vale destacar que as doses que formaram o grupo de médias superiores foram equivalentes a dose padrão e portanto tanto doses menores que a dose padrão (100,00-150,00 mg/dm³ de N e P) quanto maiores, tais como 8 (60,71-208,91 mg/dm³ de N e P), 9 (158,92-150,00 mg/dm³ de N e P), 10 (100,00-238,38 mg/dm³ de N e P) e 13 (139,28-

256,06 mg/dm³ de N e P) possibilitaram a obtenção de um maior número de folhas assim como a testemunha.

Para a característica altura de planta (Figura 1B), foi observado que o grupo formado pelas combinações 2, 5, 7, 8, 11 e 12 de N e P, apresentaram médias superiores para altura de planta e ainda que este grupo foi melhor que a combinação padrão (1).

Na Figura 1C, é possível observar que o grupo de média superior para a variável área foliar foi composto apenas com a combinação 12 (170,71-208,91 mg/dm³ de N e P). Ao passo que as doses 2 (60,71-43,93 mg/dm³ de N e P) e 4 (60,71-91,07 mg/dm³ de N e P) constituíram o grupo de menores médias (Figura 1). As doses combinadas de N e P, 2 (60,71-43,93 mg/dm³ de N e P), 4 (60,71-91,07 mg/dm³ de N e P), 5 (100,00-61,61 mg/dm³ de N e P), 8 (60,71-208,91 mg/dm³ de N e P) e 12 (170,71-208,91 mg/dm³ de N e P) constituíram o grupo de médias superiores para a variável volume de raiz (Figura 1D), quando comparada às demais.



Tratamentos: 1 (100,00-150,00); 2 (60,71-43,93); 3 (29,28-91,07); 4 (60,71-91,07); 5 (100,00-61,61); 6 (41,07-150,00); 7 (139,28-91,07); 8 (60,71-208,91); 9 (158,92-150,00); 10 (100,00-238,38); 11 (139,28-208,91); 12 (170,71-208,91); 13 (139,28-256,06)

Figura 1. (A) Número de folhas, (B) altura (cm), (C) área foliar (m²) e (D) volume de raiz (dm³) de plantas de café conilon submetidas a treze combinações de N e P (mg/dm³) no solo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

4.2 MASSA DE MATÉRIA SECA E CONTEÚDO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO NA RAIZ, PARTE AÉREA E TOTAL

Para a característica matéria seca da raiz, houve a formação de dois grupos distintos de médias. As maiores médias foram obtidas nas combinações 2, 4, 8, 9, 10, 12 e 13. As médias variaram entre 27 a 36 g (Figura 2A). Quanto à característica matéria seca da parte aérea, foi possível identificar três grupos homogêneos (Figura 2A), a média da dose 6 (41,07- 150,00 mg/dm³ de N e P) foi a única inserida no segundo grupo e a dose 3 (29,28-91,07 mg/dm³ de N e P) no terceiro grupo. Comportamento semelhante ao constatado para as características número de folha, altura da planta, área foliar e volume de raiz. Vale ressaltar, que a máxima produção de matéria seca da parte aérea (56 g) foi encontrada quando se aplicou a combinação de 139,28-91,07 mg/dm³ de N e P (dose 7).

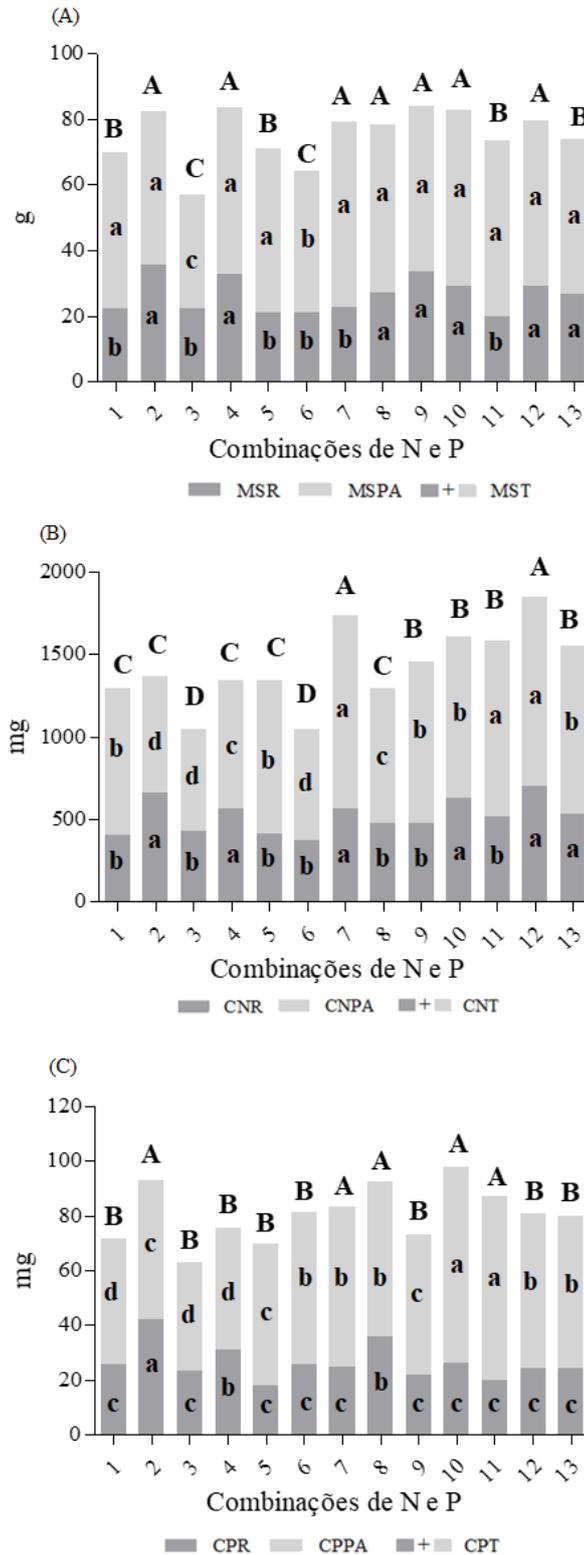
Para a característica matéria seca total (Figura 2A), observa-se que as combinações 2, 4, 7, 8, 9, 10 e 12 formaram o grupo de médias superiores, com destaque para a combinação 2 (60,71-43,93 mg/dm³ de N e P) que apresentou a melhor relação de produção de matéria seca da raiz/ parte aérea. O segundo grupo de médias foi composto pelas combinações 1, 5, 11 e 13 e as doses 3 e 6 formaram o grupo de médias inferiores. Vale destacar que as doses 3 (29,28-91,07 mg/dm³ de N e P) e 6 (41,07-150,00 mg/dm³ de N e P) levaram a menor produção de matéria seca na planta, provavelmente, a menor produção de biomassa foi consequência do menor crescimento apresentado pelas plantas que receberam esses tratamentos.

O estudo dos valores médios do conteúdo de nitrogênio na raiz apresentou a diferenciação de apenas dois grupos estatisticamente distintos. As variáveis conteúdo de nitrogênio na parte aérea e total possibilitaram a formação de quatro grupos homogêneos, demonstrando assim uma alta variabilidade dentro do conjunto das características estudadas (Figura 2B).

As combinações 2, 4, 7 (doses menores que a dose padrão), 10, 11 e 12 (doses maiores que a dose padrão) formaram o grupo de média superior para a característica conteúdo de nitrogênio na raiz (Figura 2). Para o conteúdo de nitrogênio na parte aérea (Figura 2B), foi observado que o grupo formado pelas combinações 7 (139,28-91,07 mg/dm³ de N e P), 11 (139,28-208,91 mg/dm³ de N e P) e 12 (170,71-208,91 mg/dm³ de N e P), apresentaram médias superiores para esta variável. Os maiores conteúdos de nitrogênio totais (Figura 2B) foram obtidos nas combinações 7 (139,28-91,07 mg/dm³ de N e P) e 12 (170,71-208,91 mg/dm³ de N e P), assim como no CNPA e CNR, respectivamente. Os maiores conteúdos estão diretamente relacionados com os valores encontrados para MSR, MSPA e MST.

Para conteúdo de fósforo na raiz, houve a formação de três grupos homogêneos (Figura 2C). A dose 2 (60,71-43,93 mg/dm³ de N e P) constituiu o grupo estatisticamente superior para as médias. O segundo grupo foi composto pelas doses 4 e 8 e o terceiro grupo de médias inferiores foi formado com a dose padrão 1 (100,00-150,00 mg/dm³ de N e P) juntamente com as doses 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12 e 13.

Quanto ao conteúdo de fósforo na parte aérea (Figura 2C) observa-se que houve a formação de quatro grupos homogêneos, demonstrando assim uma alta variabilidade dentro do conjunto das características estudadas. As combinações 10 (100,00-238,38 mg/dm³ de N e P) e 11 (139,28-208,91 mg/dm³ de N e P) formaram o grupo de médias superiores e a combinação padrão 1 (100,00-150,00 mg/dm³ de N e P) juntamente com as doses 3 (29,28-91,07 mg/dm³ de N e P) e 4 (60,71-91,07 mg/dm³ de N e P) formaram o quarto grupo de média. Vale destacar que o CPPA variou de 40 a 71 mg. Em relação à variável conteúdo de fósforo total, houve a formação de apenas dois grupos (Figura 2C), sendo que as doses 2 (60,71-43,93 mg/dm³ de N e P), 7 (139,28-91,07 mg/dm³ de N e P), 8 (60,71-208,91 mg/dm³ de N e P), 10 (100,00-238,38 mg/dm³ de N e P) e 11 (139,28-208,91 mg/dm³ de N e P) apresentaram as médias superiores para esta variável.



Tratamentos: 1 (100,00-150,00); 2 (60,71-43,93); 3 (29,28-91,07); 4 (60,71-91,07); 5 (100,00-61,61); 6 (41,07-150,00); 7 (139,28-91,07); 8 (60,71-208,91); 9 (158,92-150,00); 10 (100,00-238,38); 11 (139,28-208,91); 12 (170,71-208,91); 13 (139,28-256,06)

Figura 2. (A) Massa de matéria seca (g.planta⁻¹) de raízes (MSR), da parte aérea (MSPA) e total de plantas (MST). (B) Conteúdo (mg planta⁻¹) de N na raiz (CNR), na parte aérea (CNPA) e total (CNT). (C) Conteúdo (mg planta⁻¹) de P na raiz (CPR), na parte aérea (CPPA) e total (CPT) de plantas de café conilon submetidas a treze combinações de N e P (mg/dm³) no solo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). MSR e MSPA estão apresentadas com letras minúsculas e a MST em maiúscula.

4.3 EFICIÊNCIA DE ABSORÇÃO, TRANSLOCAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE N E P EM PLANTAS DE CAFÉ CONILON

A partir da análise da eficiência nutricional quanto ao nitrogênio, observa-se que a eficiência de absorção apresentou a formação de quatro grupos homogêneos nos níveis estudados (Figura 3A), apresentando assim uma maior variabilidade dentro do conjunto estudado. As combinações 7 (139,28-91,07 mg/dm³ de N e P) e 12 (170,71-208,91 mg/dm³ de N e P) formaram o grupo de médias superiores para a EAN; o segundo grupo foi formado com as combinações 1, 4, 5, 9, 11 e 13; o terceiro composto pelas doses 3 e 10 e o quarto grupo formado pelas combinações 2, 6 e 8, grupos com as médias inferiores para esta variável.

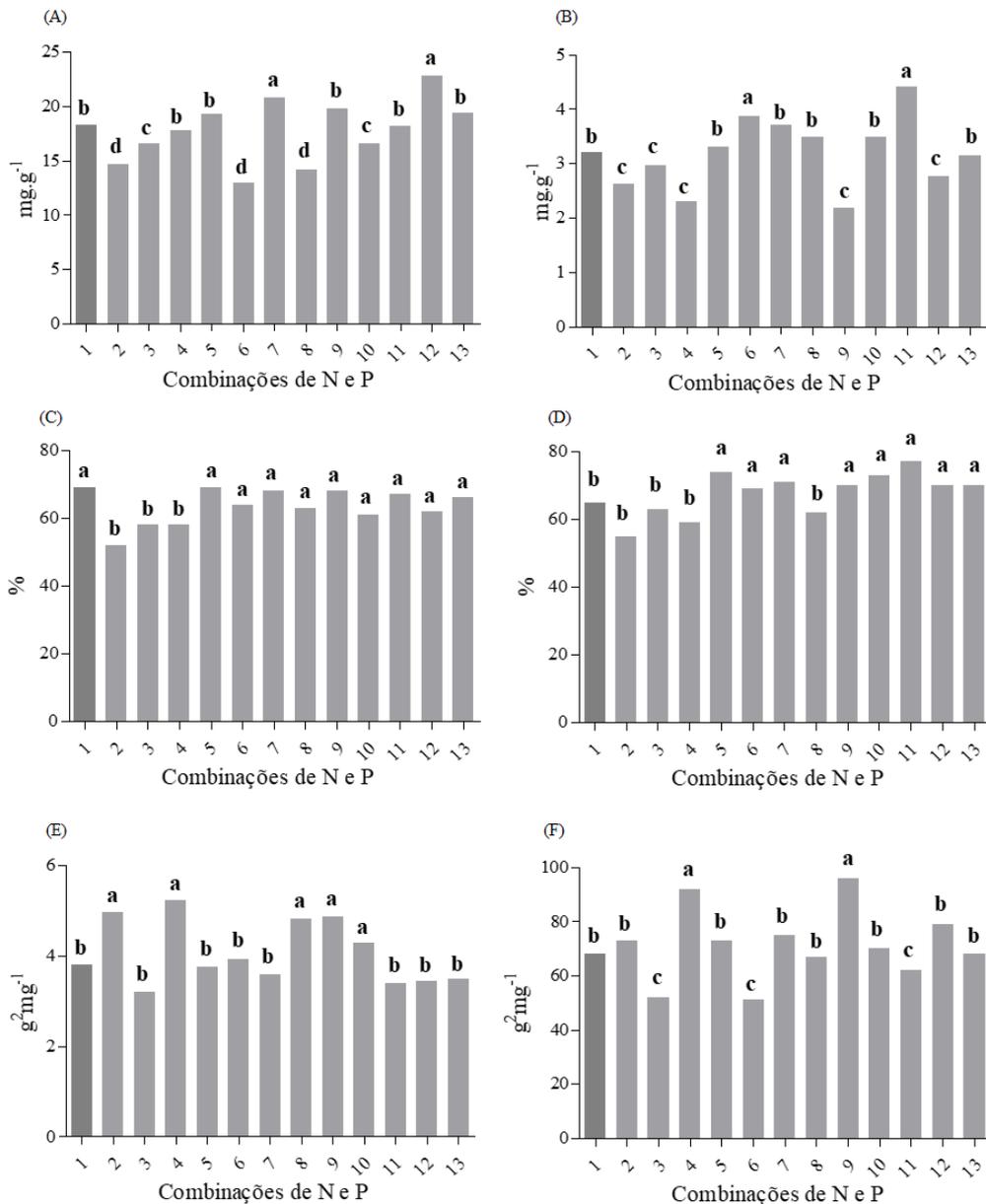
Para a eficiência de absorção de P, houve a formação de três grupos homogêneos (Figura 3B). As doses 6 e 11 constituíram o grupo estatisticamente superior para as médias. O segundo grupo foi formado com a dose padrão 1 (100,00-150,00 mg/dm³ de N e P) juntamente com as doses 5, 7, 8, 10 e 13 e o terceiro grupo foi composto pelas doses 2, 3, 4, 9 e 12. Os valores médios da eficiência de absorção de P, em mg g⁻¹, foram de 4,42 e 3,87, nas respectivas combinações de N e P, 11 (139,28-208,91 mg/dm³ de N e P) e 6 (41,07-150,00 mg/dm³ de N e P).

Para a eficiência de translocação de nitrogênio (Figura 3C), observa-se que as combinações 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13 formaram o grupo de médias superiores e as combinações 2, 3 e 4 formaram o grupo de médias inferiores. Vale destacar que as doses que formaram o grupo de médias superiores foram equivalentes à dose padrão e, portanto, tanto doses menores que a dose padrão (100,00 de N e 150,00 de P) quanto maiores possibilitaram a obtenção de uma maior ETN. A porcentagem de N translocado nas plantas variou de 52 a 69%.

Quanto à eficiência de translocação de fósforo (Figura 3D), houve a formação de dois grupos distintos. As combinações 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12 e 13 formaram o grupo de médias superiores. O segundo grupo de médias inferiores foi composto pelas combinações 1, 2, 3, 4 e 8. O percentual médio de translocação do fósforo para parte aérea das mudas variou de 69 a 77%. Vale ressaltar que o menor valor médio (55%) foi obtido na menor dose testada 2 (60,71-43,93 mg/dm³ de N e P).

Para a característica eficiência de utilização de nitrogênio, houve a formação de dois grupos distintos de médias. As maiores médias foram obtidas nas combinações 2 (60,71-43,93 mg/dm³ de N e P), 4 (60,71-91,07 mg/dm³ de N e P), 8 (60,71-208,91 mg/dm³ de N e P), 9 (158,92-150,00 mg/dm³ de N e P) e 10 (100,00-238,38 mg/dm³ de N e P). Os maiores valores médios encontrados variaram de 4,29 a 5,23 g² mg⁻¹ (Figura 3E).

Para a eficiência de uso de P, houve a formação de três grupos homogêneos (Figura 3F). As doses 4 e 9 constituíram o grupo estatisticamente superior para as médias. O segundo grupo foi formado com a dose padrão 1 (100,00-150,00 mg/dm³ de N e P) juntamente com as doses 2, 5, 7, 8, 10, 12 e 13 e o terceiro grupo foi composto pelas doses 3, 6 e 11. Os maiores valores médios da eficiência de uso de P, em g² mg⁻¹, foram de 96 e 92, nas respectivas combinações de N e P, 9 (158,92-150,00 mg/dm³ de N e P) e 4 (60,71-91,07 mg/dm³ de N e P).



Tratamentos: 1 (100,00-150,00); 2 (60,71-43,93); 3 (29,28-91,07); 4 (60,71-91,07); 5 (100,00-61,61); 6 (41,07-150,00); 7 (139,28-91,07);

8 (60,71-208,91); 9 (158,92-150,00); 10 (100,00-238,38); 11 (139,28-208,91); 12 (170,71-208,91); 13 (139,28-256,06)

Figura 3. Eficiência de absorção de N (A) (mg g⁻¹). Eficiência de absorção de P (B) (mg g⁻¹). Eficiência de translocação de N (C) (%). Eficiência de translocação de P (D) (%). Eficiência de utilização de N (E) (g² mg⁻¹). Eficiência de utilização de P (F) (g² mg⁻¹), em plantas de café conilon submetidas a treze combinações de N e P (mg/dm³) no solo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

5. DISCUSSÃO

A fase de implantação dos cafezais tem grande importância na determinação do potencial produtivo da cultura, visto que ocorre elevada correlação entre o vigor das mudas e a produtividade da lavoura (D'ARÊDE et al., 2017). Sob condições favoráveis de fornecimento de nutrientes aos cafeeiros, resultados promissores tendem a ser esperados, já que todos têm funções substanciais no crescimento e desenvolvimento da planta (DUBBERSTEIN et al., 2017). Desse modo, o fornecimento de doses adequadas de N e P nas fases iniciais de desenvolvimento do cafeeiro é imprescindível, pois pode promover o vigor e o crescimento inicial das plantas.

O número de folhas apresentou incrementos com o aumento das doses de N e P. Contudo, vale destacar que as combinações 2 (60,71-43,93 mg/dm³ de N e P), 4 (60,71-91,07 mg/dm³ de N e P) e 7 (139,28-91,07 mg/dm³ de N e P), menores que a dose padrão, foram equivalentes na produção de folhas, assim como a combinação 1 (100,00-150,00 mg/dm³ de N e P). Estudos conduzidos com diferentes doses de N e P e genótipos de café conilon apontaram respostas diferenciadas à adubação nitrogenada e fosfatada. Em geral, com o aumento linear no fornecimento de nitrogênio e fósforo ocorre aumento em altura das plantas, número de folhas, diâmetro do caule, área foliar, maior acúmulo de nutrientes e produção de matéria seca (MARTINS et al., 2013a; COLODETTI et al., 2014; COLODETTI et al., 2015).

Um fato interessante quando se observa as combinações 2 (60,71-43,93 mg/dm³ de N e P) e 4 (60,71-91,07 mg/dm³ de N e P) é que mesmo apresentando os maiores valores de número de folhas, as plantas que receberam estas doses apresentaram as menores médias para área foliar. Provavelmente, esta baixa dose de N foi mais limitante à expansão das folhas formadas do que à formação de novas folhas, justificando, então, uma menor área foliar. Uma vez que a área foliar é fortemente influenciada pela disponibilidade de N, por estar relacionada com o processo fotossintético, à síntese de proteínas e ácidos nucleicos e por ser constituinte da membrana celular (MALAVOLTA e VITTI, 1997).

A área foliar é influenciada pela adubação nitrogenada e fosfatada e a liberação lenta de P pode influenciar no aumento da área foliar em plantas de *Coffea canephora*. (CHAGAS et al., 2016; OLIOSI et al., 2017). O crescimento da área foliar do cafeeiro conilon foi incrementado até a dose de 501 g de P₂O₅ por vaso, com o incremento nas doses de P não houve respostas quanto ao aumento da área foliar (SOUZA et al., 2014). A mesma tendência é observada neste trabalho, no qual o maior crescimento foi encontrado na combinação 12 (170,71-208,91 mg/dm³ de N e

P), mostrando que a maior disponibilidade de N e P podem influenciar o aumento da área foliar e obter resultado maior do que o encontrado para a dose recomendada para a cultura (100,00-150,00 mg/dm³ de N e P).

Em condições de alto suprimento de nitrogênio, ocorre aumento na área foliar; como consequência, a curvatura das folhas é ampliada de modo a interferir na interceptação de luz. Já em condições de baixa disponibilidade de N, ocorre redução das reações bioquímicas do metabolismo do carbono e redução da biossíntese de clorofila (MARSCHENER, 1995), bem como, da área foliar, que acarretam na diminuição da absorção e utilização da luz solar como fonte de energia para realização de suas funções essenciais (OLIOSI et al., 2017). E por tratar-se de combinações com altas doses de P, este nutriente também pode ter auxiliado no aumento da área foliar. O P quando disponibilizado em níveis adequados, pode promover maior altura das plantas, aumentar a emissão e o crescimento de folhas, assim como também, aumentar a área foliar, podendo levar a maior captação da radiação solar e incrementos na produção de fitoassimilados (BONFIM-SILVA et al., 2011).

A altura da planta de cafeeiro conilon foi maior com o incremento nas doses combinadas de N e P. Estudos conduzidos com diferentes doses de N e P sob o crescimento vegetativo de mudas clonais de *Coffea canephora*, não apontam interação de ambos nutrientes influenciando na altura, mas relataram que a altura máxima das mudas foi obtida com as doses estimadas de 92,5 kg ha⁻¹ de N e 156 kg ha⁻¹ de P (XIMENDES et al., 2014). O fornecimento adequado de nitrogênio também afeta positivamente os ganhos em altura quando comparado ao cultivo na ausência de fertilização nitrogenada na cultura do cafeeiro conilon (COLODETTI et al., 2015). Esses resultados refletem a importância do fornecimento adequado de nitrogênio e fósforo nas fases iniciais de desenvolvimento das plantas, uma vez que estes nutrientes estão vinculados às funções energéticas das plantas.

As doses combinadas de N e P, 2 (60,71-43,93 mg/dm³ de N e P), 5 (100,00-61,61 mg/dm³ de N e P), 7 (139,28-91,07 mg/dm³ de N e P), 8 (60,71-208,91 mg/dm³ de N e P) e 12 (170,71-208,91 mg/dm³ de N e P) levaram a um maior volume de raiz. O sistema radicular é considerado fator de grande importância na produção. Um sistema radicular extenso pode explorar maior volume de solo e absorver mais água e nutrientes e, assim, influenciar a produtividade (FAGERIA, 1998). Com o aumento das doses de N, as plantas tenderam a produzir maior volume de raízes e aliado a sua crescente disponibilidade no solo, o P, então, tendeu a ficar mais disponível, aumentando assim sua absorção e, por conseguinte, os teores nas folhas. Dessa

forma, quanto maior é a superfície radicular, maior será a capacidade de captação dos nutrientes.

As combinações que possibilitaram uma maior eficiência de absorção de nitrogênio pelas mudas, foram 7 (139,28-91,07 mg/dm³ de N e P) e 12 (170,71-208,91 mg/dm³ de N e P). De acordo com Santos et al. (2016), o maior acúmulo de N pelo sistema radicular contribui para uma alta capacidade de absorção de nitrogênio pelas plantas, como também observado no presente estudo. Quanto à eficiência de absorção de fósforo, apenas as doses 6 (41,07-150,00 mg/dm³ de N e P) e 11 (139,28-208,91 mg/dm³ de N e P) apresentaram as maiores médias. Mesmo apresentando uma maior eficiência, essas doses levaram a um menor crescimento do volume de raiz, menor produção de matéria seca das raízes e acúmulo de P no sistema radicular, enquanto que a menor dose de N e P, 2 (60,71-43,93 mg/dm³ de N e P), apresentou um dos maiores volume e conteúdo de fósforo na raiz, o que possibilitou uma maior conversão em biomassa e ainda assim uma das menores eficiências de absorção.

A absorção de P pelas plantas é proporcional à densidade das raízes; assim, o incremento da área superficial da massa radicular aumenta a habilidade da planta em acessar e absorver o P do solo. Algumas plantas respondem às baixas concentrações de P no solo pelo aumento do sistema radicular, desenvolvendo rapidamente raízes laterais com abundantes pêlos radiculares, que melhoram a habilidade em explorar o solo em busca de novas reservas de P, extraindo-o eficientemente. Visando aumentar a eficiência de absorção do fósforo, estratégias como modificações radiculares, bioquímicas em transportadores da membrana, associações com microrganismos e modificações na rizosfera podem melhorar à aquisição de P pelas plantas (GRANT et al., 2007; PARETONI; MENDES; GUIMARÃES, 2011).

As maiores massas secas das raízes foram obtidas quando utilizaram-se as combinações tanto maiores quanto menores quando comparadas à dose padrão (100,00-150,00 mg/dm³ de N e P). A maior produção de raízes de café conilon pode ser resultado do importante papel que o fósforo desempenha no desenvolvimento das raízes por fazer parte dos fosfolipídeos da membrana, e por isso, promover a rápida formação e crescimento das raízes. Sendo assim, a forma que o N foi disponibilizado pode ter favorecido a sua absorção, uma vez que o N é absorvido pelas raízes, principalmente nas formas de NO⁻ e NH⁺.

A alta acumulação de matéria seca e conteúdo de nitrogênio pelo genótipo 2V é obtida em condição de suprimento adequado de N (COLODETTI et al., 2014; MACHADO et al., 2016). A máxima produção da matéria seca da parte aérea foi obtida na combinação 7 (139,28-91,07

mg/dm³ de N e P), dose essa menor que a dose padrão (100,00-150,00 mg/dm³ de N e P). Esse resultado demonstra a importância da nutrição no estágio inicial da planta, sendo assim, imprescindível a aplicação de fertilizantes minerais nesse período, visando maior crescimento e desenvolvimento da planta.

As maiores produções de matéria seca total das plantas foram obtidas em combinações tanto maiores quanto menores quando comparadas à dose padrão (100,00-150,00 mg/dm³ de N e P). Em trabalhos realizados avaliando diferentes doses de N e P em plantas de café conilon, foi observado que a maior produção de massa seca total nas plantas de café conilon foi encontrada na maior dose aplicada, o que pode ser explicado, segundo os autores, pelo ciclo da cultura e pelo tempo de contato do fertilizante com o solo (COLODETTI et al., 2014; CHAGAS et al., 2016), haja vista que após a aplicação do P no solo é formado primeiramente o P-trocável (ainda disponível às plantas) e, com o maior tempo de contato, forma-se o P-não trocável (indisponível às plantas) (NOVAIS; SMYTH; NUNES, 2007).

O conteúdo de nitrogênio, tanto na parte aérea quanto na raiz de mudas de café conilon, foi afetado pelo incremento nas doses de N e P. Os maiores conteúdos de nitrogênio nas raízes, parte aérea e totais foram obtidos nas combinações 7 (139,28-91,07 mg/dm³ de N e P) e 12 (170,71-208,91 mg/dm³ de N e P). Segundo Marschner et al. (1986), sob condições de baixa disponibilidade de N, as plantas tendem a aumentar a área de superfície da raiz a fim de adquirir mais N, o que aumenta a razão raiz/parte aérea. Como observado no presente estudo, onde a combinação 2 (60,71-43,93 mg/dm³ de N e P), que apresenta as menores doses de nitrogênio e de fósforo, apresentou a melhor relação de produção de matéria seca da raiz/ parte aérea. Em muitas plantas, quando as raízes recebem pequenas quantidades de nitrato, devido a fatores bióticos, o N tende a ser reduzido nessa parte. À medida que o suprimento aumenta, uma proporção maior do nitrato absorvido é translocado para as partes aéreas onde será assimilado (MARSCHNER, 1995).

O conteúdo de fósforo na parte aérea variou de 40 a 71 mg, com destaque para a dose 2 (60,71-43,93 mg/dm³ de N e P) que apresentou o maior conteúdo de P nas raízes e as doses 10 (100,00-238,38 mg/dm³ de N e P) e 11 (139,28-208,91 mg/dm³ de N e P) na parte aérea. Desse modo, nota-se que o teor de P nas folhas sofre influência direta do aumento das doses desse nutriente, assim como observado por Dias et al. (2015) que avaliando a nutrição do cafeeiro, após aplicação de diferentes doses de P, notaram que o teor de fósforo foliar aumentou até a aplicação de 600 kg ha⁻¹ de de P₂O₅. Vale salientar que os valores encontrados para a variável conteúdo

de N e P estão de acordo com Prezotti et al. (2007), em que o teor de N foliar adequado para o cafeeiro conilon encontra-se na faixa de 2,9-3,2 % e o P foliar na faixa de 0,16-0,20 %.

Uma das formas de otimizar a eficiência nutricional seria por meio da melhoria da absorção da planta; translocação e retranslocação entre os compartimentos da planta (VENEKLASS et al. 2012). A maior eficiência de translocação de nutrientes para a parte aérea permite suprimento destes aos sítios fotossinteticamente ativos da planta (FERNANDES, 2015). Haja vista que o nitrogênio atua no crescimento da planta, aumento da vegetação, formação de folhas, expansão foliar e que promove ainda maior atividade fotossintética devido ao aumento de clorofila (MARSCHNER, 1995) e que o fósforo atua em diversas reações fotossintéticas e no metabolismo de carbono, sendo estes processos fundamentais para assimilação e utilização de N pelas plantas (ELSER et al., 2007).

Doses maiores e menores que a dose padrão (100,00-150,00 mg/dm³ de N e P) possibilitaram a obtenção de uma maior eficiência de translocação de nitrogênio e de fósforo, responsáveis por 52 a 69% de nitrogênio e de 69 a 77% de fósforo translocado para parte aérea das mudas. Valores estes dentro da faixa encontrada por Martins et al. (2013b) e Machado et al. (2016), que avaliaram a eficiência da translocação de fósforo e nitrogênio de clones de café conilon para diferentes níveis (0, 50, 100 e 150%) de adubação fosfatada e nitrogenada, respectivamente.

De acordo com Serra et al. (2012), a eficiência de uso de determinado nutriente pela planta tende a aumentar com a redução de sua disponibilidade no solo. Como observado no presente estudo, em que as doses 4 (60,71-91,07 mg/dm³ de N e P) e 9 (158,92-150,00 mg/dm³ de N e P) levaram a uma maior eficiência de uso de ambos os nutrientes estudados. Assim como as doses 2, 8 e 10, mesmo absorvendo as menores quantidades de N, possibilitaram uma maior eficiência de uso, em condições de baixa concentração do nutriente, aumentando-se a absorção e transporte destes na planta (SANTOS et al., 2016). A máxima eficiência de utilização de nitrogênio está no fornecimento de 50 a 75% do N recomendado para a cultura (MACHADO et al., 2016) e de 75 e 100% do suprimento de P para as plantas (MARTINS et al., 2013b).

Dessa forma, observa-se que doses altas e baixas de P, quando comparada à dose recomendada para a cultura (100,00-150,00 mg/dm³ de N e P), não parecem ter inibido a absorção e utilização de N, uma vez que altas concentrações de fósforo disponível no solo podem aumentar a absorção de nutrientes (NOVAIS; SMYTH, 1999), especialmente pode levar a incrementos na absorção de nitrogênio amoniacal (MARSCHNER, 2012). O genótipo 2V utilizado neste trabalho foi classificado como não eficiente e não responsivo ao aumento da oferta de P

(MARTINS et al., 2013c) e eficiente e não responsivo, indicando que esse genótipo não responde tanto ao aumento da oferta de nitrogênio, mas é eficiente para crescer em condições de baixa disponibilidade deste nutriente (MACHADO et al., 2016).

Apesar da importância em melhorar a eficiência do uso de nutrientes, deve se levar em consideração o ponto de vista econômico e ambiental. As estratégias mais importantes que visam esta melhoria são o uso de taxas adequadas de nutrientes, fontes efetivas, períodos e métodos de aplicação (BALIGAR; FAGERIA, 2015). A Lei do Mínimo (LIEBIG, 1840), existe uma proporcionalidade e/ou relação direta entre a quantidade do elemento mineral no solo ou sua quantidade já presente no solo mais aquela fornecida pelo adubo e pela colheita. Malavolta (2006) ressalta que a partir do momento que se aumenta progressivamente a dose de um determinado adubo, a produção deste tende a crescer. Posteriormente, os aumentos na colheita diminuem, ou seja, a produção se estabiliza e em seguida pode diminuir, se a quantidade de adubo aumentar ainda mais. Desse modo, fica evidente a necessidade da busca pela atualização dessa dose adequada, de forma a reduzir os problemas ambientais causados pelos mesmos e preservar a sustentabilidade da cafeicultura.

6. CONCLUSÃO

A combinação com diferentes níveis de N e P na adubação interfere no crescimento e na nutrição do clone de cafeeiro conilon estudado. Os níveis de adubação combinada de N e P, respectivamente, 60,71-43,93 mg/dm³, 60,71-91,07 mg/dm³, 60,71-208,91 mg/dm³ e 170,71-208,91 mg/dm³ possibilitaram o melhor crescimento das plantas. A eficiência de absorção de nitrogênio e fósforo foram maiores quando se utilizou as combinações, respectivamente, para o N foi 139,28-91,07 mg/dm³ e 170,71-208,91 mg/dm³, e para P foi 41,07-150,00 mg/dm³ e 139,28-208,91 mg/dm³; no geral, a eficiência de uso máxima de nitrogênio e fósforo foi alcançada na combinação 60,71-91,07 mg/dm³. As combinações 60,71-43,93 mg/dm³ e 60,71-91,07 mg/dm³ de N e P apresentam-se como alternativa para o uso na cultura do cafeeiro conilon, uma vez que estas combinações possibilitaram o uso mais eficiente dos adubos nitrogenados e fosfatados.

7. REFERÊNCIAS

ALCARDE, C. J.; PROCHNOW, L. I. Metodologias de extração para avaliar a eficiência de fertilizantes fosfatados. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura brasileira. **Potáfós**, p. 4, 2003.

ALVES, V. M. C.; NOVAIS, R. F.; OLIVEIRA, M. F. G.; BARROS, N. F. Efeito da omissão de fósforo na absorção de nitrogênio por híbridos de milho (*Zea mays*, L.). **Revista Ceres**, v. 43, n. 248, p. 435-443, 1996.

ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G.; LIMA, E. R. Efeitos do aumento do teor de fósforo na semente, obtido via adubação foliar, no crescimento e na nodulação do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 183-189, 2002.

BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K. Nutrient use efficiency in plants: An overview. In: RAKSHIT A.; SINGH, H. B.; SEM, A. Nutrient use efficiency: from basics to advances. **Springer**, p.14, 2015.

BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; VIEIRA, M. E.; BRAGAFILHO, L. J. Determinação da área foliar do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Bourbon Amarelo). **Revista Ceres**, v.20, p.44-52, 1973.

BHADHA, J. H.; LANG, T. A.; DAROUB, S. H. Influence of suspended particulates on phosphorus loading exported from farm drainage during a storm event in the Everglades Agricultural Area. **Journal of Soils and Sediments**, v.17, p. 240-252, 2016.

BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, C. E. A.; GONÇALVES, J. M.; PEREIRA, M. T. J. Produção e morfologia da leguminosa java submetida a adubação fosfatada. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p.10, 2011.

BRAGANÇA, S. M.; PREZOTTI, L. C.; LANI, J. A. Nutrição do cafeeiro conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. **Café conilon**. 2. ed. Vitória: INCAPER, p.775, 2017.

BRINATE, S. V. B.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; COLODETTI, T. V.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. Applicability of the method of linear dimensions to estimate leaf area in improved genotypes of *Coffea arabica* and *Coffea canephora*. **American Journal of Plant Sciences**, v. 06, p. 651-658, 2015.

CAIONE, G.; FERNANDES, F. M.; LANGE, A.; BERGAMASCHINE, A. F.; DALCHIAVON, F. C.; SILVA, A. F. Produtividade e valor nutricional de variedades de cana-de-açúcar sob diferentes fontes de fósforo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.1, p. 2813-2824, 2012.

CHAGAS, W. F. T.; GUELFI, D. R.; CAPUTO, A. L. C.; DOMINGHETTI, A. W.; FAQUINI, V.; LOPES, R. M.; CHAGAS, R. M. R. Eficiência agrônômica do superfosfato triplo revestido por polímeros no crescimento inicial do cafeeiro. **Coffee Science**, v.11, n.3, p. 426-434, 2016.

CLEMENTE, J. M.; MARTINEZ, H. E. P.; ALVES, L. C.; LARA, M. C. R. Effect of N and K doses in nutritive solution on growth, production and coffee bean size. **Revista Ceres**, v.60, p.279-285, 2013.

COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Differential tolerance between genotypes of conilon coffee (*Coffea canephora*) to low availability of nitrogen in the soil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, n. 12, p. 1648-1657, 2014.

COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; FILHO, A. C. V. Nitrogen availability modulating the growth of

improved genotypes of *Coffea canephora*. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 32, p. 3150-3156, 2015.

CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ NO BRASIL- CECAFÉ. **Dados estatísticos**. Disponível em: < <http://www.cecafe.com.br>>. Acesso em: 10 julho 2018.

D'ARÊDE, L. O.; MATSUMOTO, S. N.; SANTOS, J. L.; VIANA, A. E. S.; SILVA, P. A. R. Morfofisiologia do crescimento vegetativo inicial de cafeeiros arabica submetidos a aplicação via foliar de Paclobutrazol. **Coffee Science**, v. 12, n. 4, p. 451-462, 2017.

DAVIDSON, E. A.; HOWARTH, R. W. Nutrients in synergy. **Nature**, v. 449, p.1000-1001, 2007.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos a nutrição de plantas. In. NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 91-132, 2007.

DIAS, K. G. L.; NETO, A. E. F.; GUIMARÃES, P. T. G.; REIS, T. H. P.; OLIVEIRA, C. H. C. Coffee yield and phosphate nutrition provided to plants by various phosphorus sources and levels. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 39, n. 2, p.110-120, 2015.

DUBBERSTEIN, D.; PARTELLI, F. L.; DIAS, J. R. M.; ESPINDULA, M. C. Influência da adubação no crescimento vegetativo de cafeeiros na Amazônia sul ocidental. **Coffee Science**, v. 12, n. 2, p.197-206, 2017.

ELSER, J. J.; BRACKEN, M. E. S.; CLELAND, E. E.; GRUNER, D. S.; HARPOLE, W. S.; HILLEBRAND, H.; NGAI, J. T.; SEABLOOM, E. W.; SHURIN, J. B.; SMITH, J. E. Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems. **Ecology Letters**, v. 10, p. 8, 2007.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, p. 212, 1997.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção de culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 6-16, 1998.

FERNANDES, J. B. **Crescimento, características nutricionais e fisiológicas de progênies de *Eucalyptus grandis* W. Hill. Ex. Maiden sob diferentes doses de fósforo**. 2015. 44f. Dissertação-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FORTES, M. A.; SOUSA, R. O.; GOMES, A. S.; SCHMIDT, F.; SCIVITTARO, W. B.; FERREIRA, L. H. G.; TEIXEIRA, J. B. S.; VEÇOZZI, T. A. Phosphorus availability for irrigated rice cultivated under no-tillage and different phosphate sources. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 5; p. 276-287, 2018.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. 2001. 252 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Solos e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Lavras, 2001.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMAZIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Potafós**, n. 95, p. 5, 2007.

GUIMARÃES, P. T. G.; NOGUEIRA, F. D.; DIAS, K. G. L.; REIS, T. H. P. Adubação do cafeeiro e a qualidade do produto colhido. **Informe Agropecuário**, v. 32, n. 261, p. 39-51, 2011.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G. **Nutrição mineral do cafeeiro**. Lavras: UFLA, p. 631, 1997.

HUNKE, P.; MUELLER, E. N.; SCHRODER, B.; ZEILHOFER, P. The Brazilian Cerrado: assessment of water and soil degradation in catchments under intensive agricultural use. **Ecohydrology**, v. 8, p. 1154-1180, 2015.

JACKSON, M. L. Soil chemical analysis. Englewood Cliffs: **Prentice-Hall**, p. 458, 1958.

JESCHKE, W. D.; KIRKBY, E. A.; PEUKE, A. D.; PATE, J. S.; HARTUNG, W. Effects of P efficiency on assimilate on and transport of nitrate and phosphate in intact plants of castor bean (*Ricinus communis* L.). **Journal of Experimental Botany**, v. 48, p. 75-91, 1997.

KURIHARA, C. H.; SILVA, W. R.; DIAS, M. M.; TSUJIGUSHI, B. P.; SILVA, J. V. S. Gradual correction of phosphorus availability in the no-tillage system. **Revista Ceres**, v. 63, n.2, 256-264, 2016.

LEITE, R.A. **Uso de matrizes experimentais e de modelos estatísticos no estudo do equilíbrio fósforo-enxofre na cultura de soja em amostras de dois Latossolos de Minas Gerais**. 1984, 87f. Dissertação-Universidade Federal de Viçosa, 1984.

LI, B.; MCKEAND, S. E.; ALLEN, H. L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, v. 37, p. 613-626, 1991.

LIEBIG, J. V. **Die Chemie in ihrer anwendung auf agricultur und phsysiologic**. Veinegn, p.342, 1840.

LOPES, P. R.; ARAÚJO, K. C. S.; LOPES, P. R.; FERRAZ, J. M. G.; LOPES, I. M.; FERNANDES, L. G. Produção de café agroecológico no sul de Minas Gerais: sistemas alternativos à produção intensiva em agroquímicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 1, p. 25-38, 2012.

MACEDO, S. T.; TEIXEIRA, P. C. Calagem e adubação fosfatada para formação de mudas de araçá-boi. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 3, p. 405- 412, 2012.

MACHADO, L. S.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; FERREIRA, D. S.; CÔGO, A. D.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. Efficiency and response of conilon coffee genotypes to nitrogen supply. **African Journal of Biotechnology**, v. 15, n. 35, p. 1892-1892, 2016.

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

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. **Potafós**, p. 319, 1997.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. **Editora Agronômica Ceres**, p. 540-542, 2006.
- MARSCHNER, P. Mineral nutrition of higher plants. **Academic Press**, p. 674, 1986.
- MARSCHNER, P. Mineral nutrition of higher plants. **Elsevier**, 3 ed, p. 651, 2012.
- MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; CHRISTO, L. F.; RODRIGUES, W. N.; COLODETTI, T. V.; BRINATE, S. V. B. Alterações morfológicas em clones de cafeeiro conilon submetidos a níveis de fósforo. **Scientia plena**, v. 9, p.1-11, 2013a.
- MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; BRAGANÇA, S. M.; MARTINEZ, H. E. P.; REIS, E. F.; RODRIGUES, W. N. Nutritional efficiency in clones of conilon coffee for phosphorus. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 1, p. 130-140, 2013b.
- MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; BRAGANÇA, S. M.; MARTINEZ, H. E. P. Efficiency and response of conilon coffee clones to phosphorus fertilization. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p. 406 - 411, 2013c.
- 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, p. 542, 2010.
- MOREIRA, F.M.S; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, p. 729, 2006.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. de; GARRIDO, W. E.; ARAUJO, J. D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA; Secretaria de Administração Estratégica, p.189-253, 1991.
- NOVAIS, F.R.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, p.399, 1999.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, p. 471-550, 2007.
- OLIOSI, G.; RODRIGUES, J. O.; FALQUETO, A. R.; PIRES, F. R.; MONTE, J. A.; PARTELLI, F. L. Fluorescência transiente da Clorofila a e crescimento vegetativo em cafeeiro conilon sob diferentes fontes nitrogenadas. **Coffie Science**, v. 12, n. 2, p. 248-259, 2017.
- PARENTONI, S. N.; MENDES, F. F.; GUIMARÃES, L. J. M. Melhoramento para eficiência no uso do fósforo. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BOREM, A. (Ed.). **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Suprema, p. 101-126, 2011.
- PINTO, V. M.; BRUNO, I. P.; van LIER, Q. J.; NETO, D. D.; REICHARDT, K. Uso excessivo de nitrogênio gera perda monetária para cafeeiros do cerrado baiano. **Coffee Science**, v. 12, n.2, p.176-186, 2017.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. D. Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: **5ª aproximação**. Vitória: SEEA/Incaper/Cedagro, p. 305, 2007.

PREZOTTI, L. C.; BRAGANÇA, S. N.; MARTINS, A. G.; LANI, J. A. Nutrição, calagem e adubação. In: **Café conilon: do plantio à colheita**. Viçosa, ed. UFV, p. 89-113, 2015.

RAMAEKERS, L.; REMANS, R.; RAO, I. M.; BLAIR, M. W.; VANDERLEYDEN, J. Strategies for improving phosphorus acquisition efficiency of crop plants. **Field Crops Research**, v. 117, n. 2-3, p. 169-176, 2010.

RIBEIRO, V. J.; ANDRADE, F.; SOUZA, C. H. E.; MENDONÇA, E. S. Volatilization of ammonia in stabilized slow-release nitrogen fertilizer under controlled conditions. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 6, p. 793-798, 2016.

RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; COLODETTI, T. V.; TOMAZ, M. A. **ELA Conilon Coffee**: estimative of leaf area in conilon coffee (v.1.0), 2015.

RUFTY JR. T. W.; MACROWN, C. T.; ISRAEL, D. W. Phosphates stress effects on assimilation of nitrate. **Plant Physiology**, n. 94, p. 328-333, 1990.

RUFTY, T. W. JR.; ISRAEL, D. W.; VOLK, J. R.; QUI, J.; TONGMIN, S. A. Phosphate regulation of nitrate assimilation in soybean. **Journal of Experimental Botany**, v.44, p. 879-891, 1993.

SANTOS, E. F.; ARAÚJO, É. O.; CAMACHO, M. A. Eficiência no uso de nitrogênio por genótipos de algodoeiro arbóreo sob aplicação de fósforo. **Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 58, n. 4, p. 357-364, 2016.

SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; VIEIRA, M. C.; ROBAINA, A. D.; NASCIMENTO, J. M.; VERONESI, C.; MATOS, F. Eficiência da absorção, translocação e uso de N e P pela *Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 2, p. 255-260, 2012.

SHUMAN, L. M. Mineral Nutrition. In: WILKINSON, R. E. (Ed.). **Plant-environment interactions**. New York: Marcel Dekker, p. 149-182, 1994.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 4, p. 289-302, 1981.

SOUZA, A. J. J.; GUIMARÃES, R. J.; DOMINGHETTI, A. W.; SCALCO, M. S.; COLOMBO, A. Doses de fósforo no desenvolvimento inicial de cafeeiros em solos com diferentes texturas. **Coffee Science**, v. 9, n. 2, p. 284-288, 2014.

SWIADER, J. M.; CHYAN, Y.; FREIJI, F. G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **Journal of Plant Nutrition**, v.17, p.1687-1699, 1994.

TIMILSENA, Y. P.; ADHIKARI, R.; CASEY, P.; MUSTER, T.; GILL, H.; ADHIKARI, B. Enhanced efficiency fertilisers: a review of formulation and nutrient release patterns. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 6, p. 1131-1142, 2015.

VENEKLAAS, E. J.; LAMBERS, H.; BRAGG, J.; FINNEGAN, P. M.; LOVELOCK, C. E.; PLAXTON, W. C.; PRICE, C. A.; SCHEIBLE, W. R.; SHANE, M. W.; WHITE, P. J.; RAVEN, J. A. Opportunities for improving phosphorus-use efficiency in crop plants. **New Phytologist**, v. 195, n. 2, p. 306–320, 2012.

VILLALBA, H. A. G.; LEITE, J. M.; OTTO, R.; TRIVELLIN, P. C. O. Fertilizantes nitrogenados: novas tecnologias. **Informações Agronômicas**, v. 148, p. 12-18, 2014.

XIMENDES, T. T.; ALVES, W. W. A.; MORAIS, A. L.; DALAZEN, J. R.; CARNEIRO, M. F. Efeitos de doses de nitrogênio e fósforo em mudas clonais de cafeeiro (*Coffea canephora*). In: II Reunião de Ciência do Solo da Amazônia Ocidental, 2014, Porto Velho, RO. **Anais ... Porto Velho-RO: Núcleo Regional Amazônia Ocidental da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 2, p. 228- 231, 2014.