

JUSSARA MENCALHA

**ENRIQUECIMENTO DE SEMENTES DE FEIJÃO-COMUM COM COBALTO**

Dissertação 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  
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

M536e                   Mencalha, Jussara, 1991-  
2017                    Enriquecimento de sementes de feijão-comum com cobalto  
/ Jussara Mencalha. – Viçosa, MG, 2017.  
vii, 36f. : il. ; 29 cm.

Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Referências bibliográficas: f.31-36.

1. Feijão - Adubos e fertilizantes. 2. Cobalto. 3. Sementes.  
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia.  
Programa de Pós-graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22 ed. 635.652

JUSSARA MENCALHA

**ENRIQUECIMENTO DE SEMENTES DE FEIJÃO-COMUM COM COBALTO**

Dissertação 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: 20 de julho de 2017.



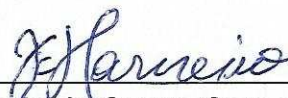
Rogério Faria Vieira  
(Coorientador)



Leonardus Vergütz  
(Coorientador)



Paulo Roberto Cecon



José Eustáquio de Souza Carneiro  
(Orientador)

*Aos meus pais, Álvaro Mencialha e Divina das Graças Mencialha e a minha irmã Juscélia das Graças Mencialha pelo incondicional apoio durante toda a minha vida.*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me guiar durante toda esta trajetória, dando-me saúde e conhecimento para superar todos os desafios da vida.

Aos meus pais, Álvaro Mencalha e Divina das Graças Mencalha pelo incentivo e esforço para que alcançasse meus objetivos.

À minha irmã Juscélia das Graças Mencalha pela amizade e compreensão.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de cursar a graduação e o mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao CNPq, FAPEMIG e CAPES pelo apoio financeiro durante a realização deste trabalho.

Ao professor José Eustáquio de Souza Carneiro pela orientação e conhecimentos transmitidos.

Ao pesquisador e coorientador Rogério Faria Vieira, pelos ensinamentos, amizade e paciência.

Ao professor e coorientador Leonardus Vergütz pela colaboração e sugestões.

Aos funcionários da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) e da Estação Experimental do Departamento de Fitotecnia – UFV, em Coimbra-MG, pelo auxílio na condução dos experimentos.

Aos colegas da Epamig e do Programa Feijão pela amizade e contribuição neste trabalho.

Aos familiares que sempre me apoiaram e ao meu namorado Vinícius pela ajuda, convivência e paciência.

A todos aqueles que de alguma forma colaboraram com este trabalho.

**MUITO OBRIGADA!**

## **BIOGRAFIA**

JUSSARA MENCALHA, filha de Álvaro Mencialha e Divina das Graças Mencialha, nasceu em 9 de maio de 1991, em Carangola, estado de Minas Gerais.

Em julho de 2010, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, onde obteve o título em julho de 2015.

Em agosto de 2015, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-graduação em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de dissertação em julho de 2017.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	vii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS.....	6
3.1. Efeitos das doses de Co nas avaliações agronômicas.....	6
3.2. Efeitos das doses de Co nos teores de nutrientes e Co nas folhas.....	11
3.3. Efeitos das doses de Co nos teores de nutrientes e Co nas sementes..	20
4. DISCUSSÃO .....	29
5. CONCLUSÃO .....	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

## RESUMO

MENCALHA, Jussara, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2017. **Enriquecimento de sementes de feijão-comum com cobalto**. Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro. Coorientadores: Rogério Faria Vieira e Leonardus Vergütz.

O feijoeiro é planta exigente do ponto de vista nutricional, especialmente em nitrogênio (N). A demanda por N pode ser suprida pelo N do solo, pela adubação nitrogenada e pelo processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN). Molibdênio (Mo) e cobalto (Co) desempenham papel essencial no processo da FBN. O Co é útil às leguminosas por participar da estrutura da vitamina B<sub>12</sub> que atua na formação da leghemoglobina. Esta proteína regula a concentração do oxigênio nos nódulos impedindo a inativação da enzima nitrogenase. O objetivo com este trabalho foi avaliar a possibilidade de aumentar o teor de Co em sementes de feijoeiro com a aplicação foliar de doses relativamente baixas de adubo contendo Co. Foram conduzidos dois experimentos em Coimbra – MG, um com a linhagem VC17, em solo com pH = 4,8 e outro com a cultivar Ouro Vermelho, em solo com pH = 5,6. Em Oratórios – MG foi conduzido um experimento com a cultivar Ouro Vermelho, em solo com pH = 6,8. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de aplicações foliares de solução de cobalto, na fase V4, nas seguintes doses: 0; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 16 e 32 g ha<sup>-1</sup>. Nos três experimentos, não houve resposta significativa das doses de Co no índice SPAD, na massa da parte aérea, raízes e nódulos secos, na produtividade de grãos e na massa de 100 sementes. Nos experimentos em Coimbra, o incremento das doses de Co causou aumento linear dos teores de Co nas sementes. Nesse local, para cada 1 g ha<sup>-1</sup> de Co aplicado houve um incremento de 0,0045 mg kg<sup>-1</sup> no teor de Co na semente na linhagem VC17 e de 0,0043 mg kg<sup>-1</sup> na cultivar Ouro Vermelho. A aplicação de 32 g ha<sup>-1</sup> de Co aumentou em 3,5% e 6,3% o teor de Co nas sementes, nos experimentos em Coimbra com VC17 e Ouro Vermelho, respectivamente. Em Oratórios, a influência das doses de Co no teor de Co nas sementes foi não significativa. Conclui-se que é possível aumentar um pouco o teor de cobalto nas sementes com aplicação de até 32 g ha<sup>-1</sup> de Co na folhagem do feijão na fase V4.



## ABSTRACT

MENCALHA, Jussara, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2017. **Seed enrichment of common beans with cobalto.** Adviser: José Eustáquio de Souza Carneiro. Co-advisers: Rogério Faria Vieira and Leonardus Vergütz.

Common bean is a demanding species from the nutritional point of view, especially for nitrogen (N). N can be supplied by the N present in the soil, fertilizer, and biological nitrogen fixation (BNF). Molybdenum (Mo) and cobalt (Co) play an essential role in the BNF process. Co is useful for legumes due to its participation in the structure of vitamin B12, which acts in the formation of leghemoglobin. This protein regulates the concentration of oxygen in the nodules, preventing the inactivation of the nitrogenase enzyme. The objective of this work was to evaluate the possibility of increasing Co content in common bean seeds by the foliar application of a relatively low dose of Co fertilizer. Two experiments were carried out in Coimbra - MG, one with the line VC17, in a soil with pH = 4.8, and another with the cultivar Ouro Vermelho, in a soil with pH = 5.6. In Oratórios - MG, an experiment was performed with the cultivar Ouro Vermelho, in a soil with pH = 6.8. The experiment consisted of a randomized block design with four replications. The treatments consisted of doses of cobalt solution (0; 0.5; 1.0; 2.0; 4.0; 8.0; 16 and 32 g ha<sup>-1</sup>) applied on foliage at the V4 growth stage. In the three experiments, doses of Co did not affect significantly SPAD index, shoot dry matter, root dry matter, nodules dry matter, grain yield, and 100 - seeds mass. In Coimbra, the increase of the doses of Co caused a linear increase of seed Co concentration; for each 1 g ha<sup>-1</sup> of Co applied an increase of 0.0045 mg kg<sup>-1</sup> occurred for the seed Co concentration for line VC17, and an increase of 0.0043 mg kg<sup>-1</sup> occurred for the cultivar Ouro Vermelho. In Coimbra, compared to the dose zero of Co, the application of 32 g ha<sup>-1</sup> of Co increased the seed Co concentration by 3.5% for VC17 and 6.3% for Ouro Vermelho. In Oratórios, doses of Co did not affect significantly seed Co concentration. Thus, a slight increase in seed Co concentration can be obtained with foliar application of up to 32 g ha<sup>-1</sup> of Co in common bean plants at the V4 growth stage.

## 1. INTRODUÇÃO

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é importante fonte de proteínas, carboidratos e minerais como o ferro e zinco. O Brasil é o maior produtor mundial dessa leguminosa com produção de 3,21 milhões de toneladas em 2014/2015 (CONAB, 2017). Apesar da alta produção brasileira, a média de produtividade de grãos ainda é baixa, cerca de 1062 kg ha<sup>-1</sup>, principalmente em razão do baixo nível tecnológico adotado na maioria das lavouras.

O feijoeiro é exigente do ponto de vista nutricional, especialmente em nitrogênio (N). O N é o nutriente mais absorvido e um dos principais limitantes da produtividade do feijoeiro (BARBOSA FILHO et al., 2008; HUNGRIA; VARGAS, 2000). A adubação com N geralmente varia de 80 a 100 kg ha<sup>-1</sup>, embora 150 kg ha<sup>-1</sup> possam ser necessários para obter altos rendimentos (REYES; BENDEZÚ; JOAQUÍN, 2016). Logo, para suprir essa demanda utilizam-se fertilizantes como uréia, sulfato de amônio e nitrato de amônio. Outra possibilidade de suprir boa parte do N necessário ao crescimento e desenvolvimento do feijoeiro é por meio da fixação biológica do nitrogênio (FBN), uma vez que esta leguminosa pode se beneficiar da associação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium*.

Alguns nutrientes como ferro (Fe) e molibdênio (Mo), e o elemento cobalto (Co), desempenham papel vital no processo da FBN. O Fe participa do complexo nitrogenase, responsável pela fixação do N no nódulo (ROSSI et al., 2012). O Mo é indispensável ao metabolismo do N, pois faz parte das enzimas nitrato redutase e nitrogenase (MARSCHNER, 1995). O Co participa da síntese de cobalamina (vitamina B12), que atua nas reações metabólicas para a formação da leghemoglobina (MENGEL; KIRKBY, 2001). Esta proteína regula a concentração de oxigênio nos nódulos impedindo a inativação da enzima nitrogenase. Nas plantas com deficiência de Co, a diminuição da síntese de vitamina B12 reduz a FBN, o que pode causar deficiência de N nas plantas. Baixas doses de Co aplicadas no solo também podem aumentar a atividade da nitrato redutase em feijoeiro (HALILOVA et al., 2009). Além disso, o íon cobalto (Co<sup>2+</sup>) inibe a biossíntese do etileno, que está envolvido na germinação de

sementes, maturação dos frutos, nodulação nas raízes, senescência da folha e da flor (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O Co presente no solo pode ser suficiente para suprir a necessidade das leguminosas, uma vez que a demanda dos rizóbios por Co é baixa. Solos com pelo menos  $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$  de Co podem satisfazer a demanda de leguminosas por Co para realizar a FBN (MENGEL e KIRKBY, 2001). Porém, alto pH e altas concentrações de óxido de manganês no solo reduzem a disponibilidade de Co. Nas plantas superiores, o Co é absorvido por transporte ativo na forma  $\text{Co}^{2+}$ . Nesta forma de cátion inorgânico, o Co é transportado das raízes às folhas pelo xilema por fluxo transpiracional (TIFFIN, 1967). Entretanto, no floema a translocação desse elemento pela planta ocorre somente após formação de complexo orgânico com elevado peso molecular (MALAVOLTA, 1980; WIERSMA et al., 1979), o que torna intermediária sua mobilidade pela planta (WELCH, 1995). Sintoma de deficiência de Co em leguminosas ocorre nas folhas mais novas e é consequência da deficiência de N, uma vez que o Co é importante na FBN (MARSCHNER, 1995). Aplicações de Co no solo (SANTOS et al., 1979), na semente (CORRÊA et al., 1990) ou na folhagem (TORRES et al., 2014) são as principais formas de suprir a demanda das leguminosas por Co.

A aplicação de Co pode aumentar a produtividade do feijão-comum (CORRÊA et al., 1990; JUNQUEIRA NETTO et al., 1977; MOHANDAS, 1985), da soja (GAD et al., 2013), da ervilha (AKBAR et al., 2013) e da *Vicia faba* L. (HALA, 2007). As doses testadas por esses autores variaram de  $0,2$  (MOHANDAS, 1985) a  $20 \text{ g ha}^{-1}$  (AKBAR et al., 2013). Nesses estudos, o Co foi aplicado na semente (CORRÊA et al., 1990; MOHANDAS, 1985; JUNQUEIRA NETTO et al., 1977) ou na folhagem (GAD et al., 2013; HALA, 2007). JUNQUEIRA NETTO et al., (1977) verificaram que a aplicação via semente de  $0,25 \text{ g ha}^{-1}$  de Co, sem o uso de adubo fosfatado, dobrou a produtividade de grãos de feijão em experimento de campo no município de Paula Cândido, Zona da Mata de Minas Gerais. Na Índia, aplicação via semente de  $1 \text{ ppm}$  de Co aumentou em  $53\%$  a produtividade do feijão-vagem (MOHANDAS, 1985) em solo com pH de  $6,5$ .

O enriquecimento e a eficácia das sementes enriquecidas com Mo têm suporte em estudos conduzidos no Brasil com feijão (VIEIRA et al., 2005, 2011,

2014) e soja (CAMPO; ARAUJO; HUNGRIA, 2009; OLIVEIRA et al., 2015; POSSENTI; VILLELA, 2010). Geralmente a dose de Mo necessária para enriquecer as sementes de feijão é em torno de 600 g ha<sup>-1</sup>, ou seja, seis vezes maior que a indicada para prevenir deficiência na lavoura (VIEIRA et al., 2014). Como a necessidade dessas leguminosas por Co é menor que a por Mo, a semente de feijão também poderia ser um veículo para fornecer Co à planta. Em soja, a aplicação na folhagem de solução de 30 g ha<sup>-1</sup> de Co aumentou em 67 vezes (de 0,03 para 2,02 mg kg<sup>-1</sup>) o teor de Co nas sementes (GRUBERGER, 2016). Contudo, na cultura do feijão não encontramos estudo semelhante a esse conduzido com soja. Nosso objetivo foi avaliar a possibilidade de aumentar o teor de Co em sementes de feijoeiro com a aplicação de Co na folha.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Foram conduzidos dois experimentos na Estação Experimental de Coimbra, Zona da Mata de Minas Gerais (690 m de altitude, 20° 45' S de latitude e 42° 51' W de longitude) da Universidade Federal de Viçosa. Um dos experimentos foi conduzido com a linhagem VC17 e o outro com a cultivar Ouro Vermelho. Também foi conduzido um experimento na fazenda experimental da EPAMIG no município de Oratórios, MG (492 m de altitude; 20°25'5" S de latitude; e 42°47'28" W) com a cultivar Ouro Vermelho. Os experimentos de Coimbra foram instalados em nove de março (VC17) e 28 de março de 2016 (Ouro Vermelho); o de Oratórios, em 19 de junho de 2016.

Os solos das duas áreas são classificados como Argissolo Vermelho-Amarelo. Na ocasião das instalações dos experimentos foram coletadas amostras de solo à profundidade de 0 a 20 cm. Na Tabela 1 é apresentado o resultado da análise desses solos. Em Coimbra, o solo tem 42% de argila, 10% de silte e 48% de areia e em Oratórios, 24% de argila, 13% de silte e 63% de areia.

Tabela 1. Propriedades dos solos na camada de 0-20 cm dos experimentos conduzidos em Coimbra e Oratórios.

Propriedades Químicas*	Experimentos		
	Coimbra <sup>1</sup>	Coimbra <sup>2</sup>	Oratórios <sup>3</sup>
pH (H <sub>2</sub> O)	4,8	5,6	6,8
P, mg dm <sup>-3</sup>	46,6	18,5	93,1
K, mg dm <sup>-3</sup>	186,0	146,0	82,0
Al <sup>3+</sup> , cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,4	0,0	0,0
Ca <sup>2+</sup> , cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,6	2,9	3,6
Mg <sup>2+</sup> , cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,6	1,5	1,3
V, %	29,0	49,0	77,0
H + Al, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	6,6	5,0	1,5
SB, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,7	4,8	5,1
CTC (t)	3,1	4,8	5,1
CTC (T), cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	9,3	9,8	6,6
Matéria orgânica, dag Kg <sup>-1</sup>	3,1	3,3	2,5
P-rem, mg L <sup>-1</sup>	26,7	23,1	33,7
Zn, mg dm <sup>-3</sup>	5,5	4,2	13,6
Fe, mg dm <sup>-3</sup>	89,0	117,5	85,5
Mn, mg dm <sup>-3</sup>	98,8	114,2	128,5
Cu, mg dm <sup>-3</sup>	2,7	3,7	4,4
B, mg dm <sup>-3</sup>	0,1	0,1	0,3

\* P, K, Zn, Fe, Mn e Cu foram extraídos com Mehlich-I. Al, Ca e Mg foram extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. Matéria orgânica: C × 1.724 - Método Walkley-Black. Saturação por bases = [(K + Ca + Mg) / T] × 100, onde T = K + Ca + Mg + acidez total a pH 7,0 (H + Al). H + Al foram extraídos com acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,0. B foi extraído com água quente.

<sup>1</sup> Experimento realizado com a linhagem VC17 em Coimbra, MG.

<sup>2</sup> Experimento realizado com a cultivar Ouro Vermelho em Coimbra, MG.

<sup>3</sup> Experimento realizado com a cultivar Ouro Vermelho em Oratórios, MG.

Os tratamentos consistiram de oito doses de cobalto (0; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 16 e 32 g ha<sup>-1</sup>). Foi usada uma solução de sulfato de cobalto (21% de Co), que foi aplicada com pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub> sobre a folhagem dos feijoeiros em estádio V4. Esse pulverizador foi equipado com dois bicos tipo cone XR11002 espaçados a 0,5 m, a uma pressão de 207 kPa com um volume de calda equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup>. Durante as aplicações de

Co, uma proteção de plástico de 1,0 m de altura foi estendida entre a parcela tratada e as parcelas vizinhas para evitar deriva da solução de Co.

Os experimentos foram conduzidos em blocos casualizados, com quatro repetições. A parcela experimental foi constituída por cinco fileiras de plantas de quatro metros, espaçadas de 0,5 m. Foram usadas 12 sementes por metro de fileira.

Na adubação de plantio foram empregados 400 kg ha<sup>-1</sup> da formulação comercial 8-28-16 (NPK). Não foi realizada adubação nitrogenada de cobertura nem inoculação com *Rhizobium*. A semeadura foi realizada manualmente. A irrigação por aspersão foi realizada semanalmente com lâmina de água de aproximadamente 40 mm. Os demais tratos culturais e fitossanitários foram realizados conforme recomendações para a cultura (CARNEIRO; PAULA JÚNIOR; BORÉM, 2015).

Foram avaliados: índice SPAD; teores de macro, micronutrientes e Co nas folhas e sementes; massa de nódulos, raiz e parte aérea; população de plantas (estande final); produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) e massa de 100 sementes.

A avaliação do índice SPAD (*Soil Plant Analyses Development*) foi realizada com clorofilômetro Konica Minolta, modelo SPAD-502. Este mede a tonalidade verde da folha, que está associada ao conteúdo de clorofila. No experimento em Coimbra com a linhagem VC17 foi realizada uma avaliação do índice SPAD 42 dias após o plantio (DAP). No experimento de Coimbra com a cultivar Ouro vermelho a avaliação foi feita aos 53 DAP. Em Oratórios foram feitas duas avaliações do índice SPAD: aos 57 e 71 DAP. As leituras foram realizadas entre 9:00 e 10:00 horas da manhã. Para as avaliações, foram amostradas ao acaso 10 plantas de cada parcela. Nessas plantas, as leituras foram realizadas em três folíolos de folha jovem completamente desenvolvida. Em cada parcela foi considerada a média das 30 leituras realizadas.

A severidade da mancha-angular (*Pseudocercospora griseola*) foi avaliada 68 DAP no experimento de Coimbra com a linhagem VC17, e 71 DAP no experimento de Oratórios, com base em escala de notas usada por Van Schoonhoven e Pastor-Corrales (1987). Nessa escala, 1 = ausência de mancha-angular e 9 = severidade muito alta.

Para a determinação dos teores de macronutrientes, micronutrientes e Co nas folhas foram coletados os folíolos utilizados para leitura do índice SPAD. Esses folíolos foram secos em estufa de circulação de ar forçado a 65 °C, até atingir massa constante, e moídos em moinho tipo Willey. As sementes também foram secas e moídas para a análise de nutrientes e de Co. A digestão nítrico-perclórica (HNO<sub>3</sub> + HClO<sub>4</sub>, na proporção 4:1) foi realizada para a determinação dos teores de Co, Mo, Cu, Mn, Fe, Zn, Ca, Mg, P, K, e S. Os teores de Co, Mo, Cu, Mn, Fe, Zn, Ca e Mg foram determinados por absorção atômica. O P foi determinado por colorimetria com molibdato de amônia, o K por fotometria de chama, o S por colorimetria com BaCl<sub>2</sub>. O B foi quantificado por digestão seca, por meio de incineração da amostra em mufla elétrica a 550°C, utilizando o método da azometina-H. Para a determinação de N, as amostras foram submetidas à digestão com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e o elemento foi determinado por destilação-titulação (Kjeldahl) (SILVEIRA et al., 2016).

As seis plantas coletadas de uma das três linhas centrais das parcelas na fase de florescimento (R6) foram separadas em raiz e parte aérea. As raízes foram lavadas em água corrente e os nódulos destacados. Parte aérea, raízes e nódulos foram secos em estufa de circulação de ar a 65 °C até atingir massa constante; em seguida foram pesados.

Para estimar a produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) foram utilizadas duas das três linhas centrais da parcela de onde não se retirou planta. Na colheita, foram contadas as plantas de cada parcela. A produtividade de grãos e a massa de 100 sementes foram estimadas, corrigindo a umidade para 13%.

Os dados foram submetidos às análises de variância e de regressão por meio do software GENES em integração com o software R (CRUZ, 2013).

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Efeitos das doses de Co nas avaliações agronômicas**

Nos três experimentos, não houve efeito significativo das doses de Co no índice SPAD, severidade de mancha-angular, estande final, massa da parte aérea seca, massa de raízes secas, massa de nódulos secos, produtividade de grãos e massa de 100 sementes (Tabelas 2, 3 e 4).

O índice SPAD foi mais baixo no ensaio de Coimbra com a cultivar Ouro Vermelho (entre 36,7 e 39,2) (Tabela 3) e mais alto no ensaio de Coimbra com a linhagem VC17 (entre 45,1 e 46,6) (Tabela 2). A mancha-angular ocorreu com maior severidade em Oratórios (Tabela 4), mas também ocorreu de forma moderada no ensaio de Coimbra com a linhagem VC17. O estande final foi mais baixo em Coimbra com a linhagem VC17 (entre 163 a 175 mil plantas por hectare) e mais alto em Coimbra com a cultivar Ouro Vermelho (entre 237 e 259 mil plantas por hectare).

As massas da parte aérea, raízes e nódulos secos foram altas no ensaio de Oratórios (Tabela 4), sobretudo quando comparadas às do ensaio de Coimbra com a linhagem VC17 (Tabela 2). Embora não significativa, houve tendência consistente de a massa da parte aérea seca ser menor no tratamento onde não se aplicou Co nas folhas do feijoeiro (Tabelas 2, 3 e 4).

As produtividades nos três ensaios encontram-se dentro da faixa de produtividade obtida no outono-inverno (entre 2000 e 3000 kg ha<sup>-1</sup>). O coeficiente de variação da produtividade foi baixo em Coimbra (7,9 e 10,3%) e aceitável em Oratórios (21%). As massas de sementes da linhagem VC17 foram maiores (Tabela 2) que as das sementes da cultivar Ouro Vermelho (Tabelas 2 e 3). As sementes da “Ouro Vermelho” colhidas em Oratórios (Tabela 4) apresentaram menor massa que as colhidas em Coimbra (Tabela 3).



Tabela 2 - Efeitos de doses de cobalto (Co) sobre índice SPAD, severidade de mancha-angular, estande final, massa de parte aérea, raízes ou nódulos secos, produtividade e massa de 100 sementes da linhagem VC17, em Coimbra, MG.

Dose de Co (g ha <sup>-1</sup> )	Índice SPAD <sup>(1)</sup>	Severidade de mancha-angular <sup>(2)</sup>	Estande final (4 m <sup>2</sup> )	Massa da parte aérea seca <sup>(3)</sup> (g)	Massa de raízes Secas <sup>(3)</sup> (g)	Massa de nódulos Secos <sup>(3)</sup> (g)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Massa de 100 sementes (g)
0	45,8 ± 2,1 <sup>(4)</sup>	4,13 ± 0,25	70,0 ± 3,6	45,6 ± 5,80	3,89 ± 0,29	0,171 ± 0,088	2569 ± 337	25,6 ± 0,6
0,5	45,3 ± 1,3	3,88 ± 0,25	65,3 ± 3,9	57,6 ± 11,8	4,00 ± 0,36	0,248 ± 0,097	2874 ± 299	25,9 ± 0,7
1	45,1 ± 1,3	4,75 ± 0,50	66,0 ± 4,2	53,7 ± 14,4	4,34 ± 1,04	0,198 ± 0,079	2905 ± 290	26,0 ± 0,7
2	45,8 ± 1,2	4,38 ± 0,75	69,3 ± 4,9	52,9 ± 3,70	3,56 ± 0,55	0,140 ± 0,095	2776 ± 64	26,0 ± 0,8
4	46,2 ± 1,6	4,88 ± 0,25	66,3 ± 4,4	62,0 ± 16,5	4,25 ± 1,31	0,108 ± 0,066	2699 ± 394	25,9 ± 0,9
8	46,0 ± 1,4	4,00 ± 0,41	68,0 ± 5,8	54,3 ± 4,10	4,10 ± 0,28	0,255 ± 0,066	2706 ± 122	26,2 ± 1,7
16	46,6 ± 0,6	4,25 ± 1,26	69,8 ± 2,2	61,1 ± 11,7	4,26 ± 1,04	0,180 ± 0,140	2806 ± 288	26,8 ± 0,3
32	45,4 ± 0,9	3,88 ± 0,63	70,3 ± 3,0	61,5 ± 5,30	3,93 ± 0,49	0,266 ± 0,094	2795 ± 68	25,8 ± 0,9
<b>CV (%)</b>	2,8	13,9	5,9	18,6	20,1	48,0	7,9	3,1
<b>p-valor</b>	0,75	0,18	0,46	0,36	0,89	0,23	0,49	0,63

<sup>(1)</sup> Avaliado 42 dias após o plantio

<sup>(2)</sup> Avaliado 68 dias após o plantio. Escala de 1 a 9: 1= plantas sem sintoma da doença, 9 = alta severidade da doença.

<sup>(3)</sup> Obtidas de seis plantas.

<sup>(4)</sup> Média ± desvio-padrão

Tabela 3 - Efeitos de doses de cobalto (Co) sobre índice SPAD, estande final, massa de parte aérea, raízes ou nódulos secos, produtividade e massa de 100 sementes da cultivar Ouro Vermelho, em Coimbra, MG.

Dose de Co (g ha <sup>-1</sup> )	Índice SPAD <sup>(1)</sup>	Estande final (4m <sup>2</sup> )	Massa da parte aérea seca <sup>(2)</sup> (g)	Massa de raízes secas <sup>(2)</sup> (g)	Massa de nódulos secos <sup>(2)</sup> (g)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Massa de 100 sementes (g)
0	38,8 ± 1,0 <sup>(3)</sup>	103,5 ± 7,3	53,9 ± 1,9	4,47 ± 0,53	0,199 ± 0,136	2086 ± 165	22,8 ± 0,8
0,5	37,4 ± 1,3	98,0 ± 5,8	60,4 ± 5,6	4,48 ± 0,89	0,243 ± 0,218	2150 ± 309	21,8 ± 0,7
1	38,0 ± 1,7	102,8 ± 5,2	60,1 ± 3,3	4,27 ± 0,63	0,315 ± 0,086	2075 ± 429	22,3 ± 1,3
2	38,4 ± 1,5	103,3 ± 6,9	63,8 ± 14,0	4,77 ± 0,65	0,291 ± 0,088	2193 ± 114	21,8 ± 0,7
4	37,9 ± 0,9	100,8 ± 3,9	71,6 ± 9,2	5,39 ± 0,30	0,268 ± 0,055	2189 ± 164	23,4 ± 1,8
8	39,2 ± 1,0	99,5 ± 9,0	65,0 ± 8,9	4,52 ± 0,64	0,345 ± 0,215	2363 ± 155	22,7 ± 0,4
16	36,7 ± 1,2	95,5 ± 10,0	58,5 ± 17,6	4,08 ± 1,09	0,189 ± 0,130	1903 ± 150	21,4 ± 0,5
32	38,1 ± 1,0	94,8 ± 13,7	65,5 ± 14,4	4,54 ± 0,57	0,226 ± 0,095	2065 ± 345	22,3 ± 1,1
<b>CV (%)</b>	3,1	8,6	15,3	15,7	44,8	10,3	4,3
<b>p-valor</b>	0,16	0,72	0,32	0,35	0,50	0,23	0,12

<sup>(1)</sup> Avaliado 53 dias após o plantio

<sup>(2)</sup> Obtidas de seis plantas.

<sup>(3)</sup> Média ± desvio-padrão

Tabela 4 - Efeitos de doses de cobalto (Co) sobre índice SPAD, severidade de mancha-angular, estande final, massa de parte aérea, raízes ou nódulos secos, produtividade e massa de 100 sementes da cultivar Ouro Vermelho, em Oratórios, MG.

Dose de Co (g ha <sup>-1</sup> )	Índice SPAD <sup>(1)</sup>	Índice SPAD <sup>(2)</sup>	Severidade de mancha-angular <sup>(3)</sup>	Estande final (4m <sup>2</sup> )	Massa da parte aérea seca <sup>(4)</sup> (g)	Massa de raízes secas <sup>(4)</sup> (g)	Massa de nódulos secos <sup>(4)</sup> (g)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Massa de 100 sementes (g)
0	41,8 ± 1,1 <sup>(5)</sup>	45,4 ± 1,3	5,25 ± 1,19	90,0 ± 9,5	70,5 ± 9,1	5,40 ± 0,59	0,285 ± 0,086	2466 ± 655	19,2 ± 0,5
0,5	42,2 ± 4,1	45,0 ± 1,6	5,00 ± 0,58	87,5 ± 16,5	77,6 ± 6,8	5,19 ± 0,49	0,258 ± 0,060	2477 ± 175	20,0 ± 0,8
1	41,7 ± 2,8	44,1 ± 1,9	4,75 ± 0,50	95,5 ± 23,4	77,9 ± 14,5	6,00 ± 1,32	0,395 ± 0,119	2751 ± 811	19,7 ± 1,3
2	43,7 ± 2,1	43,9 ± 2,2	5,00 ± 0,82	87,0 ± 8,2	77,2 ± 14,2	5,70 ± 1,28	0,328 ± 0,140	2439 ± 551	19,8 ± 0,2
4	43,3 ± 3,0	45,1 ± 2,7	4,88 ± 0,25	90,5 ± 8,1	72,2 ± 16,6	5,10 ± 0,78	0,323 ± 0,249	2644 ± 492	20,2 ± 0,5
8	44,4 ± 2,1	45,7 ± 1,0	5,25 ± 1,19	93,0 ± 7,1	73,2 ± 7,4	5,63 ± 0,76	0,373 ± 0,054	2389 ± 426	19,5 ± 1,5
16	42,5 ± 2,1	45,0 ± 0,5	5,25 ± 0,65	89,3 ± 13,5	74,6 ± 9,3	5,93 ± 1,00	0,235 ± 0,090	2448 ± 323	20,0 ± 1,1
32	43,0 ± 0,7	45,2 ± 0,5	5,25 ± 1,04	86,8 ± 8,1	82,7 ± 24,2	5,82 ± 1,77	0,325 ± 0,132	2888 ± 431	19,9 ± 0,7
<b>CV (%)</b>	4,5	3,6	9,8	15,7	19,1	18,8	40,6	21,1	4,0
<b>p-valor</b>	0,47	0,73	0,72	0,95	0,95	0,89	0,65	0,87	0,70

<sup>(1)</sup> Avaliado 57 dias após o plantio; <sup>(2)</sup> Avaliado 71 dias após o plantio; <sup>(3)</sup> Avaliado 71 dias após o plantio. Escala de 1 a 9: 1 = plantas sem sintoma da doença, 9 = alta severidade da doença.; <sup>(4)</sup> Obtidas de seis plantas; <sup>(5)</sup> Média ± desvio-padrão

### 3.2. Efeitos das doses de Co nos teores de nutrientes e Co nas folhas

Em geral, os teores de Co nas folhas foram mais altos na linhagem VC17 (Tabela 5), em comparação com a cultivar Ouro Vermelho (Tabelas 7 e 9). O teor de Mo nas folhas foi mais alto em Oratórios (Tabela 9) que em Coimbra (Tabelas 5 e 7). No entanto, em relação ao teor de N nas folhas ocorreu o oposto do verificado para o Mo. O teor de N nas folhas variou em torno de 4,0 dag kg<sup>-1</sup> em Oratórios (Tabela 10), em torno de 5,0 dag kg<sup>-1</sup> com a cultivar Ouro Vermelho em Coimbra (Tabela 8) e entre 5,4 e 6,1 dag kg<sup>-1</sup> com a linhagem VC17 em Coimbra (Tabela 6).

No experimento de Coimbra com a cultivar VC17, a elevação das doses de Co aumentou linearmente os teores de Co e Mo nas folhas (Tabela 5), mas essas doses não influenciaram significativamente os teores dos demais nutrientes (Tabelas 5 e 6). Em relação à dose zero de Co, a dose de 32 g ha<sup>-1</sup> aumentou em 18% o teor de Co nas folhas. O aumento em 1 g ha<sup>-1</sup> na dose de Co elevou em 0,0158 mg kg<sup>-1</sup> e 0,0435 mg kg<sup>-1</sup> os teores de Co e Mo nas folhas, respectivamente (Figuras 1A e 1B). Cerca de 96% da variação nos teores de Co nas folhas foi explicada pelas doses de Co; quanto ao teor de Mo nas folhas, o percentual foi de 48%. No experimento de Oratórios, as doses de Co não influenciaram significativamente os teores de Co e dos nutrientes nas folhas (Tabelas 9 e 10).

No experimento de Coimbra com a cultivar Ouro Vermelho, o incremento das doses de Co aumentou linearmente os teores de Co nas folhas, (Tabela 7), mas não os dos demais nutrientes (Tabelas 7 e 8). Para cada 1 g ha<sup>-1</sup> de Co aplicado na folhagem houve um incremento de 0,0101 mg kg<sup>-1</sup> no teor de Co nas folhas (Figura 2).

Tabela 5 – Efeitos de doses de cobalto (Co) sobre os teores de cobalto (Co), molibdênio (Mo), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn) e boro (B) nas folhas da linhagem VC17, em Coimbra, MG.

Dose de Co (g ha <sup>-1</sup> )	Micronutrientes e cobalto nas folhas						
	Co	Mo	Cu	Mn	Fe	Zn	B
	.....mg kg <sup>-1</sup> .....						
0	2,61 ± 0,07 <sup>(1)</sup>	3,84 ± 1,51	15,8 ± 1,3	255 ± 94	198 ± 51	61,9 ± 8,1	109 ± 8,7
0,5	2,64 ± 0,05	4,11 ± 1,41	16,6 ± 1,3	373 ± 195	192 ± 12	71,0 ± 3,8	130 ± 22,7
1	2,59 ± 0,09	4,39 ± 1,52	16,6 ± 0,5	221 ± 61	187 ± 27	61,9 ± 3,9	108 ± 15,8
2	2,61 ± 0,12	4,53 ± 1,35	15,9 ± 0,6	389 ± 170	196 ± 29	70,4 ± 7,3	120 ± 7,4
4	2,59 ± 0,09	3,46 ± 1,37	15,7 ± 1,1	252 ± 86	187 ± 10	62,2 ± 4,7	110 ± 5,1
8	2,67 ± 0,03	3,79 ± 1,08	17,3 ± 2,4	410 ± 258	197 ± 28	73,9 ± 14,2	114 ± 12,2
16	2,88 ± 0,13	5,42 ± 1,00	15,7 ± 1,3	496 ± 283	204 ± 12	73,6 ± 8,8	120 ± 5,5
32	3,08 ± 0,21	5,22 ± 1,00	16,2 ± 1,0	243 ± 95	189 ± 19	64,0 ± 7,6	124 ± 13,9
<b>CV (%)</b>	4,1	19,9	7,7	48,5	9,6	11,0	11,2
<b>p-valor</b>	<0,001	0,04	0,58	0,20	0,87	0,09	0,24

<sup>(1)</sup> Média ± desvio-padrão.

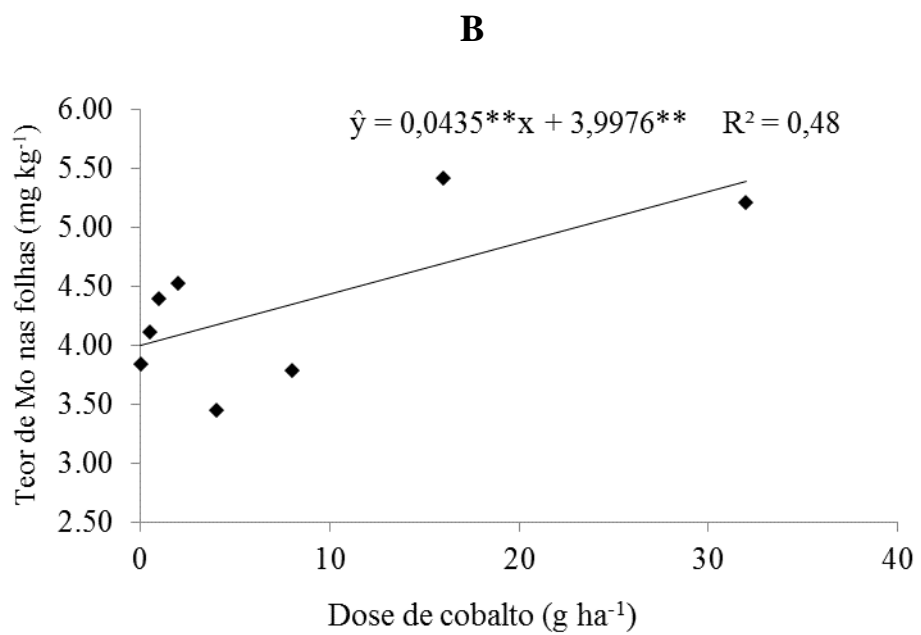
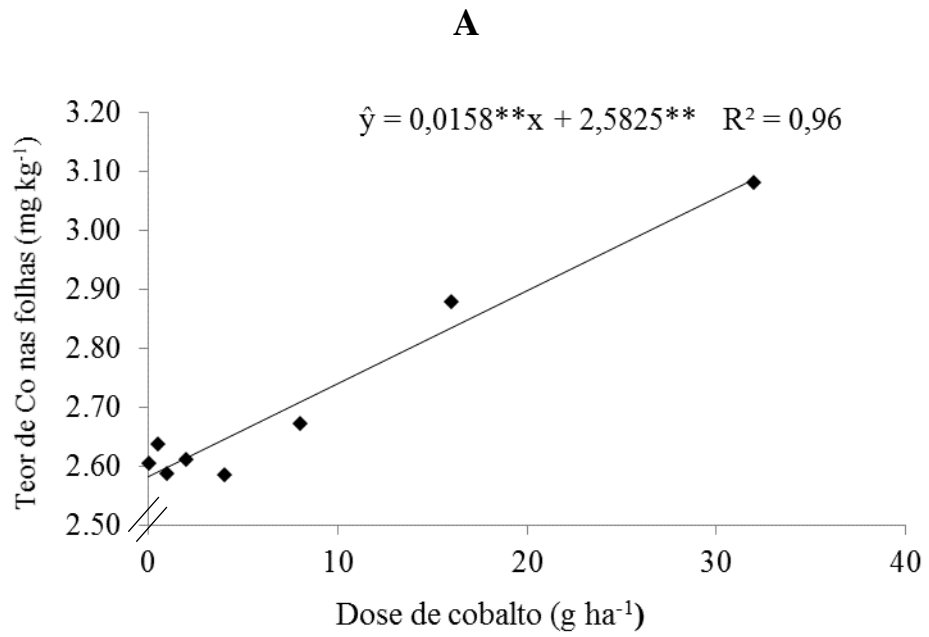


Figura 1 – Efeitos de doses de cobalto aplicado na folhagem sobre os teores de cobalto (A) e molibdênio (B) nas folhas do feijoeiro linhagem VC17, em Coimbra, MG.

Tabela 6 – Efeitos de doses de cobalto (Co) sobre os teores de nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas da linhagem VC17, em Coimbra, MG.

Dose de Co (g ha <sup>-1</sup> )	Macronutrientes nas folhas					
	N	K	P	Ca	Mg	S
	.....dag kg <sup>-1</sup> .....					
0	5,85 ± 0,33 <sup>(1)</sup>	2,12 ± 0,48	0,190 ± 0,016	2,89 ± 0,66	0,456 ± 0,176	0,184 ± 0,033
0,5	5,79 ± 0,26	2,34 ± 0,61	0,196 ± 0,019	3,07 ± 0,37	0,477 ± 0,198	0,212 ± 0,014
1	5,95 ± 0,19	2,44 ± 0,34	0,201 ± 0,012	3,40 ± 0,13	0,466 ± 0,180	0,205 ± 0,028
2	5,80 ± 0,13	2,17 ± 0,23	0,187 ± 0,017	2,89 ± 0,84	0,496 ± 0,208	0,191 ± 0,014
4	5,58 ± 0,51	2,13 ± 0,37	0,189 ± 0,018	3,02 ± 0,84	0,477 ± 0,248	0,202 ± 0,021
8	6,09 ± 0,46	2,49 ± 0,38	0,187 ± 0,011	2,62 ± 0,60	0,478 ± 0,161	0,183 ± 0,017
16	5,36 ± 0,59	2,11 ± 0,54	0,186 ± 0,013	3,25 ± 0,61	0,596 ± 0,215	0,192 ± 0,017
32	5,70 ± 0,19	2,35 ± 0,45	0,197 ± 0,016	3,53 ± 0,16	0,480 ± 0,171	0,193 ± 0,020
<b>CV (%)</b>	6,6	13,3	7,6	15,8	15,3	11,1
<b>p-valor</b>	0,27	0,44	0,74	0,22	0,27	0,51

<sup>(1)</sup> Média ± desvio-padrão

Tabela 7 – Efeitos das doses de cobalto (Co) sobre os teores de cobalto (Co), molibdênio (Mo), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn) e boro (B) nas folhas da cultivar Ouro Vermelho, em Coimbra, MG.

Dose de Co (g ha <sup>-1</sup> )	Micronutrientes e cobalto nas folhas						
	Co	Mo	Cu	Mn	Fe	Zn	B
	.....mg kg <sup>-1</sup> .....						
0	2,46 ± 0,02 <sup>(1)</sup>	5,03 ± 0,66	14,5 ± 1,9	111 ± 35	233 ± 73	41,0 ± 5,6	102 ± 2,9
0,5	2,50 ± 0,07	4,76 ± 1,54	16,2 ± 3,6	116 ± 35	212 ± 39	48,4 ± 10,4	109 ± 6,3
1	2,53 ± 0,10	4,53 ± 0,59	15,4 ± 2,7	123 ± 22	236 ± 81	50,5 ± 24,1	105 ± 14,9
2	2,47 ± 0,11	4,19 ± 0,26	14,0 ± 1,6	105 ± 21	209 ± 38	39,1 ± 3,3	106 ± 4,1
4	2,48 ± 0,06	4,93 ± 0,97	14,9 ± 1,7	110 ± 21	187 ± 13	45,3 ± 7,3	119 ± 13,9
8	2,56 ± 0,06	3,99 ± 1,26	12,9 ± 4,0	102 ± 38	227 ± 48	43,2 ± 7,2	109 ± 4,8
16	2,75 ± 0,05	4,42 ± 0,30	14,5 ± 1,4	109 ± 13	214 ± 36	43,9 ± 6,8	118 ± 5,4
32	2,76 ± 0,13	4,46 ± 0,79	13,7 ± 0,9	111 ± 32	202 ± 24	43,6 ± 10,1	107 ± 6,1
<b>CV (%)</b>	3,2	19,6	11,4	26,4	23,8	19,9	7,5
<b>p-valor</b>	<0,001	0,71	0,22	0,98	0,89	0,67	0,10

<sup>(1)</sup> Média ± desvio-padrão



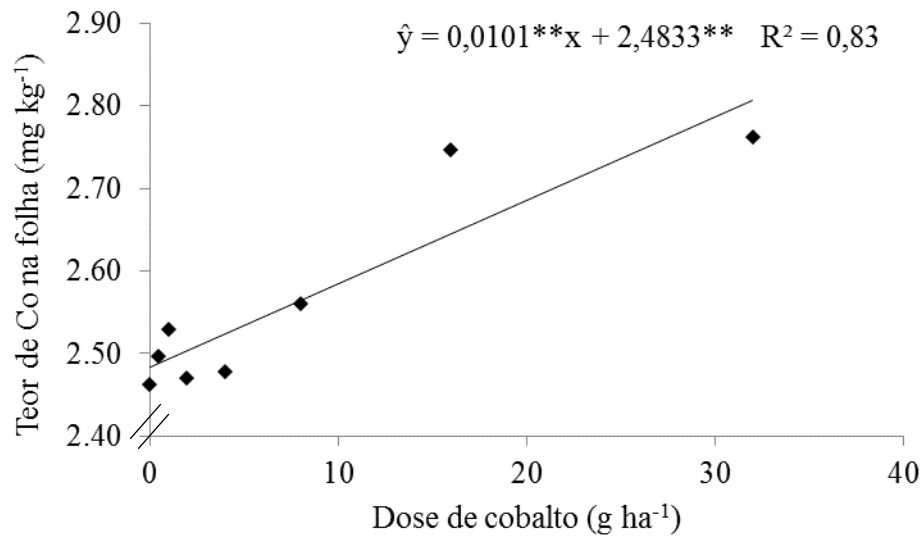


Figura 2 – Efeitos de doses de cobalto aplicado na folhagem sobre o teor de cobalto nas folhas do feijoeiro cultivar Ouro Vermelho, em Coimbra, MG.

Tabela 8 – Efeitos das doses de cobalto (Co) sobre os teores de nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas da cultivar Ouro Vermelho, em Coimbra, MG.

Dose de Co (g ha <sup>-1</sup> )	Macronutrientes nas folhas					
	N	K	P	Ca	Mg	S
	.....dag kg <sup>-1</sup> .....					
0	4,86 ± 0,50 <sup>(1)</sup>	2,22 ± 0,33	0,197 ± 0,017	2,02 ± 1,44	0,381 ± 0,317	0,180 ± 0,019
0,5	4,97 ± 0,40	2,45 ± 0,36	0,200 ± 0,028	1,95 ± 0,10	0,341 ± 0,021	0,188 ± 0,050
1	5,17 ± 0,59	2,41 ± 0,31	0,196 ± 0,016	2,37 ± 0,79	0,372 ± 0,045	0,185 ± 0,019
2	5,12 ± 0,26	2,22 ± 0,12	0,196 ± 0,014	2,54 ± 0,61	0,400 ± 0,062	0,183 ± 0,020
4	5,10 ± 0,35	2,53 ± 0,17	0,216 ± 0,016	1,96 ± 0,32	0,361 ± 0,035	0,196 ± 0,013
8	4,79 ± 0,37	2,11 ± 0,33	0,201 ± 0,023	1,78 ± 1,21	0,263 ± 0,178	0,183 ± 0,028
16	5,19 ± 0,54	2,37 ± 0,21	0,209 ± 0,014	2,34 ± 0,24	0,380 ± 0,027	0,187 ± 0,021
32	5,10 ± 0,33	2,49 ± 0,38	0,197 ± 0,019	2,18 ± 0,12	0,358 ± 0,017	0,191 ± 0,051
<b>CV (%)</b>	8,4	12,0	9,8	35,9	37,6	16,7
<b>p-valor</b>	0,83	0,39	0,81	0,86	0,90	1,00

<sup>(1)</sup> Média ± desvio-padrão

Tabela 9 – Efeitos das doses de cobalto (Co) sobre os teores de cobalto (Co), molibdênio (Mo), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn) e boro (B) nas folhas da cultivar Ouro Vermelho, em Oratórios, MG.

Dose de Co (g ha <sup>-1</sup> )	Micronutrientes e cobalto nas folhas						
	Co	Mo	Cu	Mn	Fe	Zn	B
	.....mg kg <sup>-1</sup> .....						
0	2,52 ± 0,03 <sup>(1)</sup>	5,76 ± 2,19	14,1 ± 1,1	115 ± 30	211 ± 44	40,5 ± 4,6	74,1 ± 13,4
0,5	2,49 ± 0,08	6,03 ± 1,88	14,6 ± 0,8	119 ± 34	243 ± 51	46,3 ± 9,2	73,7 ± 7,0
1	2,55 ± 0,07	9,29 ± 3,95	13,4 ± 1,0	112 ± 20	200 ± 44	46,0 ± 18,2	73,0 ± 7,4
2	2,54 ± 0,04	4,58 ± 2,50	13,8 ± 0,2	104 ± 21	198 ± 13	39,0 ± 2,7	65,0 ± 5,3
4	2,52 ± 0,09	5,00 ± 1,79	13,5 ± 1,9	104 ± 23	174 ± 18	40,8 ± 8,0	65,1 ± 9,1
8	2,52 ± 0,07	6,20 ± 3,42	12,9 ± 1,5	101 ± 24	187 ± 33	38,2 ± 6,8	60,6 ± 9,6
16	2,76 ± 0,36	7,80 ± 3,25	13,7 ± 0,8	105 ± 17	197 ± 32	42,4 ± 4,5	78,7 ± 19,3
32	2,56 ± 0,05	5,37 ± 2,57	13,3 ± 1,4	103 ± 22	187 ± 14	37,3 ± 3,5	69,8 ± 12,2
<b>CV (%)</b>	5,3	46,7	5,2	20,6	16,7	17,5	14,2
<b>p-valor</b>	0,18	0,38	0,09	0,93	0,23	0,54	0,24

<sup>(1)</sup> Média ± desvio-padrão

Tabela 10 – Efeitos das doses de cobalto (Co) sobre os teores de nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas da cultivar Ouro Vermelho, em Oratórios, MG.

Dose de Co (g ha <sup>-1</sup> )	Macronutrientes nas folhas					
	N	K	P	Ca	Mg	S
	.....dag kg <sup>-1</sup> .....					
0	4,01 ± 0,52 <sup>(1)</sup>	2,65 ± 0,14	0,195 ± 0,01	1,45 ± 0,97	0,272 ± 0,182	0,160 ± 0,01
0,5	4,02 ± 0,26	2,63 ± 0,11	0,200 ± 0,03	1,24 ± 0,81	0,272 ± 0,182	0,172 ± 0,04
1	4,03 ± 0,41	2,38 ± 0,37	0,190 ± 0,02	1,38 ± 0,93	0,260 ± 0,174	0,167 ± 0,02
2	3,86 ± 0,38	2,68 ± 0,25	0,207 ± 0,01	1,33 ± 0,87	0,279 ± 0,186	0,179 ± 0,02
4	3,79 ± 0,39	2,58 ± 0,05	0,207 ± 0,01	1,38 ± 0,92	0,273 ± 0,182	0,156 ± 0,01
8	4,06 ± 0,35	2,56 ± 0,21	0,196 ± 0,03	1,23 ± 0,80	0,254 ± 0,169	0,179 ± 0,01
16	4,00 ± 0,57	2,59 ± 0,36	0,216 ± 0,02	1,35 ± 0,96	0,274 ± 0,185	0,168 ± 0,02
32	3,98 ± 0,20	2,70 ± 0,26	0,194 ± 0,03	1,27 ± 0,83	0,264 ± 0,176	0,182 ± 0,01
<b>CV%</b>	7,4	8,3	11,1	12,8	6,4	11,1
<b>p-valor</b>	0,88	0,53	0,75	0,59	0,51	0,49

<sup>(1)</sup> Média ± desvio-padrão

### 3.3. Efeitos das doses de Co nos teores de nutrientes e Co nas sementes

Os teores de Co nas sementes foram semelhantes nos três experimentos (Tabelas 11, 13 e 15), nos quais o pH do solo variou de 4,8 a 6,8 (Tabela 1). Em Coimbra, no experimento com a linhagem VC17, o solo apresentou o menor pH. Nesse caso, o teor de Co nas sementes variou de 2,75 a 2,95 mg kg<sup>-1</sup>; em Oratórios, em solo com pH 6,8, o teor de Co nas sementes variou de 2,54 a 2,64 mg kg<sup>-1</sup>. O teor de Mo nas sementes foi mais alto em Oratórios (pH = 6,8): variou de 8,2 a 16,2 mg kg<sup>-1</sup>. O teor de N nas sementes variou de 3,37 mg kg<sup>-1</sup> (Tabela 12) a 4,35 mg kg<sup>-1</sup> (Tabela 14).

As doses de Co não influenciaram significativamente os teores de Mo, Cu, Mn, Zn, B, N, K, P, Ca, Mg e S nas sementes da linhagem VC17 no experimento em Coimbra (Tabelas 11 e 12). Nesse experimento, o incremento das doses de Co causou aumento linear dos teores de Co nas sementes (Figura 3A) e proporcionou efeito quadrático com formação de “plateau” para os teores de Fe nas sementes (Figura 3B). Em relação à dose zero de Co, 32 g ha<sup>-1</sup> aumentou em 3,5% o teor de Co na semente. Para cada 1 g ha<sup>-1</sup> de Co aplicado nas folhas houve um incremento de 0,0045 mg kg<sup>-1</sup> no teor de Co nas sementes. Cerca de 51% da variação do teor de Co nas sementes é explicada pelas doses de Co. Doses de Co de até 0,6887 g ha<sup>-1</sup> causaram efeito quadrático no teor de Fe nas sementes. Esta dose em relação a dose zero de Co, proporcionou redução de 30% no teor de Fe nas sementes. Entretanto, doses superiores a 0,6887 g ha<sup>-1</sup> proporcionaram teores de Fe nas sementes iguais a 87,583 mg kg<sup>-1</sup>.

Tabela 11 – Efeitos de doses de cobalto (Co) sobre os teores de cobalto (Co), molibdênio (Mo), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn) e boro (B) nas sementes da linhagem VC17, em Coimbra, MG.

Dose de Co (g ha <sup>-1</sup> )	Micronutrientes e cobalto nas sementes						
	Co	Mo	Cu	Mn	Fe	Zn	B
	.....mg kg <sup>-1</sup> .....						
0	2,85 ± 0,14 <sup>(1)</sup>	7,32 ± 4,80	13,6 ± 0,6	24,7 ± 2,7	125 ± 37	34,4 ± 1,1	36,1 ± 8,2
0,5	2,84 ± 0,16	5,22 ± 1,23	13,9 ± 1,1	25,4 ± 5,8	90 ± 11	34,8 ± 3,4	36,2 ± 5,4
1	2,85 ± 0,08	5,64 ± 0,94	15,8 ± 1,8	22,7 ± 1,7	96 ± 14	35,0 ± 1,2	38,7 ± 6,6
2	2,75 ± 0,08	4,79 ± 0,54	14,0 ± 0,6	28,0 ± 5,6	82 ± 10	34,2 ± 1,5	36,3 ± 4,0
4	2,76 ± 0,08	5,64 ± 0,92	14,1 ± 0,9	26,1 ± 3,1	94 ± 11	35,0 ± 1,2	41,2 ± 3,3
8	2,78 ± 0,12	5,57 ± 0,80	15,4 ± 3,0	30,4 ± 7,2	85 ± 7	36,8 ± 2,2	38,4 ± 6,4
16	2,91 ± 0,04	6,59 ± 0,38	13,6 ± 0,6	39,2 ± 18,7	78 ± 5	35,1 ± 1,7	31,4 ± 2,9
32	2,95 ± 0,09	6,11 ± 0,92	14,0 ± 0,4	23,9 ± 3,0	91 ± 20	33,8 ± 0,3	32,5 ± 6,6
<b>CV (%)</b>	3,0	32,5	8,9	26,5	19,3	4,0	16,6
<b>p-valor</b>	0,04	0,67	0,16	0,09	0,04	0,16	0,37

<sup>(1)</sup> Média ± desvio padrão

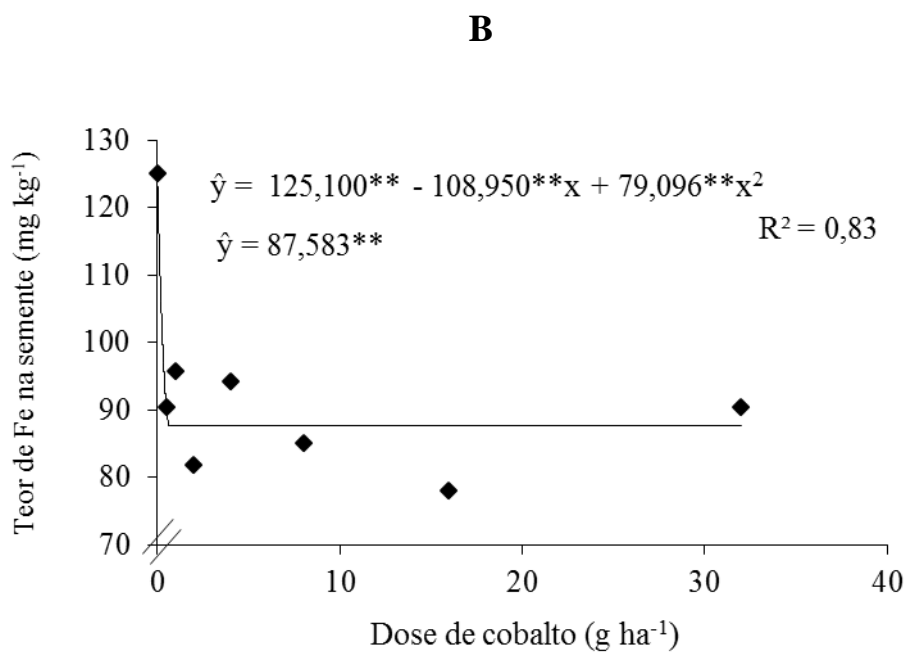
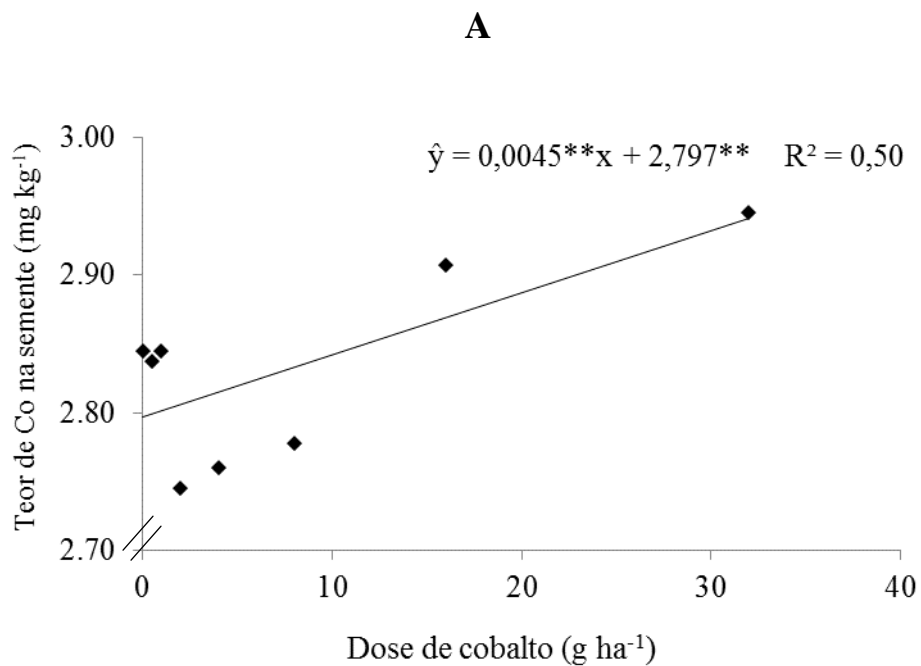


Figura 3 – Efeitos de doses de cobalto aplicado na folhagem sobre os teores de cobalto (A) e ferro (B) nas sementes do feijoeiro linhagem VC17, em Coimbra, MG.

Tabela 12 – Efeitos de doses de cobalto (Co) sobre os teores de nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas sementes da linhagem VC17, em Coimbra, MG.

Dose de Co (g ha <sup>-1</sup> )	Macronutrientes nas sementes					
	N	K	P	Ca	Mg	S
.....dag kg <sup>-1</sup> .....						
0	3,44 ± 0,64 <sup>(1)</sup>	1,43 ± 0,16	0,262 ± 0,068	0,164 ± 0,034	0,206 ± 0,014	0,152 ± 0,017
0,5	3,65 ± 0,20	1,48 ± 0,14	0,224 ± 0,052	0,141 ± 0,016	0,196 ± 0,012	0,155 ± 0,031
1	3,47 ± 0,63	1,51 ± 0,14	0,235 ± 0,032	0,155 ± 0,020	0,200 ± 0,011	0,144 ± 0,018
2	3,37 ± 0,69	1,43 ± 0,09	0,247 ± 0,016	0,135 ± 0,028	0,199 ± 0,017	0,156 ± 0,004
4	3,74 ± 0,10	1,47 ± 0,07	0,239 ± 0,026	0,155 ± 0,022	0,198 ± 0,007	0,167 ± 0,036
8	3,69 ± 0,46	1,43 ± 0,21	0,231 ± 0,029	0,189 ± 0,052	0,212 ± 0,015	0,152 ± 0,019
16	3,66 ± 0,19	1,46 ± 0,09	0,244 ± 0,021	0,156 ± 0,020	0,203 ± 0,009	0,149 ± 0,011
32	3,91 ± 0,38	1,48 ± 0,15	0,250 ± 0,025	0,147 ± 0,018	0,201 ± 0,005	0,160 ± 0,009
<b>CV (%)</b>	12,7	5,1	9,8	17,2	3,8	12,9
<b>p-valor</b>	0,74	0,76	0,46	0,22	0,15	0,83

<sup>(1)</sup> Média ± desvio-padrão



Tabela 13 – Efeitos de doses de cobalto (Co) sobre os teores de cobalto (Co), molibdênio (Mo), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn) e boro (B) nas sementes da cultivar Ouro Vermelho, em Coimbra, MG.

Dose de Co (g ha <sup>-1</sup> )	Micronutrientes e cobalto nas sementes						
	Co	Mo	Cu	Mn	Fe	Zn	B
	.....mg kg <sup>-1</sup> .....						
0	2,53 ± 0,07 <sup>(1)</sup>	6,09 ± 1,04	14,1 ± 1,1	15,2 ± 1,0	83,6 ± 17,4	35,0 ± 1,7	37,5 ± 3,3
0,5	2,57 ± 0,04	5,54 ± 0,82	14,1 ± 1,2	16,0 ± 1,1	80,7 ± 1,5	37,0 ± 1,9	33,6 ± 8,8
1	2,59 ± 0,03	6,55 ± 1,20	14,0 ± 1,8	15,6 ± 0,9	91,0 ± 10,1	38,6 ± 2,7	45,2 ± 5,3
2	2,57 ± 0,03	5,55 ± 0,82	13,2 ± 1,2	14,8 ± 1,5	75,3 ± 7,2	34,8 ± 0,8	42,1 ± 3,5
4	2,56 ± 0,06	5,90 ± 0,71	12,7 ± 0,8	14,8 ± 1,2	84,7 ± 9,6	37,1 ± 3,0	44,0 ± 9,1
8	2,58 ± 0,04	5,28 ± 0,81	15,1 ± 1,8	15,3 ± 0,6	71,0 ± 3,9	34,4 ± 2,3	47,8 ± 21,9
16	2,64 ± 0,10	5,84 ± 0,72	12,5 ± 0,5	15,1 ± 1,0	85,1 ± 13,6	39,3 ± 3,8	45,5 ± 8,2
32	2,69 ± 0,05	5,72 ± 0,83	17,0 ± 5,1	15,6 ± 1,9	78,6 ± 8,7	36,1 ± 4,2	36,5 ± 3,7
<b>CV (%)</b>	2,0	15,1	16,0	5,8	12,8	7,9	24,5
<b>p-valor</b>	0,01	0,61	0,18	0,59	0,24	0,21	0,47

<sup>(1)</sup> Média ± desvio-padrão

Tabela 14 – Efeitos de doses de cobalto (Co) sobre os teores de nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas sementes da cultivar Ouro Vermelho, em Coimbra, MG.

Dose de Co (g ha <sup>-1</sup> )	Macronutrientes nas sementes					
	N	K	P	Ca	Mg	S
	.....dag kg <sup>-1</sup> .....					
0	4,27 ± 0,12 <sup>(1)</sup>	1,60 ± 0,10	0,241 ± 0,018	0,117 ± 0,030	0,183 ± 0,013	0,130 ± 0,004
0,5	4,17 ± 0,26	1,64 ± 0,06	0,226 ± 0,010	0,103 ± 0,005	0,171 ± 0,004	0,123 ± 0,012
1	4,16 ± 0,35	1,55 ± 0,05	0,220 ± 0,009	0,137 ± 0,013	0,179 ± 0,010	0,128 ± 0,011
2	4,05 ± 0,34	1,63 ± 0,12	0,233 ± 0,015	0,122 ± 0,022	0,177 ± 0,005	0,133 ± 0,027
4	4,11 ± 0,23	1,53 ± 0,04	0,221 ± 0,015	0,191 ± 0,110	0,183 ± 0,007	0,127 ± 0,012
8	4,16 ± 0,23	1,61 ± 0,02	0,217 ± 0,009	0,104 ± 0,010	0,166 ± 0,002	0,148 ± 0,052
16	4,35 ± 0,17	1,55 ± 0,04	0,223 ± 0,010	0,127 ± 0,031	0,178 ± 0,014	0,141 ± 0,035
32	3,96 ± 0,23	1,56 ± 0,03	0,231 ± 0,023	0,115 ± 0,014	0,173 ± 0,010	0,121 ± 0,005
<b>CV (%)</b>	6,4	3,8	5,4	34,3	4,6	17,6
<b>p-valor</b>	0,58	0,14	0,16	0,17	0,09	0,72

<sup>(1)</sup> Média ± desvio-padrão

No experimento de Coimbra com a cultivar Ouro Vermelho, o incremento das doses de Co causou aumento linear do teor de Co nas sementes (Figura 4). Em relação à dose zero de Co, 32 g ha<sup>-1</sup> de Co aumentou em 6,3% o teor de Co na semente. Houve aumento de 0,0043 mg kg<sup>-1</sup> no teor de Co nas sementes para cada 1 g ha<sup>-1</sup> de Co aplicado na folhagem. Nesse caso, 90 % da variação do teor de Co nas sementes foi explicada pelas doses de Co.

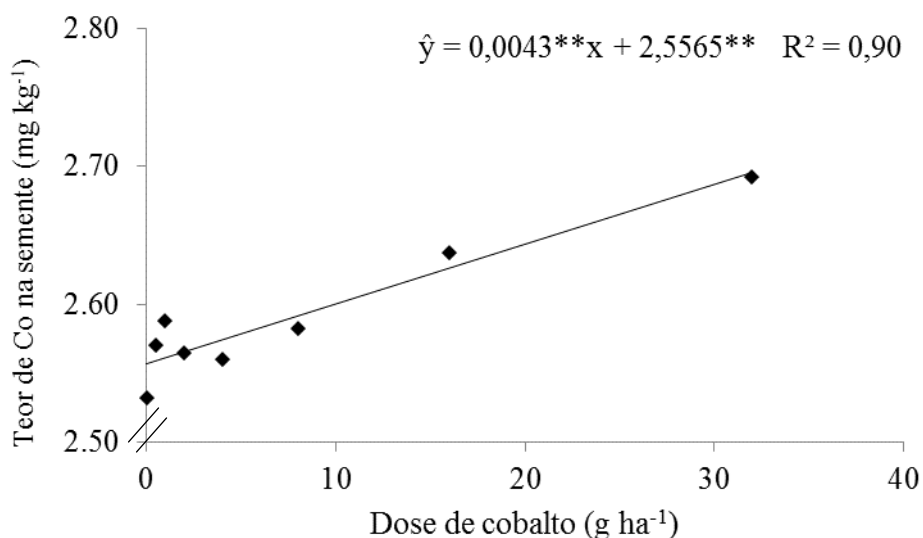


Figura 4 – Efeitos de doses de cobalto aplicado na folhagem sobre o teor de cobalto nas sementes do feijoeiro cultivar Ouro Vermelho, em Coimbra, MG.

No experimento de Oratórios com a cultivar Ouro Vermelho não houve efeito significativo das doses de Co nos teores de Co, Mo, Cu, Mn, Fe, Zn, B, K, P, Ca, Mg e S nas sementes (Tabelas 15 e 16).

Tabela 15 – Efeitos das doses de cobalto (Co) sobre os teores de cobalto (Co), molibdênio (Mo), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn) e boro (B) nas sementes da cultivar Ouro Vermelho, em Oratórios, MG.

Dose de Co (g ha <sup>-1</sup> )	Micronutrientes e cobalto nas sementes						
	Co	Mo	Cu	Mn	Fe	Zn	B
	.....mg kg <sup>-1</sup> .....						
0	2,54 ± 0,11 <sup>(1)</sup>	10,8 ± 3,7	12,2 ± 2,9	23,7 ± 5,5	72,4 ± 4,7	37,8 ± 1,5	80,4 ± 10,2
0,5	2,58 ± 0,09	9,8 ± 4,0	10,2 ± 0,7	20,8 ± 3,7	82,0 ± 19,3	36,1 ± 2,3	77,1 ± 25,9
1	2,56 ± 0,11	16,2 ± 8,2	11,3 ± 2,0	19,1 ± 3,2	68,4 ± 7,6	35,1 ± 1,8	75,4 ± 10,2
2	2,59 ± 0,06	8,2 ± 1,8	10,7 ± 0,8	23,2 ± 3,7	74,9 ± 5,5	38,0 ± 1,5	83,7 ± 25,0
4	2,56 ± 0,12	8,5 ± 2,7	12,2 ± 2,1	24,0 ± 4,1	69,5 ± 1,9	38,7 ± 1,6	78,3 ± 24,5
8	2,57 ± 0,09	12,1 ± 7,8	10,7 ± 1,2	20,7 ± 3,9	74,9 ± 12,3	35,7 ± 3,4	82,1 ± 10,0
16	2,58 ± 0,15	13,3 ± 7,0	12,6 ± 3,7	23,5 ± 5,9	68,5 ± 1,3	36,2 ± 2,1	75,2 ± 30,9
32	2,64 ± 0,10	9,2 ± 2,9	11,3 ± 1,7	27,2 ± 10,6	77,1 ± 10,0	37,5 ± 1,3	85,8 ± 24,7
<b>CV (%)</b>	2,5	50,1	15,1	16,7	12,3	5,1	22,4
<b>p-valor</b>	0,53	0,47	0,47	0,15	0,39	0,13	0,98

<sup>(1)</sup> Média ± desvio-padrão

Tabela 16 – Efeitos de doses de cobalto (Co) sobre os teores de nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas sementes da cultivar Ouro Vermelho, em Oratórios, MG.

Dose de Co (g ha <sup>-1</sup> )	Macronutrientes nas sementes					
	N	K	P	Ca	Mg	S
	.....dag kg <sup>-1</sup> .....					
0	3,84 ± 0,29 <sup>(1)</sup>	1,63 ± 0,06	0,232 ± 0,010	0,161 ± 0,007	0,188 ± 0,008	0,122 ± 0,010
0,5	3,71 ± 0,17	1,61 ± 0,06	0,229 ± 0,014	0,171 ± 0,010	0,190 ± 0,002	0,150 ± 0,022
1	3,86 ± 0,28	1,63 ± 0,09	0,220 ± 0,025	0,141 ± 0,029	0,177 ± 0,013	0,133 ± 0,051
2	3,67 ± 0,19	1,67 ± 0,06	0,227 ± 0,007	0,154 ± 0,008	0,193 ± 0,002	0,115 ± 0,019
4	3,86 ± 0,16	1,62 ± 0,09	0,226 ± 0,009	0,148 ± 0,013	0,184 ± 0,006	0,113 ± 0,024
8	3,77 ± 0,29	1,61 ± 0,03	0,232 ± 0,004	0,157 ± 0,026	0,187 ± 0,008	0,108 ± 0,009
16	3,80 ± 0,51	1,67 ± 0,08	0,229 ± 0,011	0,159 ± 0,018	0,188 ± 0,005	0,114 ± 0,020
32	3,71 ± 0,17	1,61 ± 0,06	0,234 ± 0,009	0,151 ± 0,005	0,187 ± 0,010	0,123 ± 0,020
<b>CV (%)</b>	6,2	4,0	5,7	10,8	4,0	21,1
<b>p-valor</b>	0,89	0,70	0,86	0,37	0,20	0,38

<sup>(1)</sup> Média ± desvio-padrão

#### 4. DISCUSSÃO

Não houve aumento de produtividade de grãos do feijoeiro com a aplicação de Co na folhagem. Uma das razões que pode explicar essa falta de resposta ao Co é a boa disponibilidade de N no solo para as plantas, conforme indicam os teores de N (Tabelas 6, 8 e 10) e os valores de SPAD das folhas (Tabelas 2, 3 e 4) que não receberam Co. Neste tratamento os teores de N nas folhas foram, em média, de 5,8 (VC17), 4,9 (Ouro Vermelho) em Coimbra e 4 dag kg<sup>-1</sup> em Oratórios. Nesses experimentos os valores de SPAD foram, em média, de 45,8, 38,8 e 41,8, respectivamente. Estudos conduzidos com a cultivar Pérola indicam que teor de N nas folhas entre 3,0 e 4,0 dag kg<sup>-1</sup> e valores de SPAD entre 42 e 46 são suficientes para feijoeiros irrigados apresentarem pelo menos 90% da produtividade máxima de grãos (BARBOSA FILHO et al., 2008, 2009). Portanto, os teores de N obtidos no tratamento controle dos três experimentos parecem ser adequados para feijoeiros com alta produtividade. Além de os solos dos experimentos terem sido capazes de suprir o N que os feijoeiros necessitam, o Co do solo pode ter sido suficiente para suprir o Co necessário nos nódulos.

Como houve tendência consistente de aumento da massa da parte aérea com a aplicação de Co (Tabelas 2, 3 e 4), seria interessante avaliar essa variável com mais precisão em estudos futuros.

O aumento das doses de Co causou incremento linear no teor de Co nas folhas e sementes do feijoeiro nos dois experimentos realizados em Coimbra, os quais apresentavam pH em água de 4,8 ou 5,6. Em Oratórios, no entanto, onde o pH do solo era de 6,8, o Co não influenciou significativamente o teor de Co nas sementes e nas folhas. Os teores de Co nas folhas e sementes originadas de solo com pH de 4,8 geralmente foram mais altos, quando comparados com os das sementes provenientes de solos com pH de 5,6 e 6,8. A maior disponibilidade de Co em solos mais ácidos (PALIT S., SHARMA A., 1994) ajuda a explicar essa diferença.

Doses de Co de 0,2 a 3 g ha<sup>-1</sup> aplicadas em feijoeiros cultivados em solos com pH de 4,7 ou 6,4, similares aos de dois solos usados neste estudo, não influenciaram a produtividade de grãos (SANTOS et al., 1979; TORRES et al., 2014). Entretanto, a aplicação de 0,25 g ha<sup>-1</sup> de Co nas sementes dobrou a produtividade de grãos do feijoeiro em solo cujo pH não foi informado

(JUNQUEIRA NETO et al., 1977). Em outras leguminosas como lentilha (SAHAY et al., 2015) e *Vicia faba* L. (HALA, 2007) cultivadas em solos com pH igual ou superior a 7,8, a aplicação de Co aumentou a produtividade em 9,8% (SAHAY et al., 2015) e 217% (HALA, 2007). A pouca disponibilidade de Co em solos com pH alto ajuda a explicar os resultados obtidos por esses autores. Apesar de o Co não ter influenciado a produtividade nos solos usados no presente estudo, mais estudos são necessários, em diferentes solos, uma vez que esse elemento é necessário na FBN e alguns solos podem não disponibilizá-lo em quantidade suficiente para as bactérias fixadoras de N. O baixíssimo custo da dose de Co usada na adubação justifica mais estudos em regiões produtoras de feijão.

O aumento dos teores de Co nas folhas em Coimbra, quando se comparou a dose zero com a dose de 32 g ha<sup>-1</sup>, foi de 12% (Ouro Vermelho) ou 18% (VC17). Apesar da moderada mobilidade do Co no floema da planta (MALAVOLTA, 1980) e da pequena dose empregada (até 32 g ha<sup>-1</sup>), obteve-se aumento de até 6,3% no teor de Co nas sementes, sem redução da produtividade dos feijoeiros. Outros estudos, entretanto, relatam aumento no teor de Co nas sementes de 1,6 vez em amendoim (MOHAMED et al., 2011), 1,4 vez em lentilha (SAHAY et al., 2015) e 67 vezes em soja (GRUBERGER, 2016). O aumento nos teores de Co das sementes obtido no presente estudo foi relativamente pequeno, sobretudo quando eles são comparados com os obtidos por GRUBERGER (2016) e com os obtidos com Mo. No caso do Mo, o teor desse nutriente na semente foi 9 ou 33 vezes maior com a aplicação de 1000 g ha<sup>-1</sup> (VIEIRA; FERREIRA; DO PRADO, 2011) ou 2560 g ha<sup>-1</sup> de Mo (LEITE et al., 2007, 2009), respectivamente, em relação ao controle sem Mo.

Como a dose de Co usada no tratamento de sementes de feijão é de 0,25 g ha<sup>-1</sup> (JUNQUEIRA NETO et al., 1977), não nos parece prático e econômico usar dose superior a 32 g/ha de Co com a finalidade de enriquecer as sementes de feijão com Co. Portanto, nossos resultados sugerem que o enriquecimento de sementes de feijão com Co não é viável com a aplicação do Co em V4 e nos solos empregados neste estudo, que parecem não ser deficientes nesse elemento. É possível que a aplicação do Co na fase reprodutiva dos feijoeiros possa proporcionar melhores resultados, sobretudo

em solos pobres em Co, como parece ter sido o caso no estudo de GRUBERGER (2016) com soja.

No experimento de Coimbra com a cultivar VC17, a aplicação de Co diminuiu o teor de Fe nas sementes. Resultado semelhante foi obtido em soja (GAD et al., 2013) e *Vicia faba* L. (HALA, 2007). PALIT e SHARMA (1994) relatam que excesso de cobalto diminui a absorção e distribuição do Fe nas plantas. Essa redução do Fe nas sementes, pelo menos com algumas doses de Co, pode não ser problema caso as sementes sejam usadas apenas para plantio. No entanto, não seria desejável para consumo, pois o Fe desempenha importantes funções no metabolismo humano, pois compõe a hemoglobina, responsável pelo transporte e armazenamento de oxigênio (PAIVA; RONDÓ; GUERRA-SHINOHARA, 2000).

## 5. CONCLUSÃO

É possível aumentar o teor de Co nas sementes com a aplicação de até 32 g ha<sup>-1</sup> de Co na folhagem do feijão na fase V4, mas o aumento é pequeno.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKBAR, F. M. et al. Interactive effect of cobalt and nitrogen on growth, nodulation, yield and protein content of field grown pea. **Horticulture Environment and Biotechnology**, v. 54, n. 6, p. 465–474, 2013.

BARBOSA FILHO, M. P. et al. Determinação da necessidade de adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro irrigado com auxílio do clorofilômetro portátil. **Ciência Rural**, v. 38, n. 7, p. 1843–1848, 2008.

BARBOSA FILHO, M. P. et al. Época de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado monitorada com auxílio de sensor portátil. **Ciência Agrotecnologica de Lavras**, v. 33, n. 2, p. 425–431, 2009.



CAMPO, R. J.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Molybdenum-enriched soybean seeds enhance N accumulation, seed yield, and seed protein content in Brazil. **Field Crops Research**, v. 110, n. 3, p. 219–224, 2009.

CARNEIRO, J. E.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão: do plantio à colheita**. Viçosa, Ed. UFV, 384p., 2015.

CONAB: Séries históricas - Feijão. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pa> >. Acesso em: 05 abril 2017.

CORRÊA, J. R. V. et al. Efeitos de Rhizobium, molibdênio e cobalto sobre o feijoeiro comum cv. carioca. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 25, n. 4, p. 513–519, 1990.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 271–276, 2013.

GAD, N. et al. Effect of Cobalt Supplement on the Growth and Productivity of Soybean (*Glycine max* L. Merrill ). **World Applied Sciences Journal**, v. 26, n. 7, p. 926–933, 2013.

GRUBERGER, G. A. C. **Enriquecimento de sementes de soja com cobalto e molibdênio**. Piracicaba, Universidade de São Paulo, 77p., 2016.

HALA, K. Effect of Cobalt Fertilizer on Growth , Yield and Nutrients Status of Faba Bean (*Vicia faba* L.) Plants . **Journal of Applied Sciences Research**, v. 3, n. 9, p. 867–872, 2007.

HALILOVA, H.; SÖZÜDOGRU, S.; TABAN, S. Effects of Cobalt on Some Physiological Parameters of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Asian Journal of Chemistry**, v. 21, n. 4, p. 3307–3309, 2009.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors affecting N<sub>2</sub> fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, v. 65, n. 2–3, p. 151–164, 2000.

JUNQUEIRA NETO, A. et al. Ensaio preliminares sobre a aplicação de molibdênio e de cobalto na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, v. 24, p. 628–633, 1977.

LEITE, U. T. et al. Rendimento de grãos e componentes de rendimento do feijoeiro em função da aplicação foliar de doses crescentes de molibdênio. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 1, p. 113–120, 2007.

LEITE, U. T. et al. Influência do conteúdo de molibdênio na qualidade fisiológica da semente de feijão: cultivares Novo Jalo e Meia Noite. **Revista Ceres**, v. 56, n. 2, p. 225–231, 2009.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo. **Agronômica Ceres**, p. 672p., 1980.

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

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. **Dordrecht: Kluwer Academic Publishers**, 5 ed., p. 849p, 2001.

MOHAMED, M. A. et al. Reducing N Doses by Enhancing Nodule Formation in Groundnut Plants via Co and Mo. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 5, n. 12, p. 2568–2577, 2011.

MOHANDAS, S. Effect of presowing seed treatment with molybdenum and cobalt on growth , nitrogen and yield in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant soil**, v. 86, n. 2, p. 283–285, 1985.

OLIVEIRA, C. O. et al. Custo e lucratividade da produção de sementes de soja enriquecidas com molibdênio. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 45, n. 1, p. 82–88, 2015.

PAIVA, A. A.; RONDÓ, P. H.; GUERRA-SHINOHARA, E. M. Parâmetros para avaliação do estado nutricional de ferro. **Revista de Saúde Pública**, v. 34, n. 4, p. 421–426, 2000.

PALIT S., SHARMA A., T. G. Effect of cobalt on plants. **The botanical review**. v. 60p, n. 2, p. 149–181, 1994.

POSSENTI, J. C.; VILLELA, F. A. Efeito do molibdênio aplicado via foliar e via sementes sobre o potencial fisiológico e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 143–150, 2010.

REYES, J. O.; BENDEZÚ, S. G.; JOAQUÍN, A. H. Molybdenum and Cobalt Application in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with two fertilization systems under no-tillage. **Journal of agricultural Science and Technology**, v. 6, p. 72–77, 2016.

ROSSI, R. L. et al. Adubação foliar com molibdênio na cultura da soja. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 1, n. 1, p. 12–23, 2012.

SAHAY, N. et al. Effect of cobalt and sulphur nutrition on yield , quality and uptake of nutrients in lentil. **Legume Research**, v. 38, n. 5, p. 631–634, 2015.

SANTOS, A. B. DOS et al. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao molibdênio e ao cobalto em solos de Viçosa e Paula Cândico, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 26, n. 143, p. 92–101, 1979.

SCHOONHOVEN, A.V. & PASTOR-CORRALES, M.A., Standard system for the evaluation of bean germplasm. Cali, Colômbia, CIAT, 53p., 1987.

SILVEIRA, P. M. DA et al. Variability of mass and content of mineral elements in grains of the common bean cultivar Pérola. **Científica, Jaboticabal**, v. 44, n. 3, p. 446–450, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 954p., 2013.

TIFFIN, L. O. Translocation of Manganese , Iron , Cobalt , and Zinc in Tomato. **Plant Physiology**, v. 42, p. 1427–1432, 1967.

TORRES, H. R. M. et al. Produtividade do feijão *Phaseolus vulgaris* L. com aplicações crescentes de molibdênio associadas ao cobalto via foliar. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 2468–2481, 2014.

VIEIRA, R. F. et al. Common bean seed complements molybdenum uptake by plants from soil. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 6, p. 1843–1848, 2011.

VIEIRA, R. F. et al. Genotypic Variability in Seed Accumulation of Foliar-Applied Molybdenum To Common Bean. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 38, p. 205–213, 2014.

VIEIRA, R. F.; FERREIRA, A. C. DE B.; DO PRADO, A. L. Aplicação foliar de molibdênio em feijoeiro: Conteúdo do nutriente na semente e desempenho das plantas originadas. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 41, n. 2, p. 163–169, 2011.

VIEIRA, R. F.; SALGADO, L. T.; FERREIRA, A. C. DE B. Performance of Common Bean Using Seeds Harvested from Plants Fertilized with High Rates of Molybdenum. **Journal of Plant Nutrition**, v. 28, n. 2, p. 363–377, 2005.

WELCH, R. . Micronutrient nutrition of plants. **Critical Review in Plants Sciences**, v. 14, n. 1, p. 49–82, 1995.

WIERSMA, D. et al. Chemical Forms of Nickel and Cobalt in Phloem of *Ricinus communis*. **Physiologia Plantarum**, v. 45, n. 4, p. 440–442, 1979.