



Bragantia

ISSN: 0006-8705

editor@iac.sp.gov.br

Instituto Agronômico de Campinas

Brasil

Teixeira, Itamar Rosa; Borém, Aluízio; de Andrade Araújo, Geraldo Antônio; Bastos de Andrade, Messias José

Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta à adubação foliar com manganês e zinco
Bragantia, vol. 64, núm. 1, 2005, pp. 83-88
Instituto Agronômico de Campinas
Campinas, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90864109>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

TEORES DE NUTRIENTES E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO FOLIAR COM MANGANÊS E ZINCO⁽¹⁾

ITAMAR ROSA TEIXEIRA⁽²⁾; ALUÍZIO BORÉM⁽³⁾; GERALDO ANTÔNIO DE ANDRADE ARAÚJO⁽³⁾;
MESSIAS JOSÉ BASTOS DE ANDRADE⁽⁴⁾

RESUMO

No presente trabalho, objetivou-se avaliar os teores de nutrientes minerais e a qualidade fisiológica de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), em resposta à adubação foliar com manganês e zinco. O experimento foi desenvolvido a campo em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico fase cerrado, em Ijaci (MG). Utilizou-se o esquema fatorial em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo os tratamentos formados pela combinação de cinco doses de Mn (0, 75, 150, 300 e 600 g ha⁻¹) e cinco de Zn (0, 50, 100, 200 e 400 g ha⁻¹), fracionadas em duas pulverizações foliares, sendo metade aplicada aos 25 e o restante aos 35 dias após a emergência das plântulas. Avaliaram-se os teores de nutrientes minerais presentes nas sementes e sua qualidade fisiológica pelos testes padrão de germinação e de vigor, incluindo a primeira contagem, envelhecimento acelerado e da condutividade elétrica. Com a adubação foliar com manganês e zinco foram obtidos acréscimos lineares dos teores de Mn e Zn nas sementes de feijão. Os teores de N, P, B e Cu nas sementes foram influenciados pela adubação com manganês e zinco, não ocorrendo entretanto nenhum efeito destes micronutrientes sobre os teores dos demais nutrientes determinados nas sementes (K, Ca, Mg, Fe e S). A qualidade fisiológica das sementes mostrou-se influenciada pela adubação mangânica, quando estimada pelo teste de condutividade elétrica. A qualidade fisiológica das sementes de feijão não foi afetada pela adubação com zinco.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, micronutrientes e qualidade de sementes.

ABSTRACT

NUTRIENT CONTENTS AND PHYSIOLOGICAL QUALITY OF COMMON BEAN SEEDS IN
RESPONSE TO LEAF FERTILIZATION WITH MANGANESE AND ZINC

The objective of this work was to evaluate the contents of nutrients and the physiological quality of seeds from common bean that had leaf application of manganese and zinc. The experiment was carried out at Dystrophic Red-Yellow Latosol 'cerrado' phase, in Ijaci, Minas Gerais State, Brazil. A randomized block design with four replicates was analyzed in a factorial arrangement, being the treatments formed by the combination of five rates of Mn (0, 75, 150, 300 and 600 g ha⁻¹) and five rates of Zn (0, 50, 100, 200 and 400 g ha⁻¹), split in leaf sprayings at 25 and 35 days after emergency. It was evaluated the content of nutrients present in the seeds and its physiological quality, through the standart germination test and vigor test by means of first counting, accelerated aging and electric conductivity. The leaf application of manganese and zinc promoted linear increments in the contents of Mn and Zn in the seeds of bean. The seed contents of N, P, B and Cu were influenced by the application of manganese and zinc. The physiologic quality of seeds was influenced by manganese fertilization, when estimated by the test of electrical conductivity. Zinc did not affect the physiologic quality of bean seeds.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, micronutrients and quality of seeds.

⁽¹⁾ Parte da Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa (UFV) pelo primeiro autor, como um dos requisitos do curso de Doutorado em Fitotecnia. Recebido para publicação em 3 setembro de 2003 e aceito em 22 de setembro de 2004.

⁽²⁾ Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ipameri, 75780-000 Ipameri (GO). Email: itamarrt@yahoo.com.br

⁽³⁾ Universidade Federal de Viçosa – UFV/DFT, 36570-000 – Viçosa (MG).

⁽⁴⁾ Universidade Federal de Lavras – UFLA/DAG, 37200-000 – Lavras (MG).

1. INTRODUÇÃO

A exigência nutricional das culturas, em geral, torna-se mais intensa com o início da fase reprodutiva, sendo mais crítica na época de formação das sementes, quando consideráveis quantidades de nutrientes são para elas translocadas. Essa maior exigência se deve ao fato de os nutrientes serem essenciais à formação e ao desenvolvimento de novos órgãos de reserva (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

A disponibilidade de nutrientes influencia a formação do embrião e dos cotilédones com resultados eficazes sobre o vigor e a qualidade fisiológica.

No entanto, há poucos trabalhos relacionados à adubação e nutrição das plantas produtoras de sementes com sua qualidade fisiológica, e no caso de micronutrientes a situação é ainda mais crítica.

O papel dos nutrientes é fundamental durante as fases de formação, desenvolvimento e maturação das sementes, principalmente na constituição das membranas e no acúmulo de carboidratos, lipídios e proteínas (SA, 1994).

A deficiência de micronutrientes, especialmente a de manganês e zinco, pode reduzir a atividade metabólica devido à demanda em processos fisiológicos, como componentes de enzimas essenciais e também comprometer a manutenção estrutural e a integridade funcional das membranas (RÖMHELD e MARSCHNER, 1991).

O manganês está relacionado à formação da lignina (MARSCHNER, 1995), que, por sua vez, é uma das substâncias presentes na parede celular, conferindo-lhe impermeabilidade (MCDOUGALL et al., 1996), exercendo assim, efeito significativo sobre a capacidade e a velocidade de absorção de água através do tegumento, interferindo desse modo, na quantidade de lixiviados liberados para o meio externo durante a fase de embebição do processo de germinação de sementes. PANOBIANCO et al. (1999) constataram em sementes de soja com baixo teor de lignina no tegumento, valores mais altos de condutividade elétrica devido à maior quantidade de substâncias lixiviadas para água em que as sementes haviam sido imersas.

Plantas cultivadas em condição de deficiência de zinco, geralmente, produzem sementes com baixo conteúdo e concentração desse nutriente e quando semeadas em solo deficiente, as plântulas são menos vigorosas refletindo em baixo rendimento na colheita. O aumento do conteúdo de zinco nas sementes tem efeito positivo no aumento do rendimento nessas condições (RENGEL e GRAHAM, 1995; GENC et al., 2000).

Em várias funções nas plantas, o manganês e o zinco são determinantes ou integrantes de diversos processos, tais como síntese de proteínas, permeabilidade de membranas, absorção iônica, respiração, síntese de amido e controle hormonal. Assim, existe a hipótese de que ambos os nutrientes estejam envolvidos na qualidade fisiológica das sementes.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de nutrientes minerais e a qualidade fisiológica de sementes de feijão produzidas com diferentes doses de manganês e zinco, aplicadas por via foliar.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no ano agrícola de 2000/2001, na safra das “água”, em área de produção comercial de feijão no município de Ijaci (MG), localizado a uma latitude de 21°14'S, longitude de 45°00' e altitude 805 m.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico fase cerrado, sendo o resultado da análise química do solo na camada de 0-20 cm o seguinte: pH em H₂O (1:2,5) = 6,9; P disponível = 3,0 mg dm⁻³; K⁺ = 52 mg dm⁻³; Ca⁺² = 5,2 cmol_c dm⁻³; Mg⁺² = 1,9 cmol_c dm⁻³; Al⁺³ = 0,0 cmol_c dm⁻³; H+Al = 2,1 cmol_c dm⁻³; SB = 5,4 cmol_c dm⁻³; t = 5,4 cmol_c dm⁻³; T = 7,5 cmol_c dm⁻³; m = 0 %; V = 72 %; B = 0,8 mg kg⁻¹; Cu = 1,2 mg kg⁻¹; Fe = 17 mg kg⁻¹; Mn = 1,1 mg kg⁻¹ e Zn = 0,5 mg kg⁻¹ de solo.

O delineamento estatístico foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 5, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram da combinação de cinco doses de manganês (0, 75, 150, 300 e 600 g ha⁻¹) e cinco doses de zinco (0, 50, 100, 200 e 400 g ha⁻¹) em duas pulverizações foliares, sendo metade da dose aplicada aos 25 e metade aos 35 dias após emergência, utilizando-se o sulfato de manganês (31% de Mn) e sulfato de zinco (21% de Zn) como fontes.

O solo foi preparado de forma convencional (uma aração e duas gradagens) e a calagem dispensada. Na adubação de semeadura, com base nos resultados da análise química do solo, utilizaram-se 20 kg ha⁻¹ de N (uréia), 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples) e 60 kg ha⁻¹ K₂O (KCl). Durante a semeadura foi aplicado, juntamente com os fertilizantes, o inseticida forate (granutox), para prevenção de pragas iniciais do feijoeiro. A aplicação de N em cobertura foi realizada aos 20 dias após emergência, com sulfato de amônio, na dose de 200 kg ha⁻¹ (40 kg ha⁻¹ de N), distribuídos manualmente em filete contínuo ao lado das plantas.

Na semeadura, utilizou-se sementes da cultivar Pérola, realizada manualmente, em 15/11/00. A emergência plena computada, quando cerca de 90% das plântulas haviam emergido, ocorreu em 21/11/00.

Os teores de nutrientes nas sementes de feijão foram determinados da seguinte maneira: o nitrogênio, por digestão sulfúrica, sendo no extrato dosado o N-orgânico, usando-se o reagente Nessler e o teor de N-NO_3^- conforme método descrito por CATALDO et al. (1975). Para determinação do boro, as amostras foram submetidas à digestão por via seca (incineração), quantificando-se posteriormente o seu conteúdo por meio da colorimetria pela Azometina H. Os demais nutrientes (P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn) foram definidos por meio da digestão nitroperclórica e posterior determinação no extrato, onde o fósforo foi determinado por colorimetria, o potássio por fotometria de chama e o enxofre por turbidimetria. O cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco foram analisados por espectrofometria de absorção atômica (MALAVOLTA et al., 1997).

Para estabelecer a qualidade fisiológica, uma amostra de sementes de cada parcela foi analisada no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia da UFV, onde foi feita limpeza por meio de catação manual, descartando-se as sementes visualmente danificadas. Avaliou-se a qualidade fisiológica por meio dos seguintes testes: teste-padrão de germinação (TPG), primeira contagem, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica (KRZYZANOWSKI et al., 1999).

Utilizou-se o método da superfície de resposta, com cortes em superfície, sendo a escolha dos modelos feita com base na significância do coeficiente de regressão considerando-se o teste t a 5% de probabilidade, e no coeficiente de determinação. Os cálculos estatísticos foram realizados por meio do Sistema de Análise Estatística Genética (SAEG).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teores de nutrientes nas sementes

Observou-se o teor de nitrogênio nas sementes significativamente influenciado pelas doses de manganês e zinco aplicadas, porém, com o resultado mais contrastante para o manganês (Figura 1a). Pela figura 2, com as doses de máxima eficiência técnica de manganês (315 g ha^{-1}) e zinco (280 g ha^{-1}), ou seja, aquelas que proporcionaram maior produção de grãos de feijão, obtiveram-se acréscimo de 65% no teor de nitrogênio das sementes, em relação à testemunha; corroboram assim, as afirmações de MARSCHNER (1995), de que o manganês em dose adequada promove

acréscimo dos teores de nitrogênio tanto nas folhas com também nas sementes, sendo considerado nutriente bastante móvel na planta.

Não houve efeito significativo das doses de manganês e zinco sobre os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre encontrados nas sementes, sendo os valores médios obtidos de, respectivamente, 0,43; 1,44; 0,17; 0,19 e 0,12 dag kg^{-1} , situando-se, assim, próximos aos valores obtidos por outros autores (LIMA, 1997; PESSOA, 1998).

Com relação aos teores de micronutrientes encontrados nas sementes, verificou-se decréscimo linear dos teores de boro em resposta à adição de manganês, sendo o valor de $10,18 \text{ mg kg}^{-1}$ obtido com a maior dosagem de manganês (Figura 1b). O teor de cobre ajustou-se a uma superfície de resposta quadrática (Figura 1c), cujo emprego das doses de máxima eficiência técnica de manganês e zinco (Figura 2) propiciou teor de $11,21 \text{ mg kg}^{-1}$ de cobre nas sementes, concordante com outros trabalhos de pesquisa (LIMA, 1997; PESSOA, 1998). Já o teor de médio de ferro ($50,10 \text{ mg kg}^{-1}$) não foi influenciado por nenhum dos nutrientes aplicados.

O teor de manganês nas sementes ajustou-se a uma superfície de resposta, uma vez que houve influência da adubação com manganês e zinco; entretanto, o resultado mais contrastante foi apresentado pela adubação mangânica (Figura 1d). O maior teor de manganês nos grãos foi de $18,80 \text{ mg kg}^{-1}$, obtido com a combinação das maiores doses de manganês e zinco. O teor estimado foi 275% superior ao tratamento que não recebeu pulverização, mostrando a eficiência da adubação foliar. Ressalta-se que este teor é maior que os observados por outros autores (LIMA, 1997; PESSOA, 1998), entretanto, quando se compara o teor proporcionado pelas doses correspondentes à máxima eficiência técnica (Figura 2), verifica-se o teor de $13,92 \text{ mg kg}^{-1}$, próximo dos valores observados pelos referidos autores.

Superfície de resposta também foi adotada para explicar a variação do teor de zinco nas sementes, em vista das doses de manganês e zinco aplicadas às plantas, mas sendo o resultado mais marcante ocorrido com o zinco (Figura 1e). Observa-se que, com a combinação das doses máximas de manganês e zinco, obteve-se o maior teor de zinco ($66,65 \text{ mg kg}^{-1}$) na massa seca das sementes do feijoeiro. O referido valor é maior que os teores encontrados na literatura (LIMA, 1997; PESSOA, 1998). Entretanto, quando se considera o teor de $51,36 \text{ mg kg}^{-1}$, propiciado pelas doses de manganês e zinco relativas à máxima eficiência técnica para produção de sementes (Figura 2), nota-se que está próximo dos teores encontrados pelos autores citados, que foi de 53 mg kg^{-1} .

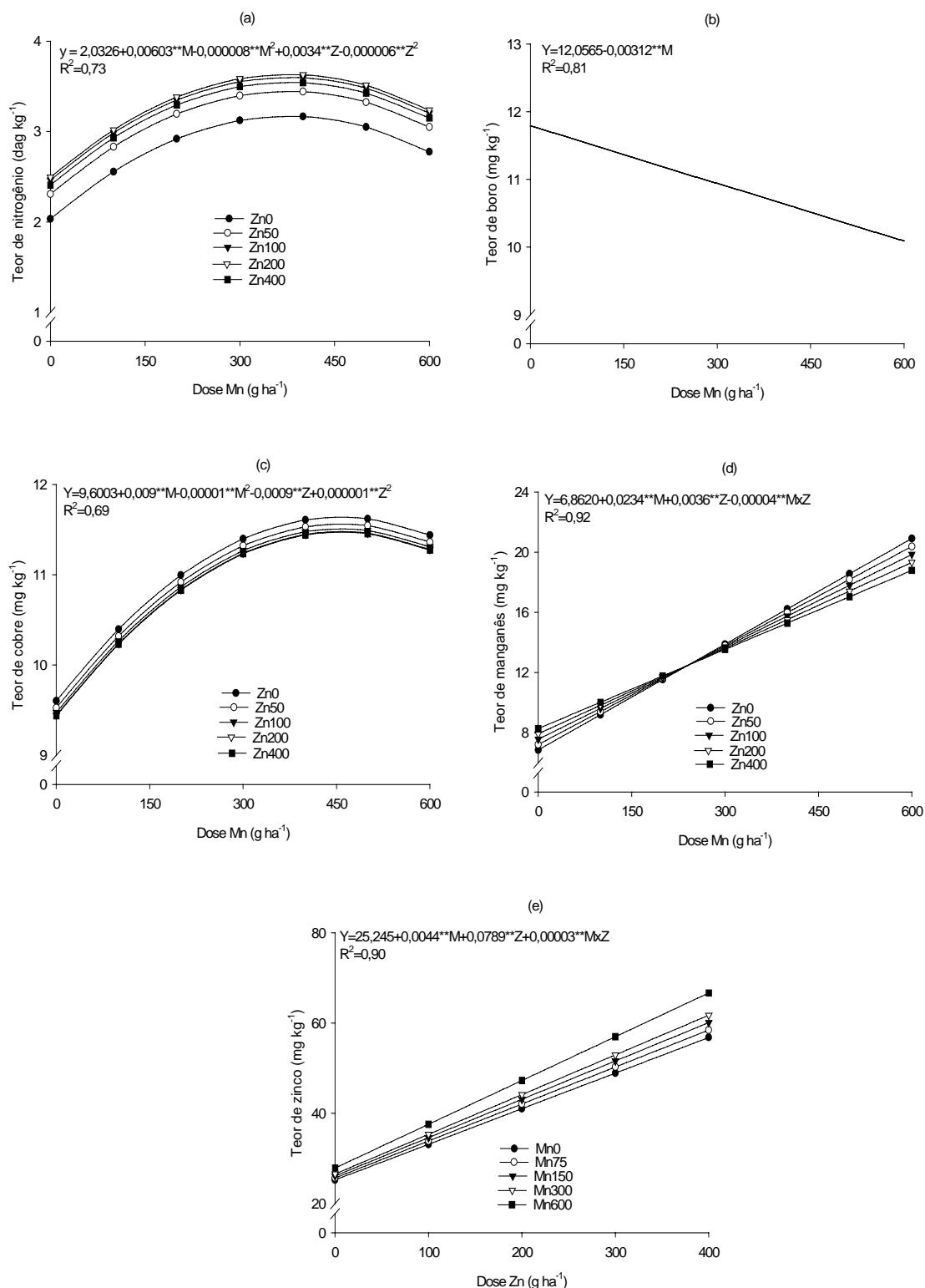


Figura 1. Representação do corte na superfície de resposta referente às estimativas dos teores de nitrogênio (a); boro (b); cobre (c); manganês (d) e zinco (e) nas sementes do feijoeiro submetido à adubação foliar com manganês e zinco.

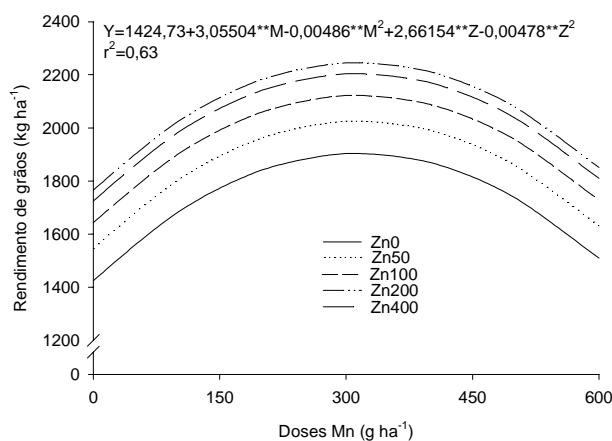


Figura 2. Representação do corte na superfície de resposta referente à estimativas do rendimento de grãos do feijoeiro submetido à adubação foliar com manganês e zinco.

Mesmo nos casos em que houve decréscimo nos teores de nutrientes nas sementes do feijoeiro, em função das aplicações de diferentes doses de manganês e/ou zinco, caso do N, P, B e Cu, seus teores ainda eram próximos dos considerados adequados para a cultura. Ressalta-se ainda, que a extração de nutrientes seguiu a seguinte ordem para macro ($N > K > P > S > Ca = Mg$) e micronutrientes ($Zn > Fe > Mn > B > Cu$), concordando em grande parte com a ordem reportada na literatura (BARBOSA FILHO e SILVA, 2000).

Apesar de manganês e zinco serem considerados nutrientes parcialmente móveis (MARSCHNER, 1995), os resultados demonstraram que houve migração desses elementos das folhas para as sementes, corroborando assim, a hipótese de DORDAS et al. (2001), de que a questão da imobilidade deixa de existir quando a aplicação de nutrientes é feita diretamente nas folhas. Cabe ressaltar, que a maior proporção de manganês e zinco removido pelas sementes, é de fundamental importância para garantir a nutrição inicial das plântulas oriundas dessas sementes, e possivelmente, prevenir deficiência inicial em condição de campo.

Qualidade fisiológica das sementes

O grau de umidade das sementes foi, de um modo geral, semelhante para todos os tratamentos, atingindo valor médio de 13%. Esse fato é de suma importância na execução dos testes, considerando-se que a uniformização da umidade das sementes é imprescindível para a padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes (MARCOS FILHO et al., 1987). Ressalta-se ainda, que o valor médio para o teste de germinação foi de 90%, acima portanto, do

padrão mínimo para comercialização de sementes de feijão no Brasil, atualmente de 80% (BRASIL, 1993).

Com relação aos valores dos testes de vigor, primeira contagem e o envelhecimento acelerado, não se verificaram diferenças entre tratamentos, sendo o valor médio obtido de 82% e 80% respectivamente.

Para o teste de condutividade elétrica observou-se efeito somente das doses de manganês, com o menor valor, $65,81 \mu\text{mho cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, obtido com o emprego de $415,88 \text{ g ha}^{-1}$ de manganês (Figura 3). Por outro lado, na testemunha (tratamento sem adubação), constatou-se o mais alto valor de condutividade elétrica ($72,77 \mu\text{mho cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) ocasionado, certamente, pela maior liberação de exsudatos no meio, em virtude do comprometimento da integridade das membranas, e que está relacionada a sementes de qualidade inferior (VIEIRA e KRZYZANOVSKI, 1999); confirma, também, resultados de DOMINGOS et al. (2001), que observaram valores de $72 \mu\text{mho cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ em sementes de feijão de baixo vigor.

A influência do manganês na qualidade da semente se explica pelo fato de esse nutriente estar relacionado à formação da lignina (MARSCHNER, 1995). Essa, por sua vez, é uma das substâncias presentes na parede celular, conferindo-lhe impermeabilização (McDOUGALL et al., 1996), podendo exercer efeito significativo sobre a capacidade e velocidade de absorção de água através do tegumento, e alterando assim, a quantidade de lixiviados liberados para o meio externo (PANOBIANCO et al., 1999). Esses autores verificaram que os teores mais baixos de lignina do tegumento de sementes de soja relacionaram-se a valores mais altos de condutividade elétrica.

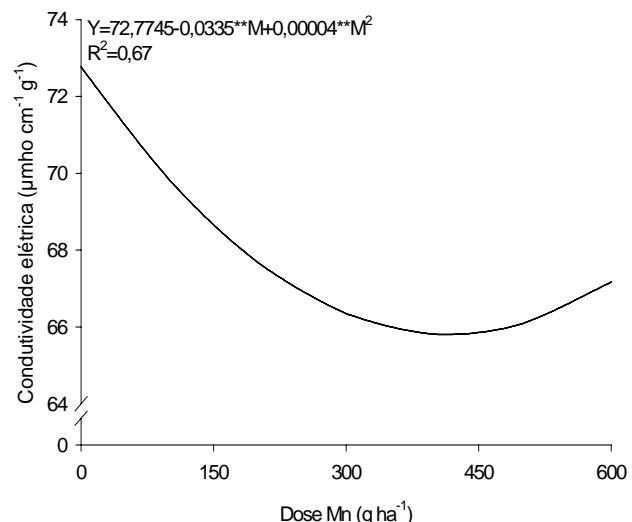


Figura 3. Representação do corte na superfície de resposta referente à estimativa do teste de condutividade elétrica nas sementes do feijoeiro submetido à adubação foliar com manganês e zinco.

Conforme os resultados, nota-se que o vigor das sementes está relacionado ao estado nutricional do feijoeiro, em relação ao manganês, como observado no teste de condutividade elétrica. Entretanto, há necessidade de se estudar estes aspectos mais detalhadamente em futuros trabalhos de pesquisa.

4. CONCLUSÕES

1. Com a adubação foliar com manganês e zinco têm-se acréscimos lineares nos teores de Mn e Zn nas sementes de feijão.

2. Há influência da adubação foliar das plantas com manganês e zinco nos teores de N, P, B e Cu nas sementes de feijão, não ocorrendo entretanto nenhum efeito da adubação com esses micronutrientes sobre os teores dos demais nutrientes determinados nas sementes (K, Ca, Mg, S e Fe).

3. A condutividade elétrica é bom teste indicativo do efeito da adubação mangânica no vigor das sementes de feijão.

4. A qualidade fisiológica de sementes de feijão não é influenciada pela adubação com zinco.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA FILHO, M.P.; SILVA, O.M. Adubação e calagem para o feijoeiro em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1317-1324, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Padrões estaduais de sementes**. Brasília: EMBRAPA/SNSB, 1993. 47p.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- CATALDO, D.A.; AAROON, M.; SCHRADER, L.E.; YOUNES, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitrification of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.6, n.1, p.71-80, 1975.
- DOMINGOS, M.; SILVA, A.A.; SILVA, R.F.; SILVA, J.F.; CARDOSO, A.A. Efeito de dessecantes, da época de colheita, do enleiramento e da chuva simulada no rendimento e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Ceres**, Viçosa, v.48, n.277, p.365-380, 2001.
- DORDAS, C.; SAH, R.; BROW, P.H.; ZENG, Q.; HU, H. Remobilização de micronutrientes e elementos tóxicos em plantas superiores. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van.; ABREU, C.A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na Agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.43-85.
- GENC, Y.; McDONAL, G.K.; GRAHAM, R. Effect of seed content on early growth of barley (*Hordeum vulgare L.*) under low and adequate soil zinc supply. **Australian Journal of Agricultural Research**, Camberra, v.51, n.1, p.37-45, 2000.
- KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B.F. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 246p.
- LIMA, S.F. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) submetido à aplicação foliar de doses de boro, molibdênio, e zinco**. Lavras, 1997. 76f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – UFLA- Universidade Federal de Lavras.
- McDOUGALL, G.J.; MORRISON, I.M.; STEWART, D.; HILLMAN, J.R. Plant cell walls as dietary fibre: range, structure, processing and function. **Journal Science Food Agriculture**, London, v.70, n.2, p.133-150, 1996.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.
- PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.F. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**, Zürick, v.27, n.3, p.945-949, 1999.
- PESSOA, A.C.S. **Atividade de nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta à adubação com molibdênio e fósforo**. 1998. 151f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa-UFV.
- RENGEL, Z.; GRAHAM, R.D. Importance of seed Zn content for wheat growth on Zn-deficient soil – II grain yield. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.173, n.3, p.267-274, 1995.
- RÖMHELD, V.; MARSCHNER, H. Functions of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J.J. (Ed.). **Micronutrients in Agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p.297-328.
- SÁ, M.E. Importância da adubação na qualidade de semente. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. (Ed.). **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p.65-98.
- VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B.F. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.1-26.