

## Resposta à Aplicação de Fósforo e de Zinco na Biofortificação Agronômica em Linhagem Elite de Feijão-Caupi



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Meio-Norte  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**BOLETIM DE PESQUISA  
E DESENVOLVIMENTO  
137**

Resposta à Aplicação de Fósforo e de  
Zinco na Biofortificação Agronômica  
em Linhagem Elite de Feijão-Caupi

*Francisco de Brito Melo  
Maurisrael de Moura Rocha  
Milton José Cardoso  
Aderson Soares de Andrade Júnior*

**Embrapa Meio-Norte**  
Teresina, PI  
2021

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Comitê Local de Publicações  
da Unidade Responsável

Embrapa Meio-Norte  
Av. Duque de Caxias, 5.650, Bairro Buenos Aires  
Caixa Postal 01  
CEP 64008-480, Teresina, PI  
Fone: (86) 3198-0500  
Fax: (86) 3198-0530  
www.embrapa.br/meio-norte]

Serviço de Atendimento ao Cidadão(SAC)  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Presidente  
*Rosa Maria Cardoso Mota de Alcantara*

Secretário-Executivo  
*Judys Araújo de Oliveira*

Membros  
*Lígia Maria Rolim Bandeira, Edvaldo Sagrilo, Orlane da Silva Maia, Luciana Pereira dos Santos Fernandes, Francisco Jose de Seixas Santos, Paulo Henrique Soares da Silva, João Avelar Magalhães, Paulo Fernando de Melo Jorge Vieira, Alexandre Kemenes, Ueliton Messias, Marcos Emanuel da Costa Veloso, Jose Alves da Silva Câmara*

Supervisão editorial  
*Lígia Maria Rolim Bandeira*

Revisão de texto  
*Francisco de Assis David da Silva*

Normalização bibliográfica  
*Orlane da Silva Maia*

Tratamento das ilustrações  
*Jorimá Marques Ferreira*

Editoração eletrônica  
*Jorimá Marques Ferreira*

Foto da capa  
*Francisco de Brito Melo*

**1ª edição**  
1ª impressão (2021): formato digital

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Meio-Norte

---

Resposta à aplicação de fósforo e de zinco na biofortificação agrônômica em linhagem elite de feijão-caupi. Francisco de Brito Melo ... [et al.]. - Teresina : Embrapa Meio-Norte, 2021. PDF (19 p.) : il. ; 16 cm x 22 cm. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Meio-Norte, ISSN 1413-1455 ; 137).

1. Adubação. 2. Nutrição vegetal. 3. Nutriente mineral. 4. Grão. 5. Produtividade. 6. *Vigna unguiculata*. I. Melo, Francisco de Brito. II. Embrapa Meio-Norte. III. Série.

CDD 631.8 (21. ed.)

---

*Orlane da Silva Maia* (CRB 3/915)

© Embrapa, 2021

## Sumário

---

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Resumo .....                 | 5  |
| Abstract .....               | 7  |
| Introdução.....              | 8  |
| Material e Métodos .....     | 10 |
| Resultados e Discussão ..... | 12 |
| Conclusões.....              | 17 |
| Referências .....            | 17 |

# Resposta à Aplicação de Fósforo e de Zinco na Biofortificação Agronômica em Linhagem Elite de Feijão-Caupi\*

Francisco de Brito Melo<sup>1</sup>

Maurisrael de Moura Rocha<sup>2</sup>

Milton José Cardoso<sup>3</sup>

Aderson Soares de Andrade Júnior<sup>4</sup>

**Resumo** - O fósforo e o zinco, atualmente, são os nutrientes que proporcionam melhores respostas na produtividade e qualidade nutricional de grãos da cultura do feijão-caupi, causando preocupação em relação à saúde humana, principalmente nos países em desenvolvimento. Estima-se que um terço da população mundial vive em países considerados de alto risco em relação à deficiência de fósforo e de zinco e que um quinto da população mundial pode não estar ingerindo esses nutrientes em quantidades suficientes. Neste trabalho, objetivou-se avaliar o efeito da adubação com doses de fósforo e de zinco na produtividade e na qualidade de grãos de uma linhagem elite do programa de melhoramento genético do feijão-caupi. O experimento foi conduzido utilizando-se a linhagem elite Inhuma, na área experimental da UEP de Parnaíba/Embrapa Meio-Norte, no município de Parnaíba, PI, em 2019. A produtividade de grãos da linhagem elite Inhuma aumenta com a elevação concomitante das

---

\*Resultados provenientes de projeto de Macroprograma, financiado pela Embrapa. Atividade: 20.18.01.022.00.07.012.

<sup>1</sup>Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI

<sup>2</sup>Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI

<sup>3</sup>Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI

<sup>4</sup>Engenheiro-agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI

doses de fósforo e de zinco. A variável que influencia a produtividade de grãos secos na Inhuma é o número de vagens por planta. As aplicações de fósforo ao solo proporcionam acréscimos de 89% e de 80% nos teores de fósforo nas folhas e nos grãos da linhagem elite Inhuma. As aplicações de zinco ao solo proporcionam acréscimos de 70%, de 86% e de 22% nos teores de zinco nas folhas, nos grãos e na proteína bruta dos grãos da linhagem elite Inhuma, respectivamente.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata*; nutrição mineral; produtividade de grãos secos; interação fósforo versus zinco.

## Response to the Application of Phosphorus and Zinc in Agronomic Biofortification in Cowpea Bean Elite Lineage

**Abstract** – Abstract – Phosphorus and zinc are currently the nutrients that provide the best responses in grain yield and nutritional quality of cowpea, causing concern in relation to human health, especially in developing countries. It is estimated that one-third of the world's population lives in countries considered to be at high risk in relation to phosphorus and zinc deficiency, and that one-fifth of the world's population may not be getting enough these nutrients. This work aimed to evaluate the effect of fertilization with doses of phosphorus and zinc on the dry grain yield and quality of an elite line of the cowpea breeding program. The experiment was conducted using the Inhuma elite line, in the experimental area of the UEP of Parnaíba/Embrapa Meio-Norte in the municipality of Parnaíba, PI, in 2019. The dry grain yield of the Inhuma elite line increases with the increase concomitant doses of phosphorus and zinc. The variable that influences the dry grain yield at Inhuma line is the number of pods per plant. Phosphorus applications in the soil provide increases of 89 and 80%, in the levels of phosphorus in leaves and grains, of the Inhuma elite line. The applications of zinc in the soil provide increases of 70, 86 and 22%, in the levels of zinc in leaves, grains and crude protein in grains, of the Inhuma elite line, respectively

**Keywords:** *Vigna unguiculata*. Mineral nutrition. Dry grain yield. Phosphorus versus zinc Interaction.

## Introdução

---

Os solos brasileiros, em sua maioria, são deficientes em fósforo, e sua adição para correção da deficiência, associada à elevação do pH pela calagem, é uma prática fundamental para o incremento da produtividade das culturas anuais, porém pode induzir a deficiência de zinco. O fósforo é um macronutriente extraído em menor quantidade pela cultura do feijão-caupi, porém este é o elemento químico que mais limita a produtividade da cultura na maioria dos solos brasileiros (Melo et al., 2018).

Com o custo de produção mais elevado, em consequência do uso de grande volume de insumos, notadamente fertilizantes, o produtor tem buscado novas opções para seus arranjos produtivos. Constatase que o cultivo do feijão-caupi está expandindo-se para a região dos cerrados das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, onde é incorporado aos arranjos produtivos como safrinha após as culturas da soja e do milho ou como cultura isolada em rotação com a cultura do milho (Melo et al., 2018).

O fósforo e o zinco, atualmente, são os nutrientes que causam maior preocupação em relação à saúde humana, principalmente nos países em desenvolvimento. Estima-se que um terço da população mundial vive em países considerados de alto risco em relação à deficiência de fósforo e de zinco e que um quinto da população mundial pode não estar ingerindo esses nutrientes em quantidades suficientes (Assessment..., 2004).

O zinco é um micronutriente chave para a manutenção das funções biológicas nos organismos e, portanto, para a manutenção da homeostase humana. Além de ser cofator de mais de 300 enzimas essenciais, o mineral desempenha importantes papéis na síntese de proteínas, na divisão celular e no metabolismo dos ácidos nucleicos. Entre os principais problemas associados à deficiência de zinco,

reporta-se o retardo do crescimento, a vulnerabilidade às infecções por imunodeficiência e o elevado risco de morte infantil (Black et al., 2013; Roohani et al., 2013; Cediél et al., 2015).

A missão da pesquisa em nutrição de plantas não deve ser focada apenas em aumentar a produtividade, e sim em romper esse paradigma, começando a olhar também para a qualidade nutricional dos alimentos, o que poderá levar à obtenção de produtos agrícolas que nutrem e não apenas alimentam. Para isso, faz-se importante a definição de estratégias para biofortificação de plantas que estão presentes no cardápio da maioria da população, inclusive daqueles de classes menos favorecidas, sem prejudicar os componentes agronômicos de produtividade (Melo et al., 2018).

Em pesquisas recentes, Melo et al. (2017) observaram que a aplicação das doses de 3,6 kg ha<sup>-1</sup> e de 4,2 kg ha<sup>-1</sup> de Zn proporcionaram valores de concentrações de 47 e de 50 mg de Zn kg<sup>-1</sup> de grãos, respectivamente, com as cultivares de feijão-caupi BRS Guariba e BRS Tumucumaque. Quanto aos teores de proteína bruta, as aplicações das mesmas quantidades de zinco ao solo proporcionaram 26% de proteína bruta, que corresponderam a um acréscimo de 3% no teor de proteína, quando comparado com a testemunha, nas duas cultivares.

Dada a importância do fósforo e do zinco, faz-se necessária a avaliação desses nutrientes, isoladamente e em conjunto, pois embora a interação entre eles seja bastante mencionada na literatura em relação a diversas culturas, há notória escassez de informações em relação ao feijão-caupi em diferentes tipos de solos.

O trabalho objetivou avaliar o efeito da adubação com doses de fósforo e de zinco sobre a produtividade e a qualidade de grãos de uma linhagem elite do programa de melhoramento do feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte.

## Material e Métodos

---

o experimento foi realizado no período de 09/02/2019 a 14/04/2019, no campo experimental da UEP de Parnaíba/Embrapa Meio-Norte, no município de Parnaíba, PI, em área de vegetação de Tabuleiros Litorâneos, com coordenadas geográficas de 03°05'S; 41°47'W; e altitude de 65 m. A precipitação pluviométrica foi de 249 mm em fevereiro, 122 mm em março e 188 mm em abril, totalizando 559 mm no período de execução do ensaio. O solo utilizado no experimento é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico de textura média (Melo et al., 2004).

A caracterização inicial do solo, realizada na camada de 0 - 20 cm, indicou: determinação de pH (H<sub>2</sub>O)=5,5; K<sup>+</sup>=0,4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup>=19 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup>=4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; fósforo (Mehlich)=5 mg dm<sup>-3</sup>; saturação por bases (V)=44%; Zn=1,0 mg dm<sup>-3</sup>; fração areia=890 g kg<sup>-1</sup>; fração silte=24 g kg<sup>-1</sup>; e fração argila=86 g kg<sup>-1</sup>. A metodologia utilizada nas análises físicas e químicas do solo foi preconizada de acordo com Silva (1999).

Realizou-se uma adubação de fundação com as doses de fósforo (tratamentos), de zinco (tratamentos) e de potássio (40 kg ha<sup>-1</sup>). A distribuição dos fertilizantes foi realizada manualmente, em sulcos paralelos com 0,15 m de profundidade e distanciados de, 0,10 m das linhas de plantio. Efetuou-se uma adubação nitrogenada em cobertura (30 kg ha<sup>-1</sup> de N) aos 15 dias após a germinação das sementes e desbastes do excesso de plantas.

Utilizou-se delineamento em blocos ao acaso, com os tratamentos dispostos no arranjo fatorial 4 x 4, ou seja, quatro níveis de fósforo (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e quatro de zinco (0, 2, 4 e 6 kg ha<sup>-1</sup> de Zn) nas formas de superfosfato triplo (45% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e de sulfato de zinco (20% de Zn), respectivamente, com três repetições. Utilizou-

se a linhagem elite Inhuma proveniente do projeto de melhoramento do feijão-caupi, pertencente à programação de pesquisa da Embrapa Meio-Norte. A parcela experimental foi constituída de seis linhas de 5,0 m, espaçadas em 0,5 m, com densidade de cinco plantas por metro.

Para a avaliação do estado nutricional da cultura, foram determinados os teores de fósforo e de zinco no tecido vegetal e amostrada na fase fenológica R<sub>2</sub> a terceira folha trifoliolada, a partir do ápice, de vinte plantas por tratamento na área útil da unidade experimental. As amostras do tecido foliar, após colhidas, identificadas e devidamente lavadas, foram secas em estufa a 65 °C por 72 hora e posteriormente efetuada a moagem. A extração do nutriente foi efetuada por digestão nitroperclórica. Os teores de fósforo foram determinados por método colorimétrico em espectrofotômetro UV-visível e os de zinco foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (Silva; Queiroz, 2002).

Foram também avaliados os teores de fósforo e de zinco nos grãos, cujas análises foram efetuadas com a mesma metodologia utilizada para a análise do tecido foliar, utilizando-se grãos de dez vagens amostradas na área útil de cada tratamento no final do ciclo da cultura.

As variáveis avaliadas foram: produtividade de grãos secos (PGS) corrigidos para 13% de umidade; número de vagens por planta (NVP); teores de fósforo nas folhas (P folhas); teores de zinco nas folhas (Zn folhas); teores de fósforo nos grãos (P grãos); teores de zinco nos grãos (Zn grãos); e proteína bruta nos grãos (Prot. grãos).

Usou-se a regressão na análise de variância, seguindo o método proposto por Pimentel-Gomes (2009). Em relação à PGS, foi ajustada função de respostas, calculando-se as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de Zn, que proporcionaram as máximas eficiências técnicas para a linhagem elite (Zimmermann, 2004). As análises estatísticas foram realizadas, utilizando-se o pacote estatístico R (Team, 2017).

## Resultados e Discussão

A análise de variância indicou que as doses de  $P_2O_5$  aplicadas ao solo influenciaram ( $p < 0,01$ ) o NVP, a PGS, o P folhas e o P grãos. Já as doses de zinco aplicadas ao solo influenciaram significativamente ( $p < 0,01$ ) a PGS, o Zn folhas, o Zn grãos e a Prot. grãos, enquanto a interação  $P_2O_5$  versus Zn somente influenciou ( $p < 0,01$ ) a PGS (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância (QM) das variáveis analisadas na linhagem elite Inhuma, submetida às diferentes doses de fósforo e de zinco. Parnaíba, PI, safra 2018/2019.

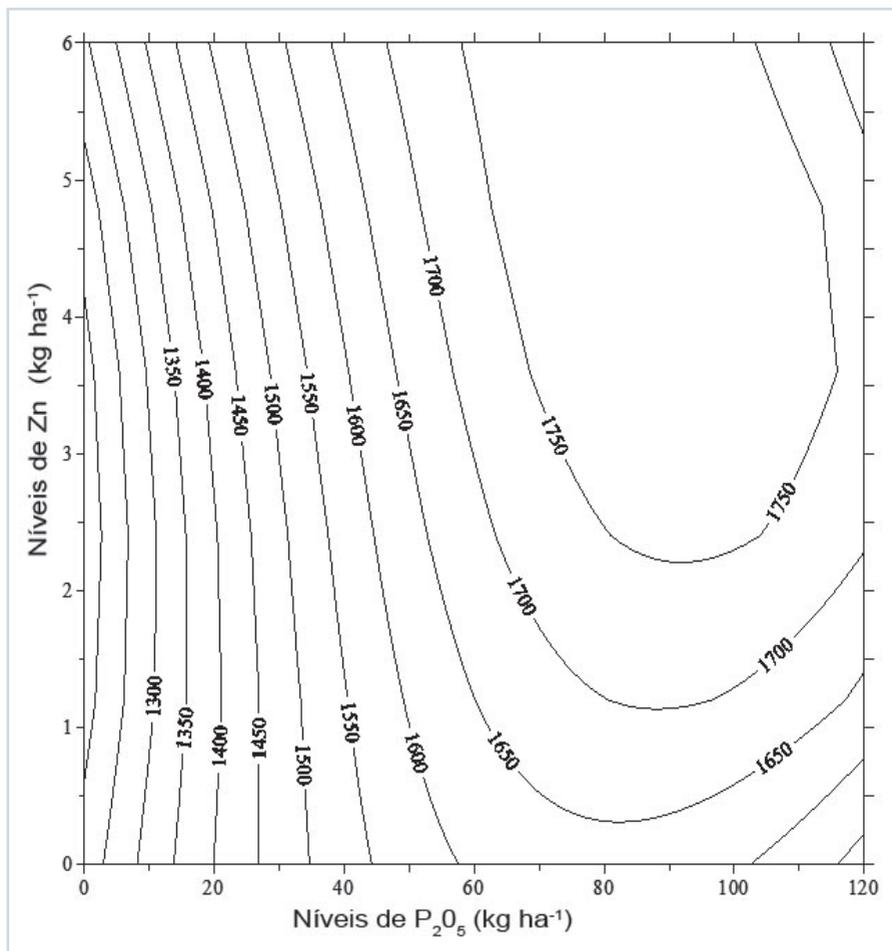
| FV                 | NVP   | PGS   | P folhas | Zn folhas | P grãos | Zn grãos | Prot. grãos |
|--------------------|-------|-------|----------|-----------|---------|----------|-------------|
| $P_2O_5$           | **    | **    | **       | ns        | **      | ns       | ns          |
| Zn                 | ns    | **    | ns       | **        | ns      | **       | **          |
| $P_2O_5$ versus Zn | ns    | **    | ns       | ns        | ns      | ns       | ns          |
| CV                 | 20,72 | 6,83  | 4,92     | 7,82      | 9,88    | 8,77     | 2,81        |
| R <sup>2</sup>     | 0,934 | 0,878 | 0,999    | 0,982     | 0,999   | 0,964    | 0,661       |

FV - Fonte de variação;  $P_2O_5$  - Doses de  $P_2O_5$  aplicadas ao solo; Zn - Doses de Zn aplicadas ao solo;  $P_2O_5$  versus Zn - Interação de doses de  $P_2O_5$  e de Zn; CV - Coeficiente de variação; R<sup>2</sup> - Coeficiente de regressão; NVP - Número de vagens por planta; PGS - Produtividade de grãos secos a 13% de umidade; P folhas - Teores de fósforo nas folhas em g kg<sup>-1</sup>; Zn folhas - Teores de zinco nas folhas em mg kg<sup>-1</sup>; P grãos - Teores de fósforo nos grãos em g kg<sup>-1</sup>; Zn grãos - Teores de zinco nos grãos em mg kg<sup>-1</sup>; Prot. grãos - Teores de proteína bruta nos grãos em %; ns Não significativo.

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

Houve interações ( $p < 0,01$ ) em função da aplicação de doses de fósforo e de zinco em relação à PGS na linhagem elite de feijão-caupi Inhuma, tendo como função de resposta  $Z(PGS) = 1.220,85 + 10,29P_2O_5 - 45,12Zn$

- 0,064(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)<sup>2</sup> + 9,48Zn<sup>2</sup> + 1,516P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>Zn - 0,0021(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)<sup>2</sup>Zn - 0,195(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)<sup>2</sup>Zn)<sup>2</sup>, com R<sup>2</sup> = 0,878\*\* e valores críticos de X<sub>máx.</sub>(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) = 89 kg ha<sup>-1</sup>, de Y<sub>máx.</sub>(Zn) = 4,7 kg ha<sup>-1</sup> de Zn e de Z<sub>máx.</sub>(PGS) = 1.798 kg ha<sup>-1</sup> de grãos secos com 13% de umidade (Figura 1).



**Figura 1.** Produtividades de grãos secos em kg ha<sup>-1</sup> (PGS) da linhagem elite Inhuma de feijão-caupi, submetida à aplicação de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de Zn. Parnaíba, PI, safra 2018/2019.

Quanto à produtividade de grãos, verificou-se que, com a elevação das doses de fósforo e de zinco, ocorreu incremento na produtividade de grãos. Isso evidencia a resposta eficiente da cultura à interação desses dois nutrientes, que se apresentam em baixos teores no solo em estudo, 5,0 mg dm<sup>-3</sup> e 1,0 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente, ou seja, teores abaixo dos níveis críticos desses nutrientes no solo, < 9,0 mg dm<sup>-3</sup> para o fósforo (Melo et al., 2018) e 1,3 mg dm<sup>-3</sup> para o zinco (Malavolta, 1986). Resultados semelhantes foram obtidos por vários autores, ao avaliarem diferentes cultivares de feijão-caupi em diversas regiões do Brasil (Fonseca et al., 2010; Silva et al., 2010; Oliveira et al., 2011; Carvalho et al., 2014; Coutinho et al., 2014; Melo et al., 2018).

A equação ajustada de produtividade de grãos para a linhagem elite Inhuma apresentou coeficiente de determinação de R<sup>2</sup> = 0,878\*\*. Esse valor é considerado satisfatório em se tratando de um fenômeno biológico e expressa que 88% da variação na produtividade de grãos ocorreu em função dos níveis de fósforo e de zinco aplicados, esclarecido pela equação polinomial quadrática (Figura 1).

Observou-se que o fósforo influenciou mais a produtividade da cultura do que o zinco. Isso é evidenciado pela maior curvatura das linhas do fator P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na superfície de resposta, e quanto mais próxima do ponto de máxima produtividade, as respostas foram menores, caracterizadas pelas maiores distâncias entre as isolinhas de respostas (Figura 1).

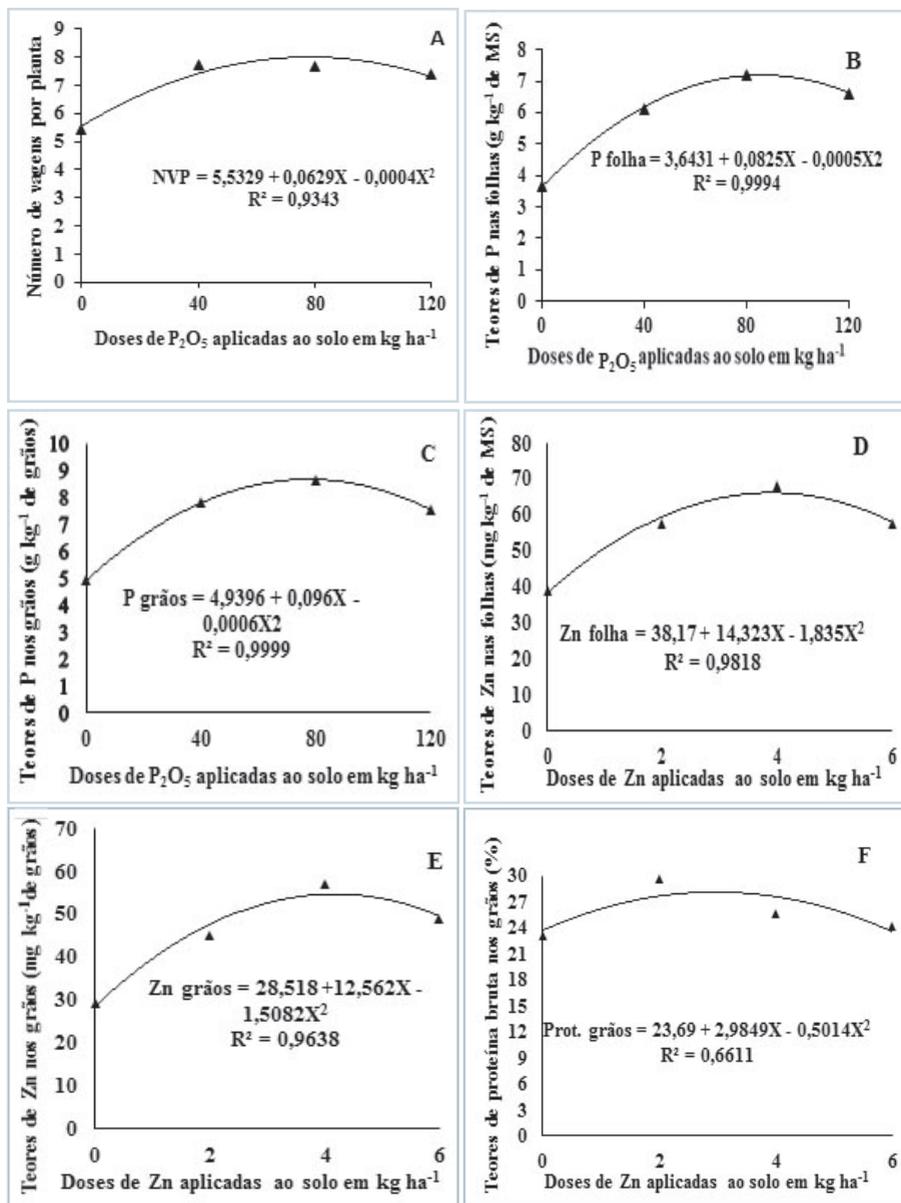
Observou-se que, quando o nutriente aplicado foi o fósforo e envolveu as variáveis NVP (Figura 2A), P folhas (Figura 2B) e P grãos (Figura 2C), as funções de respostas correspondentes a cada parâmetro foram: Y(NVP) = 5,5329 + 0,0629X(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) - 0,0004X<sup>2</sup>(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)<sup>2</sup>, com R<sup>2</sup> = 0,934\*\* e valores críticos de X<sub>máx.</sub> = 79 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de Y<sub>máx.</sub> = 8,0 vagens/planta; Y(P folhas) = 3,6431 + 0,0825X(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) - 0,0005X<sup>2</sup>(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)<sup>2</sup>, com R<sup>2</sup> = 0,999\*\* e valores críticos de X<sub>máx.</sub> = 83 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de Y<sub>máx.</sub> = 7,0 g kg<sup>-1</sup> de MS de folha; e Y(P grãos) = 4,9396 + 0,0960X(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) - 0,0006X<sup>2</sup>(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)<sup>2</sup>, com R<sup>2</sup> = 0,999\*\* e valores críticos de X<sub>máx.</sub> = 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de Y<sub>máx.</sub> =

8,8 g kg<sup>-1</sup> de grãos. Quando o nutriente aplicado foi o zinco e envolveu as variáveis Zn folhas (Figura 2D), Zn grãos (Figura 2E) e Prot. grãos (Figura 2F), as funções de respostas correspondentes a cada parâmetro foram: Y(Zn folhas) = 38,17 + 14,323X(Zn) - 1,835X<sup>2</sup>(Zn)<sup>2</sup>, com R<sup>2</sup> = 0,982\*\* e valores críticos de X<sub>máx.</sub> = 3,9 kg ha<sup>-1</sup> de Zn e de Y<sub>máx.</sub> = 66,0 mg kg<sup>-1</sup> de MS de folha; Y(Zn grãos) = 28,518 + 12,562X(Zn) - 1,5082X<sup>2</sup>(Zn)<sup>2</sup> com R<sup>2</sup> = 0,964\*\* e valores críticos de X<sub>máx.</sub> = 4,2 kg ha<sup>-1</sup> de Zn e de Y<sub>máx.</sub> = 54,7 mg kg<sup>-1</sup> de grãos; e Y(Prot. grãos) = 23,69 + 2,9849X(Zn) - 0,5014X<sup>2</sup>(Zn)<sup>2</sup>, com R<sup>2</sup> = 0,661\*\* e valores críticos de X<sub>máx.</sub> = 3,0 kg ha<sup>-1</sup> de Zn e de Y<sub>máx.</sub> = 28,0% de proteína bruta nos grãos.

Nas Figuras 2A, 2B e 2C, observa-se que, com o aumento das doses do fósforo, ocorreu elevação do NVP, atingindo o máximo valor de 8 vagens/planta, com 79 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, cuja variável foi responsável pelo aumento da PGS, que correspondeu a um acréscimo de 48% no NVP, quando comparado com a testemunha absoluta. Quanto aos teores de fósforo nas folhas e nos grãos, ocorreram elevações de 89% e de 80%, com aplicações de 83 kg ha<sup>-1</sup> e de 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente, quando comparados com a testemunha absoluta.

Os resultados da variável NVP diferiram dos obtidos por Melo et al. (2017) com as cultivares BRS Guariba e BRS Aracê, em que o NVP da cultivar BRS Guariba foi menor do que os obtidos neste trabalho, em função de a cultivar apresentar menor ciclo e, conseqüentemente, menor produtividade de grãos, 1.281 kg ha<sup>-1</sup> com a aplicação de 79 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Já a cultivar BRS Aracê, por apresentar ciclo mais longo, produziu 2.026 kg ha<sup>-1</sup> de grãos secos, com uma demanda maior de fósforo, 94 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e os valores de NVP diferentes dos obtidos no presente trabalho, seis e dez vagens/planta, com as cultivares BRS Guariba e BRS Aracê, respectivamente.

Nas Figuras 2D, 2E e 2F, envolvendo as aplicações de zinco ao solo, ocorreram elevações de 70%, de 86% e de 22% nas variáveis Zn folha, Zn grãos e Prot. grãos, com aplicações de 3,9 kg ha<sup>-1</sup>, de 4,2 kg ha<sup>-1</sup> e de 3,0 kg ha<sup>-1</sup> de Zn, respectivamente, quando comparadas com a testemunha absoluta.



**Figura 2.** NVP (A), P folhas (B), P grãos (C), Zn folhas (D), Zn grãos (E) e Prot. grãos (F) da linhagem elite Inhuma submetida à aplicação de doses de  $P_2O_5$  e de Zn. Parnaíba, PI, safra 2018/2019.

Frota et al. (2008) encontraram, com a cultivar BRS Milênio referentes à composição dos grãos, resultados inferiores aos obtidos neste trabalho (24,5% de proteína bruta e 41 mg kg<sup>-1</sup> de grãos). Melo et al. (2017), com as cultivares BRS Guariba e BRS Aracê, também encontraram resultados inferiores aos obtidos neste trabalho, com 26% de proteína bruta para as duas cultivares, que equivaleram a 8% e a 13% de acréscimos, na proteína bruta dos grãos, quando comparados com as testemunhas absolutas, e 47 mg kg<sup>-1</sup> e 50 mg kg<sup>-1</sup> de grãos, que corresponderam a 13% e a 16% de acréscimos nos teores de zinco dos grãos, respectivamente, quando comparados com as testemunhas absolutas.

Os resultados estão de acordo com os dados obtidos por Silveira et al. (1996) e também com os relatados por Mousavi et al. (2012), quando afirmaram que o zinco é um micronutriente essencial às plantas em razão da sua participação como cofator funcional, estrutural ou regulador de grande número de enzimas. Esse elemento é necessário à síntese do triptofano, que é um precursor do ácido indolacético, uma auxina, hormônio que estimula o desenvolvimento das partes jovens das plantas, e também está envolvido no metabolismo do nitrogênio. Marschner (1986) confirmou que o zinco é importante à síntese de proteínas nas plantas, sendo componente do ribossomo. Na deficiência de zinco, há redução dos aminoácidos acumulados nos tecidos vegetais e da síntese de proteínas.

## Conclusões

---

1. A produtividade de grãos da linhagem elite Inhuma aumenta com a elevação concomitante das doses de fósforo e de zinco.

2. A variável que influencia a produtividade de grãos secos na Inhuma é o número de vagens por planta.

3. As aplicações de fósforo ao solo proporcionam acréscimos de 89% e de 80% nos teores de fósforo nas folhas e nos grãos da linhagem elite Inhuma.

4. As aplicações de zinco ao solo proporcionam acréscimos de 70%, de 86% e de 22% nos teores de zinco nas folhas, nos grãos e na proteína bruta dos grãos da linhagem elite Inhuma, respectivamente.

## Referências

---

ASSESSMENT of the risk of zinc deficiency in populations. In: HOTZ, C.; BROWN, K. H. (ed.). **Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control**. Tokyo: The United Nations University, International Nutrition Foundation, 2004. cap. 2, p. S130-S162. (Food and nutrition bulletin, v. 25, n. 1, suppl. 2).

BLACK, R. E.; VICTORA, C. G.; WALKER, S. P.; BHUTTA, Z. A.; CHRISTIAN, P.; ONIS, M. de; EZZATI, M.; GRANTHAM-McGREGOR, S.; KATZ, J.; MARTORELL, R.; UAUY, R. Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries. **The Lancet**, v. 382, n. 9890, p. 427-451, Aug. 2013.

CARVALHO, J. J.; SILVA, N. F. da; ALVES, D. M.; MORAIS, W. A.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B. Produtividade e teores de nutrientes em grãos de feijão sob diferentes manejos do solo e da irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, n. 3, p. 296-307, 2014.

CEDIEL, G.; OLIVARES, M.; BRITO, A.; CORI, H.; LÓPEZ DE ROMAÑA, D. Zinc deficiency in Latin America and the Caribbean. **Food and Nutrition Bulletin**, v. 36, n. 2, p. S129-S138, 2015. Supplement.

COUTINHO, P. W. R.; SILVA, D. M. S. da; SALDANHA, E. C. M.; OKUMURA, R. S.; SILVA JÚNIOR, M. L. da. Doses de fósforo na cultura do feijão-caupi na região nordeste do Estado do Pará. **Revista Agroambiente**, v. 8, n. 1, p. 66-73, 2014.

FONSECA, M. R.; FERNANDES, A. R.; SILVA, G. R. da; BRASIL, E. C. Teor e acúmulo de nutrientes por plantas de feijão caupi em função do fósforo e da saturação por bases. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 53, n. 2, p. 195-205, jul./dez. 2010.

FROTA, K. de M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÉAS, J. A. G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. **Food Science and Technology**, v. 28, n. 2, p. 470-476, June 2008.

MALAVOLTA, E. **Micronutrientes na adubação**. São Paulo: Nutriplant, 1986. 70 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 674 p.

MELO, F. de B.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Cowpea response to phosphorus and zinc. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 240-245, jan./mar. 2018.

MELO, F. de B.; CARDOSO, M. J.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de; RIBEIRO, V. Q. Zinc fertilization in cowpea cultivars. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 5, p. 739-744, dez. 2017.

MELO, F. de B.; CAVALCANTE, A. C.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; BASTOS E. A. **Levantamento detalhado dos solos da área da Embrapa Meio-Norte/UEP de Parnaíba**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2004. 25 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 89).

MOUSAVI, S. R.; GALAVI, M.; REZAEI, M. The interaction of zinc with other elements in plants: a review. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 4, n. 24, p. 1881-1884, 2012.

OLIVEIRA, G. A.; ARAÚJO, W. F.; CRUZ, P. L. S.; SILVA, W. L. M.; FERREIRA, G. B. Resposta do feijão-caupi às lâminas de irrigação e às doses de fósforo no cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 872-882, dez. 2011.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: ESALQ, 2009. 451 p. (Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 15).

ROOHANI, N.; HURRELL, R.; KELISHADI, R.; SCHULIN, R. Zinc and its importance for human health: an integrative review. **Journal of Research in Medical Sciences**, v. 18, n. 2, p. 144-157, Feb. 2013.

SILVA, A. J. da; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; LIMA, A. C. S.; SANTOS, C. S. V. dos; OLIVEIRA, J. M. F. de; MELO, V. F. Respostas do feijão-caupi à doses e formas de aplicação de fósforo em Latossolo Amarelo do Estado de Roraima. **Acta Amazônica**, v. 40, n.1, p. 31-36, mar. 2010.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235 p.

SILVA, F. C. da (org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370 p.

SILVEIRA, P. M. da; DYNIA, J. F.; ZIMMERMANN, F. J. P. Resposta do feijoeiro irrigado a boro, zinco e molibdênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 20, n. 2, p. 198-204, abr./jun. 1996.

TEAM, R. C. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: The R Foundation, 2017. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 15 dez. 2018.

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 400 p.

**Embrapa**

---

**Meio-Norte**

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO

