

**MARCOS MORAIS SOARES**

**NODULAÇÃO, NUTRIÇÃO, COMPONENTES DE RENDIMENTO E QUALIDADE  
DE SEMENTES DE SOJA EM FUNÇÃO DO RECOBRIMENTO DE SEMENTES E  
PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA**

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

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2013**

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

T

S676n  
2013

Soares, Marcos Morais, 1978-  
Nodulação, nutrição, componentes de rendimento e  
qualidade de sementes de soja em função do recobrimento de  
sementes e parcelamento da adubação fosfatada / Marcos  
Morais Soares. – Viçosa, MG, 2013.  
x, 98f. : il. (algumas color.) ; 29cm.

Orientador: Tuneo Sedyama  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Soja. 2. Adubos e fertilizantes - Aplicação. 3. Plantas -  
Nodulação - Efeito do fósforo. 4. Plantas - Crescimento -  
Efeito do fósforo. 5. Germinação. 6. Sementes - Vigor - Efeito  
do fósforo. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento  
de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.  
II. Título.

CDD 22. ed. 633.34

**MARCOS MORAIS SOARES**

**NODULAÇÃO, NUTRIÇÃO, COMPONENTES DE RENDIMENTO E  
QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA EM FUNÇÃO DO RECOBRIMENTO  
DE SEMENTES E PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA**

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

APROVADA: 21 de janeiro de 2013.

---

Luiz Antônio dos Santos Dias

---

Mabio Chrisley Lacerda

---

Denise Cunha F. dos Santos Dias  
(Coorientadora)

---

Júlio César Lima Neves

---

Prof. Tuneo Sedyama  
(Orientador)

*À minha família,*  
Dedico.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre iluminar meus caminhos.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Fitotecnia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Tuneo Sedyama, pela dedicada orientação, sempre segura, pela amizade e pelos ensinamentos.

Aos professores Júlio César Lima Neves e Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias, pela atenção, pelos valiosos aconselhamentos e pelo apoio constante.

Aos funcionários do Laboratório de Pesquisa de Sementes e Melhoramento de Soja: José Bernardino Luiz Pires, José Custódio da Silva e Paulo Afonso Paiva, pela amizade e ajuda na realização deste trabalho.

Aos amigos do curso de Pós-Graduação em Fitotecnia e aos estagiários, com os quais tive o prazer e a felicidade de conviver, além da ajuda na realização dos trabalhos.

A meus pais, James Soares Pires e Alice Moraes Soares (*in memoriam*).

A minha avó Guiomar e todos os meus outros familiares.

A minha esposa Renata e minhas filhas Alice e Gabriela.

## BIOGRAFIA

MARCOS MORAIS SOARES, filho de James Soares Pires e Alice Moraes Soares, nasceu no dia 14 de janeiro de 1978 em Unaí, no Estado de Minas Gerais.

Cursou o Primeiro e o Segundo Grau na Escola Nossa Senhora do Carmo em Unaí, Minas Gerais.

Em janeiro de 2004, concluiu o curso de Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa, recebendo o título de Engenheiro Agrônomo.

Trabalhou durante três anos na Fazenda Lagoa das Pedras, no município de Cabeceiras-GO, nas áreas de produção de grandes culturas, manejo de irrigação e administração rural. Sendo, também, sócio de uma empresa na área de manejo de irrigação.

Em março de 2007, iniciou, na Universidade Federal de Viçosa, o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, submetendo-se à defesa de dissertação em fevereiro de 2009, recebendo o título de *Magister Scientiae*.

Em março de 2009, iniciou, na Universidade Federal de Viçosa, o curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	ix
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	8
<b>1. NODULAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLANTAS DE SOJA EM FUNÇÃO DO RECOBRIMENTO DE SEMENTES E DO PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA .....</b>	<b>14</b>
1.1 RESUMO .....	14
1.2 ABSTRACT .....	15
1.3 INTRODUÇÃO .....	16
1.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	18
1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	22
1.6 CONCLUSÕES .....	45
1.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46
<b>2. COMPONENTES DE RENDIMENTO DA SOJA EM FUNÇÃO DO RECOBRIMENTO DE SEMENTES E DO PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA .....</b>	<b>50</b>
2.1 RESUMO .....	50
2.2 ABSTRACT .....	51
2.3 INTRODUÇÃO .....	52
2.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	54
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	57
2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	70
2.7 CONCLUSÕES .....	71
2.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	71

<b>3. NÍVEL ENDÓGENO DE FÓSFORO E SUA RELAÇÃO COM A QUALIDADE FISIOLÓGICA E OS TEORES DE NITROGÊNIO, ÓLEO E PROTEÍNA DE SEMENTES DE SOJA .....</b>	<b>75</b>
3.1 RESUMO .....	75
3.2 ABSTRACT .....	76
3.3 INTRODUÇÃO .....	77
3.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	79
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	82
3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	93
3.7 CONCLUSÕES .....	94
3.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	95

## RESUMO

SOARES, Marcos Morais, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2013.  
**Nodulação, nutrição, componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja em função do recobrimento de sementes e parcelamento da adubação fosfatada.**  
Orientador: Tuneo Sedyama. Coorientadora: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.

Existem vários aspectos relacionados ao nutriente fósforo (P), que podem se constituir em possíveis problemas, no que se refere à sua disponibilidade e retenção nos solos, principalmente naqueles altamente intemperizados de regiões tropicais, de modo particular nos mais argilosos, como também o alto custo dos fertilizantes fosfatados, com isso técnicas adequadas de aplicação de fertilizantes fosfatados e utilização de sementes recobertas e com maior teor de fósforo, podem contribuir para uma maior eficiência no uso desse nutriente pelas plantas. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do recobrimento das sementes com P e o parcelamento da adubação fosfatada, na nodulação, no crescimento e nos componentes de rendimento na cultura da soja, além do efeito do P endógeno na germinação, vigor, teores de nitrogênio, fósforo, óleo e proteína nas sementes. O experimento foi conduzido em três etapas. Na primeira e na segunda etapa foi utilizado um lote de sementes da cultivar Valiosa RR, safra 2010/11. A primeira etapa do experimento consistiu na semeadura em vasos na casa de vegetação, onde as sementes foram tratadas, na seguinte sequência: fungicida Carbendazin + Thiram, fosfato de sódio monobásico, nas doses de 0,0 (C1) e 0,7 (C2) g  $hg^{-1}$  de sementes, em seguida, foi aplicado o inoculante turfoso. Após o tratamento, as sementes foram semeadas em vasos plásticos contendo 3,0  $dm^3$  de amostra de um Latossolo Vermelho Amarelo. A adubação com P, potássio e micronutrientes foi realizada em função da análise de solo. Quanto ao P foram utilizadas cinco doses, de 50 (P1), 100 (P2), 200 (P3), 300 (P4) e 400 (P5)  $mg\ kg^{-1}$  de P no solo, visando obter diferentes níveis de disponibilidade de P, sendo utilizada como fonte o superfosfato triplo. A aplicação de cada dose de fósforo foi realizada da seguinte maneira: 100 % da dose total em semeadura (E1); 50 % da dose total em semeadura e mais 50 % em cobertura no estágio V3 (E2); 50 % da dose total em semeadura, mais 25 % em cobertura no estágio V3 e mais 25 % no estágio R1 (E3). A cobertura foi realizada via dois sulcos de 0,5 cm de profundidade. No estágio reprodutivo R2, foram realizadas as avaliações dos teores de macronutrientes na folha índice e no estágio R3: a matéria seca de parte aérea e raiz; matéria seca de nódulos; altura de planta e número de nós. A segunda etapa consistiu na repetição do experimento da primeira etapa, para a

realização das avaliações após o estágio reprodutivo R8: número de vagens por planta; número de vagens sem sementes por planta; número de sementes por vagem; número de sementes por planta; peso de cem sementes; peso total de sementes por planta e teor de P nas sementes colhidas. Na terceira etapa foi utilizado um lote de sementes da cultivar Valiosa RR (V1), Msoy 9144RR (V2) e Msoy 8527RR (V3), safra 2010/11, as sementes da primeira cultivar foram colhidas na segunda etapa do experimento. As sementes, das cultivares V2 e V3, foram tratadas com o fungicida Derosal Plus, em seguida foi aplicado o inoculante turfoso. Após o tratamento, as sementes foram semeadas em vasos plásticos contendo 3,0 dm<sup>3</sup> de solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo. Os tratamentos consistiram das doses de 50, 100, 200, 300 e 400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo, sendo utilizada como fonte o superfosfato triplo. Quinze dias após o estágio R8, as sementes foram colhidas, em seguida foi realizada a determinação do teor de fósforo nas sementes. Após essa determinação, as sementes foram divididas em quatro classes de P endógeno. Foram realizadas as seguintes avaliações: germinação; primeira contagem da germinação; comprimento de plântulas; emergência, velocidade e índice de velocidade de emergência das plântulas; determinação de teor de nitrogênio, óleo e proteína nas sementes. Os resultados mostraram que nas menores doses de fósforo adicionadas no solo, o recobrimento das sementes com fosfato de sódio monobásico, na dose de 0,7 g hg<sup>-1</sup> de sementes, e o parcelamento da adubação fosfatada, principalmente com 50 % da dose total em semeadura e mais 50 % em cobertura no estágio V3 (época E2), aumentaram de forma significativa a maioria das variáveis analisadas, com um aumento de até 24,9 % no peso total de sementes. Além disso, o aumento dos teores de fósforo endógeno nas sementes, das três cultivares, propiciaram maiores incrementos na germinação, no vigor, nos teores de nitrogênio e proteína bruta, e redução no teor de óleo das sementes.

## ABSTRACT

SOARES, Marcos Morais, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, January, 2013.  
**Nodulation, nutrition, yield and quality components of soybean seeds according to seed coating and phosphate fertilization split.** Adviser: Tuneo Sedyama. Co-adviser: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.

There are several aspects related to the nutrient phosphorus (P), which are likely to become issues regarding its availability and retention in soils, especially in those highly weathered in the tropical regions, particularly in more clay soils, as well as the high cost of phosphate fertilizers therefore, appropriate techniques of application of phosphate fertilizers and use of coated seeds and with higher levels of phosphorus can contribute to greater efficiency in the use of this nutrient by the plants. The objective of this study was to evaluate the effect of P coated seeds and phosphate fertilization split on nodulation, growth and yield components of the soybean crop, in addition to the effect of endogenous P in germination, vigor, concentration of nitrogen, phosphorus, oil and protein in the seeds. The experiment was conducted in three stages. In the first and second stages, it was used a lot of cultivar Valiosa RR, 2010/11 crop seeds. The first stage of the experiment consisted in sowing in pots in a greenhouse where the seeds were treated in the following sequence: Carbendazin + Thiram fungicide, monobasic sodium phosphate, at doses of 0.0 (C1) and 0.7 (C2) g hg<sup>-1</sup> of seeds followed by peat inoculants application. After treatment, the seeds were sown in plastic pots containing 3.0 dm<sup>3</sup> sample of a red yellow latosol. Fertilization with P, potassium and micronutrients was performed according to soil analysis. Five doses of P were used: 50 (P1), 100 (P2), 200 (P3), 300 (P4) and 400 (P5) mg kg<sup>-1</sup> of P in the soil, to achieve different levels of P availability, by using triple superphosphate as P source. Each dose of phosphorus was applied as follows: 100% of the total dose at sowing (E1); 50% of the total dose at sowing and more 50% as topdressing fertilization at the V3 stage (E2); 50% of the total dose in sowing plus 25% at V3 and more 25% at the R1 stage (E3). Top-dressing fertilization was performed via two 0.5 cm grooves. In the reproductive stage R2, evaluations of macronutrients contents in the index leaf and the R3 stage were carried out: the dry matter of shoot and root, dry weight of nodules, plant height and number of nodes. The second step was to repeat the first step experiment to perform evaluations after the R8 reproductive stage: number of pods per plant, number of pods without seeds per plant, number of seeds per pod, number of seeds per plant, hundred seeds weight; total weight of seeds per plant and P content in the harvested

seeds. In the third step, it was used seeds lot of cultivar Valiosa RR (V1), Msoy 9144RR (V2) and Msoy 8527RR (V3), 2010/11 crop. The seeds of the first cultivar were harvested in the second stage of the experiment. The seeds of V2 and V3 cultivars were treated with the fungicide Derosal Plus followed by application of peat inoculant. After treatment, the seeds were sown in plastic pots containing 3.0 dm<sup>3</sup> of soil classified as Yellow-Red Latosol. Treatments consisted of doses of 50, 100, 200, 300 and 400 mg kg<sup>-1</sup> P in the soil, using triple superphosphate as P source. Fifteen days after the R8, the seeds were harvested, and determination of phosphorus content in the seeds was carried out after that. After this determination, the seeds were divided into four classes of endogenous P. The following evaluations were performed: germination; first count of germination; seedling length; emergency; speed and speed index of seedling emergence; content determination of nitrogen, protein and oil seeds. The results showed that at lower phosphorus levels added into the soil, the coating of seeds with monobasic sodium phosphate at a dose of 0.7 hg g<sup>-1</sup> seed and the phosphate fertilization split, mostly with 50% of the total dose in sowing and 50% topdressing at the V3 stage (season E2) significantly increased most of all variables, with an increase of up to 24.9% on the total weight of seeds. Furthermore, the increased levels of endogenous phosphorus in the seeds of the three cultivars provided greater increases in germination, vigor, contents of nitrogen and crude protein, and reduction in the oil content of the seeds.

## INTRODUÇÃO GERAL

A primeira referência sobre soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no Brasil data de 1882, na Bahia, sendo que o cultivo para produção comercial de grãos teve início no Rio Grande do Sul, por volta de 1935, cuja principal finalidade era a alimentação de suínos. A primeira exportação brasileira de grãos de soja ocorreu em 1938 para a Alemanha (Magalhães, 1981). No ano agrícola 2011/12 a área cultivada com a cultura da soja foi de 25,02 milhões de hectares com uma produção de 66,38 milhões de toneladas (Conab, 2012). O Brasil é o maior exportador mundial de soja e o segundo maior produtor, participando com 25,7 % da produção mundial e 48,2 % do total exportado (Agrianual, 2011). Conforme o quinto levantamento da safra 2012/13, o Brasil poderá ter uma produção de 83,42 milhões de toneladas com uma área a ser cultivada de 27,65 milhões de hectares e um produtividade de 50,30 sacas por hectare (Conab, 2013).

O fósforo (P) é um nutriente de fundamental importância para a cultura da soja, haja vista o fato de que ele participa de vários processos metabólicos, como na transferência de energia (ATP), fotossíntese, respiração, síntese de ácidos nucléicos e glicose, síntese e estabilidade de membranas (fosfolipídios); ativação e desativação de enzimas (Vance et al., 2003); promove o aumento do número de ápices produzidos por unidade de comprimento das raízes, o aumento da extensão desses ápices, bem como aumento na emissão de raízes secundárias (Bruce et al., 1994); é muito importante na fixação biológica de Nitrogênio (N<sub>2</sub>), pois a redução do N<sub>2</sub> atmosférico em amônia que ocorre nos bacterióides e a assimilação do amônio pela planta são processos consumidores de energia, dependentes da disponibilidade de ATP (Sa et al., 1991), atuando assim no crescimento e no funcionamento dos nódulos (Almeida et al., 2006). Além disso, como a porcentagem de adesão das células de *Bradyrhizobium* às raízes é baixa, da ordem de 0,88 a 2,73 % (Dolhem-Biremon et al., 1995), o P pode promover maior e mais rápida adesão das células às raízes por promover uma formação mais rápida do sistema radicular e maior volume do mesmo, principalmente no que diz respeito às raízes secundárias.

Uma quantidade adequada de P é essencial desde os primeiros estádios de crescimento da planta, onde as limitações na disponibilidade de P podem resultar em restrições ao crescimento e desenvolvimento da cultura, que pode causar até mesmo redução na produção de grãos. Limitação de fósforo em estádios mais tardios de crescimento das plantas tem um impacto muito menor na produção agrícola do que as limitações no início do crescimento (Grant et al., 2001). Sua falta evidencia-se muito mais prejudicial à produtividade da lavoura

de soja do que qualquer outro macronutriente, acarretando perdas de até 94 % se nenhuma fonte de P for administrada ao solo, enquanto que, para o potássio, as perdas são de, no máximo 50 % (Sengik, 2003).

A importância do P no suprimento de energia para o metabolismo intenso, que se caracteriza nos processos de formação e de germinação da semente é, desde há muito tempo, reconhecida (Ching, 1972). A principal forma de armazenamento de P nas sementes é o fitato, que pode conter de 50 a 80 % do total ali armazenado. Esse sal catiônico de ácido fítico é formado por moléculas derivadas do açúcar mio-inositol ao qual se ligam grupos  $\text{PO}_4^{-3}$ , que complexam outros elementos, principalmente o K e o Mg, mas também o Ca, Mn, Zn, Bo e Fe (Lott et al., 2000). As principais funções fisiológicas do fitato são: suprir o processo de germinação com inositol, fosfato e minerais (Lott et al., 2000; Lei et al., 2001) e controlar os níveis de fosfatos inorgânicos, tanto na fase de maturação da semente quanto na sua germinação. Não foram identificadas espécies vegetais em cujas sementes este sal não esteja presente (Lott et al., 2000).

Uma clara relação entre fitato e vigor de sementes foi identificada em soja em estudos nos quais foram comparados teores altos e baixos desse sal. Sementes de genótipos com baixos teores resultaram em menores rendimentos de matéria seca da raiz e da parte aérea, e da emergência de plântulas no campo, quando comparadas a sementes de genótipos cujos teores de fitato eram altos (Meis et al., 2003; Hulke et al., 2004; Oltmans et al., 2005; Sangronis et al., 2007).

A época em que o P é absorvido em maior quantidade, ou seja, a época em que a exigência da planta em termos do nutriente é maior ocorre entre os estádios V4 (terceira folha trifoliolada completamente desenvolvida) e R6 (grão cheio ou completo) com a absorção de 0,2 a 0,4 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, sendo que do total absorvido 60 % ocorre após R1 (início do florescimento). Assim, a cultura da soja necessitaria, de acordo com sua exigência de P, de um suprimento deste nutriente durante praticamente todo o seu ciclo (Rosolém et al., 1998). Ademais, existem vários aspectos relacionados ao nutriente P, no que se refere à sua retenção e disponibilidade nos solos, como também ao alto custo dos fertilizantes fosfatados, que podem se constituir em problemas.

A retenção do P adicionado ao solo, em formas lábeis ou não, ocorre tanto pela precipitação do P em solução com formas iônicas de Fe, Al e Ca, como, principalmente, de maneira mais significativa, pela sua adsorção pelos oxidróxidos de Fe e Al, presentes, de modo geral, em maiores quantidades em solos tropicais mais intemperizados, de modo particular nos mais argilosos (Sanchez e Uehara, 1980; Sanyal e De Datta, 1991; Valladares et

al., 2003; Rolim Neto et al., 2004). A formação de P não-lábil é muito rápida e de reversibilidade pequena ou inexistente no curto prazo (Novais e Smyth, 1999). Gonçalves et al. (1985) aplicaram  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  em solos de diferentes classes e texturas, pobres em P. Demonstraram que, em média, após 192 h de contato do P com o solo, mais de 90 % do P aplicado foi adsorvido.

Alguns latossolos do cerrado podem adsorver mais de  $2 \text{ g dm}^{-3}$  de P (Ker, 1996), valor que equivale a  $4000 \text{ kg ha}^{-1}$  de P, incorporado de 0 a 20 cm de profundidade. Um ano após a aplicação de superfosfato simples, em quatro solos, 58 % do fósforo aplicado encontrava-se disponível, 38 % depois de dois anos e 20 % depois de três anos (Devine et al., 1968). O fósforo torna-se indisponível pela rápida formação de complexos insolúveis com cátions, especialmente alumínio e ferro em condições ácidas (Vance et al., 2003). A forte ligação do P com o solo reduz sua disponibilidade para as plantas (Stefanutti et al., 1995; Novais e Smyth, 1999).

O teor total de P dos solos se situa, de modo geral, entre 200 e  $3.000 \text{ mg kg}^{-1}$ , e menos de 0,1 % desse total encontram-se na solução do solo. Em solos agrícolas, os valores de fósforo em solução situam-se, com frequência, entre  $0,002$  e  $2 \text{ mg L}^{-1}$  de P (Fardeau, 1996). Em contra partida, o teor total de potássio nos solos e na solução se situa entre 300 e  $30.000 \text{ mg kg}^{-1}$  de potássio (K) e de 1,0 a  $50 \text{ mg L}^{-1}$  de K, respectivamente (Sparks, 2000).

As plantas utilizam duas estratégias para se desenvolver em condições limitantes de nutrientes: aumento da eficiência de aquisição e da eficiência de utilização interna, sendo que o somatório das duas resulta na eficiência de uso (Raghothama, 1999).

O aumento da eficiência de uso envolve redução da taxa de crescimento, aumento do crescimento por unidade de P absorvido, remobilização interna de Pi, modificações no metabolismo do carbono por rotas alternativas e rotas respiratórias alternativas. Por outro lado, a maior aquisição inclui a produção e excreção de fosfatases, exsudação de ácidos orgânicos, maior crescimento da raiz com modificação da arquitetura do sistema radicular, expansão da superfície da raiz com desenvolvimento de raízes finas e aumento da expressão de genes para transportadores de Pi (Raghothama, 1999; Rausch e Bucher, 2002; Shenoy e Kalagudi, 2005; Lambers et al., 2006).

O aumento da eficiência na utilização de fertilizantes, especialmente os fosfatados, é necessário tanto no aspecto econômico para reduzir o custo de produção, como também no âmbito ambiental, para reduzir o uso de reservas naturais do nutriente.

Para reduzir a porção da dose de P aplicada que é fixada, uma das opções é aumentar a concentração do nutriente num determinado volume de solo (localização). Assim, reduz-se o

volume total de solo fertilizado em contato com o P aplicado (Prado et al., 2001; Bull et al., 2004). Entretanto, a localização pode reduzir o crescimento do sistema radicular e causar deficiência de elementos como Fe e Cu (Novais et al., 1985) e de N, que tem a absorção dependente da disponibilidade de P (Alves et al., 1998). A eficiência da localização no aumento da eficiência de absorção depende do teor de P do solo e do fator capacidade de P. Para solos com alta disponibilidade de P, a localização tem menor efeito no aumento da eficiência de absorção, em comparação aos solos com baixa disponibilidade (Bull et al., 2004).

Um estudo realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2008) indica que os preços de alguns formulados NPK foram reajustados, no ano agrícola 2007/08, em mais de 100 %. De 2008 até 2010 houve redução nos preços, porém na safra 2011/12 houve aumento de 9,81 %, em relação à safra anterior (Conab, 2012). Na soja, a participação do custo dos fertilizantes no custo de produção subiu 17,5 %, sendo, que essa participação no custo total é superior a 25 %.

Uma das soluções propostas por esse trabalho, com o objetivo de minimizar os possíveis problemas relacionados com esse nutriente, é o recobrimento das sementes com P antes do processo de semeadura.

A qualidade e o desempenho das sementes estão relacionados e vinculados. Semanticamente, a qualidade é um atributo ou propriedade que conota superioridade ou excelência. Já o desempenho, é um aspecto dinâmico que deixa implícita a execução de uma atividade, conclusão de uma ação (Delouche, 2005).

Para que a semente exerça o máximo de seu potencial, o seu desempenho depende de três fatores: herança genética, qualidade fisiológica e meio ambiente (Delouche, 2004). Em relação aos demais, o fator genético de alta qualidade apresenta-se como o quesito mais difícil de ser atingido, sendo, da mesma maneira, o mais importante no sucesso do negócio. Porém, sem o apoio dos demais fatores, a lavoura estará fadada ao fracasso, não permitindo, assim, que a semente demonstre seu máximo potencial produtivo. Toda tecnologia colocada à disposição do produtor capaz de favorecer o desenvolvimento da cultura no campo será sempre bem recebida, sendo esses, tanto fatores químicos como biológicos ou até mesmo mecânicos.

O aumento da concentração de nutrientes na semente tem sido obtido por meio da adubação no solo e da pulverização foliar, ou seja, da aplicação à planta-mãe (Jacob-Neto et al., 1998). Todavia, parte desses nutrientes podem ser fornecidos pela aplicação diretamente às sementes, visando obter mais uma possibilidade de aumento do conteúdo de nutrientes

minerais, via peletização (Sfredo et al., 1997), via embebição destas em soluções contendo determinados nutrientes (Teixeira, 1995; Teixeira et al., 1999) ou pelo tratamento das sementes via recobrimento (Ribeiro, 1993), como é feito na aplicação dos fungicidas, inseticidas e inoculantes nas sementes de soja.

A aplicação de fertilizantes fosfatados de forma localizada apresenta inúmeras vantagens: fonte inicial de fósforo para a plântula de soja em desenvolvimento; menor contato do fósforo com o solo, associado à utilização mais rápida pela plântula de soja, o que irá resultar em menor retenção do fósforo aos colóides do solo; coloca o fósforo em posição disponível para o sistema radicular ainda reduzido das plântulas em início de desenvolvimento; aumenta a possibilidade de formar um estande mais uniforme e vigoroso; reduz o tempo para absorção dos fertilizantes aplicados no momento da semeadura e da reserva do solo em função de promover uma mais rápida formação inicial do sistema radicular (Lopes et al., 2001).

A maior contribuição nesta linha de pesquisa veio de Zelonka et al. (2005). Ao desenvolverem um projeto envolvendo recobrimento de sementes de cevada (*Hordeum vulgare*) com P, concluíram que ocorreu um aumento significativo na produção das plantas de até 91 %. Além das sementes tratadas terem influenciado positivamente na atividade fisiológica das sementes da próxima geração, melhorou a capacidade de absorção de fósforo das plantas.

Similarmente, Rebafka et al. (1993) avaliaram o crescimento inicial, absorção de P e produtividade de sementes de milho (*Pennisetum glaucum*) recobertas com P e semeadas em solo arenoso e ácido. O trabalho envolveu diversas doses (0; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0 e 10,0 mg P semente<sup>-1</sup>) e tipos de fontes fosfatadas: superfosfato simples; fosfato de amônia desidrogenado; fosfato monocálcico; fosfato de sódio desidrogenado e trifosfato de sódio. Concluíram que, comparadas com a dose zero, a matéria seca das plantas teve um aumento de 280 %, o conteúdo total por planta de 330 %, a biomassa total em 30 % e a produção de sementes em 45 %.

O desempenho de sementes de soja recobertas com P em diferentes doses de P no solo aumentou a produtividade, dependendo das fontes e doses de P usadas, e que a dose de 21 g kg<sup>-1</sup> de fitina nas sementes aumentou a produtividade da cultura da soja em 14 % no peso total de grãos (Peske et al., 2009).

Independente da concentração de P na semente, o recobrimento das sementes com P não proporcionou aumento da nodulação e do crescimento das plantas de soja para a condição de solo com maior disponibilidade de P. Já para a condição de solo com menor

disponibilidade de P, o recobrimento das sementes proporcionou aumento da nodulação e do crescimento das plantas de soja. Para aquelas características nas quais o recobrimento das sementes foi significativo, a dose de P recomendada para o recobrimento das sementes manteve-se no intervalo de 0,6 a 0,8 g hg<sup>-1</sup> de fosfato de sódio nas sementes (Soares, 2009).

Fox e Albrecht (1957), citados por Sá (1994), em trigo, mostraram que a germinação e o vigor das sementes aumentaram com a aplicação de nitrogênio, correlacionando com o teor de nitrogênio nas sementes. Com relação ao fósforo, verificaram que níveis adequados desse nutriente proporcionaram uma produção de sementes de melhor qualidade, em relação à emergência, enquanto que grandes quantidades de P a depreciaram. Concluíram que houve evidência de que existe uma associação entre o conteúdo de proteína nas sementes com relação à germinação e ao vigor.

Outra solução proposta por esse trabalho, também para minimizar os possíveis problemas relacionados com esse nutriente, é o parcelamento da adubação fosfatada, em que se aplica uma parte da dose total no momento da semeadura e o restante é parcelado ao longo do ciclo da cultura.

O parcelamento da fertilização de um nutriente visa sincronizar a sua disponibilidade no solo com a fase de maior demanda pela cultura. O não parcelamento, em algumas situações, poderia promover aumento das quantidades de N e K na solução do solo, propensas aos processos de perda (lixiviação, volatilização ou desnitrificação).

O parcelamento da adubação fosfatada pode contribuir para diminuir a fixação desse nutriente no solo. Para isso, é necessário o fornecimento de quantidade suficiente de P em semeadura para garantir o adequado desenvolvimento inicial, especialmente do sistema radicular (Souza et al., 2007; Tisdale et al., 1993). O restante da dose poderia ser aplicado posteriormente, em momento compatível com o desenvolvimento do sistema radicular, o que poderia reduzir a quantidade de P fixada pelo solo. O parcelamento do P, ao diminuir o tempo de contato da fonte fosfatada com o solo, poder contribuir para a maior recuperação do nutriente aplicado.

O parcelamento do P pode influenciar na distribuição de raízes ao longo do perfil do solo, evitando que as raízes fiquem concentradas em uma menor área do solo, com isso em condição de déficit hídrico as plantas irão reduzir o seu desenvolvimento e crescimento de forma menos drástica. (Grant et al., 2001)

Alguns trabalhos de pesquisa foram desenvolvidos para avaliar o efeito do parcelamento ao longo de anos de cultivos sobre a produtividade de algumas culturas, como algodão e milho. Nesses trabalhos foram avaliados o P disponível no solo, o teor e o conteúdo

de P na parte aérea. Em algodão, a aplicação de 726 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> parcelada ao longo de seis anos no sulco de semeadura ou no primeiro e quarto ano a lanço proporcionou maior produtividade e efeitos positivos na qualidade da fibra quando comparada à aplicação a lanço em dose única no primeiro ano (Silva et al., 1990). Na cultura do milho, a aplicação parcelada ao longo de três anos, no sulco de semeadura, do superfosfato triplo, do termofosfato magnésiano, do fosfato natural de Arad e do fosfato natural de Araxá aumentou a produtividade ao longo desse período, quando comparada com a aplicação em dose única no primeiro ano (Resende et al., 2006a; 2006b).

Pesquisa realizada com a cultura da braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), na qual se avaliou a eficiência da fertilização nitrogenada associada ao parcelamento do superfosfato simples e do cloreto de potássio, indicou que o parcelamento do superfosfato simples foi mais importante para aumento da produção de forragem que o parcelamento das fontes de N e K (Oliveira et al., 2003). Tal resposta pode estar relacionada à menor quantidade da fonte solúvel em contato com o solo e, por consequência, melhor aproveitamento pela forrageira com a aplicação parcelada (Novais e Smyth, 1999).

Resende et al. (2005) verificaram que a aplicação do fósforo via foliar em diferentes épocas alteraram significativamente o rendimento de grãos de soja, proporcionando aumentos significativos de até 16 % para as épocas V5, V5 + R1, V5 + R4, V5 + R1 + R4, V5 + R1 + R4 + R6, quando comparados à testemunha, expressando claramente o efeito positivo dessas aplicações na época V5. No entanto, Aquino et al. (2011) constataram que o parcelamento do fertilizante fosfatado não alterou o teor de nutrientes da folha índice e a produtividade de algodão em caroço.

Diversos trabalhos realizados por safras consecutivas, em que se avaliou a aplicação em dose única ou parcelada, indicam que a aplicação parcelada proporciona melhores resultados (Silva et al., 1990; Oliveira et al., 2003; Resende et al., 2006a; 2006b). Todavia, existem poucos trabalhos com a avaliação do parcelamento do fertilizante fosfatado dentro do ciclo da cultura, como há para elementos mais móveis no solo como o N e o K (Barbosa Filho et al., 2005). O parcelamento do N e K é justificado pela sua alta mobilidade no solo, pois estão sujeitos à perda por lixiviação e, no caso do N, também por volatilização e desnitrificação.

O aumento da concentração de P na semente de soja (de 0,58 % para 1,10 %) propiciou aumento de rendimento de aproximadamente 37 %, em solo com adubação de fósforo, e de 20 % em solo sem adubação de fósforo (Trigo et al., 1997). O mesmo também foi observado em sementes de aveia, de ervilha e de tomate (George et al., 1978).

Segundo Thomson et al. (1992) o incremento no rendimento em plantas provenientes de sementes com elevadas concentrações de P seria atribuído tanto ao maior crescimento das raízes e da parte aérea, como ao favorecimento da nodulação. Aquelas plantas originadas de sementes com maior conteúdo de P atendem melhor à demanda metabólica inicial, tornando-as, portanto, menos dependentes dos teores existentes deste elemento no solo, nesta fase. Em solos com menor disponibilidade de fósforo, a importância do conteúdo deste nutriente nas sementes poderá ser relevante para o estabelecimento das plantas. Isto não significa, entretanto, que as plantas originárias de sementes com alta concentração de P possam prescindir de adequados teores desse nutriente no solo; os resultados indicam que os efeitos do P no solo são maiores do que os do P nas sementes. Resultados similares foram encontrados em diversos trabalhos (Thomson et al., 1992; Araújo et al., 2002; Soares et al., 2009; Chagas et al., 2010; Nadeem et al., 2011).

No presente trabalho formula-se a hipótese de que concentrações mais elevadas de P nas sementes proporcionariam maior disponibilidade de energia, para as atividades metabólicas da semente, o que levaria ao maior crescimento inicial das plântulas e ao desenvolvimento maior e mais rápido do sistema radicular, resultando no aumento da absorção de nutrientes e, conseqüentemente, na capacidade produtiva da planta.

Com isso, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do recobrimento das sementes com P e o parcelamento da adubação fosfatada, na nodulação, no crescimento e nos componentes de rendimento na cultura da soja, além do efeito do P endógeno na germinação, vigor, teores de nitrogênio, óleo e proteína nas sementes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL, 2011. **Anuário da agricultura brasileira**. Mercado e perspectivas. São Paulo-SP, 2011. p. 49-57.

ALMEIDA, J.P.F.; HARTWIG, U.A.; FREHNER, M.; NOSBERGER, J.; LUSCHER, A. Evidence that P deficiency induces N feedback regulation of symbiotic N<sub>2</sub> fixation in white clover (*Trifolium repens* L.). **Journal of Experimental Botany**, Zurich, v. 51, p. 1289-1297, 2006.

ALVES, V.M.C.; MAGALHÃES, J.V. NOVAIS, R.F.; BAHIA FILHO, A.F.C.; OLIVEIRA, C.A.; FRANÇA, C.C.M. Localização de fósforo e de nitrogênio afetando os parâmetros cinéticos de absorção de nitrogênio em milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 10, n. 3, p. 197-201, 1998.

AQUINO, L. A.; BERGER, P. G.; OLIVEIRA, R. A.; NEVES, J. C. L.; LIMA, T. C.; Batista, C. H. Parcelamento do fertilizante fosfatado no algodoeiro em sistema de cultivo irrigado e de sequeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 463-470, 2011.

ARAÚJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G.; LIMA, E.R. Efeitos do aumento do teor de fósforo na semente, obtido via adubação foliar, no crescimento e na nodulação do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 183-189, 2002.

BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F. Fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para feijoeiro comum irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 1, p. 69-76, 2005.

BRUCE, A.; SMITH, S.E.; TESTER, M. The development of mycorrhizal infection in cucumber: effects of P supply on root growth, formation of entry points and growth of infection units. **New Phytologist**, Oxford, v. 27, p. 507- 514, 1994.

BÜLL, L.T.; COSTA, M.C.G.; NOVELLO, A.; FERNANDES, D.M.; BÔAS, R.L.V. Doses and forms of application of phosphorus in vernalized garlic. **Scientia Agrícola**, v. 61, n. 5, p. 516-521, 2004.

CHAGAS, E.; ARAÚJO, A.P.; RODRIGUES, B.J.; TEIXEIRA, M.G. Seed enriched with phosphorus and molybdenum improve the contribution of biological nitrogen fixation to common bean as estimated by <sup>15</sup>N isotope dilution. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1093-1101, 2010.

CHING, T.M. Metabolism of germinating seeds. In: KOSLOWSKI, T.T. (ed.) **Seed Biology**. Academy Press, New York, v. 2, p. 103-218, 1972.

CONAB – Companhia Brasileira do Abastecimento. **Décimo segundo levantamento da safra 2007/2008**. Disponível em:

<[http://www.conab.gov.br/conbweb/download/safra/12\\_levantamento\\_set2008.pdf](http://www.conab.gov.br/conbweb/download/safra/12_levantamento_set2008.pdf).

Acesso em: 12 out. 2008.

CONAB – Companhia Brasileira do Abastecimento. **Oitavo levantamento da safra 2011/2012**. Disponível em:

[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_05\\_10\\_08\\_49\\_52\\_boletim\\_mai02012.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_05_10_08_49_52_boletim_mai02012.pdf) Acesso em: 10 de maio de 2012.

CONAB – Companhia Brasileira do Abastecimento. **Quinto levantamento da safra 2012/2013**. Disponível em:

[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_02\\_08\\_17\\_24\\_51\\_boletim\\_fevereiro\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_02_08_17_24_51_boletim_fevereiro_2013.pdf) Acesso em: 15 de fevereiro de 2013.

DELOUCHE, J.C. Desempenho da Semente. **Revista SEED News**, Pelotas, v. 9, n. 1, p. 38, 2005.

DELOUCHE, J.C. Os três componentes do desempenho das sementes. **Revista SEED News**, Pelotas, v. 8, n. 5, p. 46, 2004.

DEVINE, J.R.; GUNARY, D.; LARSEN, S. Availability of phosphate as affected by duration of fertilizer contact with soil. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 71, p. 359-364, 1968.

DOLHEM-BIREMON, C.; MARY, P.; TAILLIEZ, R. Adhesion behaviour of *Bradyrhizobium japonicum* and *Bradyrhizobium elkanii* strains: evidence of duality between the two species. **Soil Biology e Biochemistry**, Oxford, v. 27, p. 1657-1666, 1995.

FARDEAU, J.C. Dynamics of phosphate in soils. An isotopic outlook. **Journal Article**, Durance, v. 45, p. 91-100, 1996.

GEORGE, R.A.T.; STEPHENS, R.J.; VARIS, S. Efecto de los nutrientes minerales sobre el rendimiento y calidad de la semilla de tomate. In: HEBBLETHWAITE, P.D. **Producción moderna de semillas**. ed. Montevideo: Editorial Hemisfério Sur, 1978. p. 668-675.

GONÇALVES, J.L.M.; FIRME, D.J.; NOVAIS, R.F.; RIBEIRO, A.C. Cinética de adsorção de fósforo em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, p. 107-111, 1985.

GRANT, C.A.; FLATEM, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. The importance of early season phosphorus nutrition. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 81, n.2, p. 211-224, 2001.

HULKE, B.S.; FEHR, W.R.; WELKE, G.A. Agronomic and seed characteristics of soybean with reduced phytate and palmitate. **Crop Science**, Iowa, v. 44, n. 6, p. 2027-2031, 2004.

JACOB-NETO, J.; ROSSETTO, C.A.V. Concentração de nutrientes nas sementes: o papel do molibdênio. **Ciência e Floresta**, Seropédica, v. 5, n. 1, p. 171-183, 1998.

KER, J.C.; FONTES, M.P.F.; SOUZA, A.R.; RESENDE, M. Adsorção de fósforo em alguns solos latossólicos: relação entre mineralogia e efeito da calagem. **Revista Ceres**, v. 43, n. 246, p. 216-226, 1996.

LAMBERS, H.; SHANE, M.W.; GRAMER, M.D.; PEARSE, S.J.; VENEKLAAS, E.J. Root structure and functioning for efficient acquisition of phosphorus: matching morphological and physiological traits. **Annals of Botany**, v. 98, p. 693-713, 2006.

LEI, X.G.; STAHL, C.H.. Biotechnological development of effective phytases for mineral nutrition and environmental protection. **Applied Microbiological Biotechnology**, Heidelberg, v. 57, p. 474-481, 2001.

LOPES. A.S. **Boletim Técnico de Pesquisa de Soja**. Rondonópolis, MT: Fundação MT, 2001. 144 p.

LOTT, J.N.A.; OCKNEN, I.; RABOY, V.; BATEN, G.D. Phytic acid and phosphorus in crop seeds and fruits: a global estimate. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 10, p. 11-33, 2000.

MAGALHÃES, C.M. Soja no estado do Rio Grande do Sul. In: MIYASAKA, S. e MEDINA, J.C. **A soja no Brasil**. ITAL, Campinas, 1981. p. 18-20.

MEIS, S.J.; FEHR, W.R.; SCHNEBLY, S.R. Seed source effect on field emergence of soybean lines with reduced phytate and raffinose saccharides. **Crop Science**, Ames, v. 43, p. 1336-1339, 2003.

NADEEM, M.; MOLLIER, A.; MOREL, C.; VIVES, A.; PELLERIN, S. Relative contribution of seed phosphorus reserves and exogenous phosphorus uptake to maize (*Zea mays* L.) nutrition during early growth stages. **Plant and Soil**, v. 346, p. 231-244, 2011.

NOVAIS, R.F.; FERREIRA, R.P.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Absorção de fósforo e crescimento do milho com sistema radicular parcialmente exposto a fonte de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, p. 749-754, 1985.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399 p.

PESKE, F.B.; BAUDET, L.; PESKE, S.T. Produtividade de plantas de soja provenientes de sementes tratadas com fósforo. **Revista brasileira de sementes**, v.31, n. 1, p. 35-46, 2009.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; ROQUE, C.G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 83-90, 2001.

OLIVEIRA, P.P.A.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, W.S. Eficiência da fertilização nitrogenada com ureia ( $^{15}\text{N}$ ) em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu associada ao parcelamento de superfosfato simples e cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 613-620, 2003.

OLTMANS, S.E.; FEHR, W.R.; WELKE, G.A.; RABOY, V.; PETERSON, K.L. Agronomic and seed traits soybean lines with low-phytate phosphorus. **Crop Science**, Ames, v. 45, n. 2, p. 593-598, 2005.

RAGHOTHAMA, K.G. Phosphate acquisition. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 50, p. 665-696, 1999.

RAUSCH, C.; BUCHER, M. Molecular mechanisms of phosphate transport in plants. **Planta**, v. 216, p. 23-37, 2002.

REBAFKA, F.P.; BATIONO A.; MARSCHNER H. Phosphorus seed coating increases phosphorus uptake, early growth and yield of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). **Journal Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Stuttgart, v. 35, n. 3, p. 151-160, 1993.

REZENDE, P.M.; GRIS, C.F.; CARVALHO, J.G.; GOMES, L.L.; BOTTINO, L. Adubação foliar. i. épocas de aplicação de fósforo na cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 1, p. 43-51, 2005.

RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; ALVES, V.M.C.; MUNIZ, J.A.; CURI, N.; LAGO, F.J. Resposta do milho a fontes e modos de aplicação de fósforo durante três cultivos sucessivos em solo da região do Cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 458-466, 2006a.

RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; ALVES, V.M.C.; MUNIZ, J.A.; CURTI, N.; FAQUIN, V.; KIMPORA, D.I.; SANTOS, J.Z.L.; CARNEIRO, L.F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n. 4, p. 453-466, 2006b.

RIBEIRO, N.D. **Germinação e vigor de sementes de milho tratadas com fontes de zinco e boro**. Universidade Federal de Santa Maria. 1993. 83p. (Dissertação de Mestrado).

ROLIM NETO, F.C.; SCHAEFER, C.E.G.R.; COSTA, L.M.; CORRÊA, M.M.; FERNANDES FILHO, E.I. e IBRAIMO, M.M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 953-964, 2004.

ROSOLÉM, C.A.; MARCELLO, C.S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. **Scientiae Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 448-455, 1998.

SA, T.M.; ISRAEL, D.W. Energy status and functioning of phosphorus-deficient soybean nodules. **Plant Physiology**, Raleigh, v. 97, p. 928-935, 1991.

SÁ, M.E. Importância da adubação na qualidade de sementes. In: SÁ, M.E. de; BUZZETI, S. (Coord.). **Importância da adubação na qualidade de produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 65-98.

SANCHEZ, P.A. e UEHARA, G. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. In: KRASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C. e KAMPRATH, E.J., eds. The role of phosphorus in agriculture. Madison, **American Society of Agronomy**, 1980. p. 471-514.

SANGRONIS, E.; MACHADO, C.J. Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. **Food Science and Technology**, v. 40, n. 1, p. 116-120, 2007.

SANYAL, S.K. e De DATTA, S.K. Chemistry of phosphorus transformations in soil. **Advances in Soil Sciences**, v. 16, p.101-120, 1991.

SENGIK, E. S. Os macronutrientes e micronutrientes das plantas. **Calagem e adubação em plantas forrageiras**, Maringá, 2003. p. 6-10.

SFREDO, G.H.; BORKET, C.M.; NEPOMUCENO, A .L.; OLIVEIRA, M.C.N. Eficácia de produtos contendo micronutrientes, aplicados via semente, sobre a produtividade e teores de proteína da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 41-45, 1997.

SHENOY, V.V.; KALAGUDI, G.M. Enhancing plant phosphorus use efficiency for sustainable cropping. **Biotechnology Advances**, v. 23, p. 501-513, 2005.

SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H.; SABINO, J.C.; LELLIS, L.G.L.; SABINO, N.P.; KONDO, J.I. Modo e época de aplicação de fosfatos na produção e outras características do algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 49, n.1, p. 157-170, 1990.

SOARES, M.M. **Efeito do recobrimento de sementes com fósforo na qualidade das sementes, nodulação e crescimento das plantas de soja.** Universidade Federal de Viçosa, 2009. 71 p. (Dissertação de Mestrado).

SOUZA, F.S.; FARINELLI, R. ROSOLEM, C.A. Desenvolvimento radicular do algodoeiro em resposta à localização do fertilizante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 387-392, 2007.

SPARKS, D.L. Bioavailability of soil potassium. In: SUMMER, M.E., ed. **Handbook of Soil Science**. Boca Raton, CRC Press, Section D, v. 48, p. 154-162, 2000.

STEFANUTTI, R.; MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T. Recuperação do fósforo residual do solo derivado de um termofosfato magnésiano com diferentes granulometrias e do superfosfato simples granulado. **Scientia Agricola**, v. 52, n. 2, p. 233-238, 1995.

TEIXEIRA, K.R.S.; MARIN, V.A.; BALDANI, J.I. Nitrogenase: bioquímica do processo de FBN. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1999. 25p. (**Documentos, 84**).

TEIXEIRA, M.G. **Influência do conteúdo de fósforo da semente na nodulação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).** Seropédica: UFRRJ, 1995. 205 p. Tese de Doutorado.

THOMSON, J.R.; BELL, R.W.; BOLLAND, M.D.A. Low seed phosphorus concentration depress early growth and nodulation of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* cv. Gungurro). **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 15, n. 8, p. 1193-1214, 1992.

TISDALE, S.L., NELSON, W.L., BEATON, J.D. AND HAVLIN, J.L. **Soil Fertility and Fertilizers**. 5th ed MacMillan Publishing Company, New York, NY. 1993. p. 486.

TRIGO, L.F.N.; PESKE, S.T.; GASTAL, M.F.; VAHL, L.C.; TRIGO, M.F. O. Efeito do conteúdo de fósforo na semente de soja sobre o rendimento da planta subsequente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 111-115, 1997.

VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G. e DOS ANJOS, L.H.C. Adsorção de fósforo em solos de argila de baixa atividade. **Bragantia**, v. 62, p. 111-118, 2003.

VANCE, C.P.; UHDE-STONE, C.; ALLEN, D.L. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, St. Paul, v. 157, p. 423-447, 2003.

ZELONKA, L.; STRAMKALE, V.; VIKMANE, M. Effect and after-effect of Barley seed coating with phosphorous on germination, photosynthetic pigments and grain yield. **Acta Universitatis Lativiensis**, Latvia, v. 691, p. 111-119, 2005.

# 1 - NODULAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLANTAS DE SOJA EM FUNÇÃO DO RECOBRIMENTO DE SEMENTES E DO PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA.

## 1.1 – RESUMO

O incremento da concentração de fósforo (P) na semente de soja pode aumentar o rendimento da planta. O parcelamento da adubação de um nutriente visa sincronizar a disponibilidade de nutrientes no solo com a fase de maior demanda da cultura. Existem poucos trabalhos com a avaliação do parcelamento do fertilizante fosfatado dentro do ciclo da cultura, como há para elementos mais móveis no solo. Objetivou-se avaliar o efeito da aplicação parcelada de doses de P e o recobrimento das sementes com P, na nodulação e no crescimento das plantas de soja. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Viçosa. Foi utilizado um lote de sementes da cultivar Valiosa RR, safra 2010/11. As sementes foram tratadas, na seguinte sequência: fungicida carbendazin + thiram, fosfato de sódio monobásico, nas doses de 0,0 (C1) e 0,7 (C2) g hg<sup>-1</sup> de sementes, em seguida, foi aplicado o inoculante turfoso. Após o tratamento, as sementes foram semeadas em vasos plásticos contendo 3,0 dm<sup>3</sup> de amostra de um Latossolo Vermelho Amarelo. Os tratamentos consistiram das doses de 50 (P1), 100 (P2), 200 (P3), 300 (P4) e 400 (P5) mg kg<sup>-1</sup> de P no solo, sendo utilizada como fonte o superfosfato triplo, aplicadas parceladamente de três formas: 100 % da dose total em semeadura (E1); 50 % da dose total em semeadura e mais 50 % em cobertura no estágio V3 (E2); 50 % da dose total em semeadura, mais 25 % em cobertura no estágio V3 e mais 25 % no estágio R1 (E3). No estágio reprodutivo R2, foram realizadas as avaliações dos teores de macronutrientes na folha índice. No estágio R3 foram avaliadas: a matéria seca de parte aérea e raiz; matéria seca de nódulos; altura de planta e número de nós. Os resultados mostraram que houve incremento na nodulação e no crescimento das plantas de soja com o aumento das doses de fósforo no solo. Nas menores doses de fósforo no solo, 50 e 100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo, o recobrimento das sementes com fosfato de sódio monobásico, na dose de 0,7 g hg<sup>-1</sup> de sementes, e o parcelamento da adubação fosfatada, principalmente com 50 % da dose total em semeadura e mais 50 % em cobertura no estágio V3 (época E2), aumentaram de forma significativa a nodulação e o crescimento das plantas.

Palavras-chave: nódulos, *Glycine max*, doses, Valiosa.

# **1 – NODULATION AND GROWTH OF SOYBEAN PLANTS ACCORDING TO SEED COATING AND SPLIT PHOSPHATE FERTILIZATION.**

## **1.1 – ABSTRACT**

The increment in the concentration of phosphorus (P) in the soybean seed can increase the plant yield. The split fertilization of a nutrient aims at synchronizing the availability of nutrients in the soil with the most demanding phase of culture. There are few studies that evaluate the splitting of phosphate fertilizer in the crop cycle, as there is for more mobile elements in the soil. The objective of this study was to evaluate the effect of split application of P and seed coating with P on nodulation and growth of soybean plants. The experiment was conducted in a greenhouse at the Federal University of Viçosa. A lot of cultivar Valiosa RR seeds, 2010/11 crop was used. The seeds were treated in the following sequence: carbendazin + thiram fungicide, monobasic sodium phosphate at doses of 0.0 (C1) and 0.7 (C2) g hg<sup>-1</sup> of seeds followed by application of peat inoculant. After treatment, the seeds were sown in plastic pots containing 3.0 dm<sup>3</sup> sample of a Red Yellow latosol. Treatments consisted of doses of 50 (P1), 100 (P2), 200 (P3), 300 (P4) and 400 (P5) mg kg<sup>-1</sup> of P in the soil, using triple superphosphate as P source split applied at three forms: 100% of the total dose in sowing (E1); 50% of the total dose at sowing and 50% topdressing in the V3 stage (E2); 50% of the total dose at sowing, 25% more at topdressing fertilization in the V3 stage plus 25% in the R1 stage (E3). In the reproductive stage R2, evaluations of the leaf macronutrient content were carried out. At the R3 stage, it was evaluated the dry matter of shoot and root, dry weight of nodules, plant height and number of nodes. The results showed an increase in nodulation and growth of the soybean plants as levels of phosphorus in the soil increased. At lower doses of phosphorus in the soil, 50 and 100 mg kg<sup>-1</sup> of P in the soil, the coating of the seeds with monobasic sodium phosphate at 0.7 g hg<sup>-1</sup> seed, and the splitting of the phosphate fertilization, especially with 50% of the total dose in sowing and 50% in topdressing in the V3 (season E2) significantly increased nodulation and plant growth.

Key-words: doses, nodes, phosphate, topdressing.

### 1.3 – INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é um nutriente de fundamental importância para a cultura da soja, haja vista o fato de que ele participa de vários processos metabólicos, como na transferência de energia (ATP), fotossíntese, respiração, síntese de ácidos nucleicos e glicose, síntese e estabilidade de membranas (fosfolipídios); ativação e desativação de enzimas (Vance et al., 2003).

A época em que o P é absorvido em maior quantidade, ou seja, a época em que a exigência da planta em termos do nutriente é maior ocorre entre os estádios V4 (terceira folha trifoliolada completamente desenvolvida) e R6 (grão cheio ou completo) com a absorção de 0,2 a 0,4 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, sendo que do total absorvido 60 % ocorre após R1 (início do florescimento) (Rosolém et al., 1998).

A retenção do P adicionado ao solo, em formas lábeis ou não, ocorre tanto pela precipitação do P em solução com formas iônicas de Fe, Al e Ca, como, de maneira mais significativa, pela sua adsorção pelos oxidróxidos de Fe e Al, presentes, de modo geral, em maiores quantidades em solos tropicais mais intemperizados, de modo particular nos mais argilosos (Sanchez e Uehara, 1980; Sanyal e De Datta, 1991; Valladares et al., 2003; Rolim Neto et al., 2004).

O teor total de P dos solos se situa, de modo geral, entre 200 e 3.000 mg kg<sup>-1</sup>, e menos de 0,1 % desse total encontram-se na solução do solo. Em solos agrícolas, os valores de fósforo em solução situam-se, com frequência, entre 0,002 e 2 mg L<sup>-1</sup> (Fardeau, 1996). Em comparação, o teor total de potássio nos solos e na solução se situa entre 300 e 30.000 mg kg<sup>-1</sup> de potássio (K) e de 1,0 a 50 mg L<sup>-1</sup> de K, respectivamente (Sparks, 2000).

Para reduzir a porção da dose de P aplicada que é fixada, uma das opções é aumentar a concentração do nutriente num determinado volume de solo (localização). Assim, reduz-se o volume total de solo fertilizado em contato com o P aplicado (Prado et al., 2001; Bull et al., 2004). Entretanto, a localização pode reduzir o crescimento do sistema radicular e causar deficiência de elementos como Fe e Cu (Novais et al., 1985) e de N, que tem a absorção dependente da disponibilidade de P (Alves et al., 1998). A eficiência da localização no aumento da eficiência de absorção depende do teor de P do solo e do fator capacidade de P. Para solos com alta disponibilidade de P, a localização tem menor efeito no aumento da eficiência de absorção, em comparação aos solos com baixa disponibilidade (Bull et al., 2004).

A aplicação de fertilizantes fosfatados de forma localizada, apresenta inúmeras vantagens: fonte inicial de fósforo para a plântula de soja em desenvolvimento; menor contato do fósforo com o solo, associado à utilização mais rápida pela plântula de soja, o que irá resultar em menor retenção do fósforo aos colóides do solo; coloca o fósforo em posição disponível para o sistema radicular ainda reduzido das plântulas em início de desenvolvimento; aumenta a possibilidade de formar um estande mais uniforme e vigoroso; reduz o tempo para absorção dos fertilizantes aplicados no momento da semeadura e da reserva do solo em função de promover uma mais rápida formação inicial do sistema radicular (Lopes et al., 2001).

A maior contribuição nesta linha de pesquisa veio de Zelonka et al. (2005). Ao desenvolverem um projeto envolvendo recobrimento de sementes de cevada (*Hordeum vulgare*) com P, concluíram que ocorreu um aumento significativo na produção das plantas de até 91 %. Além das sementes tratadas terem influenciado positivamente na atividade fisiológica das sementes da próxima geração, melhorou a capacidade de absorção de fósforo das plantas.

Independente da concentração de P na semente, o recobrimento das sementes com P proporcionou aumento na nodulação e no crescimento das plantas de soja para a condição de solo com menor disponibilidade de P. A dose recomendada para o recobrimento das sementes manteve-se no intervalo de 0,6 a 0,8 g  $hg^{-1}$  de fosfato de sódio nas sementes (Soares, 2009).

A aplicação do fósforo via foliar em diferentes épocas alteraram significativamente o rendimento de grãos de soja, proporcionando aumentos significativos de até 16 % para as épocas V5, V5 + R1, V5 + R4, V5 + R1 + R4, V5 + R1 + R4 + R6, quando comparados a testemunha, expressando claramente o efeito positivo dessas aplicações na época V5 (Resende et al., 2005).

O desempenho de sementes de soja recobertas com P em diferentes doses de P no solo aumentou a produtividade, dependendo das fontes e doses de P usadas, e que a dose de 21 g  $kg^{-1}$  de fitina nas sementes aumentou a produtividade da cultura da soja em 14 % no peso total de grãos (Peske et al., 2009).

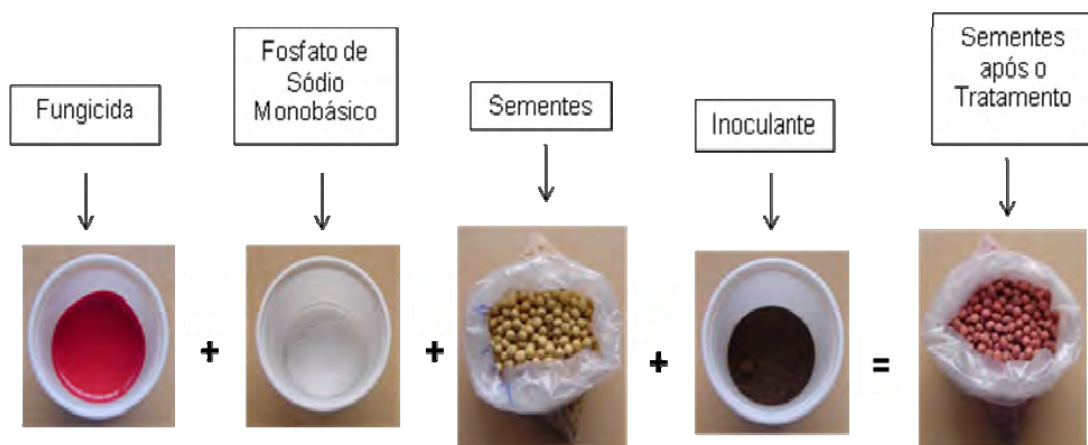
Existe um número reduzido de trabalhos com recobrimento de sementes de soja com P, além disso, diversos trabalhos realizados por safras consecutivas, em que se avaliou a aplicação em dose única ou parcelada, indicam que a aplicação parcelada proporciona melhores resultados (Oliveira et al., 2003; Resende et al., 2006a; 2006b). Todavia, existem poucos trabalhos com a avaliação do parcelamento do fertilizante fosfatado dentro do ciclo da cultura, como há para elementos mais móveis no solo como o N e o K (Barbosa Filho et al.,

2005). Com isso, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da aplicação parcelada de doses de P e do recobrimento das sementes com P na nodulação e no crescimento das plantas de soja.

#### 1.4 – MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Viçosa. Foi utilizado um lote de sementes da cultivar Valiosa RR, safra 2010/11, obtido junto à Fazenda Lagoa das Pedras – Município de Cabeceiras-GO.

As sementes foram tratadas, na seguinte sequência (Figura 1): fungicida carbendazin + thiram na dose de 200 ml  $100 \text{ kg}^{-1}$  de sementes; recobrimento das sementes com fosfato de sódio monobásico (sal p.a.), nas doses de 0,0 (C1) e 0,7 (C2)  $\text{g hg}^{-1}$  de sementes, cada dose foi diluída em dois mililitros de água deionizada e aplicada às sementes; depois que estas estavam secas foi aplicado o inoculante turfoso Microxisto na dose de 3,0 milhões de células da bactéria *Bradyrhizobium japonicum* por semente, através de uma solução com água açucarada a 10 %, de forma a melhorar a aderência das bactérias às sementes, depois elas foram secas à sombra. Após o tratamento, as sementes foram semeadas em vasos plásticos contendo  $3,0 \text{ dm}^3$  de amostra de um Latossolo Vermelho Amarelo.



**Figura 1** - Sequência do tratamento das sementes.

Antes da semeadura nos vasos, foi realizada análise química e física (Tabela 1) do solo 40 dias antes da instalação do experimento, no Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. A adubação com P, potássio e micronutrientes foi realizada segundo Novais et al. (1991), em função da análise de solo.

Particularmente, no caso da adubação com fósforo foram utilizadas cinco doses, de 50 (P1), 100 (P2), 200 (P3), 300 (P4) e 400 (P5) mg kg<sup>-1</sup> de P no solo, visando obter diferentes níveis de disponibilidade de P, ou seja, os testes foram realizados em solos com diferentes adubações de fósforo, sendo utilizada como fonte o superfosfato triplo. A aplicação de cada dose de fósforo foi realizada da seguinte maneira: 100 % da dose total em semeadura (época 1 - E1); 50 % da dose total em semeadura e mais 50 % em cobertura no estágio V3 (segunda folha trifoliolada completamente desenvolvida) (época 2 - E2); 50 % da dose total em semeadura, mais 25 % em cobertura no estágio V3 e mais 25 % no estágio R1 (início do florescimento) (época 3 - E3). A cobertura foi realizada via dois sulcos de 0,5 cm de profundidade, como mostra a Figura 2.

**Tabela 1** - Características físico-químicas do solo Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado no experimento, antes da correção com calagem e da adubação. Viçosa, Minas Gerais, 2011.

Análise Granulométrica (dag kg <sup>-1</sup> )											
Argila	Silte	Areia fina	Areia grossa	Classe Textural							
49	10	19	22	Argilosa							
Análise Química											
pH	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	T	V	m	MO	P-rem
H <sub>2</sub> O	-- mg dm <sup>-3</sup> --		-----	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				--- % ---		dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>
5,67	3,2	54	2,2	0,7	0,5	9,41	12,45	24	14	5,1	22,6

Análises realizadas nos Laboratórios de Análises Físicas e Químicas de Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

pH em água, KCl e CaCl<sub>2</sub> - Relação 1:2,5.

P - K - Extrator Mehlich 1.

Ca - Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol l<sup>-1</sup>.

H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> - pH 7,0.

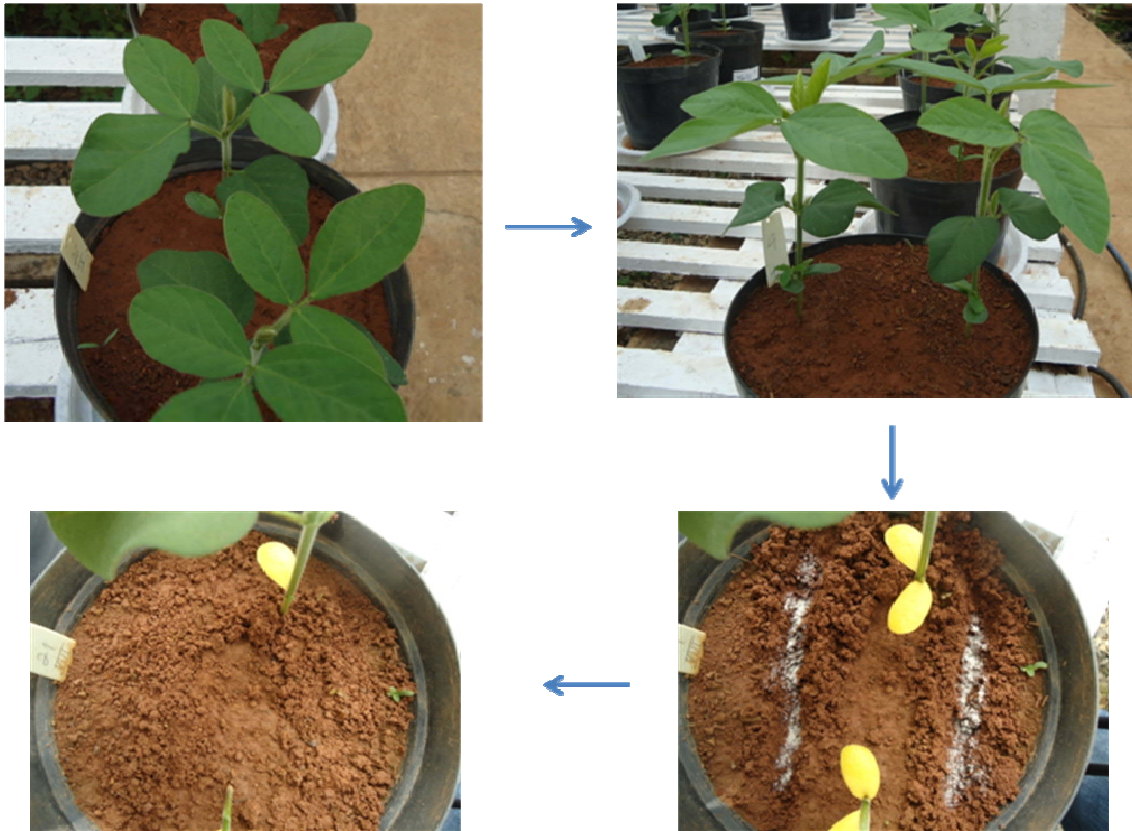
CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0.

V = Índice de Saturação de Bases.

m = Índice de Saturação de alumínio.

Matéria Orgânica (MO) = C. Org. x 1,724 - Walkley-BlacK.

P-rem = Fósforo Remanescente.



**Figura 2:** Visualização da forma de adubação em cobertura no estágio V3.

A adubação com enxofre e micronutrientes foi realizada em cobertura, aos 15 dias após a emergência das plântulas.

A semeadura foi realizada na primeira quinzena de março de 2011. Foram semeadas quatro sementes em cada vaso, para cada tratamento, na profundidade de três centímetros, das quais, uma vez emergidas, deixou-se as duas plantas mais vigorosas. A colheita foi realizada em agosto de 2011. O experimento foi conduzido fora da época ideal de cultivo da cultura, com isso, foi realizada uma complementação do fotoperíodo, com a utilização de iluminação artificial até 45 DAE no período entre 17h45 às 19h45, em seguida, foi retirada a luz artificial para que ocorresse a indução ao florescimento.

As avaliações foram realizadas no estágio fenológico R2 (floração plena) e R3 (início da formação da vagem).

A irrigação foi realizada com água deionizada de modo a manter o teor de água no solo a 66 % da capacidade de campo.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições, segundo esquema de fatorial 2x3x5, que se refere as duas doses de fósforo utilizadas no recobrimento das sementes, as três épocas de aplicação de fósforo em cobertura:

zero; 50 % em V3; 25 % em V3 mais 25 % em R1 e as cinco doses de fósforo adicionadas no solo, o que resultou em 30 tratamentos.

**No estágio R2, foram realizadas as seguintes avaliações:**

**Avaliação dos macronutrientes na folha índice** – foi coletada uma folha índice (terceiro trifólio completamente desenvolvido da base para o ápice) por planta em cada tratamento. As amostras de folhas inteiras foram lavadas em água deionizada, secas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 60 °C, até atingirem massa constante. Em seguida, as amostras foram moídas. O nitrogênio foi determinado por método semimicro Kjeldahl após digestão sulfúrica e o P via digestão nítrico-perclórica e quantificação por espectrometria (Malavolta et al.,1997). O K foi determinado por fotometria de emissão de chama, o Ca e o Mg por espectrofotometria de absorção atômica, e o S, por turbidimetria do sulfato (Blanchar et al., 1965). Os resultados foram expressos em  $\text{dag kg}^{-1}$ .

**No estágio R3, foram realizadas as seguintes avaliações:**

**Matéria seca de parte aérea e raiz** - as plantas de cada tratamento foram acondicionadas em sacos de papel e levadas a estufa termoelétrica, com circulação forçada de ar, mantida à temperatura de 65 °C, por 72 horas. Após esfriar em dessecador, cada repetição foi pesada em balança com precisão de 0,001 g e os resultados expressos em gramas por planta (Nakagawa, 1999).

**Matéria seca de nódulos** - após a retirada dos nódulos do sistema radicular, os mesmos foram acondicionados em sacos de papel e levados a estufa termoelétrica, com circulação forçada de ar, mantida à temperatura de 65 °C, por 72 horas. Após esfriar em dessecador, cada repetição foi pesada em balança com precisão de 0,001 g (Hungria et al., 2001). Os resultados foram expressos em g por planta.

**Altura de planta** - foi medida a altura de cada planta, e o resultado foi expresso em cm por planta.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos fatores qualitativos foram comparadas utilizando-se o teste F ( $p < 0,05$ ) para as doses do recobrimento, e o teste

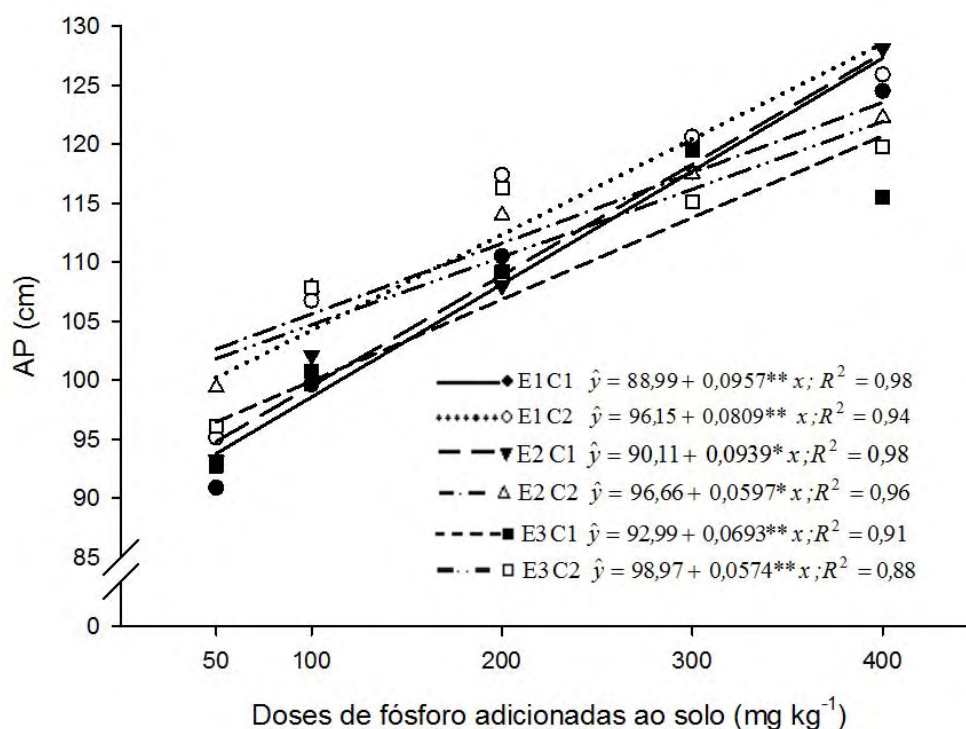
Tukey ( $p < 0,05$ ) para as épocas do parcelamento. Para a comparação das doses de P no solo foi realizada a análise de regressão. A análise estatística foi realizada no programa SAS (2002) e os gráficos das equações de regressão foram feitos no programa SigmaPlot 10.0 (2008).

## 1.5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos dados mostrou que não houve interação significativa entre as doses de fósforo adicionadas ao solo, as épocas de parcelamento da adubação fosfatada e as doses de fósforo utilizadas no recobrimento das sementes, para todas as características avaliadas, com exceção do teor foliar de N, K, Ca, Mg e S.

Houve aumento linear da altura de plantas (AP) com o aumento das doses de fósforo no solo (Figura 3). Nas menores doses de P no solo houve tendência, mas não estatisticamente significativo, de maior AP com a utilização de sementes com recobrimento (C2). O parcelamento da adubação fosfatada não afetou a AP em nenhum dos tratamentos (Tabela 2).

Trigo et al., (1997), trabalhando com diferentes teores e adubações de P nas sementes e no solo, respectivamente, constataram que quanto maior o teor de P nas sementes e no solo, maior foi o aumento na altura das plantas de soja.



E1 - época 1; E2 - época 2; E3 - época 3; C1 - sem recobrimento; C2 - com recobrimento.  
 \*,\*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

**Figura 3** – Altura de plantas (AP), em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

**Tabela 2** - Altura de plantas (AP), em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

AP (cm)	Dose					
	P1		P2		P3	
Época	Recobrimento					
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
1	90,88 Aa	95,13 Aa	99,63 Aa	106,75 Aa	110,50 Aa	117,38 Aa
2	93,25 Aa	99,38 Aa	102,13 Aa	107,88 Aa	108,00 Aa	114,00 Aa
3	92,75 Aa	96,13 Aa	100,75 Aa	107,88 Aa	109,25 Aa	116,25 Aa

AP (cm)	Dose			
	P4		P5	
Época	Recobrimento			
	C1	C2	C1	C2
1	120,00 Aa	120,63 Aa	124,50 ABa	125,88 Aa
2	117,75 Aa	117,5 Aa	128,12 Aa	122,25 Aa
3	119,50 Aa	115,13 Aa	115,50 Ba	119,75 Aa

C.V. = 7,28 %

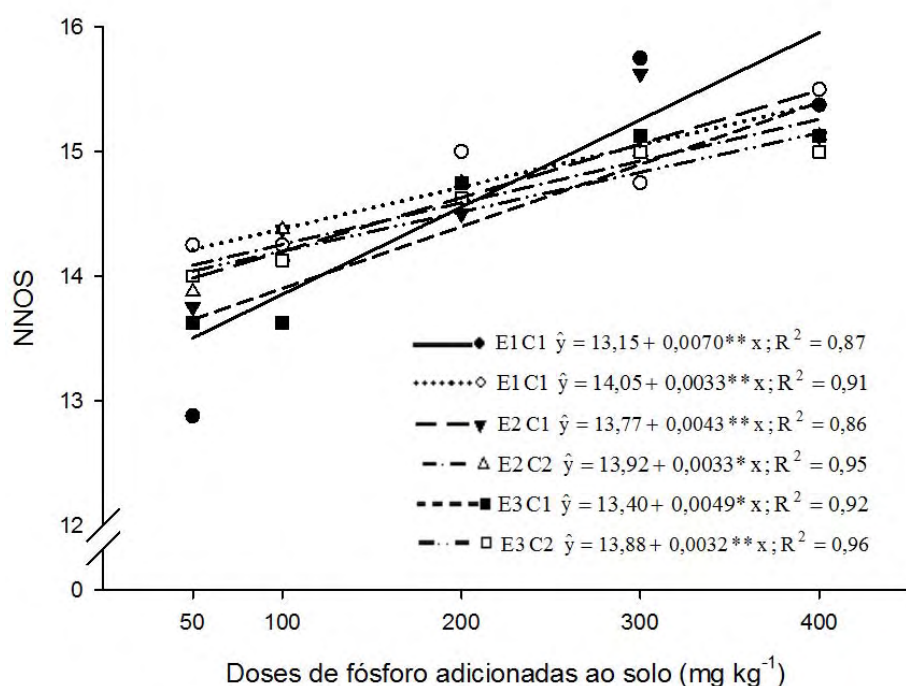
P1 (50 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P2 (100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P3 (200 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P4 (300 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P5 (400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo);

E1 - época 1(100% da dose total em semeadura); E2 - época 2 (50 % da dose total em semeadura e mais 50% em cobertura no estádio V3); E3 - época 3(50 % da dose total em semeadura, mais 25% em cobertura no estádio V3 e mais 25% no estádio R1);

C1 - sem recobrimento e C2 - com recobrimento.

Dentro de cada dose de P as médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P < 0,05) e Tukey (P < 0,05), respectivamente.

Foi observado aumento crescente do número de nós (NNOS) com o aumento das doses de fósforo no solo (Figura 4). O aumento do NNOS, em função do recobrimento das sementes na dose C2, só foi observado para a época E1 na dose P1 de fósforo no solo. O parcelamento da adubação fosfatada não afetou o NNOS (Tabela 3). O NNOS por planta oscilou entre 12 a 16. Resultado similar foi encontrado por Teixeira et al. (1999), com o aumento do número de nós em função de maior disponibilidade de P no solo.



E1 - época 1; E2 - época 2; E3 - época 3; C1 - sem recobrimento; C2 - com recobrimento.  
 \*,\*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

**Figura 4** – Número de nós (NNOS) por planta, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

**Tabela 3** – Numero de nós (NNOS) por planta, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

NNOS	Dose					
	P1		P2		P3	
Época	Recobrimento					
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
1	12,88 Ab	14,25 Aa	14,13 Aa	14,25 Aa	15,00 Aa	15,00 Aa
2	13,75 Aa	13,88 Aa	14,38 Aa	14,38 Aa	14,50 Aa	14,75 Aa
3	13,63 Aa	14,00 Aa	13,63 Aa	14,13 Aa	14,75 Aa	14,63 Aa

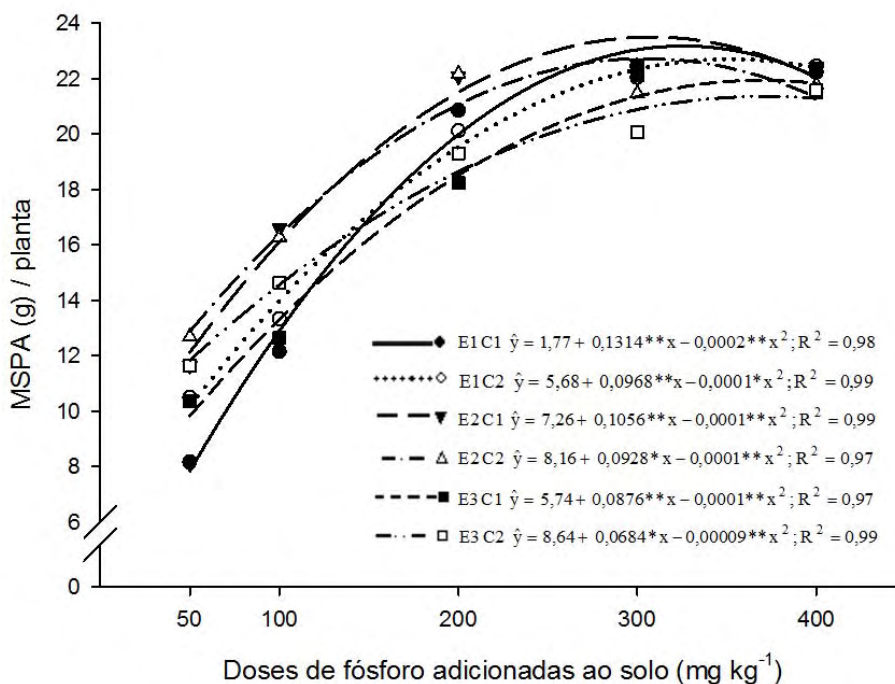
NNOS	Dose			
	P4		P5	
Época	Recobrimento			
	C1	C2	C1	C2
1	15,75 Aa	14,75 Ab	15,38 Aa	15,50 Aa
2	15,63 Aa	15,00 Aa	15,13 Aa	15,13 Aa
3	15,13 Aa	15,00 Aa	15,13 Aa	15,00 Aa

C.V. = 4,25 %

P1 (50 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P2 (100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P3 (200 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P4 (300 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P5 (400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo);

E1 - época 1(100% da dose total em semente); E2 - época 2 (50 % da dose total em semente e mais 50% em cobertura no estágio V3); E3 - época 3(50 % da dose total em semente, mais 25% em cobertura no estágio V3 e mais 25% no estágio R1);  
 C1 - sem recobrimento e C2 - com recobrimento.  
 Dentro de cada dose de P as médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F ( $P < 0,05$ ) e Tukey ( $P < 0,05$ ), respectivamente.

A variável matéria seca da parte aérea (MSPA) apresentou uma tendência crescente, de forma quadrática, em função do aumento das doses de fósforo no solo (Figura 5). Não houve efeito do recobrimento das sementes na MSPA. A E2 do parcelamento apresentou maior MSPA nas doses P1, P2 e P3, para as sementes que não foram recobertas (C1) e também para dose P2 com recobrimento das sementes (C2) (Tabela 4). Segundo Meis et al. (2003), o incremento do P nas sementes foi responsável pelo aumento significativo da matéria seca da parte aérea em plantas de soja aos 21 dias após emergência, em função de uma maior translocação do nutriente para a parte aérea, o que contribuiu para uma maior formação de biomassa.



E1 - época 1; E2 - época 2; E3 - época 3; C1 - sem recobrimento; C2 - com recobrimento.  
 \*,\*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

**Figura 5** – Matéria seca da parte aérea (MSPA) por planta, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

**Tabela 4** – Matéria seca da parte aérea (MSPA) por planta, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

MSPA (g)	Dose					
	P1		P2		P3	
Época	Recobrimento					
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
1	8,16 Ba	10,50 Aa	12,15 Ba	13,33 Ba	20,80 Ba	20,12 ABa
2	11,65 Aa	12,69 Aa	16,60 Aa	16,28 Aa	22,08 Aa	22,18 Aa
3	10,34 ABa	11,64 Aa	12,64 Ba	14,64 ABa	18,32 Ba	19,23 Ba

MSPA (g)	Dose			
	P4		P5	
Época	Recobrimento			
	C1	C2	C1	C2
1	22,46 Aa	22,03 Aa	22,23 Aa	22,45 Aa
2	22,53 Aa	21,47 Aa	22,43 Aa	21,78 Aa
3	22,12 Aa	20,06 Aa	21,52 Aa	21,59 Aa

C.V. = 10,00 %

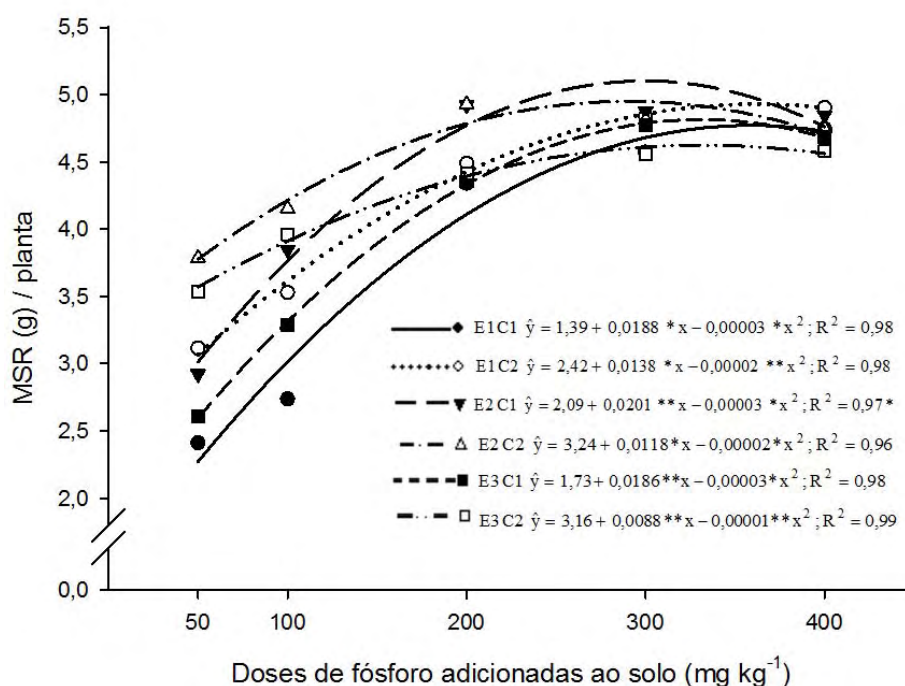
P1 (50 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P2 (100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P3 (200 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P4 (300 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P5 (400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo);

E1 - época 1(100% da dose total em semeadura); E2 - época 2 (50 % da dose total em semeadura e mais 50% em cobertura no estágio V3); E3 - época 3(50 % da dose total em semeadura, mais 25% em cobertura no estágio V3 e mais 25% no estágio R1);

C1 - sem recobrimento e C2 - com recobrimento.

Dentro de cada dose de P as médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P < 0,05) e Tukey (P < 0,05), respectivamente.

O recobrimento das sementes na dose C2 aumentou a matéria seca da raiz (MSR), na menor dose de fósforo no solo (P1) para as três épocas de parcelamento da adubação fosfatada, e na dose P2 para as épocas E1 e E3, com um incremento de até 29,80 % na MSR. O parcelamento na época E2 proporcionou maior MSR nas doses de P1, P2 e P3 de fósforo no solo, tanto para a condição de sementes sem e com recobrimento (Tabela 5). Também, foi observado um aumento da MSR com o incremento da dose de fósforo no solo (Figura 6). Segundo Drew et al. (1978), o fósforo promove rápida formação e crescimento do sistema radicular, resultando em maior desenvolvimento do mesmo. Esta afirmação é ainda confirmada por outros autores, como Lopes (2001), que constatou que o recobrimento das sementes com fósforo o coloca em posição disponível para o sistema radicular ainda reduzido das plântulas em início de desenvolvimento.



E1 - época 1; E2 - época 2; E3 - época 3; C1 - sem recobrimento; C2 - com recobrimento.  
 \*,\*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

**Figura 6** – Matéria seca da raiz (MSR) por planta, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

**Tabela 5** – Matéria seca da raiz (MSR) por planta, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

MSR (g)	Dose					
	P1		P2		P3	
	Recobrimento					
Época	C1	C2	C1	C2	C1	C2
1	2,41 Bb	3,12 Ba	2,74 Cb	3,53 Ba	4,34 Ba	4,49 Ba
2	2,92 Ab	3,79 Aa	3,85 Aa	4,15 Aa	4,92 Aa	4,93 Aa
3	2,61 ABb	3,53 ABa	3,29 Bb	3,96 ABa	4,36 Ba	4,42 Ba

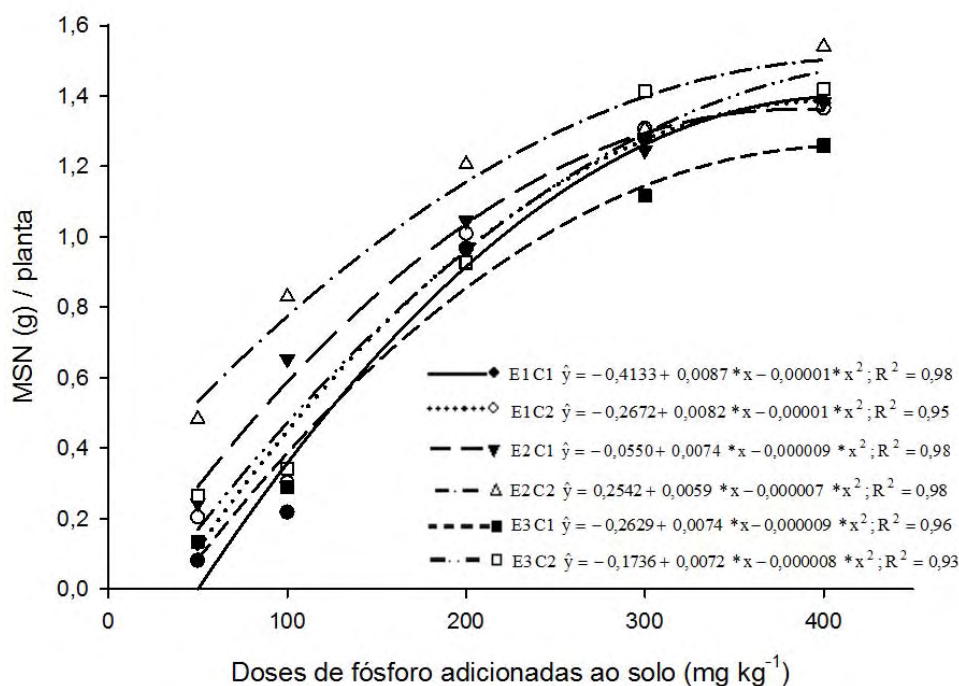
MSR (g)	Dose			
	P4		P5	
	Recobrimento			
Época	C1	C2	C1	C2
1	4,57 Aa	4,84 Aa	4,75 Aa	4,90 Aa
2	4,87 Aa	4,82 Aa	4,85 Aa	4,75 Aa
3	4,78 Aa	4,56 Aa	4,68 Aa	4,58 Aa

C.V. = 7,89 %

P1 (50 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P2 (100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P3 (200 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P4 (300 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P5 (400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo);

E1 - época 1(100% da dose total em sementeira); E2 - época 2 (50 % da dose total em sementeira e mais 50% em cobertura no estágio V3); E3 - época 3(50 % da dose total em sementeira, mais 25% em cobertura no estágio V3 e mais 25% no estágio R1);  
 C1 - sem recobrimento e C2 - com recobrimento.  
 Dentro de cada dose de P as médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F ( $P < 0,05$ ) e Tukey ( $P < 0,05$ ), respectivamente.

Ocorreu um incremento na MSN à medida em que se aumentou a dose fósforo no solo (Figura 7). Houve efeito significativo do recobrimento na dose P1 para as três épocas de parcelamento, com incremento de até 188,89 % na MSN. O recobrimento também foi significativo na época E2 para as doses P2, P3 e P5, e para a E3 na dose P4. O parcelamento na época E2 apresentou uma maior MSN nas doses P1 e P2 de fósforo no solo. Na dose P3, as épocas E1 e E3 foram melhores para a dose C2 de recobrimento, e na dose P5 a época E2 foi inferior na condição C2 (Tabela 6). Soares (2009) encontraram incrementos de até 189,60 % na MSN em condições de solo com maior adubação de P e de 14,86 % quando se utilizou sementes de maior teor de P.



E1 - época 1; E2 - época 2; E3 - época 3; C1 - sem recobrimento; C2 - com recobrimento.  
 \*,\*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

**Figura 7** – Matéria seca de nódulos (MSN) por planta, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

**Tabela 6** – Matéria seca de nódulos (MSN) por planta, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

MSN (g)	Dose					
	P1		P2		P3	
Época	Recobrimento					
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
1	0,081 Bb	0,234 Ba	0,258 Ba	0,302 Ba	0,968 Aa	1,009 Ba
2	0,244 Ab	0,482 Aa	0,652 Ab	0,829 Aa	1,045 Ab	1,205 Aa
3	0,134 ABb	0,265 Ba	0,288 Ba	0,342 Ba	0,926 Aa	0,924 Ba

MSN (g)	Dose			
	P4		P5	
Época	Recobrimento			
	C1	C2	C1	C2
1	1,282 Aa	1,307 Aa	1,377 Aa	1,365 Aa
2	1,246 Aa	1,305 Aa	1,381 Ab	1,539 Ba
3	1,117 Ab	1,435 Aa	1,259 Ab	1,418 Aa

C.V. = 10,11 %

P1 (50 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P2 (100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P3 (200 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P4 (300 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P5 (400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo);

E1 - época 1(100% da dose total em semeadura); E2 - época 2 (50 % da dose total em semeadura e mais 50% em cobertura no estágio V3); E3 - época 3(50 % da dose total em semeadura, mais 25% em cobertura no estágio V3 e mais 25% no estágio R1);

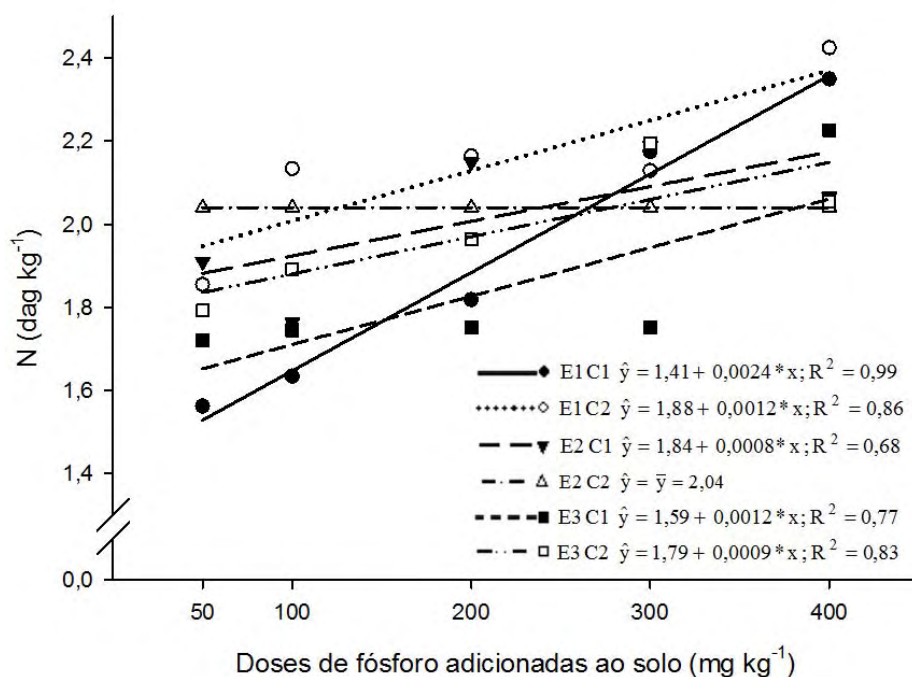
C1 - sem recobrimento e C2 - com recobrimento.

Dentro de cada dose de P as médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P < 0,05) e Tukey (P < 0,05), respectivamente.

O P é muito importante na fixação biológica de Nitrogênio (N<sub>2</sub>), pois a redução do N<sub>2</sub> atmosférico em amônia que ocorre nos bacterióides e a assimilação do amônio pela planta são processos consumidores de energia, dependentes da disponibilidade de ATP (Sa et al., 1991), ou seja, o P atua no crescimento e no funcionamento dos nódulos (Almeida et al., 2006).

Houve aumento linear do teor de N (N) com o aumento das doses de fósforo no solo (Figura 8), com exceção da época E2 na dose C2 de recobrimento das sementes. O recobrimento das sementes com a dose C2 aumentou o teor de N nas folhas, na dose P1 para as épocas E1 e E2, nas doses P2 e P3 para a época E1 e na dose P5 na época E3. O parcelamento da adubação fosfatada na época E2, na menor dose de fósforo no solo, promoveu incrementos no teor de N para a dose P1 de fósforo no solo (Tabela 7). Soares (2009) encontraram maior teor foliar de N no solo com maior disponibilidade de P e em condição de maior dose de P no recobrimento das sementes. O P é muito importante na fixação biológica de Nitrogênio (N<sub>2</sub>), pois a redução do N<sub>2</sub> atmosférico em amônia que ocorre nos bacterióides e a assimilação do amônio pela planta são processos consumidores de

energia, dependentes da disponibilidade de ATP (Sa et al., 1991), atuando assim no crescimento e no funcionamento dos nódulos (Almeida et al., 2006).



E1 - época 1; E2 - época 2; E3 - época 3; C1 - sem recobrimento; C2 - com recobrimento.  
\*,\*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

**Figura 8** – Teor de nitrogênio (N) na folha índice, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

**Tabela 7** – Teor de nitrogênio (N) na folha índice, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

N (dag kg <sup>-1</sup> )	Dose					
	P1		P2		P3	
	Recobrimento					
Época	C1	C2	C1	C2	C1	C2
1	1,56 Bb	1,85 Ba	1,63 Ab	2,13 Aa	1,82 Bb	2,16 Aa
2	1,91 Ab	2,17 Aa	1,76 Aa	1,98 Aa	2,15 Aa	2,02 Aa
3	1,72 ABa	1,79 Ba	1,75 Aa	1,89 Aa	1,75 Ba	1,96 Aa

N (dag kg <sup>-1</sup> )	Dose			
	P4		P5	
	Recobrimento			
Época	C1	C2	C1	C2
1	2,18 Aa	2,13 ABa	2,35 Aa	2,42 Aa
2	2,19 Aa	1,98 Ba	2,07 Ba	2,13 Aa
3	1,85 Ba	2,19 Aa	2,23 ABa	1,96 Bb

C.V. = 8,96 %

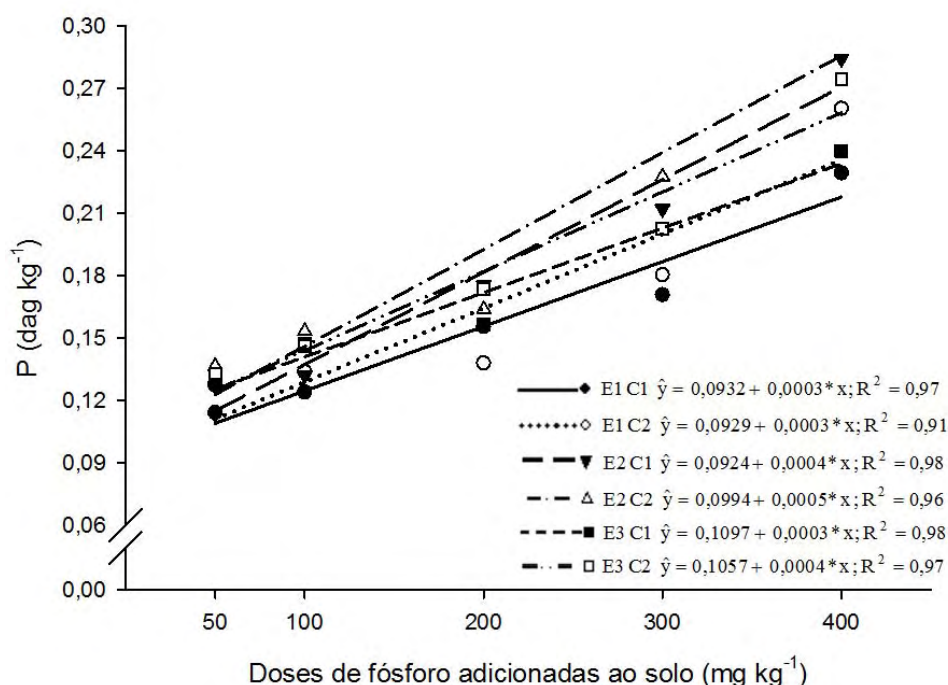
P1 (50 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P2 (100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P3 (200 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P4 (300 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P5 (400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo);

E1 - época 1(100% da dose total em semeadura); E2 - época 2 (50 % da dose total em semeadura e mais 50% em cobertura no estádio V3); E3 - época 3(50 % da dose total em semeadura, mais 25% em cobertura no estádio V3 e mais 25% no estádio R1);

C1 - sem recobrimento e C2 - com recobrimento.

Dentro de cada dose de P as médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P < 0,05) e Tukey (P < 0,05), respectivamente.

Foi observado aumento linear do teor de P nas folhas com o aumento das doses de fósforo no solo (Figura 9). Não houve efeito do recobrimento das sementes nas menores doses de fósforo no solo, somente para a dose P5 nas épocas E1 e E3. Também, não houve efeito do parcelamento nas menores doses de fósforo, somente para as doses P4 e P5 (Tabela 8). Na média dos tratamentos, a época E1 foi a que apresentou menor teor de P nas folhas. Nesse parcelamento, pode ter ocorrido maior fixação do fósforo, resultando em uma menor disponibilidade de P para as plantas e menor translocação para a parte aérea. Nas menores doses de fósforo no solo, o teor foliar desse nutriente ficou abaixo da faixa de concentração considerada ideal, que é de 0,22 a 0,34 mg dag<sup>-1</sup> de P (Broch e Ranno, 2008), mostrando que o nível de P no solo, para essas doses, foi insuficiente para que ocorresse a absorção e translocação adequada do nutriente.



E1 - época 1; E2 - época 2; E3 - época 3; C1 - sem recobrimento; C2 - com recobrimento.

\*,\*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

**Figura 9** – Teor de fósforo (P) na folha índice, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

**Tabela 8** – Teor de fósforo (P) na folha índice, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

P (dag kg <sup>-1</sup> )	Dose					
	P1		P2		P3	
Época	Recobrimento					
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
1	0,11 Aa	0,13 Aa	0,12 Aa	0,13 Aa	0,16 Aa	0,15 Aa
2	0,13 Aa	0,14 Aa	0,13 Aa	0,15 Aa	0,18 Aa	0,16 Aa
3	0,13 Aa	0,13 Aa	0,15 Aa	0,15 Aa	0,16 Aa	0,17 Aa

P (dag kg <sup>-1</sup> )	Dose			
	P4		P5	
Época	Recobrimento			
	C1	C2	C1	C2
1	0,18 Aa	0,18 Ba	0,23 Bb	0,26 Ba
2	0,21 Aa	0,23 Aa	0,28 Aa	0,31 Aa
3	0,20 Aa	0,20 Ba	0,24 Bb	0,27 Ba

C.V. = 9,41 %

P1 (50 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P2 (100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P3 (200 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P4 (300 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P5 (400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo);

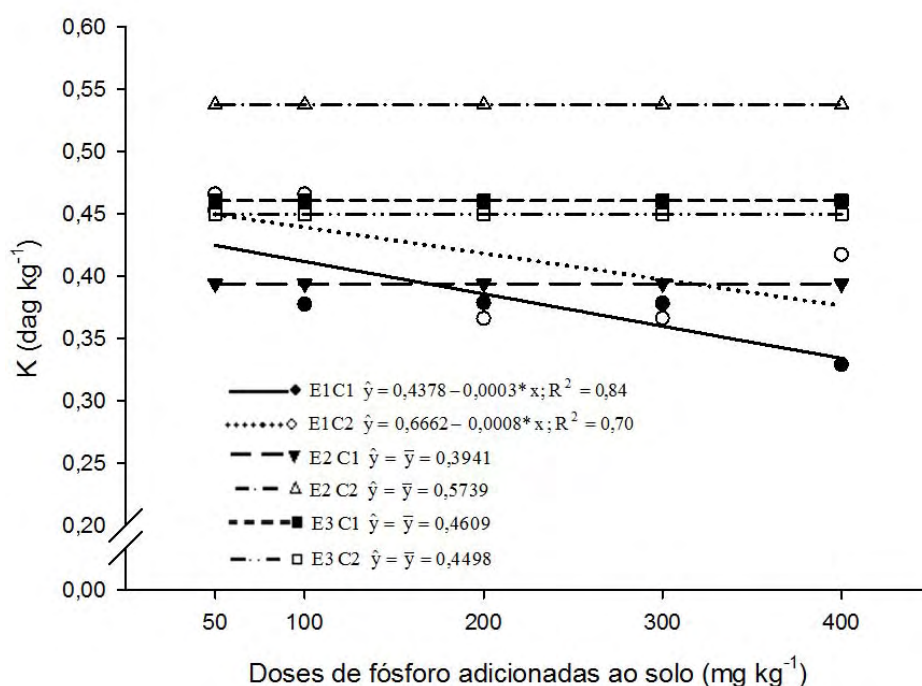
E1 - época 1(100% da dose total em semeadura); E2 - época 2 (50 % da dose total em semeadura e mais 50% em cobertura no estádio V3); E3 - época 3(50 % da dose total em semeadura, mais 25% em cobertura no estádio V3 e mais 25% no estádio R1);

C1 - sem recobrimento e C2 - com recobrimento.

Dentro de cada dose de P as médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P < 0,05) e Tukey (P < 0,05), respectivamente.

Soares (2009), trabalhando com recobrimento de sementes com P, observaram um incremento no teor foliar de P com o aumento das doses de P no solo.

O teor foliar de K mostra que houve efeito das doses de fósforo no solo apenas para a época E1, nas duas doses de recobrimento (C1 e C2) apresentando uma redução linear do teor foliar de K com o aumento da doses de fósforo no solo (Figura 10). Houve efeito do recobrimento das sementes nas doses P1, P2 e P5 de fósforo no solo, sendo que na dose C2 o teor de K nas folhas foi maior (Tabela 9).



E1 - época 1; E2 - época 2; E3 - época 3; C1 - sem recobrimento; C2 - com recobrimento.  
\*,\*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

**Figura 10** – Teor de potássio (K) na folha índice, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

**Tabela 9** – Teor de potássio (K) na folha índice, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

K (dag kg <sup>-1</sup> )	Dose					
	P1		P2		P3	
	Recobrimento					
Época	C1	C2	C1	C2	C1	C2
1	0,45 Ab	0,47 Ba	0,38 Bb	0,47 Ca	0,38 Aa	0,37 Ba
2	0,44 Ab	0,55 Aa	0,39 Bb	0,75 Aa	0,37 Aa	0,43 Aa
3	0,47 Aa	0,50 ABa	0,55 Aa	0,60 Ba	0,37 Aa	0,42 ABa

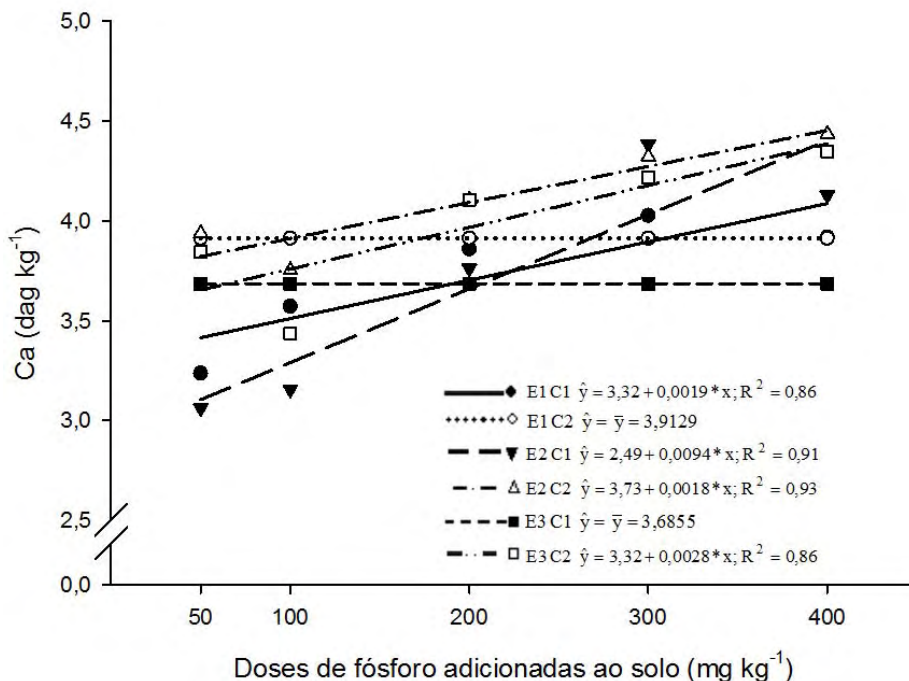
K (dag kg <sup>-1</sup> )	Dose			
	P4		P5	
	Recobrimento			
Época	C1	C2	C1	C2
1	0,38 Ba	0,37 Aa	0,33 Bb	0,42 Ba
2	0,37 Aa	0,40 Aa	0,41 Ab	0,55 Aa
3	0,48 Aa	0,38 Ab	0,44 Aa	0,35 Cb

C.V. = 9,66 %

P1 (50 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P2 (100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P3 (200 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P4 (300 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P5 (400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo);

E1 - época 1(100% da dose total em semeadura); E2 - época 2 (50 % da dose total em semeadura e mais 50% em cobertura no estágio V3); E3 - época 3(50 % da dose total em semeadura, mais 25% em cobertura no estágio V3 e mais 25% no estágio R1);  
 C1 - sem recobrimento e C2 - com recobrimento.  
 Dentro de cada dose de P as médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F ( $P < 0,05$ ) e Tukey ( $P < 0,05$ ), respectivamente.

Houve aumento linear do teor foliar de Ca com o aumento das doses de fósforo no solo (Figura 11), com exceção da época E1 para a dose C2 e para época E3 sem recobrimento das sementes com fósforo (C1). Na época E2, houve efeito do recobrimento das sementes na dose P1 de fósforo no solo, resultando num maior teor de Ca nas folhas (Tabela 10).



E1 - época 1; E2 - época 2; E3 - época 3; C1 - sem recobrimento; C2 - com recobrimento.  
 \*, \*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

**Figura 11** – Teor de cálcio (Ca) na folha índice, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

**Tabela 10** – Teor de cálcio (Ca) na folha índice, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

Ca (dag kg <sup>-1</sup> )	Dose					
	P1		P2		P3	
	Recobrimento					
Época	C1	C2	C1	C2	C1	C2
1	3,24 Ab	4,10 Aa	3,57 Aa	3,24 Ba	3,86 Aa	4,00 Aa
2	3,06 Ab	3,94 Aa	3,15 Aa	3,75 Ab	3,76 Aa	4,11 Aa
3	3,47 Aa	3,84 Aa	3,54 Aa	3,43 ABa	3,96 Aa	4,11 Aa

Ca (dag kg <sup>-1</sup> )	Dose			
	P4		P5	
	Recobrimento			
Época	C1	C2	C1	C2
1	4,03 ABa	4,06 Aa	3,92 Aa	4,16 Aa
2	4,38 Aa	4,32 Aa	4,13 Aa	4,44 Aa
3	3,58 Bb	4,22 Aa	3,88 Ab	4,35 Aa

C.V. = 8,51 %

P1 (50 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P2 (100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P3 (200 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P4 (300 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P5 (400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo);

E1 - época 1(100% da dose total em semeadura); E2 - época 2 (50 % da dose total em semeadura e mais 50% em cobertura no estádio V3); E3 - época 3(50 % da dose total em semeadura, mais 25% em cobertura no estádio V3 e mais 25% no estádio R1);

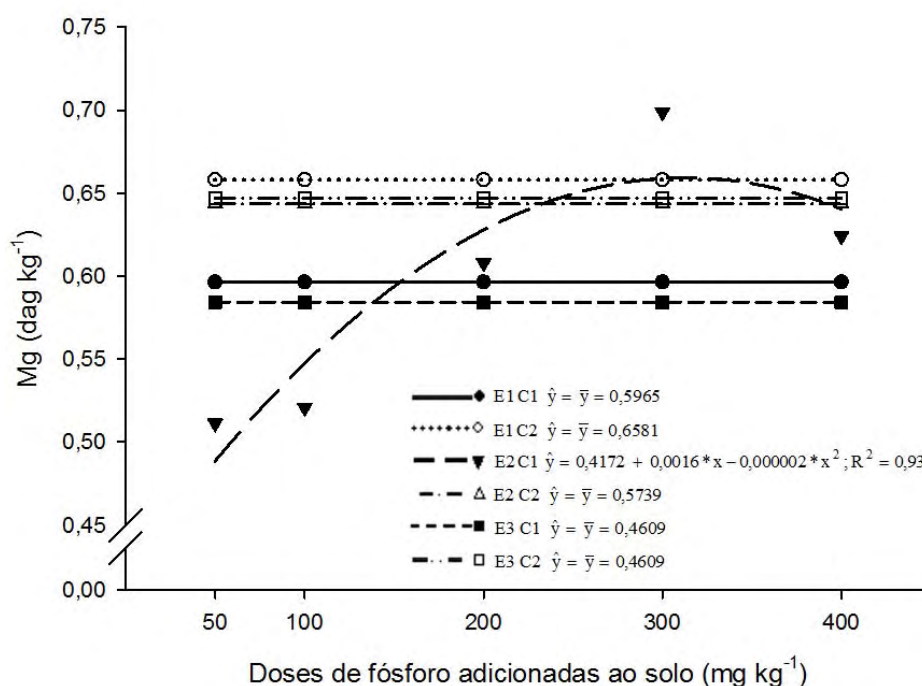
C1 - sem recobrimento e C2 - com recobrimento.

Dentro de cada dose de P as médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P < 0,05) e Tukey (P < 0,05), respectivamente.

Em relação ao Mg, houve efeito significativo, com um resposta quadrática, apenas para a época E2 na dose C2 de fósforo nas sementes (Figura 12; Tabela 11).

O acúmulo de K tende a diminuir a absorção de sódio, cálcio, fósforo e enxofre (Braga, 2012). A maior relação Ca:Mg e Ca:K contribui para os maiores valores foliares de Ca e menores de Mg e K (Silva et al, 2008).

Os trabalhos que mostram a efeito do Mg na produtividade da soja estão na sua maioria vinculados à calagem e ao K disponível. Rosolém et al. (1992) encontraram respostas positivas da soja ao Mg no solo em alguns tratamentos, onde as maiores produtividades (até 20 % maiores que a testemunha), foram obtidas quando a relação Mg/K e (Ca+Mg)/K no solo era menor que 20 e 40, respectivamente. Segundo Oliveira et al. (2001), os maiores rendimentos estão associadas ao maior equilíbrio dos teores foliares de K, Ca e Mg.



E1 - época 1; E2 - época 2; E3 - época 3; C1 - sem recobrimento; C2 - com recobrimento.  
 \*,\*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

**Figura 12** – Teor de magnésio (Mg) na folha índice, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

**Tabela 11** – Teor de magnésio (Mg) na folha índice, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

Mg (dag kg <sup>-1</sup> )	Dose					
	P1		P2		P3	
	Recobrimento					
Época	C1	C2	C1	C2	C1	C2
1	0,57 ABb	0,75 Aa	0,58 Aa	0,61 Aa	0,58 Ab	0,67 Aa
2	0,51 Bb	0,66 Ba	0,52 Ab	0,61 Aa	0,61 Aa	0,66 Aa
3	0,65 Aa	0,61 Ba	0,53 Ab	0,63 Aa	0,63 Aa	0,67 Aa

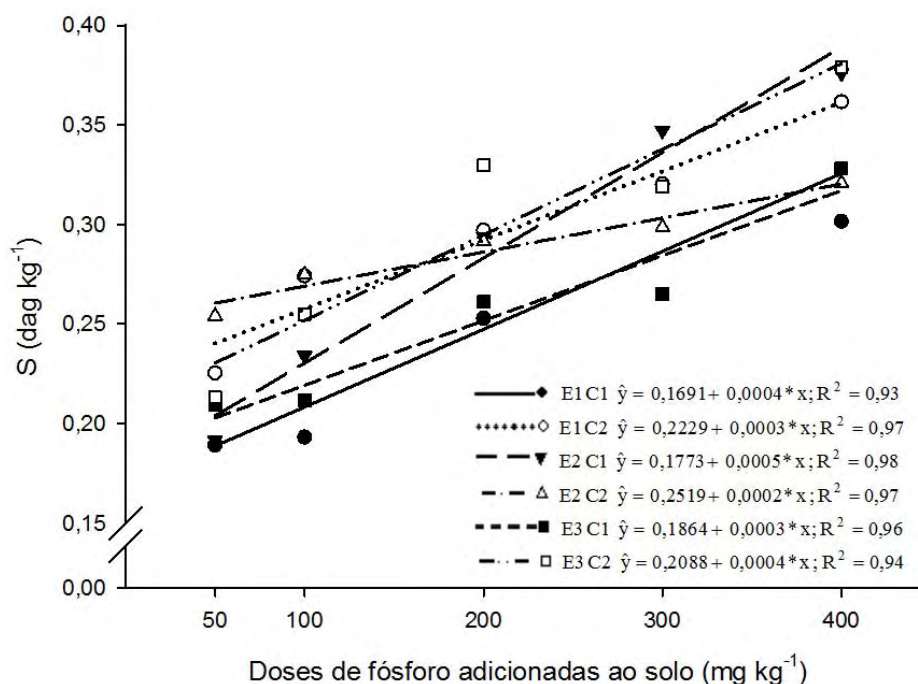
Mg (dag kg <sup>-1</sup> )	Dose			
	P4		P5	
	Recobrimento			
Época	C1	C2	C1	C2
1	0,64 Aa	0,63 Ba	0,60 Aa	0,63 Aa
2	0,70 Aa	0,63 Ba	0,62 Aa	0,66 Aa
3	0,54 Bb	0,71 Aa	0,58 Aa	0,62 Aa

C.V. = 9,29 %

P1 (50 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P2 (100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P3 (200 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P4 (300 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P5 (400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo);  
 E1 - época 1(100% da dose total em sementeira); E2 - época 2 (50 % da dose total em sementeira e mais 50% em cobertura no estágio V3); E3 - época 3(50 % da dose total em sementeira, mais 25% em cobertura no estágio V3 e mais 25% no estágio R1);  
 C1 - sem recobrimento e C2 - com recobrimento.  
 Dentro de cada dose de P as médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P < 0,05) e Tukey (P < 0,05), respectivamente.

Houve aumento linear do teor foliar de S com o aumento das doses de fósforo no solo (Figura 13). O efeito do recobrimento das sementes na dose C2 foi significativo para as menores doses de fósforo no solo. O parcelamento não foi significativo no aumento do teor de S nas folhas. (Tabela 12). O teor foliar de S ficou dentro da faixa de concentração considerada ideal, que é de 2,2 a 3,5 mg dag<sup>-1</sup> de S (Broch e Ranno, 2008).

Dentre as condições que favorecem a absorção do nutriente pela planta, podem ser citados maior teor disponível, crescimento radicular abundante, solos com menor fator capacidade de P e adequados níveis de umidade. Com relação às condições que favorecem maior fixação do P pela fração mineral do solo, podem ser citados solos intemperizados, alto teor de argilas, especialmente as ricas em Fe e Al, baixos teores iniciais do elemento no solo, solos com maior fator capacidade de P e uso de fontes mais solúveis e de granulometria reduzida (Novais e Smyth, 1999; Vance et al., 2003).



E1 - época 1; E2 - época 2; E3 - época 3; C1 - sem recobrimento; C2 - com recobrimento.  
 \*,\*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

**Figura 13** – Teor de enxofre (S) na folha índice, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

**Tabela 12** – Teor de enxofre (S) na folha índice, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

S (dag kg <sup>-1</sup> )	Dose					
	P1		P2		P3	
	Recobrimento					
Época	C1	C2	C1	C2	C1	C2
1	0,19 Aa	0,23 ABa	0,19 Bb	0,27 Aa	0,25 Bb	0,30 ABa
2	0,19 Ab	0,25 Aa	0,23 Ab	0,27 Aa	0,29 Aa	0,29 Ba
3	0,21 Aa	0,21 Ba	0,21 ABb	0,26 Aa	0,26 ABb	0,33 Aa

S (dag kg <sup>-1</sup> )	Dose			
	P4		P5	
	Recobrimento			
Época	C1	C2	C1	C2
1	0,32 Aa	0,32 Aa	0,30 Bb	0,36 Aa
2	0,35 Aa	0,30 Ab	0,38 Aa	0,32 Bb
3	0,27 Bb	0,32 Aa	0,33 Bb	0,38 Aa

C.V. = 9,69 %

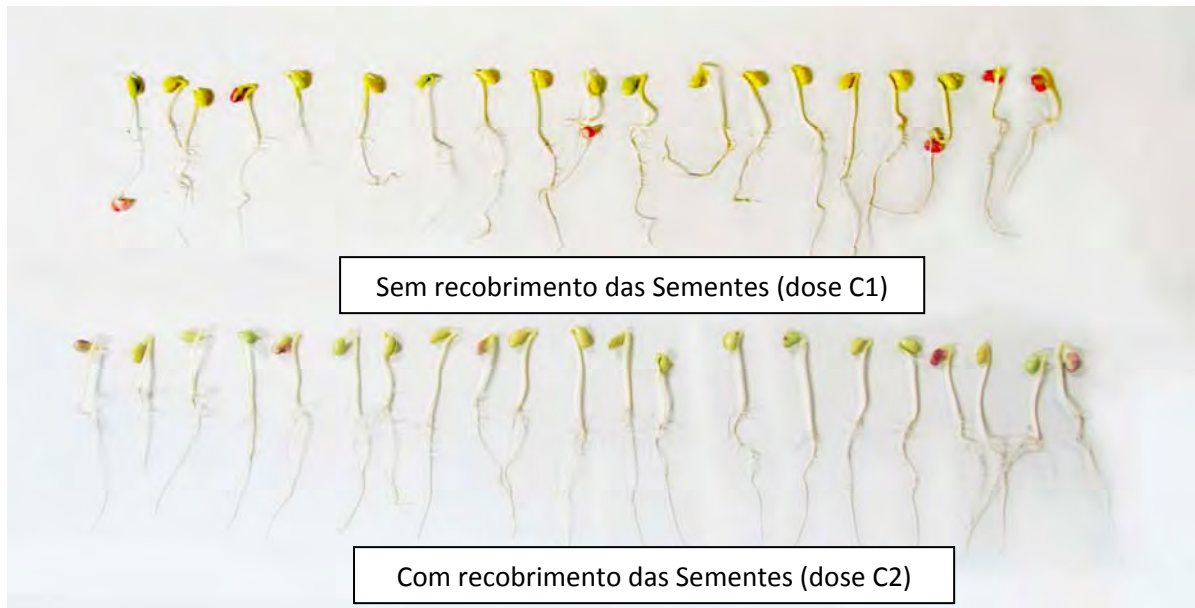
P1 (50 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P2 (100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P3 (200 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P4 (300 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P5 (400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo);

E1 - época 1(100% da dose total em semeadura); E2 - época 2 (50 % da dose total em semeadura e mais 50% em cobertura no estágio V3); E3 - época 3(50 % da dose total em semeadura, mais 25% em cobertura no estágio V3 e mais 25% no estágio R1);

C1 - sem recobrimento e C2 - com recobrimento.

Dentro de cada dose de P as médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P < 0,05) e Tukey (P < 0,05), respectivamente.

A Figura 14 mostra o efeito do recobrimento das sementes nas doses C1 e C2 no desenvolvimento inicial de plântulas de soja. Nas figuras de 15 a 20 podemos observar o experimento na casa de vegetação e o efeito dos tratamentos em função das doses de fósforo no solo. O efeito das doses de fósforo no solo, da doses do recobrimento e das épocas de parcelamento da adubação fosfatada na nodulação pode ser visualizado nas Figuras 21, 22 e 23.



**Figura 14** – Efeito do recobrimento das sementes nas doses de 0,0 (C1) e 0,7 (C2) g hg<sup>-1</sup> de fosfato de sódio nas sementes.



**Figura 15:** Visualização do experimento na casa de vegetação após o estabelecimento das plântulas de soja.



**Figura 16:** Visualização das plantas de soja entre os estádios vegetativos V3 e V4.



**Figura 17:** Visualização do experimento na casa de vegetação antes do florescimento.



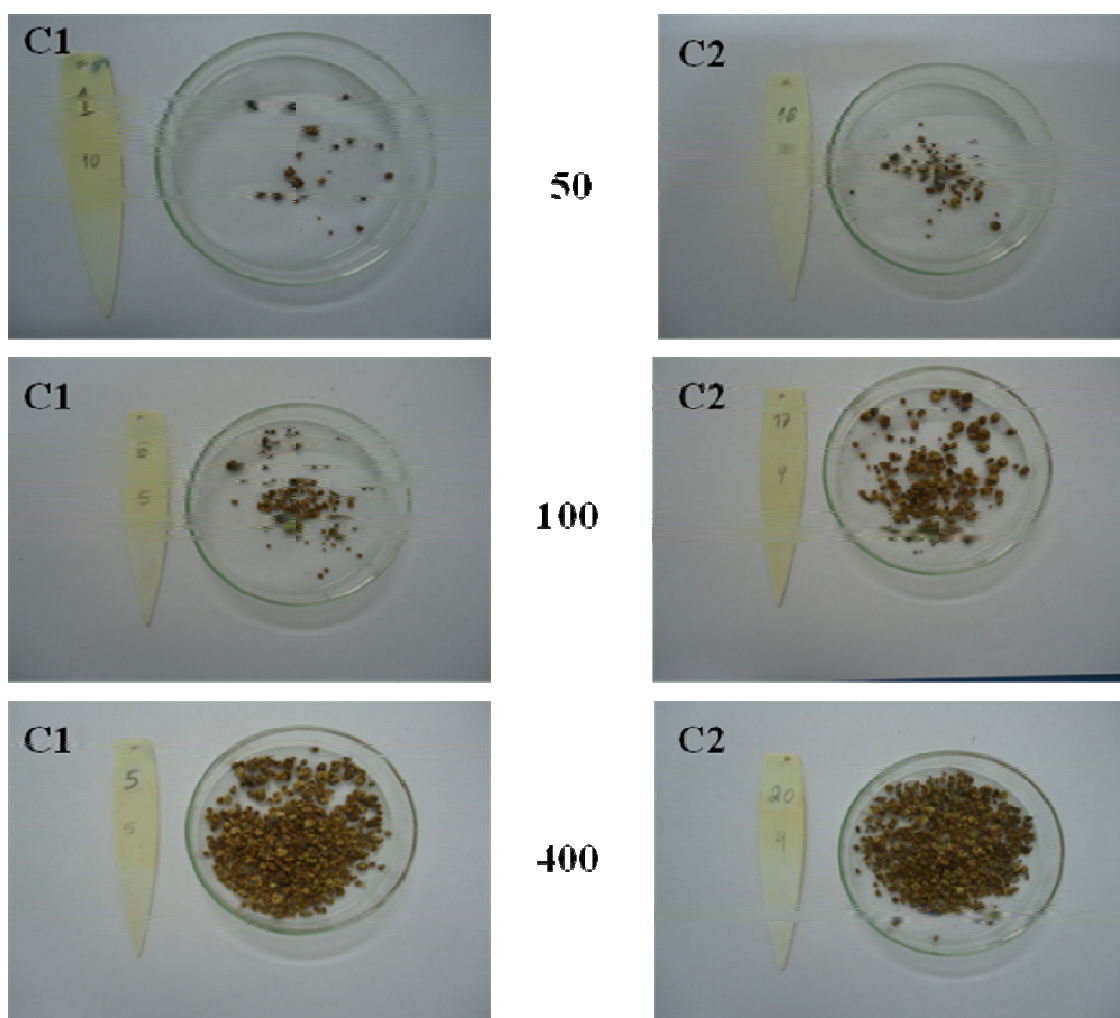
**Figura 18:** Visualização da diferença entre as plantas de soja em função dos tratamentos.



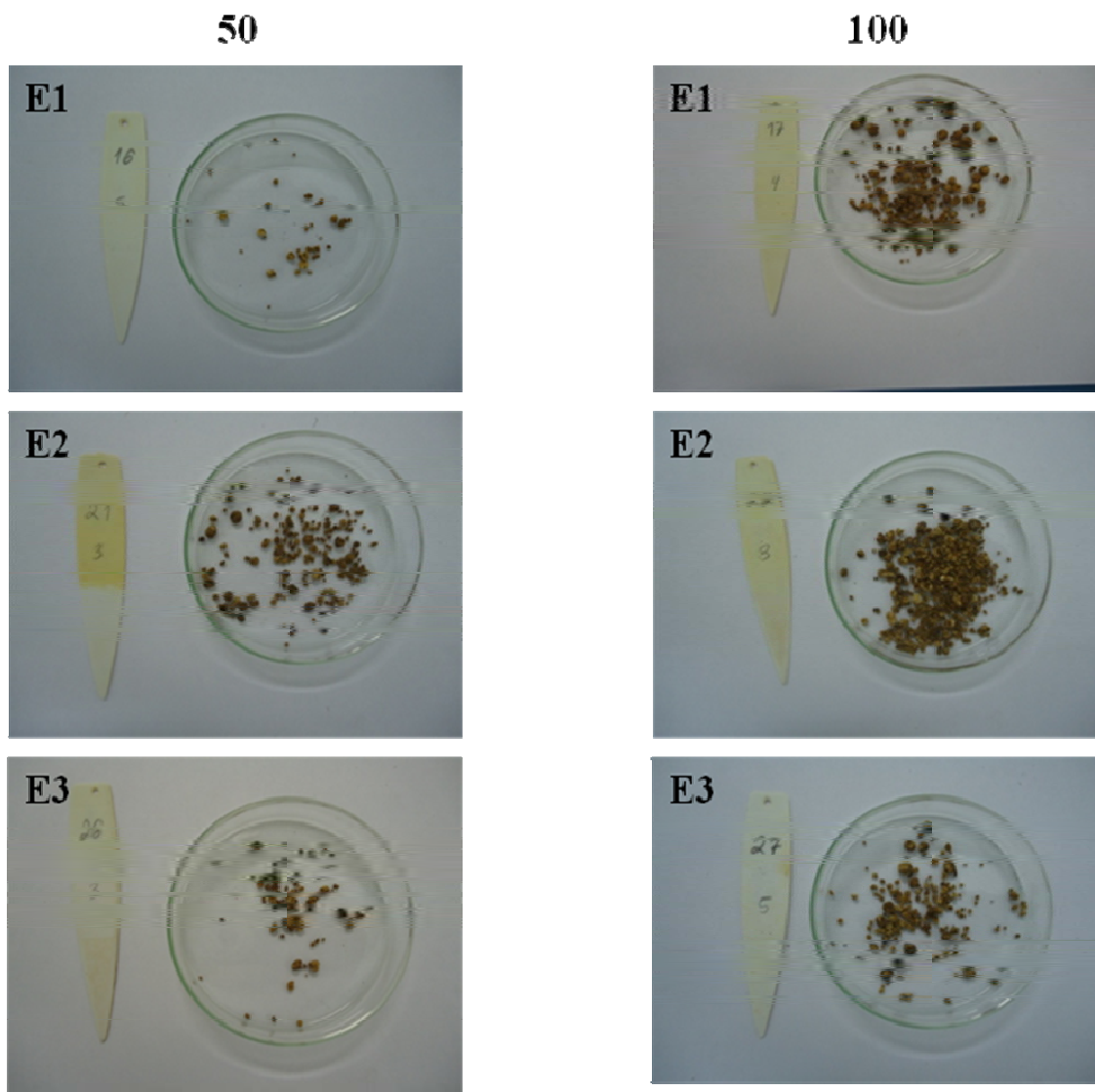
**Figura 19:** Visualização da diferença entre as doses de 50 e 400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo (da direita para a esquerda).



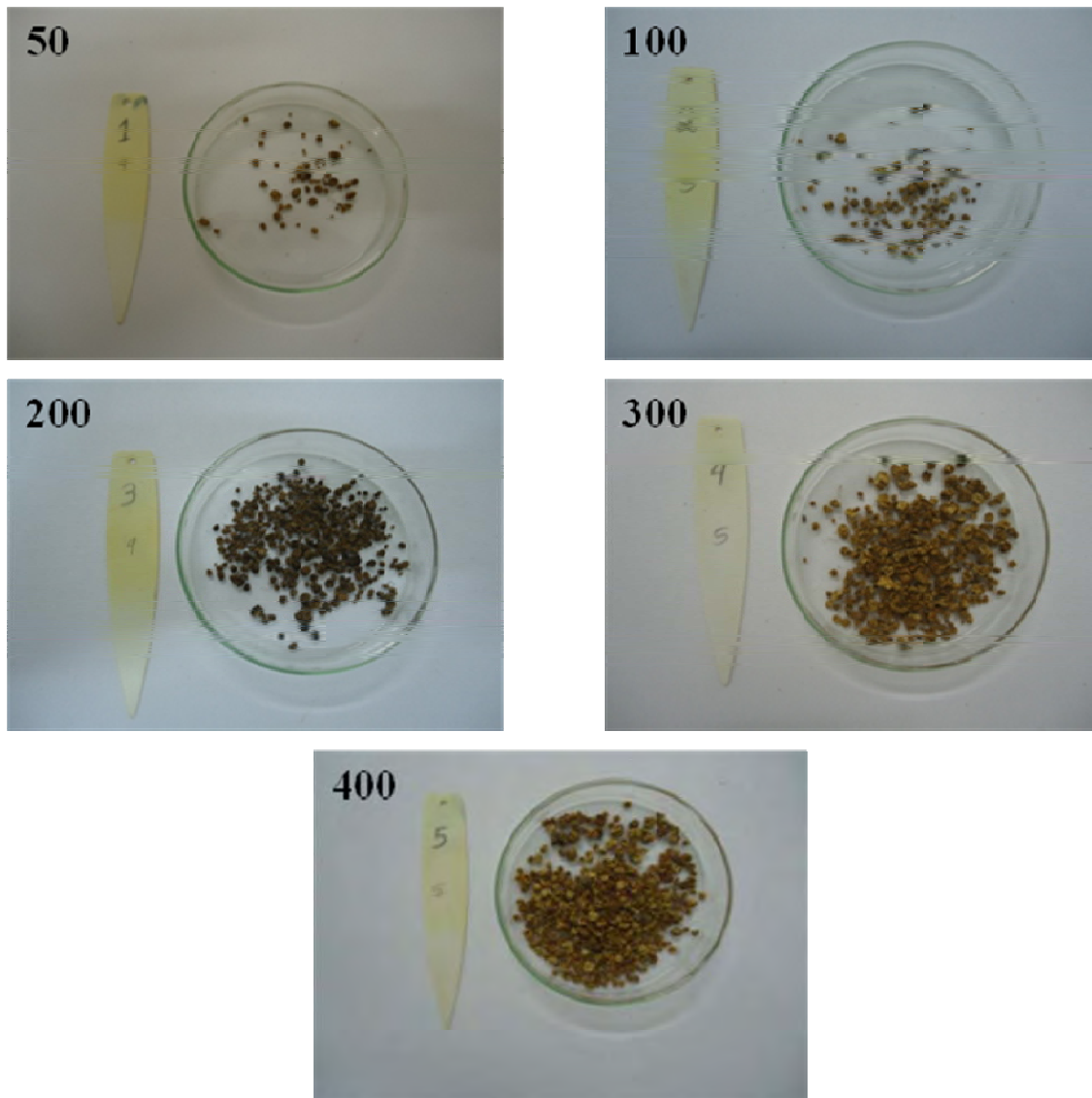
**Figura 20:** Visualização das plantas de soja em função das doses de 50, 100, 200, 300 e 400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo (da esquerda para direita).



**Figura 21:** Visualização da nodulação em função do recobrimento das sementes (C1 e C2) e das doses de 50, 100 e 400 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo no solo.



**Figura 22:** Visualização da nodulação em função das épocas de parcelamento da adubação fosfatada, nas doses de 50 e 100 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo no solo.



**Figura 23:** Visualização da nodulação em função das doses de 50, 100, 200, 300 e 400  $\text{mg kg}^{-1}$  de P no solo.

O aumento das doses de P no solo e na semente causou incrementos da quantidade de P na parte aérea, provavelmente por ter possibilitado maior translocação, fato esse observado em vários trabalhos (Silva et al., 2002). O adequado suprimento de P favorece o crescimento do sistema radicular e aumenta a quantidade do nutriente absorvido (Souza et al., 2007).

Em trabalho, no qual se estudou o desempenho de sementes de soja recobertas com fósforo em diferentes doses de P no solo, constatou-se que o recobrimento das sementes de soja com P aumentou a produtividade, dependendo das fontes e doses de P usadas, e que a dose de 21  $\text{g kg}^{-1}$  de sementes de fitina aumentou a produtividade da cultura da soja em 14 % no peso total de grãos (Peske, et al., 2009).

Plantas de feijão originadas de semente com alto teor de P produziram maior número e matéria seca de nódulos e foram menos responsivas ao suprimento de P no solo do que plantas oriundas de sementes com baixo teor de P. Isso pode ser explicado pelo fato do maior incremento de P nas sementes promover mais rápido e maior desenvolvimento do sistema radicular, o que resultou numa maior nodulação (Teixeira et al., 1999). Esse fato também foi observado em outros trabalhos (Teixeira, 1995; Araújo et al., 2002).

A aplicação parcelada do fertilizante fosfatado não aumentou a absorção de fósforo e a produtividade de algodão em caroço nos sistemas de cultivo de sequeiro ou irrigado (Aquino et al., 2011).

O incremento do rendimento em plantas provenientes de sementes com elevadas concentrações, tanto via endógena como exógena de P, seria atribuído tanto ao maior crescimento das raízes e da parte aérea, como ao favorecimento da nodulação (Thomson et al., 1992)

O recobrimento das sementes juntamente com o parcelamento da adubação fosfatada, se viável, como forma de minimizar os possíveis problemas relacionados ao nutriente P, principalmente em relação a sua adsorção nos solos cultivados com soja no Brasil, pode orientar diferentes estratégias de manejo. Assim, maiores produtividades para uma mesma dose de P ou menores doses de P para as produtividades atualmente obtidas podem ser alcançadas.

## **1.6 – CONCLUSÕES**

Houve incremento na nodulação e no crescimento das plantas de soja com o aumento das doses de fósforo no solo.

Nas menores doses de fósforo no solo, 50 e 100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo, o recobrimento das sementes com fosfato de sódio monobásico, na dose de 0,7 g hg<sup>-1</sup> de sementes, e o parcelamento da adubação fosfatada, principalmente com 50 % da dose total em semeadura e mais 50 % em cobertura no estágio V3 (época E2), aumentaram de forma significativa a nodulação, com aumento de até 188,89 %, e o crescimento das plantas.

## 1.7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J.P.F.; HARTWIG, U.A.; FREHNER, M.; NOSBERGER, J.; LUSCHER, A. Evidence that P deficiency induces N feedback regulation of symbiotic N<sub>2</sub> fixation in white clover (*Trifolium repens* L.). **Journal of Experimental Botany**, Zurich, v. 51, p. 1289-1297, 2006.

ALVES, V.M.C.; MAGALHÃES, J.V. NOVAIS, R.F.; BAHIA FILHO, A.F.C.; OLIVEIRA, C.A.; FRANÇA, C.C.M. Localização de fósforo e de nitrogênio afetando os parâmetros cinéticos de absorção de nitrogênio em milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 10, n. 3, p. 197-201, 1998.

AQUINO, L. A.; BERGER, P. G.; OLIVEIRA, R. A.; NEVES, J. C. L.; LIMA, T. C.; BATISTA, C.H. Parcelamento do fertilizante fosfatado no algodoeiro em sistema de cultivo irrigado e de sequeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 463-470, 2011.

ARAÚJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G.; LIMA, E.R. Efeitos do aumento do teor de fósforo na semente, obtido via adubação foliar, no crescimento e na nodulação do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 183-189, 2002.

BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F. Fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para feijoeiro comum irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 1, p. 69-76, 2005.

BLANCHARD, R.W.; REHM, G.; CALDWELL, A.C. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. **Proceedings-Soil Science Society of America**, v. 29, n. 1, p. 71-72, 1965.

BRAGA, G.N.M. (2012). **Interação entre nutrientes da planta**. Disponível em: <http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2012/11/interacao-entre-os-nutrientes-das.html> Acesso em 01 de dezembro de 2012.

BROCH, D.L.; RANNO, S.K. (2008). **Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura da soja**. Tecnologia e Produção: Soja e Milho 2008/2009. Disponível em: [http://www.diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7B9A4E599D-3F4F-44E5-8D02-D1A25E023F03%7D\\_02\\_fertilidade\\_do\\_solo\\_cultura\\_da\\_soja.pdf](http://www.diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7B9A4E599D-3F4F-44E5-8D02-D1A25E023F03%7D_02_fertilidade_do_solo_cultura_da_soja.pdf) Acesso em 20 de setembro de 2012.

BÜLL, L.T.; COSTA, M.C.G.; NOVELLO, A.; FERNANDES, D.M.; BÔAS, R.L.V. Doses and forms of application of phosphorus in vernalized garlic. **Scientia Agrícola**, v. 61, n. 5, p. 516-521, 2004.

DREW, M.C.; SACKER, L.R. Nutrient supply and the growth of the seminal root system in barley. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 29, p. 435-451, 1978.

FARDEAU, J.C. Dynamics of phosphate in soils. An isotopic outlook. **Journal Article**, Durance, v. 45, p. 91-100, 1996.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 35; Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 13).

LOPES, A.S. **Boletim Técnico de Pesquisa de Soja**. Rondonópolis, MT: Fundação MT, 2001. 144 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997.

MEIS, S.J.; FEHR, W.R.; SCHNEBLY, S.R. Seed source effect on field emergence of soybean lines with reduced phytate and raffinose saccharides. **Crop Science**, Ames, v. 43, p. 1336-1339, 2003.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D. & FRANÇA-NETO, J.B. (eds.). **Vigor de Sementes: Conceitos e Testes**. Londrina: ABRATES, Comitê de Vigor de Sementes, 1999. p. 2.1-2.24.

NOVAIS, R.F.; FERREIRA, R.P.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Absorção de fósforo e crescimento do milho com sistema radicular parcialmente exposto a fonte de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, p. 749-754, 1985.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. **Ensaio em ambiente protegido**. Métodos de pesquisa em fertilidade do solo (EMBRAPA), Brasília, DF, 1991, p. 189-253.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399 p.

OLIVEIRA, F.A.; CARMELLO, Q.A.C.; MASCARENHAS, H.A. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em cada de vegetação. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 2, p. 329-335, 2001.

OLIVEIRA, P.P.A.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, W.S. Eficiência da fertilização nitrogenada com ureia (<sup>15</sup>N) em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu associada ao parcelamento de superfosfato simples e cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 613-620, 2003.

PESKE, F.B.; BAUDET, L.; PESKE, S.T. Produtividade de plantas de soja provenientes de sementes tratadas com fósforo. **Revista brasileira de sementes**, v.31 n.1, p. 35-46, 2009.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; ROQUE, C.G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 83-90, 2001.

RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; ALVES, V.M.C.; MUNIZ, J.A.; CURTI, N.; LAGO, F.J. Resposta do milho a fontes e modos de aplicação de fósforo durante três cultivos sucessivos em solo da região do Cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 458-466, 2006a.

RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; ALVES, V.M.C.; MUNIZ, J.A.; CURTI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARA, D.I.; SANTOS, J.Z.L.; CARNEIRO, L.F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n. 4, p. 453-466, 2006b.

REZENDE, P.M.; GRIS, C.F.; CARVALHO, J.G.; GOMES, L.L.; BOTTINO, L. Adubação foliar. i. épocas de aplicação de fósforo na cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 1, p. 43-51, 2005.

ROLIM NETO, F.C.; SCHAEFER, C.E.G.R.; COSTA, L.M.; CORRÊA, M.M.; FERNANDES FILHO, E.I. & IBRAIMO, M.M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 953-964, 2004.

ROSOLÉM, C.A.; MACHADO, J.R.; MAIA, L.C.; NAKAGAWA, J. Respostas de soja ao magnésio do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.47-54, 1992.

ROSOLÉM, C. A.; MARCELLO, C. S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. **Scientiae Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 448-455, 1998.

SA, T.M.; ISRAEL, D.W. Energy status and functioning of phosphorus-deficient soybean nodules. **Plant Physiology**, Raleigh, v. 97, p. 928-935, 1991.

SANCHEZ, P.A. e UEHARA, G. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. In: KRASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C. & KAMPRATH, E.J., eds. The role of phosphorus in agriculture. Madison, **American Society of Agronomy**, 1980. p. 471-514.

SANYAL, S.K. e DE DATTA, S.K. Chemistry of phosphorus transformations in soil. **Advances in Soil Sciences**, v. 16, p. 1-120, 1991.

SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT User's Guide version 9.1 Cary. NC: SAS Institute, 2002. SIGMAPLOT. 2008. For windows, version 10.0. Systat Software, 2008.

SILVA, R.J.S.; VAHL, L.C. Reposta do feijoeiro a adubação fosfatada num Neossolo Litólico Distrófico da região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 2, p. 129-132, 2002.

SILVA, M.A.C. Diagnose foliar em algodão. In: PRADO, R.M.; ROZANE, D.E.; VALE, D.W.; CORREIA, M.A.R.; SOUZA, H.A. (Eds) **Nutrição de plantas: diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: FCAV, Capes/Fundunesp, p. 251-266, 2008.

SOARES, M.M. **Efeito do recobrimento de sementes com fósforo na qualidade das sementes, nodulação e crescimento das plantas de soja**. Universidade Federal de Viçosa, 2009. 71 p. (Dissertação de Mestrado).

SOUZA, F.S; FARINELLI, R. ROSOLEM, C.A. Desenvolvimento radicular do algodoeiro em resposta à localização do fertilizante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 387-392, 2007.

SPARKS, D.L. Bioavailability of soil potassium. In: SUMMER, M.E., ed. **Handbook of soil science**. Boca Raton, CRC Press, Section D, v. 48, p. 154-162, 2000.

TEIXEIRA, K.R.S.; MARIN, V.A.; BALDANI, J.I. **Nitrogenase: bioquímica do processo de FBN**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1999. 25p. (Documentos, 84).

TEIXEIRA, M.G. **Influência do conteúdo de fósforo da semente na nodulação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Seropédica: UFRRJ, 1995. 205 p. Tese de Doutorado.

THOMSON, J.R.; BELL, R.W.; BOLLAND, M.D.A. Low seed phosphorus concentration depress early growth and nodulation of narrow-leafed lupin (*Lupinus angustifolius* cv. Gungurro). **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 15, n. 8, p. 1193-1214, 1992.

TRIGO, L.F.N.; PESKE, S.T.; GASTAL, M.F.; VAHL, L.C.; TRIGO, M.F. O Efeito do conteúdo de fósforo na semente de soja sobre o rendimento da planta subsequente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 111-115, 1997.

VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G. e DOS ANJOS, L.H.C. Adsorção de fósforo em solos de argila de baixa atividade. **Bragantia**, v. 62, p. 111-118, 2003.

VANCE, C.P.; UHDE-STONE, C.; ALLEN, D.L. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, St. Paul, v. 157, p. 423-447, 2003.

ZELONKA, L.; STRAMKALE, V.; VIKMANE, M. Effect and after-effect of Barley seed coating with phosphorous on germination, photosynthetic pigments and grain yield. **Acta Universitatis Lativiensis**, Latvia, v. 691, p. 111-119, 2005.

## **2 - COMPONENTES DE RENDIMENTO DA SOJA EM FUNÇÃO DO RECOBRIMENTO DE SEMENTES E DO PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA.**

### **2.1 – RESUMO**

O parcelamento da adubação fosfatada pode contribuir para diminuir a fixação do fósforo (P) no solo. Para isso, é necessário o fornecimento de quantidade suficiente de P em sementeira para garantir o adequado desenvolvimento inicial, especialmente do sistema radicular. Existem poucos trabalhos com a avaliação do parcelamento do fertilizante fosfatado dentro do ciclo da cultura, como há para elementos mais móveis no solo. Objetivou-se avaliar o efeito da aplicação parcelada de doses de P e do recobrimento das sementes com P nos componentes de rendimento das plantas de soja e no teor de P das sementes colhidas. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Viçosa. Foi utilizado um lote de sementes da cultivar Valiosa RR, safra 2010/11. As sementes foram tratadas, na seguinte sequência: fungicida carbendazin + thiram, fosfato de sódio monobásico, nas doses de 0,0 (C1) e 0,7 (C2) g hg<sup>-1</sup> de sementes, em seguida, foi aplicado o inoculante turfoso. Após o tratamento, as sementes foram semeadas em vasos plásticos contendo 3,0 dm<sup>3</sup> de amostra de um Latossolo Vermelho Amarelo. Os tratamentos consistiram das doses de 50(P1), 100 (P2), 200 (P3), 300 (P4) e 400 (P5) mg kg<sup>-1</sup> de P no solo, aplicadas parceladamente de três formas: 100 % da dose total em sementeira (E1); 50 % da dose total em sementeira e mais 50 % em cobertura no estágio V3 (E2); 50 % da dose total em sementeira, mais 25 % em cobertura no estágio V3 e mais 25 % no estágio R1 (E3). Após o estágio R8 foram realizadas as seguintes avaliações: número de vagens por planta; número de vagens sem sementes por planta; número de sementes por vagem; número de sementes por planta; peso de cem sementes; peso total de sementes por planta e teor de P nas sementes colhidas. Nas menores doses de fósforo no solo, 50 e 100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo, o recobrimento das sementes com fosfato de sódio monobásico, na dose de 0,7 g hg<sup>-1</sup> de sementes, e o parcelamento da adubação fosfatada, principalmente com 50 % da dose total em sementeira e mais 50 % em cobertura no estágio V3 (época E2), aumentaram de forma significativa a maioria das variáveis analisadas, com aumento de até 24,90 % no peso total de sementes por planta.

Palavras-chave: produtividade, *Glycine max*, fosfato, solo.

## **2 – SOYBEAN YIELD COMPONENTS ACCORDING TO SEED COATING AND PHOSPHATE FERTILIZATION SPLIT.**

### **2.1 – ABSTRACT**

Split phosphate fertilization can contribute to decrease the fixation of phosphorus (P) in the soil. For this, it is necessary to supply sufficient amount of P in sowing to ensure proper early development, especially of the root system. There are few studies that evaluate the splitting of phosphate fertilizer in the crop cycle, as there is for most mobile elements in the soil. The objective of this study was to evaluate the effect of split application of P and seed coating with P on the yield components of soybean plants and P content in the harvested seeds. The experiment was conducted in a greenhouse at the Federal University of Viçosa. A lot with cultivar Valiosa RR seeds, 2010/11 crop was used. The seeds were treated in the following sequence: carbendazin + thiram fungicide, monobasic sodium phosphate, at doses of 0.0 (C1) and 0.7 (C2) g hg<sup>-1</sup> of seeds followed by peat inoculant application. After treatment, the seeds were sown in plastic pots containing 3.0 dm<sup>3</sup> sample of a Red Yellow latosol. Treatments consisted of doses of 50 (P1), 100 (P2), 200 (P3), 300 (P4) and 400 (P5) mg kg<sup>-1</sup> of P in the soil, in a split application at three forms: 100% of the total dose in sowing (E1), 50% of the total dose in sowing and 50% as topdressing fertilization in the V3 stage (E2), 50% of the total dose at sowing, 25% at topdressing fertilization in the V3 and 25% in the R1 stage (E3). After the R8 stage, the following evaluations were carried out: number of pods per plant, number of pods without seeds per plant, number of seeds per pod, number of seeds per plant, one hundred seed weight, total weight of seeds per plant and P content in the harvested seeds. At lower doses of phosphorus in the soil, 50 and 100 mg kg<sup>-1</sup> soil P, the coating of the seeds with monobasic sodium phosphate at a dose of 0.7 g hg<sup>-1</sup> seed, and the splitting of the phosphate fertilization, especially with 50% of the total dose in sowing and 50% at topdressing in the V3 (season E2), increased significantly most of the variables analyzed, with an increase of up to 24.90% at the total weight of seeds per plant.

Key-words: yield, topdressing, phosphate, soil.

## 2.3 – INTRODUÇÃO

Existem vários aspectos relacionados ao nutriente P, no que se refere à sua retenção e disponibilidade nos solos, como também ao alto custo dos fertilizantes fosfatados, que podem se constituir em problemas.

A formação de P não-lábil é muito rápida e de reversibilidade pequena ou inexistente no curto prazo (Novais e Smyth, 1999). Gonçalves et al. (1985) aplicaram  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  em solos de diferentes classes e texturas, pobres em P. Demonstraram que, em média, após 192 h de contato do P com o solo, mais de 90 % do P aplicado foi adsorvido.

Alguns latossolos do cerrado podem adsorver mais de  $2 \text{ g dm}^{-3}$  de P (Ker, 1996), valor que equivale a  $4000 \text{ kg ha}^{-1}$  de P, incorporado de 0 a 20 cm de profundidade. Um ano após a aplicação de superfosfato simples, em quatro solos, 58 % do fósforo aplicado encontrava-se disponível, 38 % depois de dois anos e 20 % depois de três anos (Devine et al., 1968). O fósforo torna-se indisponível pela rápida formação de complexos insolúveis com cátions, especialmente alumínio e ferro em condições ácidas (Vance et al., 2003). A forte ligação do P com o solo reduz sua disponibilidade para as plantas (Stefanutti et al., 1995; Novais e Smyth, 1999).

Para reduzir a porção da dose de P aplicada que é fixada, uma das opções é aumentar a concentração do nutriente num determinado volume de solo (localização). Assim, reduz-se o volume total de solo fertilizado em contato com o P aplicado (Prado et al., 2001; Bull et al., 2004). Entretanto, a localização pode reduzir o crescimento do sistema radicular e causar deficiência de elementos como Fe e Cu (Novais et al., 1985) e de N, que tem a absorção dependente da disponibilidade de P (Alves et al., 1998). A eficiência da localização no aumento da eficiência de absorção depende do teor de P do solo e do fator capacidade de P. Para solos com alta disponibilidade de P, a localização tem menor efeito no aumento da eficiência de absorção, em comparação aos solos com baixa disponibilidade (Bull et al., 2004).

O parcelamento da fertilização de um nutriente visa a sincronizar a disponibilidade de nutrientes no solo com a fase de maior demanda. O não parcelamento, em algumas situações, poderia promover aumento das quantidades de N e K na solução do solo, propensas aos processos de perda (lixiviação, volatilização ou desnitrificação).

O parcelamento da adubação fosfatada pode contribuir para diminuir a fixação do P ao solo. Para isso, é necessário o fornecimento de quantidade suficiente de P em semeadura para garantir o adequado desenvolvimento inicial, especialmente do sistema radicular (Souza et al.,

2007). O restante da dose poderia ser aplicado posteriormente, em momento compatível com o desenvolvimento do sistema radicular, o que poderia reduzir a quantidade de P fixada pelo solo. O parcelamento do P, ao diminuir o tempo de contato da fonte fosfatada com o solo, poderá contribuir para a maior recuperação do P aplicado.

A aplicação de fertilizantes fosfatados de forma localizada, apresenta inúmeras vantagens: fonte inicial de fósforo para a plântula de soja em desenvolvimento; menor contato do fósforo com o solo, associado à utilização mais rápida pela plântula de soja, o que irá resultar em menor retenção do fósforo aos colóides do solo; coloca o fósforo em posição disponível para o sistema radicular ainda reduzido das plântulas em início de desenvolvimento; aumenta a possibilidade de formar um estande mais uniforme e vigoroso; reduz o tempo para absorção dos fertilizantes aplicados no momento da semeadura e da reserva do solo em função de promover uma mais rápida formação inicial do sistema radicular (Lopes et al., 2001).

O aumento da concentração de P na semente de soja (de 0,58 % para 1,10 %) propiciou aumento de rendimento de aproximadamente 37 %, em solo com adubação de fósforo, e de 20 % em solo sem adubação de fósforo (Trigo et al., 1997). O mesmo também foi observado em sementes de aveia, de ervilha e de tomate (George et al., 1978).

O desempenho de sementes de soja recobertas com P em diferentes doses de P no solo. Constatou-se que o recobrimento das sementes de soja com P aumentou a produtividade, dependendo das fontes e doses de P usadas, e que a dose de 21 g kg<sup>-1</sup> de fitina nas sementes aumentou a produtividade da cultura da soja em 14 % no peso total de grãos (Peske et al., 2009).

Resende et al. (2005), verificaram que a aplicação do fósforo via foliar em diferentes épocas alteraram significativamente o rendimento de grãos de soja, proporcionando aumentos significativos de até 16 % para as épocas V5, V5 + R1, V5 + R4, V5 + R1 + R4, V5 + R1 + R4 + R6, quando comparados a testemunha, expressando claramente o efeito positivo dessas aplicações na época V5. No entanto, Aquino et al. (2011), constataram que a aplicação parcelada do fertilizante fosfatado não aumentou a absorção de fósforo e a produtividade de algodão em caroço nos sistemas de cultivo de sequeiro ou irrigado.

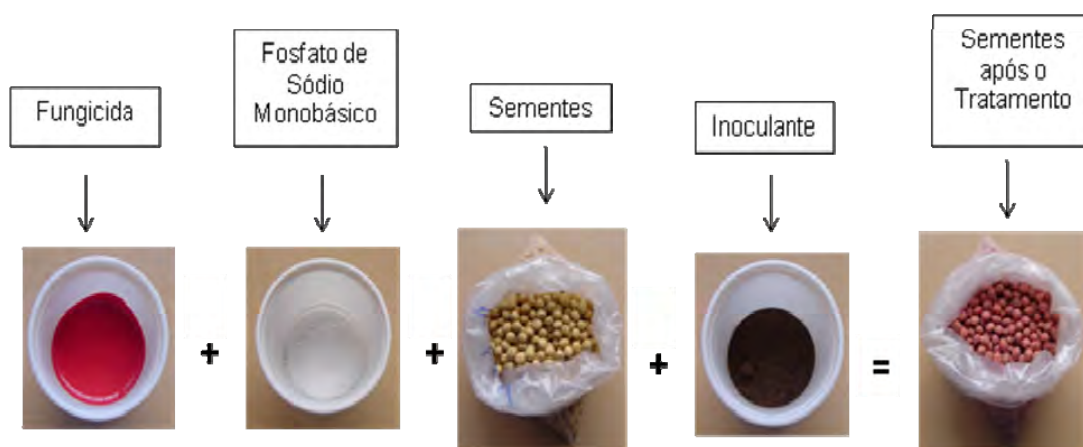
Diversos trabalhos realizados por safras consecutivas, em que se avaliou a aplicação em dose única ou parcelada, indicam que a aplicação parcelada proporciona melhores resultados (Silva et al., 1990; Oliveira et al., 2003; Resende et al., 2006a; 2006b). Todavia, existem poucos trabalhos com a avaliação do parcelamento do fertilizante fosfatado dentro de um ciclo da cultura, como há para elementos mais móveis no solo como o N e o K (Barbosa

Filho et al., 2005). Com isso, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação parcelada de doses de P e do recobrimento das sementes com P nos componentes de rendimento das plantas de soja e no teor de P das sementes colhidas.

## 2.4 – MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Viçosa. Foi utilizado um lote de sementes da cultivar Valiosa RR, safra 2010/11, obtido junto à Fazenda Lagoa das Pedras – Município de Cabeceiras-GO.

As sementes foram tratadas, na seguinte sequência (Figura 1): fungicida carbendazin + thiram na dose de 200 ml  $100 \text{ kg}^{-1}$  de sementes; recobrimento das sementes com fosfato de sódio monobásico (sal p.a.), nas doses de 0,0 (C1) e 0,7 (C2)  $\text{g hg}^{-1}$  de sementes, cada dose foi diluída em dois mililitros de água deionizada e aplicada às sementes, depois que estas estavam secas foi aplicado o inoculante turfoso Microxisto na dose de 3,0 milhões de células da bactéria *Bradyrhizobium japonicum* por semente, através de uma solução com água açucarada a 10 %, de forma a melhorar a aderência da bactéria às sementes, depois elas foram secas à sombra. Após o tratamento, as sementes foram semeadas em vasos plásticos contendo  $3,0 \text{ dm}^3$  de amostra de um Latossolo Vermelho Amarelo.



**FIGURA 1** - Sequência do tratamento das sementes.

Antes da semeadura nos vasos, foi realizada uma análise química e física (Tabela 1) do solo 40 dias antes da instalação do experimento, no Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. A adubação com fósforo, potássio e micronutrientes foi realizada segundo Novais et al. (1991), em função da análise de solo.

Particularmente, no caso da adubação com fósforo foram utilizadas cinco doses, de 50 (P1), 100 (P2), 200 (P3), 300 (P4) e 400 (P5) mg kg<sup>-1</sup> de P no solo, visando obter diferentes níveis de disponibilidade de P, ou seja, os testes foram realizados em solos com diferentes adubações de fósforo, sendo utilizada como fonte o superfosfato triplo. A aplicação de cada dose de fósforo foi realizada da seguinte maneira: 100 % da dose total em semeadura (época 1 - E1); 50 % da dose total em semeadura e mais 50 % em cobertura no estágio V3 (segunda folha trifoliolada completamente desenvolvida) (época 2 - E2); 50 % da dose total em semeadura, mais 25 % em cobertura no estágio V3 e mais 25 % no estágio R1 (início do florescimento) (época 3 - E3). A cobertura foi realizada via dois sulcos de 0,5 cm de profundidade, como mostra a Figura 2.

**Tabela 1** - Características físico-químicas do solo Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado no experimento, antes da correção com calagem e da adubação. Viçosa, Minas Gerais, 2011.

<b>Análise Granulométrica (dag kg<sup>-1</sup>)</b>											
Argila	Silte	Areia fina	Areia grossa	Classe Textural							
49	10	19	22	Argilosa							
<b>Análise Química</b>											
pH	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	T	V	m	MO	P-rem
H <sub>2</sub> O	-- mg dm <sup>-3</sup> --		-----	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				--- % ---		dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>
5,67	3,2	54	2,2	0,7	0,5	9,41	12,45	24	14	5,1	22,6

Análises realizadas nos Laboratórios de Análises Físicas e Químicas de Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

pH em água, KCl e CaCl<sub>2</sub> - Relação 1:2,5.

P - K - Extrator Mehlich 1.

Ca - Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol l<sup>-1</sup>.

H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> - pH 7,0.

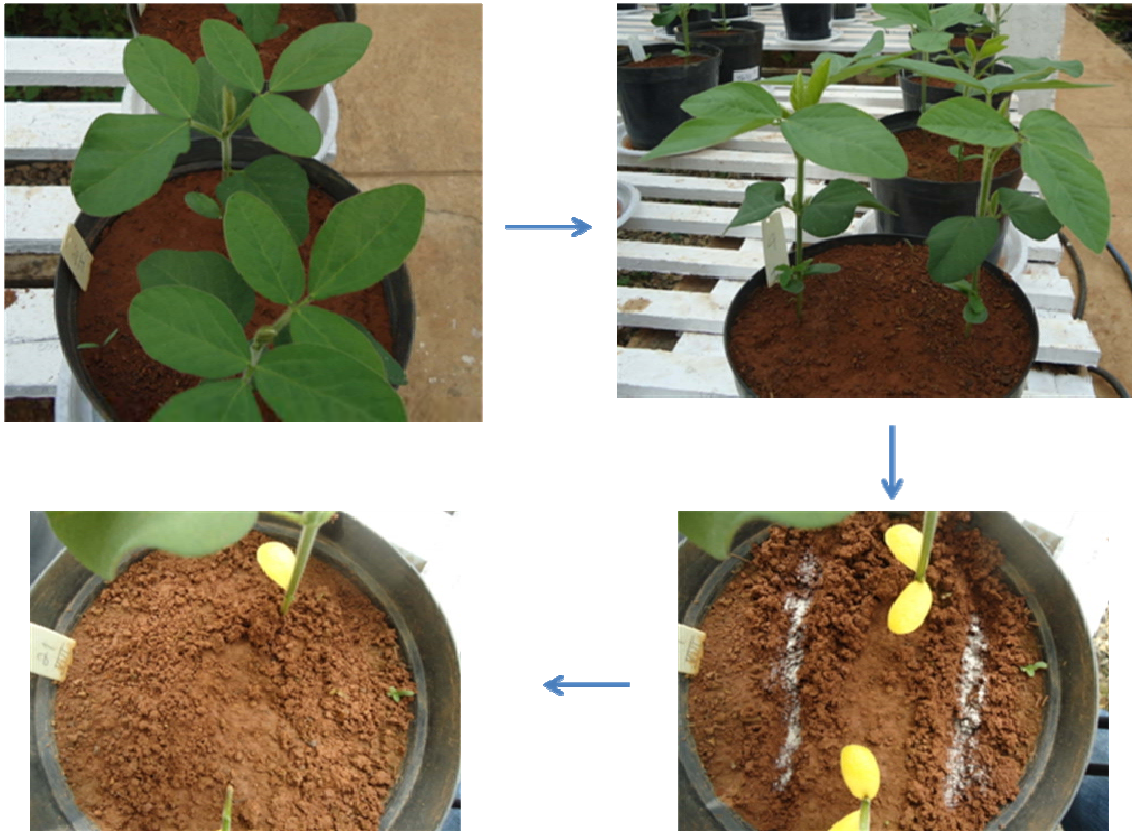
CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0.

V = Índice de Saturação de Bases.

m = Índice de Saturação de alumínio.

Matéria Orgânica (MO) = C. Org. x 1,724 - Walkley-BlacK.

P-rem = Fósforo Remanescente.



**Figura 2:** Visualização da adubação em cobertura no estágio V3.

A adubação com enxofre e micronutrientes foi realizada em cobertura, aos 15 dias após a emergência (DAE) das plântulas.

A semeadura foi realizada em março de 2011. Foram semeadas quatro sementes em cada vaso, para cada tratamento, na profundidade de três centímetros, das quais, uma vez emergidas, deixou-se as duas plantas mais vigorosas. A colheita foi realizada na primeira quinzena de agosto de 2011. O experimento foi conduzido fora da época ideal de cultivo da cultura, com isso, foi realizada uma complementação do fotoperíodo, com a utilização de iluminação artificial até 45 DAE, no período entre 17h45 às 19h45, em seguida, foi retirada a luz artificial para que ocorresse a indução ao florescimento.

As avaliações foram realizadas no estágio fenológico R2 (floração plena) e R3 (início da formação da vagem).

A irrigação foi realizada com água deionizada de modo a manter o teor de água no solo com 66 % da capacidade de campo.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições, segundo esquema de fatorial 2x3x5, que se refere as duas doses de fósforo utilizadas no recobrimento das sementes, as três épocas de aplicação de fósforo em cobertura:

zero; 50 % em V3; 25 % em V3 mais 25 % em R1 e as cinco doses de fósforo adicionadas no solo, o que resultou em 30 tratamentos.

### **Quinze dias após o estágio R8, foram realizadas as seguintes avaliações:**

**Componentes de rendimento** – número de vagens por planta; número de vagens sem sementes por planta; número de sementes por vagem; número de sementes por planta; peso de cem sementes; peso total de sementes por planta, obtendo-se dessa forma a produtividade em cada tratamento. Para o cálculo da produtividade, a umidade das sementes foi determinada por meio do método padrão de estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  durante 24 horas (Brasil, 2009) e corrigida para 14 %.

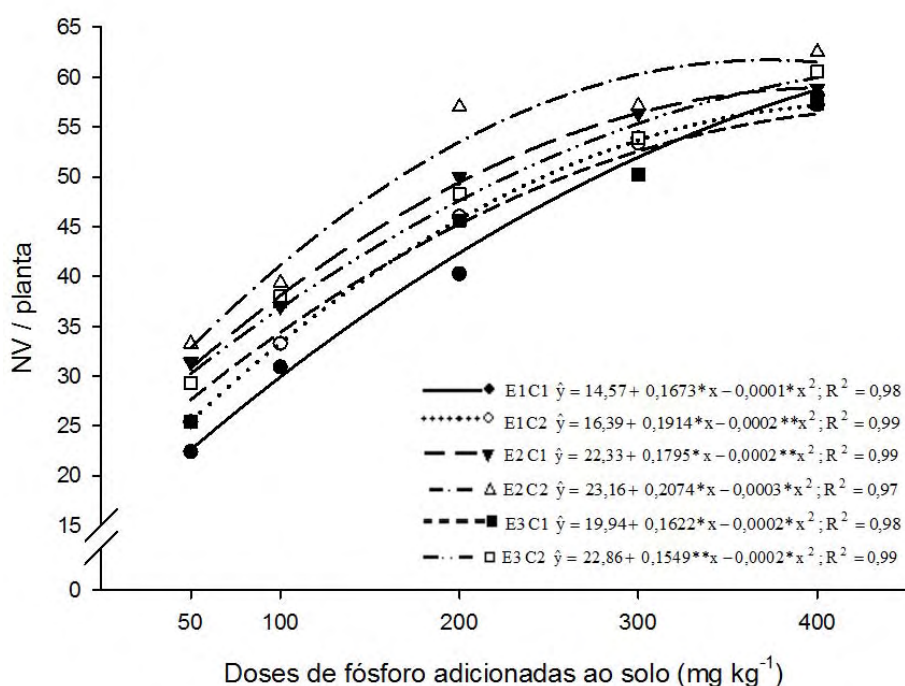
**Análise de fósforo nas sementes** - foi determinada por meio da digestão nitroperclórica e posterior determinação no extrato, onde o fósforo foi determinado por colorimetria (Malavolta et al., 1997).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos fatores qualitativos foram comparadas utilizando-se o teste F ( $p < 0,05$ ) para as doses do recobrimento, e o teste Tukey ( $p < 0,05$ ) para as épocas do parcelamento. Para a comparação das doses de P no solo foi realizada a análise de regressão. A análise estatística foi realizada no programa SAS (2002) e os gráficos das equações de regressão foram feitos no programa SigmaPlot 10.0 (2008).

## **2.5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise estatística dos dados mostrou que não houve interação significativa entre as doses de fósforo no solo, as épocas de parcelamento da adubação fosfatada e as doses de fósforo utilizadas no recobrimento das sementes, para todas as características avaliadas.

Ocorreu um incremento no número de vagens (NV) por planta à medida em que se aumentou a dose fósforo no solo (Figura 3). Não houve aumento do NV em função das doses de recobrimento das sementes. O parcelamento da adubação fosfatada na época E2, principalmente, e E3 promoveu um aumento no NV para as doses P1, P2 e P3 de fósforo no solo (Tabela 2). Segundo Ventimiglia et al. (1999), a deficiência de P no solo pode se manifestar na formação de menor quantidade e maior aborto de vagens, o que resulta na diminuição do potencial de rendimento e do rendimento real.



E1 - época 1; E2 - época 2; E3 - época 3; C1 - sem recobrimento; C2 - com recobrimento.  
 \*,\*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

**Figura 3** – Número de vagens (NV) por planta, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

**Tabela 2** – Número de vagens (NV) por planta, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

NV	Dose					
	P1		P2		P3	
Época	Recobrimento					
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
1	22,37 Ba	25,37 Ba	30,87 Ba	33,25 Ba	40,25 Bb	46,24 Ba
2	31,37 Aa	33,24 Aa	37,25 Aa	39,36 Aa	50,00 Ab	57,00 Aa
3	25,37 Ba	29,25 ABa	37,50 Aa	38,00 ABa	45,62 ABa	48,25 Ba

NV	Dose			
	P4		P5	
Época	Recobrimento			
	C1	C2	C1	C2
1	53,87 ABa	53,37 Aa	58,13 Aa	57,25 Ba
2	56,37 Aa	57,12 Aa	58,87 Aa	62,50 Aa
3	50,25 Ba	53,88 Aa	57,38 Aa	60,57 ABa

C.V. = 7,64 %

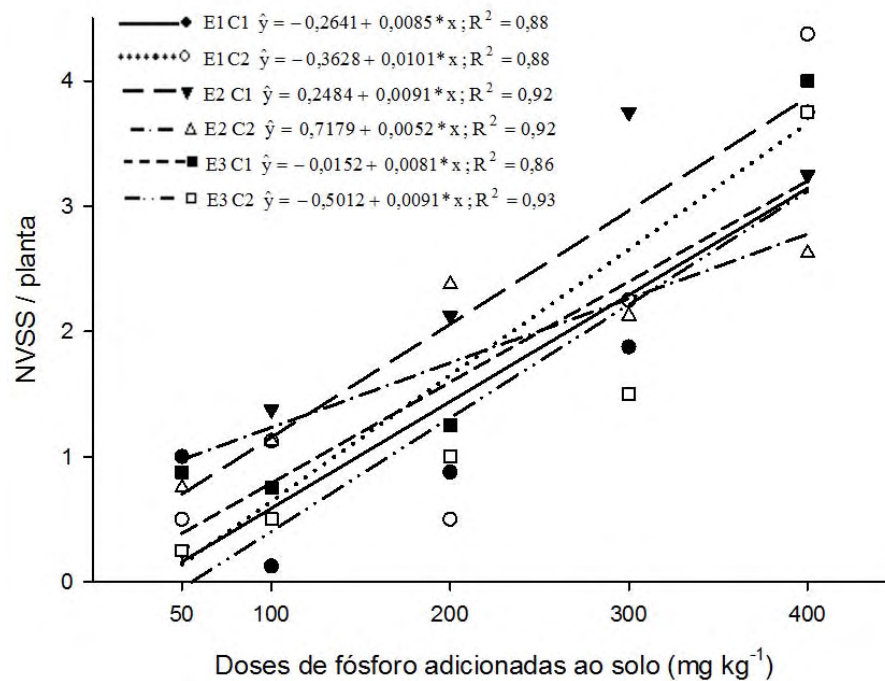
P1 (50 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P2 (100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P3 (200 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P4 (300 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P5 (400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo);

E1 - época 1(100% da dose total em semeadura); E2 - época 2 (50 % da dose total em semeadura e mais 50% em cobertura no estágio V3); E3 - época 3 (50 % da dose total em semeadura, mais 25% em cobertura no estágio V3 e mais 25% no estágio R1);

C1 - sem recobrimento e C2 - com recobrimento.

Dentro de cada dose de P as médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F ( $P < 0,05$ ) e Tukey ( $P < 0,05$ ), respectivamente.

A variável número de vagens sem sementes (NVSS) aumentou de forma linear em função do aumento das doses de fósforo no solo (Figura 4). Não houve efeito das doses de recobrimento no NVSS. O parcelamento nas menores doses de fósforo no solo não aumentou a variável analisada (Tabela 3). A soja, assim como outras leguminosas, tem o potencial de produzir grande número de flores, dentre as quais a maioria não chega a transformar-se em vagens. Estas por sua vez, podem não alcançar a colheita, em virtude da ocorrência de aborto, que ocorre nos estádios iniciais de desenvolvimento. Segundo Marchezan (1982), um grande número de fatores participam e interagem para determinar o rendimento da cultura da soja, dentre os quais cabem ser destacados, os climáticos e os de manejo da cultura. No caso da soja, mesmo nas melhores condições de cultivo ocorre aborto de flores e de vagens. Em alta disponibilidade de nutrientes no solo maior pode ser a produção de flores e vagens, e consequentemente o aborto dessas estruturas reprodutivas.



E1 - época 1; E2 - época 2; E3 - época 3; C1 - sem recobrimento; C2 - com recobrimento.  
 \*,\*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

**Figura 4** – Número de vagens sem sementes (NVSS) por planta, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

**Tabela 3** – Número de vagens sem sementes (NVSS) por planta, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

NVSS	Dose					
	P1		P2		P3	
Época	Recobrimento					
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
1	1,00 Aa	0,50 Aa	0,13 Aa	1,13 Aa	0,88 Aa	0,50 Ba
2	0,25 Aa	0,75 Aa	1,38 Aa	1,13 Aa	2,13 Aa	2,38 Aa
3	0,88 Aa	0,25 Aa	0,75 Aa	0,50 Aa	1,25 Aa	1,00 ABa

NVSS	Dose			
	P4		P5	
Época	Recobrimento			
	C1	C2	C1	C2
1	1,88 Ba	2,25 Aa	3,75 Aa	4,30 Aa
2	3,75 Aa	2,13 Aa	3,25 Aa	2,63 Ba
3	1,50 Aa	1,50 Aa	4,00 Aa	3,75 ABa

C.V. = 48,85 %

P1 (50 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P2 (100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P3 (200 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo);

P4 (300 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P5 (400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo);

E1 - época 1(100% da dose total em semeadura); E2 - época 2 (50 % da dose total em

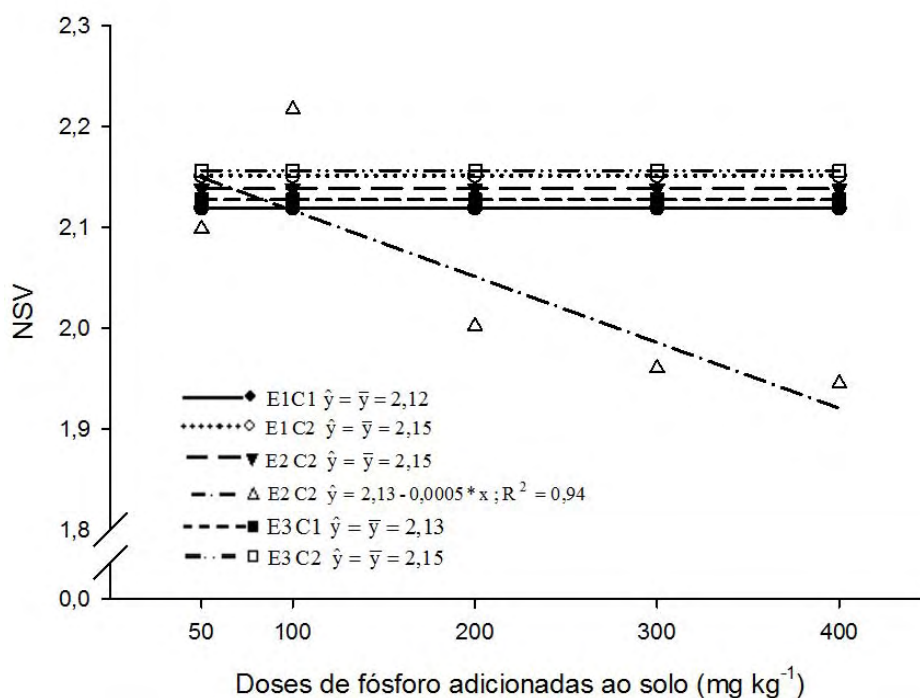
semeadura e mais 50% em cobertura no estádio V3); E3 - época 3 (50 % da dose total em

semeadura, mais 25% em cobertura no estádio V3 e mais 25% no estádio R1);

C1 - sem recobrimento e C2 - com recobrimento.

Dentro de cada dose de P as médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P < 0,05) e Tukey (P < 0,05), respectivamente.

Para o número de sementes por vagem (NSV), houve efeito das doses de P no solo apenas na época E2 de parcelamento da adubação fosfatada na dose C2 de recobrimento das sementes, com uma redução no NSV (Figura 5). Não houve efeito do recobrimento das sementes e do parcelamento da adubação fosfatada no NSV (Tabela 4). Segundo Rosolém e Bastos (1997) o P é importante para o pegamento e desenvolvimento da parte reprodutiva da planta. Deuloche (1982) explica que dentro de certos limites, as plantas têm capacidade de compensar na produtividade e na produção as deficiências do ambiente, reduzindo a quantidade e não a qualidade de sementes. Geralmente, em condições de baixa disponibilidade de P o número de sementes por vagem e o peso das sementes não são reduzidos, ao contrário do que ocorre que o número de vagens, pois as plantas respondem à deficiência de P por adaptações que maximizam a probabilidade de produzir sementes viáveis (Grant et al., 2001).



E1 - época 1; E2 - época 2; E3 - época 3; C1 - sem recobrimento; C2 - com recobrimento.  
 \*,\*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

**Figura 5** – Número de sementes por vagem (NSV) por planta, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

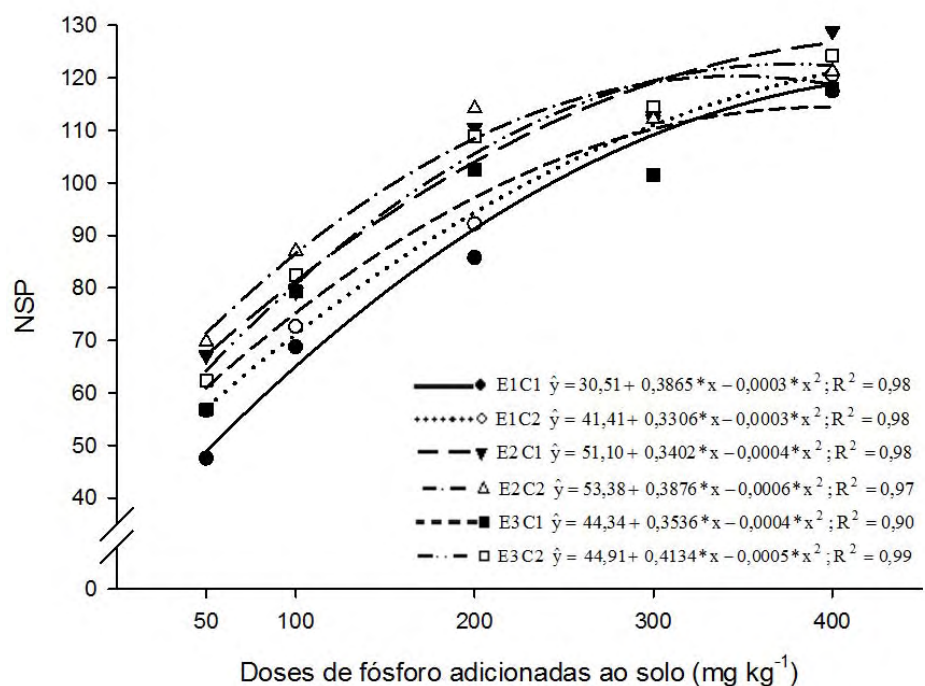
**Tabela 4** – Número de sementes por vagem (NSV) por planta, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

NSV	Dose					
	P1		P2		P3	
Época	Recobrimento					
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
1	2,13 Aa	2,23 Aa	2,22 Aa	2,20 Aa	2,12 Aa	2,03 Ba
2	2,14 Aa	2,10 Aa	2,15 Aa	2,22 Aa	2,21 Aa	2,00 Ba
3	2,24 Aa	2,13 Aa	2,12 Aa	2,17A a	2,25 Aa	2,29 Aa
NSV	Dose					
	P4		P5			
Época	Recobrimento					
	C1	C2	C1	C2		
1	2,11 Aa	2,12 Aa	2,02 Aa	2,11 Aa		
2	2,00 Aa	1,96 Aa	2,20 Aa	1,94 Ab		
3	2,02 Aa	2,13 Aa	2,06 Aa	2,05 Aa		

C.V. = 6,89 %

P1 (50 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P2 (100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P3 (200 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P4 (300 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P5 (400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo);  
 E1 - época 1(100% da dose total em sementeira); E2 - época 2 (50 % da dose total em sementeira e mais 50% em cobertura no estágio V3); E3 - época 3 (50 % da dose total em sementeira, mais 25% em cobertura no estágio V3 e mais 25% no estágio R1);  
 C1 - sem recobrimento e C2 - com recobrimento.  
 Dentro de cada dose de P as médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P < 0,05) e Tukey (P < 0,05), respectivamente.

Não houve efeito do recobrimento das sementes no número de sementes por planta (NSP). O parcelamento na época E2 foi significativo nas doses de P1, P2 e P3 de fósforo no solo, tanto para a condição de sementes sem e com recobrimento (Tabela 5). Também, foi observado um aumento do NSP com o incremento de fósforo no solo (Figura 6). Peske et al. (2009) encontraram aumento do número de sementes por planta com o incremento de P no solo e com o recobrimento das sementes, utilizando como fonte de P a fitina.



E1 - época 1; E2 - época 2; E3 - época 3; C1 - sem recobrimento; C2 - com recobrimento.  
 \*,\*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

**Figura 6** – Número de sementes por planta (NSP), em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

**Tabela 5** – Número de sementes por planta (NSP), em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

NSP	Dose					
	P1		P2		P3	
Época	Recobrimento					
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
1	47,50 Ba	56,63 Ba	68,75 Ba	72,63 Ba	85,75 Ba	92,19 Ba
2	67,13 Aa	69,75 Aa	79,25 Aa	87,00 Aa	110,50 Aa	114,13 Aa
3	56,87 ABa	62,25 ABa	79,38 Aa	82,50 ABa	102,50 Aa	108,88 Aa

NSP	Dose			
	P4		P5	
Época	Recobrimento			
	C1	C2	C1	C2
1	113,50 Aa	112,75 Aa	117,50 Ba	120,50 Aa
2	112,63 Aa	112,13 Aa	128,88 Aa	121,50 Aa
3	101,50 Bb	114,50 Aa	117,88 Ba	124, 25 Aa

C.V. = 8,07 %

P1 (50 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P2 (100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P3 (200 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P4 (300 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P5 (400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo);

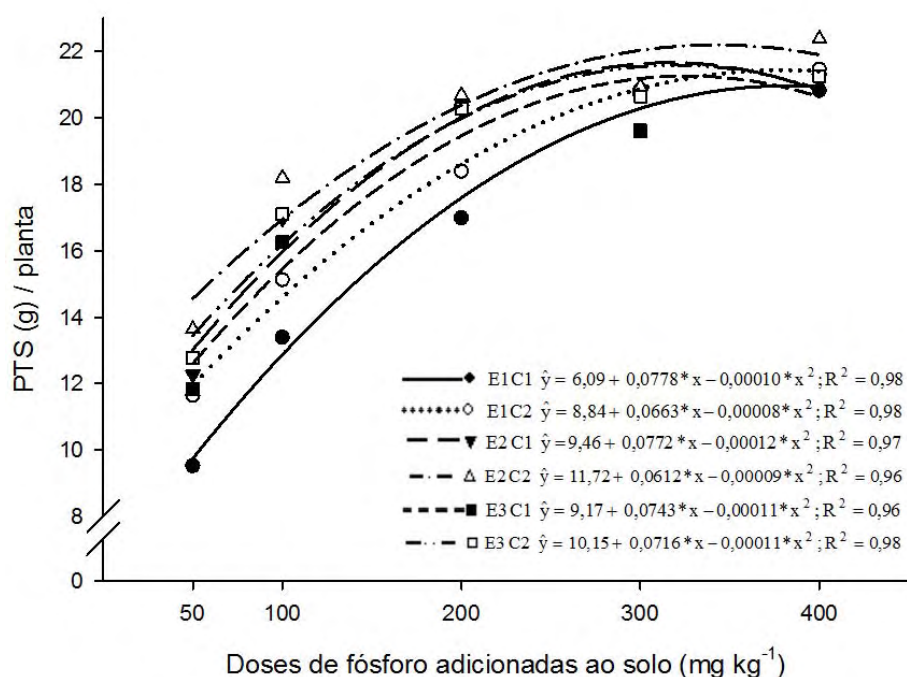
E1 - época 1(100% da dose total em sementeira); E2 - época 2 (50 % da dose total em sementeira e mais 50% em cobertura no estágio V3); E3 - época 3 (50 % da dose total em sementeira, mais 25% em cobertura no estágio V3 e mais 25% no estágio R1);

C1 - sem recobrimento e C2 - com recobrimento.

Dentro de cada dose de P as médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P < 0,05) e Tukey (P < 0,05), respectivamente.

Ocorreu um incremento no peso total de sementes (PTS) na medida em que se aumentou a dose fósforo no solo (Figura 7). Houve efeito significativo do recobrimento na dose P1 e P2 para as épocas E1 e E2, com um incremento de até 22,30 % no PTS. Houve efeito significativo do parcelamento nas épocas E2 e E3 sobre o peso total de sementes nas doses P1, P2 e P3 de fósforo no solo, tanto para a condição de sementes sem e com recobrimento, com um aumento até de 24,9 % no PTS, porém a E2 apresentou maiores valores de PTS em relação a E3 (Tabela 6). Peske et al. (2009) concluíram que o recobrimento de sementes de soja com fósforo aumentou a produtividade da cultura da soja em 14 % no peso total de grãos.

Rezende et al. (2005), estudaram o efeito da adubação foliar de fósforo aplicado em diferentes estádios da planta de soja e observaram um acréscimo na produtividade de até 16,40 %.



E1 - época 1; E2 - época 2; E3 - época 3; C1 - sem recobrimento; C2 - com recobrimento.  
 \*,\*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

**Figura 7** – Peso total de sementes (PTS), em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

**Tabela 6** – Peso total de sementes (PTS) por planta, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

PTS (g)	Dose					
	P1		P2		P3	
Época	Recobrimento					
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
1	9,52 Bb	11,64 Ba	13,39 Bb	15,12 Ba	16,98 Bb	18,39 Ba
2	12,27 Ab	13,65 Aa	16,97 Ab	18,89 Aa	20,26 Aa	20,68 Aa
3	11,84 Aa	12,77 ABa	16,64 Aa	17,10 Aa	20,37 Aa	20,29 Aa

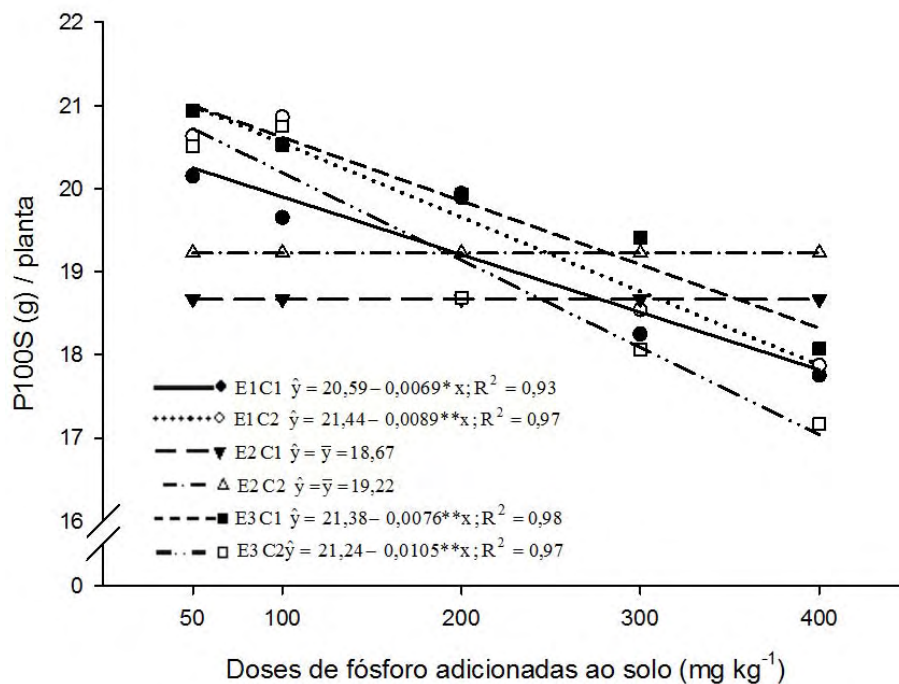
PTS (g)	Dose			
	P4		P5	
Época	Recobrimento			
	C1	C2	C1	C2
1	20,70 Aa	20,84 Aa	20,82 Aa	21,46 Aa
2	20,74 Aa	20,94 Aa	21,20 Aa	22,38 Aa
3	19,62 Aa	20,65 Aa	21,25 Aa	21,25 Aa

C.V. = 5,11 %

P1 (50  $\text{mg kg}^{-1}$  de P no solo); P2 (100  $\text{mg kg}^{-1}$  de P no solo); P3 (200  $\text{mg kg}^{-1}$  de P no solo); P4 (300  $\text{mg kg}^{-1}$  de P no solo); P5 (400  $\text{mg kg}^{-1}$  de P no solo);

E1 - época 1(100% da dose total em sementeira); E2 - época 2 (50 % da dose total em sementeira e mais 50% em cobertura no estágio V3); E3 - época 3 (50 % da dose total em sementeira, mais 25% em cobertura no estágio V3 e mais 25% no estágio R1); C1 - sem recobrimento e C2 - com recobrimento. Dentro de cada dose de P as médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F ( $P < 0,05$ ) e Tukey ( $P < 0,05$ ), respectivamente.

Houve redução linear do peso de 100 sementes (P100S) por planta com o aumento da doses de P no solo, com exceção para a época E2 de parcelamento da adubação fosfatada, nas doses C1 e C2 de recobrimento das sementes (Figura 8). Não houve efeito do recobrimento e do parcelamento da adubação fosfatada no P100S (Tabela 7). Houve uma tendência, mas não significativa, de menor peso de 100 sementes (P100S) e do número de sementes por planta (NV) com o aumento das doses de fósforo no solo, ao contrário do que ocorreu com o número de vagens por plantas, o que resultou em maiores produtividades com os incrementos de P no solo.



E1 - época 1; E2 - época 2; E3 - época 3; C1 - sem recobrimento; C2 - com recobrimento. \*,\*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

**Figura 8** – Peso de 100 sementes (P100S) por planta, em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

**Tabela 7** – Peso de 100 sementes (P100S), em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

P100S (g)	Dose					
	P1		P2		P3	
Época	Recobrimento					
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
1	20,15 Aa	20,63 Aa	19,65 Aa	20,86 Aa	19,89 Aa	19,94 Aa
2	18,92 Aa	19,63 Aa	21,42 Aa	20,91 Aa	18,53 Aa	18,23 Aa
3	20,94 Aa	20,51 Aa	20,53 Aa	20,75 Aa	19,93 Aa	18,69 Aa

P100S (g)	Dose			
	P4		P5	
Época	Recobrimento			
	C1	C2	C1	C2
1	18,25 Aa	18,54 Aa	17,75 Aa	17,87 Aa
2	18,61 Aa	18,88 Aa	16,47 Ab	18,48 Aa
3	19,41 Aa	18,06 Aa	18,07 Aa	17,17 Aa

C.V. = 7,06 %

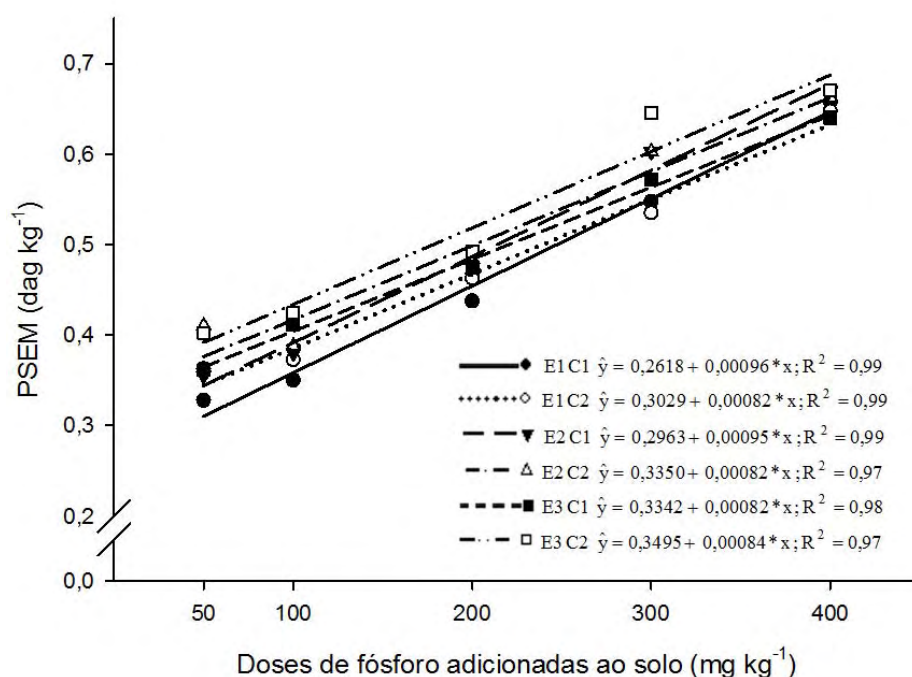
P1 (50 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P2 (100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P3 (200 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P4 (300 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P5 (400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo);

E1 - época 1(100% da dose total em semeadura); E2 - época 2 (50 % da dose total em semeadura e mais 50% em cobertura no estágio V3); E3 - época 3 (50 % da dose total em semeadura, mais 25% em cobertura no estágio V3 e mais 25% no estágio R1);

C1 - sem recobrimento e C2 - com recobrimento.

Dentro de cada dose de P as médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P < 0,05) e Tukey (P < 0,05), respectivamente.

Houve um aumento linear do teor de fósforo nas sementes (PSEM) com o incremento das doses de fósforo no solo (Figura 9). Somente o recobrimento das sementes na época E2 para a dose P1 de fósforo no solo foi significativo. O parcelamento da adubação fosfatada nas épocas E2 e E3 aumentaram o PSEM nas doses P1 e P2, e para as doses P3 e P4 na dose C1 de recobrimento (Tabela 8). Segundo Silva et al. (2002), o aumento das doses de P no solo e na semente causou incrementos da quantidade de P na parte aérea, por ter possibilitado um maior translocação. O adequado suprimento de P favorece o crescimento do sistema radicular e aumenta a quantidade do nutriente absorvido (Souza et al., 2007). Com isso, maior será a exportação de P para as sementes. Guerra et al. (2006) relatam que as maiores concentrações de P no solo proporcionaram sementes com maiores teores de P, sendo essas menos dependentes dos teores de P existentes no substrato de semeadura.



E1 - época 1; E2 - época 2; E3 - época 3; C1 - sem recobrimento; C2 - com recobrimento.  
 \*,\*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

**Figura 9** – Teor de fósforo nas sementes (PSEM), em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

**Tabela 8** – Teor de fósforo nas sementes (PSEM), em função das doses de fósforo no solo, das doses C1 e C2 no recobrimento das sementes e das épocas E1, E2 e E3 de parcelamento da adubação fosfatada.

PSEM (dag kg <sup>-1</sup> )	Dose					
	50		100		200	
	Recobrimento					
Época	C1	C2	C1	C2	C1	C2
1	0,33 Ba	0,36 Ba	0,35 Ba	0,37 Ba	0,44 Ba	0,46 Aa
2	0,36 ABb	0,41 Aa	0,38 ABa	0,39 ABa	0,48 ABa	0,47 Aa
3	0,38 Aa	0,40 ABa	0,41 Aa	0,43 Aa	0,50 Aa	0,49 Aa

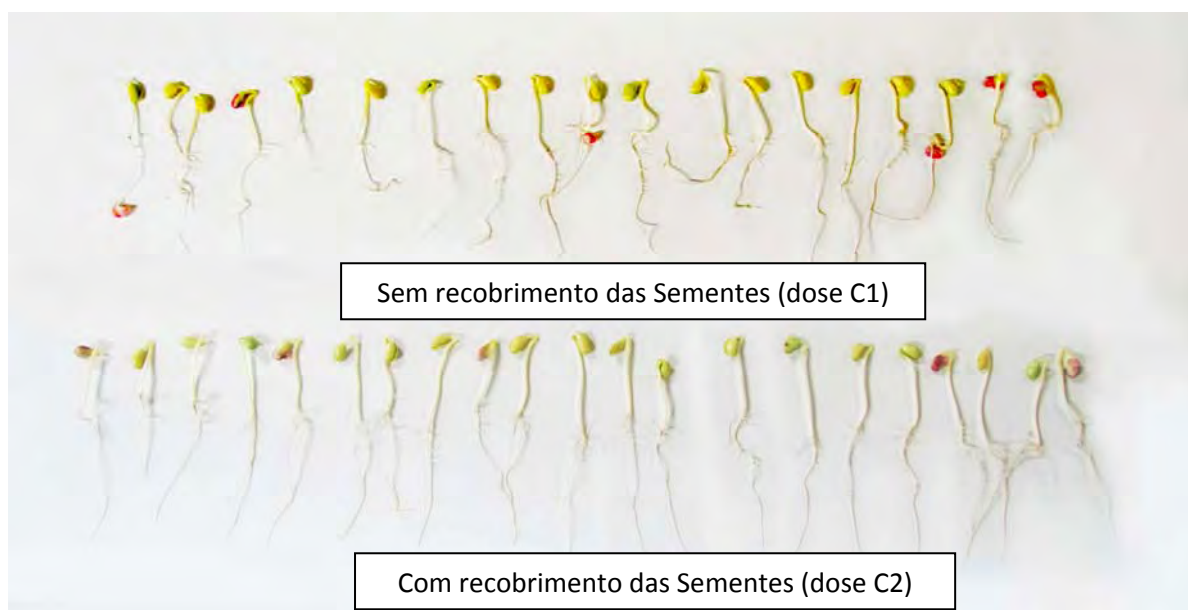
PSEM (dag kg <sup>-1</sup> )	Dose			
	P4		P5	
	Recobrimento			
Época	C1	C2	C1	C2
1	0,55 Ba	0,54 Ba	0,66 Aa	0,65 Aa
2	0,60 Aa	0,60 Aa	0,67 Aa	0,66 Aa
3	0,59 ABb	0,65 Aa	0,66 Aa	0,67 Aa

C.V. = 6,44 %

P1 (50 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P2 (100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P3 (200 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P4 (300 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo); P5 (400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo);

E1 - época 1(100% da dose total em semeadura); E2 - época 2 (50 % da dose total em semeadura e mais 50% em cobertura no estágio V3); E3 - época 3 (50 % da dose total em semeadura, mais 25% em cobertura no estágio V3 e mais 25% no estágio R1);  
C1 - sem recobrimento e C2 - com recobrimento.  
Dentro de cada dose de P as médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F ( $P < 0,05$ ) e Tukey ( $P < 0,05$ ), respectivamente.

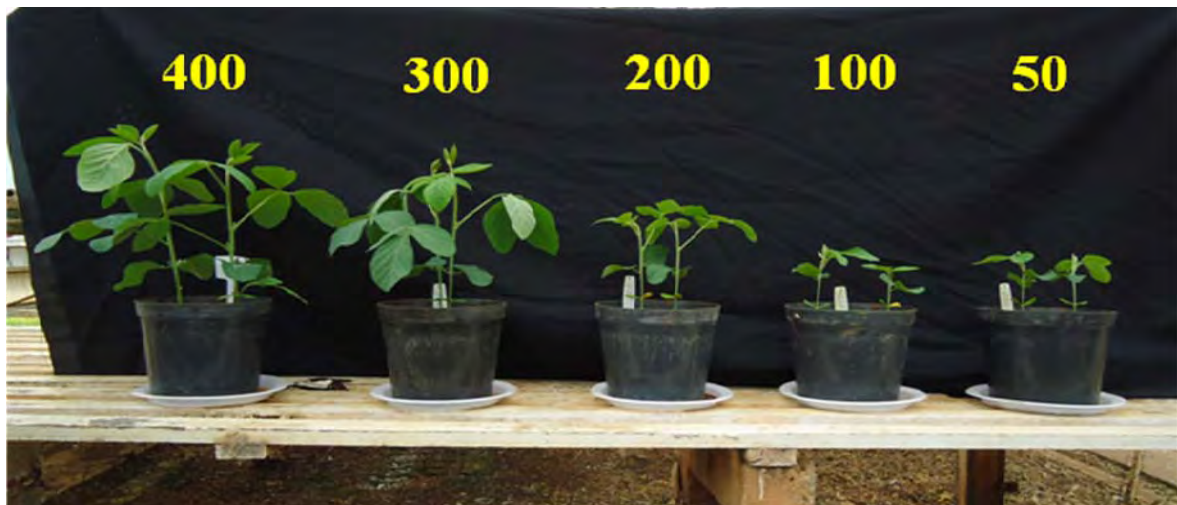
A Figura 10 mostra o efeito do recobrimento das sementes nas doses C1 e C2 no desenvolvimento inicial de plântulas de soja. Na Figura 11 e 12 podemos observar o experimento na casa de vegetação e o efeito dos tratamentos.



**Figura 10** – Efeito do recobrimento das sementes nas doses de 0,0 (C1) e 0,7 (C2)  $\text{g hg}^{-1}$  de fosfato de sódio nas sementes.



**Figura 11:** Visualização do experimento na casa de vegetação.



**Figura 12:** Visualização das plantas de soja em função das doses de 50, 100, 200, 300 e 400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo.

Na condição de solo com menor disponibilidade de fósforo, o recobrimento das sementes com fósforo proporciona aumento da nodulação e do crescimento das plantas de soja, e a dose de fósforo recomendada para o recobrimento das sementes manteve-se no intervalo de 0,6 a 0,8 g hg<sup>-1</sup> de fosfato de sódio monobásico nas sementes (Soares, 2009).

Esta afirmação é ainda confirmada por Zelonka et al. (2005), ao desenvolverem um projeto envolvendo recobrimento de sementes de cevada com fósforo, e concluíram que apesar das sementes tratadas diminuírem a velocidade de emergência das plântulas, aumentou significativamente a produção das plantas em até 91 %. Além das sementes tratadas influenciarem positivamente na atividade fisiológica da próxima geração de sementes, melhorando sua capacidade de absorção de fósforo.

Alternativas para aumento da produtividade e da absorção dos fertilizantes fosfatados (localização, granulação e uso de fontes de menor solubilidade) têm maiores efeitos em condições de solos com maior fator capacidade de P e com baixa disponibilidade do P (Horowitz e Meurer, 2003; Bull et al., 2004; Prochnow et al., 2006).

## **2.6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A soja é uma cultura muito exigente em todos os macronutrientes essenciais. Para que os nutrientes possam ser eficientemente aproveitados pela cultura, devem estar presentes no solo em quantidades suficientes e em relações equilibradas.

Atualmente, a produtividade média da soja no Brasil está longe do potencial produtivo da cultura, um dos limitantes da produtividade se refere a falta de um manejo nutricional do solo e da planta, de forma adequada, racional e viável economicamente, principalmente em relação ao nutriente fósforo.

Pode-se observar a importância do fósforo na produtividade da soja. Mas, é preciso aumentar a eficiência no uso dos fertilizantes, selecionar genótipos mais eficientes no uso dos nutrientes e utilizar sementes com maior qualidade fisiológica e reserva de nutrientes, dessa forma temos a possibilidade de aumentar a produtividade, reduzir o custo de produção e como também no âmbito ambiental, reduzir o uso de reservas naturais desses nutrientes.

O recobrimento das sementes juntamente com o parcelamento da adubação fosfatada, se viável, como forma de minimizar os possíveis problemas relacionados ao nutriente P, principalmente em relação a sua adsorção na maioria dos solos cultivados com soja no Brasil, pode orientar diferentes estratégias de manejo. Principalmente, em áreas de primeiro cultivo ou com baixa fertilidade, as técnicas de recobrimento e parcelamento podem colocar o fósforo em posição disponível para o sistema radicular ainda reduzido das plântulas em início de desenvolvimento e reduzir o tempo de contato do P com o solo, respectivamente, o que irá propiciar maior eficiência no uso do P pelas plantas de soja. No entanto, é possível que essas técnicas possam ser utilizadas até mesmo em áreas onde a soja é cultivada há vários anos.

Assim, maiores produtividades para uma mesma dose de P ou menores doses de P para as produtividades atualmente obtidas podem ser alcançadas.

## 2.7 – CONCLUSÕES

Houve incremento nos componentes de rendimento das plantas de soja com o aumento das doses de fósforo no solo, com exceção do número de sementes por vagem e do peso de 100 sementes.

Nas menores doses de fósforo no solo, 50 e 100 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo, o recobrimento das sementes com fosfato de sódio monobásico, na dose de 0,7 g hg<sup>-1</sup> de sementes, e o parcelamento da adubação fosfatada, principalmente com 50 % da dose total em semeadura e mais 50 % em cobertura no estádio V3 (época E2), aumentaram de forma significativa o peso total de sementes por planta, com aumento de até 24,90 %.

## 2.8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, V.M.C.; MAGALHÃES, J.V. NOVAIS, R.F.; BAHIA FILHO, A.F.C.; OLIVEIRA, C.A.; FRANÇA, C.C.M. Localização de fósforo e de nitrogênio afetando os parâmetros cinéticos de absorção de nitrogênio em milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 10, n. 3, p. 197-201, 1998.

AQUINO, L.A.; BERGER, P.G.; OLIVEIRA, R.A.; NEVES, J.C.L.; LIMA, T.C.; Batista, C. H. Parcelamento do fertilizante fosfatado no algodoeiro em sistema de cultivo irrigado e de sequeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 463-470, 2011.

BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F. Fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para feijoeiro comum irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 1, p. 69-76, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 2009. 395 p.

BÜLL, L.T.; COSTA, M.C.G.; NOVELLO, A.; FERNANDES, D.M.; BÔAS, R.L.V. Doses and forms of application of phosphorus in vernalized garlic. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 5, p. 516-521, 2004.

DELOUCHE, J.C. The compensation principle. **Seedsmen Digest** v. 23, n. 1, p. 49, 1982.

DEVINE, J.R.; GUNARY, D.; LARSEN, S. Availability of phosphate as affected by duration of fertilizer contact with soil. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 71, p. 359-364, 1968.

GEORGE, R.A.T.; STEPHENS, R.J.; VARIS, S. Efecto de los nutrientes minerales sobre el rendimiento y calidad de la semilla de tomate. In: HEBBLETHWAITE, P.D. **Producción moderna de semillas**. ed. Montevideo: Editorial Hemisfério Sur, 1978. p. 668-675.

GONÇALVES, J.L.M.; FIRME, D.J.; NOVAIS, R.F.; RIBEIRO, A.C. Cinética de adsorção de fósforo em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, p. 107-111, 1985.

GRANT, C.A.; FLATEM, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. The importance of early season phosphorus nutrition. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 81, n.2, p. 211-224, 2001.

GUERRA, C.A.; MARCHETTI, M.E.; ROBAINA, A.D.; SOUZA, L.C.F.; GONÇALVES, M.C.; NOVELINO, J.O. Qualidade fisiológica de sementes de soja em função da adubação com fósforo, molibdênio e cobalto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 1, p. 91-97, 2006.

HOROWTIZ, N.; MEURER, E.J. Eficiência de dois fosfatos naturais farelados em função do tamanho da partícula. **Ciência Rural**, v. 33, n.1, p. 41-47, 2003.

KER, J.C.; FONTES, M.P.F.; SOUZA, A.R.; RESENDE, M. Adsorção de fósforo em alguns solos latossólicos: relação entre mineralogia e efeito da calagem. **Revista Ceres**, v. 43, n. 246, p. 216-226, 1996.

LOPES, A.S. **Boletim Técnico de Pesquisa de Soja**. Rondonópolis, MT: Fundação MT, 2001. 144 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997.

MARCHEZAN, E. **Produção e fixação de flores e legumes, por nó do caule e dos ramos, em três cultivares de soja**. Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1982. 105p. (Dissertação de Mestrado)

NOVAIS, R.F.; FERREIRA, R.P.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Absorção de fósforo e crescimento do milho com sistema radicular parcialmente exposto a fonte de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, p. 749-754, 1985.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. **Ensaio em ambiente protegido**. Métodos de pesquisa em fertilidade do solo (EMBRAPA), Brasília, DF, 1991, p. 189-253.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399 p.

OLIVEIRA, P.P.A.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, W.S. Eficiência da fertilização nitrogenada com ureia (<sup>15</sup>N) em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu associada ao parcelamento de superfosfato simples e cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 613-620, 2003.

PESKE, F.B.; BAUDET, L.; PESKE, S.T. Produtividade de plantas de soja provenientes de sementes tratadas com fósforo. **Revista brasileira de sementes**, v.31 n.1, p. 35-46, 2009.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; ROQUE, C.G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 83-90, 2001.

PROCHNOW, L.I.; QUISPE, J.F.S. FRANCISCO, E.A.B.; BRAGA, G. Effectiveness of phosphate fertilizers of different water solubilities in relation to soil phosphorus adsorption. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 4, p. 333-340, 2006.

REBAFKA, F. P.; BATIONO A.; MARSCHNER H. Phosphorus seed coating increases phosphorus uptake, early growth and yield of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). **Journal Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Stuttgart, v. 35, n. 3, p. 151-160, 1993.

REZENDE, P.M.; GRIS, C.F.; CARVALHO, J.G.; GOMES, L.L.; BOTTINO, L. Adubação foliar. i. épocas de aplicação de fósforo na cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 1, p. 43-51, 2005.

RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; ALVES, V.M.C.; MUNIZ, J.A.; CURI, N.; LAGO, F.J. Resposta do milho a fontes e modos de aplicação de fósforo durante três cultivos sucessivos em solo da região do Cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 458-466, 2006a.

RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; ALVES, V.M.C.; MUNIZ, J.A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARA, D.I.; SANTOS, J.Z.L.; CARNEIRO, L.F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 453-466, 2006b.

ROSOLEM, C. A.; BASTOS, G. B. Deficiências minerais no cultivar de algodão IAC 22. **Bragantia**, v. 56, p. 377-387, 1997.

SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT User's Guide version 9.1 Cary. NC: SAS Institute, 2002.

SIGMAPLOT. 2008. For windows, version 10.0. Systat Software, 2008.

SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H.; SABINO, J.C.; LELLIS, L.G.L.; SABINO, N.P.; KONDO, J.I. Modo e época de aplicação de fosfatos na produção e outras características do algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 49, n. 1, p. 157-170, 1990.

SILVA, R.J.S.; VAHL, L.C. Resposta do feijoeiro a adubação fosfatada num Neossolo Litólico Distrófico da região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 2, p. 129-132, 2002.

SOARES, M.M. **Efeito do recobrimento de sementes com fósforo na qualidade das sementes, nodulação e crescimento das plantas de soja**. Universidade Federal de Viçosa, 2009. 71 p. (Dissertação de Mestrado).

SOUZA, F.S; FARINELLI, R. ROSOLEM, C.A. Desenvolvimento radicular do algodoeiro em resposta à localização do fertilizante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 387-392, 2007.

STEFANUTTI, R.; MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T. Recuperação do fósforo residual do solo derivado de um termofosfato magnésiano com diferentes granulometrias e do superfosfato simples granulado. **Scientia Agricola**, v. 52, n. 2, p. 233-238, 1995.

TRIGO, L. F. N.; PESKE, S. T.; GASTAL, M. F.; VAHL, L. C.; TRIGO, M. F. O. Efeito do conteúdo de fósforo na semente de soja sobre o rendimento da planta subsequente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 111-115, 1997.

VANCE, C.P.; UHDE-STONE, C.; ALLEN, D.L. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, St. Paul, v. 157, p. 423-447, 2003.

VENTIMIGLIA, L.A.; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L.; PIRES, J.L.F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 195-199, 1999.

ZELONKA, L.; STRAMKALE, V.; VIKMANE, M. Effect and after-effect of Barley seed coating with phosphorous on germination, photosynthetic pigments and grain yield. **Acta Universitatis Lativiensis**, Latvia, v. 691, p. 111-119, 2005.

### **3 - NÍVEL ENDÓGENO DE FÓSFORO E SUA RELAÇÃO COM A QUALIDADE FISIOLÓGICA E OS TEORES DE NITROGÊNIO, ÓLEO E PROTEÍNA DE SEMENTES DE SOJA.**

#### **3.1 – RESUMO**

A semente é um dos principais insumos da agricultura, pois contém todo o potencial genético da planta, determinando, em grande parte, o sucesso do cultivo. Uma quantidade adequada de fósforo é essencial desde os primeiros estádios de crescimento da planta, onde as limitações na disponibilidade de fósforo podem resultar em restrições ao crescimento e desenvolvimento da cultura, que pode causar até mesmo uma redução na produção de grãos. São escassos os trabalhos sobre o efeito do teor de nutrientes nas sementes de soja e sua relação com a qualidade das mesmas. Com isso, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do teor endógeno de fósforo na germinação, vigor, teores de nitrogênio, óleo e proteína das sementes. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Viçosa. Foi utilizado um lote de sementes das cultivares Valiosa RR (V1), MSoy 9144RR (V2) e MSoy 8527RR (V3), safra 2010/11. As sementes foram tratadas com o fungicida carbendazin + thiram, em seguida foi aplicado o inoculante turfoso. Após o tratamento, as sementes foram semeadas em vasos plásticos contendo 3,0 dm<sup>3</sup> de amostra de um Latossolo Vermelho Amarelo. Os tratamentos consistiram das doses de 50, 100, 200, 300 e 400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo, sendo utilizada como fonte o superfosfato triplo. A aplicação de cada dose de fósforo foi realizada antes da semeadura. Quinze dias após o estágio R8, as sementes foram colhidas, em seguida foi realizada a determinação do teor de fósforo nas sementes. Após essa determinação, as sementes foram divididas em quatro classes de teor de P endógeno das sementes. Foram realizadas as seguintes avaliações: germinação; primeira contagem da germinação; comprimento de plântulas; emergência, velocidade e índice de velocidade de emergência das plântulas; determinação de teor de nitrogênio, óleo e proteína nas sementes. Os resultados mostraram que com o aumento dos teores de fósforo endógeno nas sementes, das três cultivares, propiciaram maiores incrementos na germinação, com aumento de até 23 %, no vigor, nos teores de nitrogênio e proteína bruta, e uma redução no teor de óleo das sementes.

Palavras-chave: fitato, emergência, qualidade fisiológica, fitina

### **3 – ENDOGENOUS LEVEL OF PHOSPHORUS AND ITS RELATIONSHIP WITH PHYSIOLOGICAL QUALITY AND CONTENTS OF NITROGEN, OIL AND PROTEIN IN SOYBEAN SEEDS.**

#### **3.1 – ABSTRACT**

Seed is one of the main agricultural inputs because it contains all the genetic potential of the plant, determining at a large extent, the success of the crop. An adequate amount of phosphorus is essential since the earliest stages of plant growth, where restrictions on the availability of phosphorus can result in restrictions on the growth and development of culture, likely to cause a reduction in yield. There are few studies on the effect of nutrient content in soybean seed and its relationship to their quality. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of endogenous content of phosphorus on germination, vigor, nitrogen content, oil and protein in the seeds. The experiment was conducted in a greenhouse at the Federal University of Viçosa. It was used a lot of cultivar Valiosa RR, MSoy 9144RR and Msoy 8527RR seeds, 2010/11 crop. The seeds were treated with the carbendazin + thiram fungicide followed by peat inoculant application. After the treatment, the seeds were sown in plastic pots containing 3.0 dm<sup>3</sup> sample of a Red Yellow latosol. Treatments consisted of 50, 100, 200, 300 and 400 mg kg<sup>-1</sup> of P in the soil, using triple superphosphate as P source. The application of each dose of phosphorus was done before sowing. Fifteen days after the R8, the seeds were harvested, and determination of phosphorus content in the seeds was performed. After this determination, the seeds were divided into four classes of endogenous P content of seeds. The following evaluations were performed: germination, first count of germination, seedling length; emergency, speed and speed index of seedling emergence; determination of nitrogen content, protein and oil in the seeds. The results showed that the increase in the levels of endogenous phosphorus in the seeds of the three cultivars provided greater increments in germination with increases of up to 23%, in vigor, nitrogen and crude protein, and a reduction in the content of oil in the seeds.

Key-words: emergency, phytate, physiological quality, phytin

### 3.3 – INTRODUÇÃO

A semente de alta qualidade é o ponto de partida para se obter estande de plântulas uniforme, lavoura adequada e, conseqüentemente, alta produtividade. Deste modo, a qualidade das sementes e o seu tratamento, antes da semeadura, são fatores primordiais para a instalação das culturas, pois irão contribuir para que as sementes expressem o seu potencial de germinação e vigor (Perett, 1994).

Vários fatores afetam a qualidade das sementes. Dentre eles, o tipo de solo e a fertilidade do mesmo são muito importantes para que as sementes produzidas sejam bem nutridas e, conseqüentemente, tenham alta qualidade para gerar plantas vigorosas e mais produtivas. Plantas bem nutridas reúnem condições para maiores produtividades e sementes melhor formadas. A exigência nutricional das plantas é mais intensa no início dos estádios reprodutivos, sendo mais crítica quando boa parte dos nutrientes são translocados para a formação das sementes. Nessa fase, os nutrientes são necessários para a formação e o desenvolvimento de novos órgãos e, também, para a formação de materiais de reserva que serão armazenados nas sementes (Sfredo, 2008).

A maior disponibilidade de nutrientes influi na formação do embrião e dos órgãos de reserva, bem como na composição química da semente, tendo marcante efeito sobre o vigor e a qualidade da mesma. O papel dos nutrientes é de fundamental importância na formação das sementes, principalmente no que se refere à constituição de membranas e acúmulo de carboidratos, lipídeos e proteínas (Sá et al., 1994). As funções de ativação de enzimas, síntese de proteína, transferência de energia e regulação hormonal, são características fundamentais do aspecto de formação, desenvolvimento e maturação das sementes e, assim, tanto macro como micronutrientes apresentam importância similar nesses eventos.

A importância do fósforo no suprimento de energia ao metabolismo intenso, que se caracteriza nos processos de formação e de germinação da semente é, desde há muito, reconhecida (Ching, 1972). A principal forma de armazenamento de fósforo nas sementes é o fitato, que pode conter de 50 a 80 % do total ali armazenado. Esse sal catiônico de ácido fítico é formado por moléculas derivadas do açúcar mio-inositol ao qual se ligam grupos  $PO_4^{-3}$ , que complexam outros elementos, principalmente o K e o Mg, mas também o Ca, Mn, Zn, Bo e Fe (Lott et al., 2000). Suas principais funções fisiológicas são: suprir o processo de germinação com inositol, fosfato e minerais (Lott et al., 2000; Lei et al., 2001) e controlar os níveis de fosfatos inorgânicos, tanto na fase de maturação da semente quanto na sua

germinação (Strother, 1980). Não foram identificadas espécies vegetais em cujas sementes este sal não esteja presente (Lott et al., 2000).

A liberação de elementos complexados ao fitato depende da ação de um grupo especial de fosfatases encontradas nas sementes, as enzimas denominadas fitases (mioinositol hexafosfato fosfohidrolase, E C 3.1.3.8) que são capazes de hidrolizá-lo para uma série de ésteres de mioinositol e fosfatos durante a germinação (Frias et al., 2003). O aumento da atividade de fitases, a concomitante redução de fitato e biodisponibilidade de vários minerais durante a germinação foi constatada em diversas espécies (Greiner et al., 2003; Badau et al., 2005; Agostini et al., 2006; Ghavidel et al., 2007; Sangronis et al., 2007).

Espécies e cultivares diferem entre si quanto ao conteúdo, assim como às características da fitase (Egli et al., 2003; Greiner et al., 2003; Agostini et al., 2006). Variações da atividade da hidrólise de fitato em grãos e sementes de uma mesma espécie foram atribuídas ao genótipo e a condições de cultivo, tais como local, ano de produção e clima prevalecente durante a safra (Greiner et al., 2003). Talvez, não coincidentemente, esses são alguns dos principais fatores reconhecidos como capazes de influenciar o vigor de sementes de muitas espécies agrícolas (Tekrony et al., 1991).

Uma clara relação entre fitato e vigor de sementes foi identificada em soja em estudos nos quais foram comparados teores altos e baixos desse sal. Sementes de genótipos com baixos teores resultaram em menores rendimentos de matéria seca da raiz e da parte aérea, e da emergência de plântulas no campo, quando comparadas a sementes de genótipos cujos teores de fitato eram altos (Meis et al., 2003; Hulke et al., 2004; Oltmans et al., 2005; Spear et al., 2007).

Esta afirmação é ainda confirmada por outros autores em relação a outras espécies de sementes. Boland et al. (1998) constataram aumento de produtividade de plantas de *Trifolium balansae* e Trevo carretilha (*Medicago polymorpha*) cujas sementes possuíam maior concentração de fósforo, fato também verificado por George et al. (1978) em tomate, Bhattacharyya et al. (1984) em *Vigna mungo*, e Thomson et al. (1992) em tremoço.

Uma quantidade adequada de P é essencial desde os primeiros estádios de crescimento da planta, onde as limitações na disponibilidade de P podem resultar em restrições ao crescimento e desenvolvimento da cultura, que pode causar até mesmo uma redução na produção de grãos. Limitação de fósforo em estádios mais tardios de crescimento das plantas tem um impacto muito menor na produção agrícola do que as limitações no início de crescimento (Grant et al., 2001; Nadeem et al., 2011).

Plantas de feijão originadas de semente com alto teor de P produziram maior número e matéria seca de nódulos e foram menos responsivas ao suprimento de P no solo do que plantas oriundas de sementes com baixo teor de P. Isso pode ser explicado pelo fato do maior incremento de P nas sementes promover um mais rápido e maior desenvolvimento do sistema radicular, o que resultou numa maior nodulação (Teixeira et al., 1999). Esse fato também foi observado em outros trabalhos (Teixeira, 1995; Araújo et al., 2002).

O aumento das doses de P no solo e na semente promove incrementos da quantidade de P na parte aérea, provavelmente por ter possibilitado uma maior translocação (Silva et al., 2002). O adequado suprimento de P favorece o crescimento do sistema radicular e aumenta a quantidade do nutriente absorvido (Souza et al., 2007). Com isso, maior será a exportação de P para as sementes.

São escassos os trabalhos sobre o efeito do teor de nutrientes nas sementes de soja e sua relação com a qualidade das mesmas. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do teor endógeno de fósforo na germinação, vigor e nos teores de nitrogênio, óleo e proteína das sementes.

### **3.4 – MATERIAL E MÉTODOS**

Esse trabalho foi realizado com a utilização das sementes de três cultivares: Valiosa RR, MSoy 9144RR e MSoy 8527RR. Para tanto, um lote de cada cultivar, da safra 2010/2011, foi obtido junto à Fazenda Lagoa das Pedras – Município de Cabeceiras-GO.

As sementes, das cultivares Valiosa RR, MSoy 9144RR e MSoy 8527RR, foram tratadas com o fungicida Derosal Plus (carbendazin + thiram) na dose de 200 ml 100 kg<sup>-1</sup> de sementes, em seguida foi aplicado o inoculante turfoso na dose de 3,0 milhões de células da bactéria *Bradyrhizobium japonicum* por semente, através de uma solução com água açucarada a 10 %, de forma a melhorar a aderência das bactérias às sementes. Em seguida, as sementes foram secas à sombra. Após o tratamento, as sementes foram semeadas em vasos plásticos contendo 3,0 dm<sup>3</sup> de amostra de um Latossolo Vermelho Amarelo.

Antes da semeadura nos vasos, foi realizada análise química e física (Tabela 1) do solo 40 dias antes da instalação do experimento, no Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. A adubação com fósforo, potássio e micronutrientes foi realizada segundo Novais et al. (1991), em função da análise de solo. Particularmente, no caso da adubação com fósforo foram utilizadas cinco doses, de 50, 100, 200, 300 e 400 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo, visando obter diferentes níveis de disponibilidade de P,

ou seja, os testes foram realizados em solos com diferentes adubações de fósforo, sendo utilizada como fonte o superfosfato triplo. A aplicação de cada dose de fósforo foi realizada antes da semeadura junto com a dose de potássio.

A adubação com enxofre e micronutrientes foi realizada em cobertura, aos 15 dias após a emergência das plântulas.

A semeadura foi realizada na primeira quinzena de novembro de 2011. Foram semeadas quatro sementes em cada vaso, para cada tratamento, na profundidade de três centímetros, das quais, uma vez emergidas, deixou-se as duas plantas mais vigorosas. A colheita foi realizada em março de 2012.

A irrigação foi realizada com água deionizada de modo a manter o teor de água no solo com 66 % da capacidade de campo.

Quinze dias após o estágio R8 (maturação plena), as sementes foram colhidas e secas em temperatura ambiente até atingir 14 % de umidade, em seguida foi realizada a determinação do teor de fósforo nas sementes, via digestão nítrico-perclórica e a quantificação por espectrometria de absorção molecular (Malavolta et al., 1997). O resultado foi expresso em  $\text{dag kg}^{-1}$ .

Após a determinação do teor de fósforo nas sementes colhidas, das três cultivares, as mesmas foram divididas em quatro classes:

**Tabela 2** – Classes de teor de P endógeno das sementes, das cultivares MSoy 9144RR, MSoy 8527RR e Valiosa RR . Viçosa, MG, 2013.

Classes	LIM INF $\geq$	LIM SUP $<$
	..... $\text{dag kg}^{-1}$ .....	
1	<b>0,230</b>	<b>0,350</b>
2	<b>0,350</b>	<b>0,470</b>
3	<b>0,470</b>	<b>0,590</b>
4	<b>0,590</b>	<b>0,710</b>

O experimento foi conduzido num delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições, segundo esquema de fatorial 3x5, que se referem as três cultivares de soja utilizadas e as cinco doses de fósforo adicionadas no solo o que resultaram em 15 tratamentos. As avaliações que foram realizadas após a colheita das sementes, foram conduzidas em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

Após a separação das sementes em classes, que constituíram nos tratamentos, foram realizados os seguintes testes:

**Germinação (G)** - conduzido com quatro repetições de 50 sementes para cada lote. Utilizou-se como substrato o rolo de papel germiteste umedecido com volume de água deionizada equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. Após a semeadura, os rolos foram mantidos a 25°C. As avaliações foram feitas no 5º e 8º dias após a semeadura, com o registro da porcentagem de plântulas normais (Brasil, 2009).

**Primeira contagem da germinação (PC)** - corresponde à porcentagem de plântulas normais no quinto dia após a instalação do teste de germinação (Marcos Filho, 1990).

**Comprimento de plântulas (CPA e CR)** - foi aplicado os procedimentos descrito por Nakagawa (1999), adaptado de AOSA (1983). Foram utilizadas dez repetições de 10 sementes de soja. Uma linha foi traçada no terço superior do papel toalha no sentido longitudinal. Os papéis foram umedecidos previamente com água destilada equivalente a 2,5 vezes a massa seca do papel. As sementes de soja foram posicionadas de forma que a micrópila estivesse voltada para a parte inferior do papel. Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos posicionados verticalmente no germinador por sete dias a 25°C. Ao final deste período, foi efetuada a medida das partes das plântulas normais emergidas (raiz primária e parte aérea) utilizando-se uma régua graduada. Os resultados médios foram expressos em centímetros por plântulas.

**Emergência das plântulas (E)** - quatro subamostras de 50 sementes por tratamento foram semeadas em bandejas plásticas contendo solo como substrato, na profundidade de três centímetros. A contagem das plântulas emergidas foi realizada aos doze dias após a semeadura, segundo Nakagawa (1999). O resultado foi expresso em porcentagem de plântulas normais.

**Índice de velocidade de emergência das plântulas (IVE)** - foi realizado junto com o teste de emergência. Diariamente, as plântulas emergidas foram contadas até o estabelecimento do estande. O índice de velocidade de emergência das plântulas foi calculado segundo Maguire (1962). Nesse mesmo teste, também foi calculado a velocidade de emergência (VE).

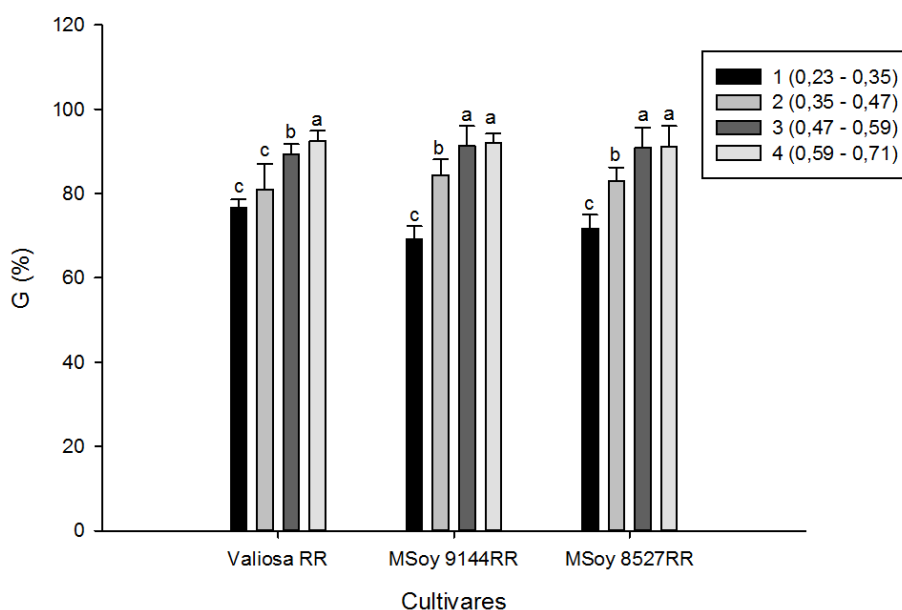
**Análise de nitrogênio nas sementes** – após as amostras terem sido secas e moídas, foi determinado o teor de N nas sementes pelo método semimicro Kjeldahl após digestão sulfúrica e quantificação por espectrometria (Malavolta et al., 1997). Os resultados foram expressos em  $\text{dag kg}^{-1}$ .

**Determinação de teor de óleo e proteína nas sementes** - para a determinação do teor de óleo e da proteína, as amostras de sementes foram moídas e passadas em peneira de 40 mesh. Foi determinado inicialmente o teor de nitrogênio total pelo método Kjeldahl, cujo valor é multiplicado pelo fator convencional 6,25, para assim estimar o teor de proteína bruta. O teor de óleo é determinado gravimetricamente após extração das amostras com hexano, a quente, em extrator Soxhlet, segundo o método da Baligar et al. (2001).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias do fator qualitativo comparadas utilizando-se o teste tukey ( $p < 0,05$ ). A análise estatística foi realizada no programa SAS (2002) e os gráficos das equações de regressão foram feitos no programa SigmaPlot 10.0 (2008).

### **3.5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Houve aumento da germinação (G) das sementes com o aumento do nível endógeno de fósforo para as três cultivares (Figura 1). Para a cultivar Valiosa RR, a diferença chegou a 16 % quando comparados o maior e o menor nível de fósforo endógeno. Para as cultivares MSoy 9144RR2 e MSoy 8527RR, essa diferença chegou a 23 % e 19 %, respectivamente. Porém, para essas cultivares, não houve diferença estatística entre os dois maiores níveis de fósforo endógeno (Tabelas 1).



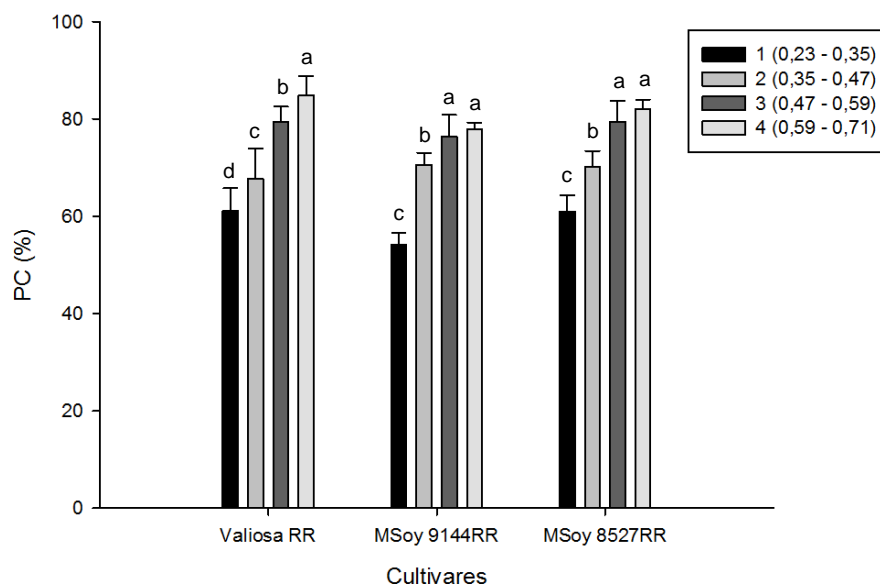
**Figura 1** - Percentagem de germinação em função das classes de fósforo endógeno das sementes de três cultivares de soja.

**Tabela 1** - Percentagem de germinação (G), em função do teor endógeno de fósforo nas sementes, das cultivares Valiosa RR, MSoy 9144RR e MSoy 8527RR.

Classes	P (dag kg-1)	ValiosaRR	MSoy 9144RR	MSoy 8527RR
		..... G (%) .....		
<b>1</b>	<b>≥ 0,230 &lt; 0,350</b>	77 c	69 c	72 c
<b>2</b>	<b>≥ 0,350 &lt; 0,470</b>	81 c	84 b	83 b
<b>3</b>	<b>≥ 0,470 &lt; 0,590</b>	89 b	91 a	91 a
<b>4</b>	<b>≥ 0,590 &lt; 0,710</b>	93 a	92 a	91 a
CV (%)		4,61	4,71	5,24

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Assim como para a germinação, os resultados obtidos para a primeira contagem (PC) de germinação evidenciaram aumento no vigor das sementes (Figura 2), quanto à velocidade de germinação, com o aumento do nível de fósforo endógeno, para as três cultivares de soja estudadas, com incrementos de até 44,4 % na PC (Tabela 2). Soares (2009) encontrou maior percentagem de germinação e primeira contagem com a utilização de sementes com maior teor de fósforo.



**Figura 2** - Primeira contagem do teste de germinação em função das classes de fósforo endógeno das sementes de três cultivares de soja.

**Tabela 2** - Primeira contagem da germinação (PC), em função do teor endógeno de fósforo nas sementes, das cultivares Valiosa RR, MSoy 9144RR e MSoy 8527RR.

Classes	P (dag kg-1)	ValiosaRR	MSoy 9144RR	MSoy 8527RR
		..... PC (%) .....		
<b>1</b>	<b>≥ 0,230 &lt; 0,350</b>	61 d	54 c	61 c
<b>2</b>	<b>≥ 0,350 &lt; 0,470</b>	68 c	71 b	70 b
<b>3</b>	<b>≥ 0,470 &lt; 0,590</b>	79 b	76 a	79 a
<b>4</b>	<b>≥ 0,590 &lt; 0,710</b>	85 a	78 a	82 a
CV (%)		6,31	4,78	5,48

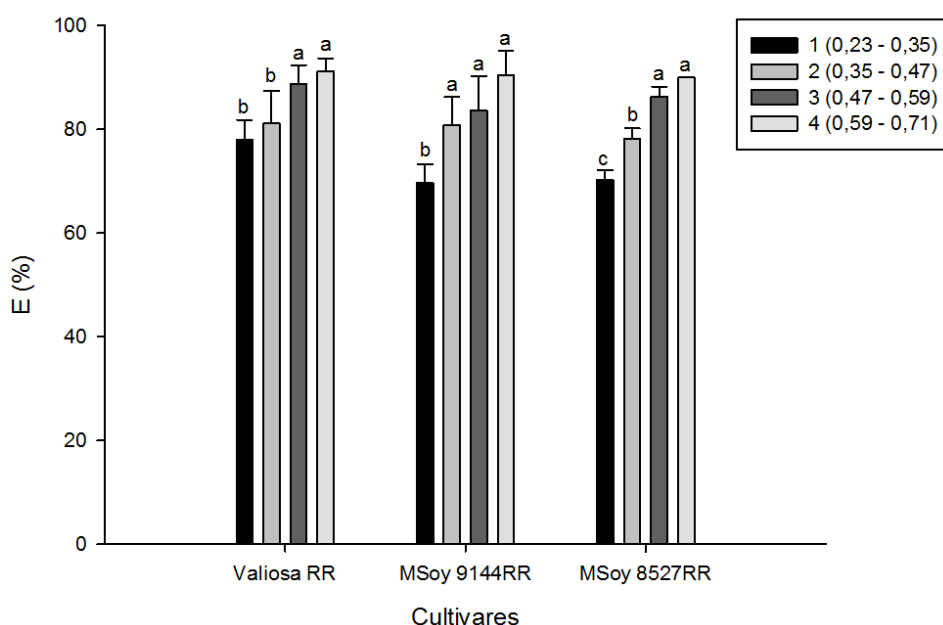
As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Segundo Ching (1972), o fósforo tem importância fundamental no suprimento de energia ao metabolismo intenso, que caracteriza nos processos de formação e de germinação da semente. As principais funções do fitato (principal forma de armazenamento de fósforo nas sementes) são: suprir o processo de germinação com inositol, fosfato e minerais (Lott et al., 2000; Lei et al., 2001).

A emergência (E) das plântulas foi influenciada pelo nível endógeno de fósforo das sementes (Figura 3). Os maiores valores de emergência foram obtidos nos maiores níveis de fósforo endógeno, sendo que para as cultivares ValiosaRR e MSoy 8527RR, os dois maiores

níveis de fósforo proporcionaram melhores resultados, com aumentos de 16,70 e 28,60 %, respectivamente. Enquanto que para a cultivar MSoy 9144RR, o menor valor de emergência foi obtido para o menor nível endógeno de fósforo nas sementes (Tabela 3).

Thomson et al. (1993) encontraram aumento de 35 % na emergência de sementes de trevo (*Trifolium subterraneum*) com a utilização de sementes com maior teor de fósforo. Resultado similar foi encontrado por De Marco et al. (1990), maior emergência e comprimento de plântula com o uso de sementes de trigo enriquecidas com fósforo, além disso, o autor relata que esses incrementos podem favorecer a maior exploração do solo pelo maior volume de raízes, o que levaria à absorção de água e nutrientes mais rápida e consequentemente um efeito, a longo prazo, no potencial de rendimento.



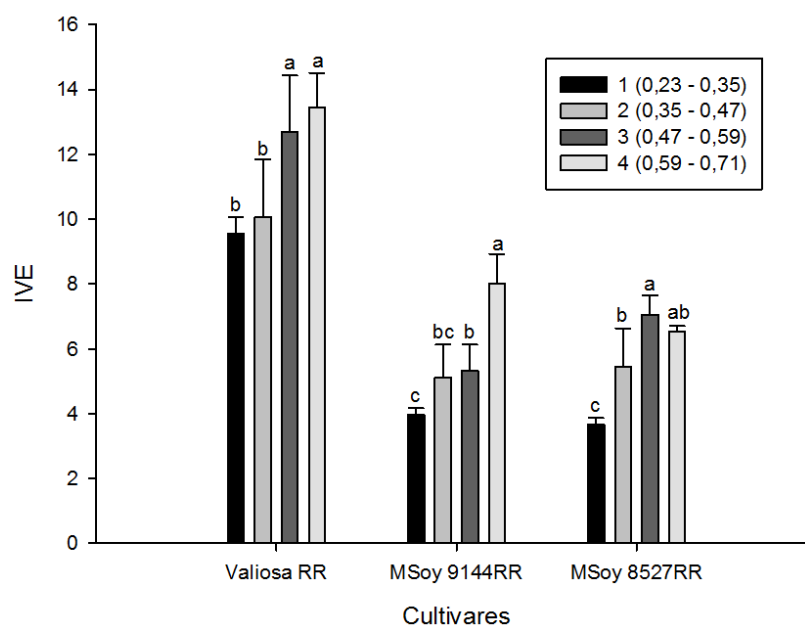
**Figura 3** - Emergência de plântulas em função das classes de fósforo endógeno das sementes de três cultivares de soja.

**Tabela 3** - Emergência de plântulas (E), em função do teor endógeno de fósforo nas sementes, das cultivares Valiosa RR, MSoy 9144RR e MSoy 8527RR.

Classes	P (dag kg <sup>-1</sup> )	ValiosaRR	MSoy 9144RR	MSoy 8527RR
		..... E (%) .....		
1	≥ 0,230 < 0,350	78 b	70 b	70 c
2	≥ 0,350 < 0,470	81 b	81 a	78 b
3	≥ 0,470 < 0,590	89 a	84 a	86 a
4	≥ 0,590 < 0,710	91 a	90 a	90 a
	CV (%)	5,23	7,09	2,57

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Os resultados obtidos para o índice de velocidade de emergência e para a velocidade de emergência foram melhores para as sementes com maior nível de fósforo endógeno (Figuras 4 e 5), ou seja, as sementes com maior nível de fósforo emergiram mais rápido (Tabela 4 e 5).

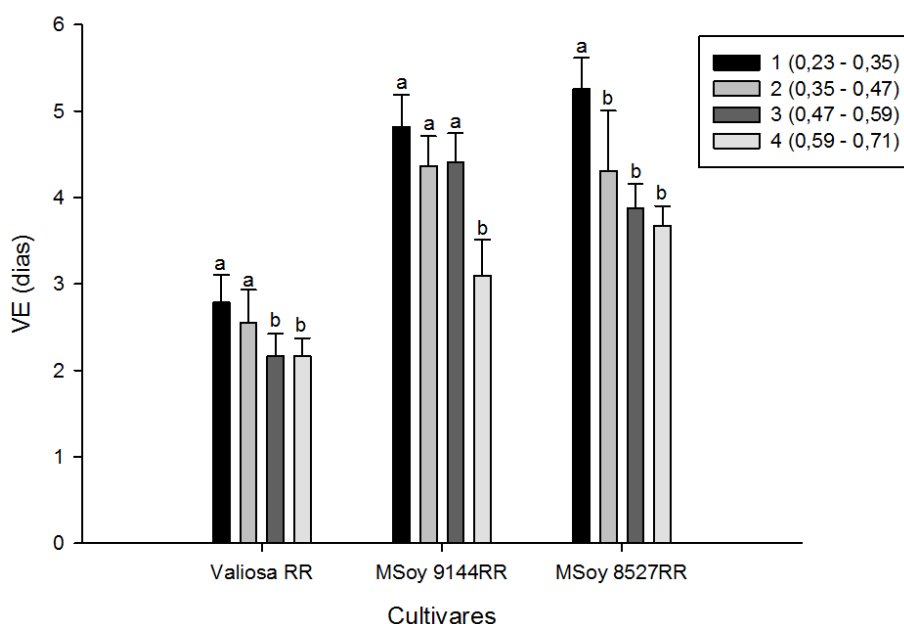


**Figura 4** - Índice de velocidade de emergência de plântulas em função das classes de fósforo endógeno das sementes de três cultivares de soja.

**Tabela 4** - Índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE), em função do teor endógeno de fósforo nas sementes, das cultivares Valiosa RR, MSoy 9144RR e MSoy 8527RR.

Classes	P (dag kg-1)	ValiosaRR	MSoy 9144RR	MSoy 8527RR
		..... IVE .....		
1	≥ 0,230 < 0,350	9,57 b	3,96 c	3,65 c
2	≥ 0,350 < 0,470	10,06 b	5,12 bc	5,44 b
3	≥ 0,470 < 0,590	12,70 a	5,32 b	7,05 a
4	≥ 0,590 < 0,710	13,44 a	8,00 a	6,53 ab
CV (%)		12,79	15,38	14,85

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).



**Figura 5** - Velocidade de emergência de plântulas em função das classes de fósforo endógeno das sementes de três cultivares de soja.

**Tabela 5** - Velocidade de emergência de plântulas (VE), em função do teor endógeno de fósforo nas sementes, das cultivares Valiosa RR, MSoy 9144RR e MSoy 8527RR.

Classes	P (dag kg-1)	ValiosaRR	MSoy 9144RR	MSoy 8527RR
		..... VE (dias) .....		
<b>1</b>	<b>≥ 0,230 &lt; 0,350</b>	2,79 a	4,82 a	5,25 a
<b>2</b>	<b>≥ 0,350 &lt; 0,470</b>	2,55 a	4,37 a	4,31 b
<b>3</b>	<b>≥ 0,470 &lt; 0,590</b>	2,17 b	4,41 a	3,87 b
<b>4</b>	<b>≥ 0,590 &lt; 0,710</b>	2,16 b	3,10 b	3,68 b
	CV (%)	12,78	9,39	11,33

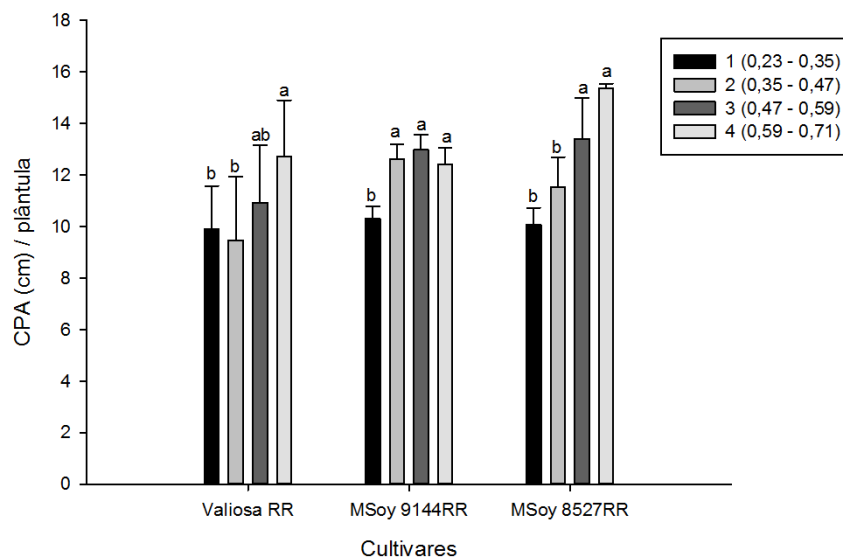
As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Em solos com menor disponibilidade de fósforo, a importância do conteúdo deste nutriente nas sementes poderá ser relevante para o estabelecimento das plantas. Isto não significa, entretanto, que as plantas originárias de sementes com alta concentração de P possam prescindir de adequados teores desse nutriente no solo. Os resultados obtidos por Trigo et al. (1997) indicam que os efeitos do P no solo são maiores do que os do P nas sementes. Segundo White et al. (2012), com o uso de sementes com maior teor de P, o

estabelecimento das plântulas irá ocorrer de forma mais rápida, como também o crescimento, o que irá resultar em um acesso mais rápido à água e nutrientes.

As plântulas originárias das sementes com maior teor de fósforo endógeno, apresentaram maior comprimento de parte aérea (Figura 6) e de radícula (Figura 7), o que evidencia melhor desenvolvimento inicial das plantas oriundas de sementes com maior nível de fósforo endógeno, com incrementos de até 53,2 e 52,9 % no comprimento da radícula e da parte aérea, respectivamente. (Tabela 6 e 7).

O incremento no rendimento em plantas provenientes de sementes com elevadas concentrações de P seria atribuído tanto ao maior crescimento das raízes e da parte aérea, como ao favorecimento da nodulação. Aquelas plantas originadas de sementes com maior conteúdo de P atendem melhor à demanda metabólica inicial, tornando-as, portanto, menos dependentes dos teores existentes deste elemento no solo, nesta fase (Thomson et al., 1992).

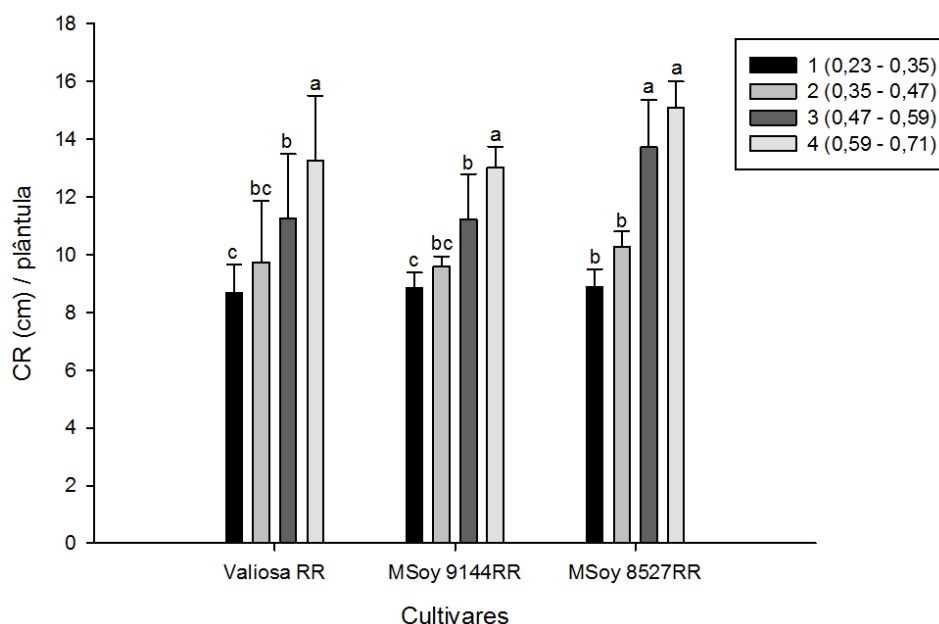


**Figura 6** - Comprimento de hipocótilo de plântulas em função das classes de fósforo endógeno das sementes de três cultivares de soja.

**Tabela 6** - Comprimento de parte aérea de plântulas (CPA), em função do teor endógeno de fósforo nas sementes, das cultivares Valiosa RR, MSoy 9144RR e MSoy 8527RR.

Classes	P (dag kg <sup>-1</sup> )	ValiosaRR	MSoy 9144RR	MSoy 8527RR
		..... CPA (%) .....		
1	≥ 0,230 < 0,350	9,89 b	10,29 b	10,06 b
2	≥ 0,350 < 0,470	9,47 b	12,60 a	11,51 b
3	≥ 0,470 < 0,590	10,93 ab	12,98 a	13,40 a
4	≥ 0,590 < 0,710	12,70 a	12,42 a	15,38 a
CV (%)		21,07	5,21	10,44

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).



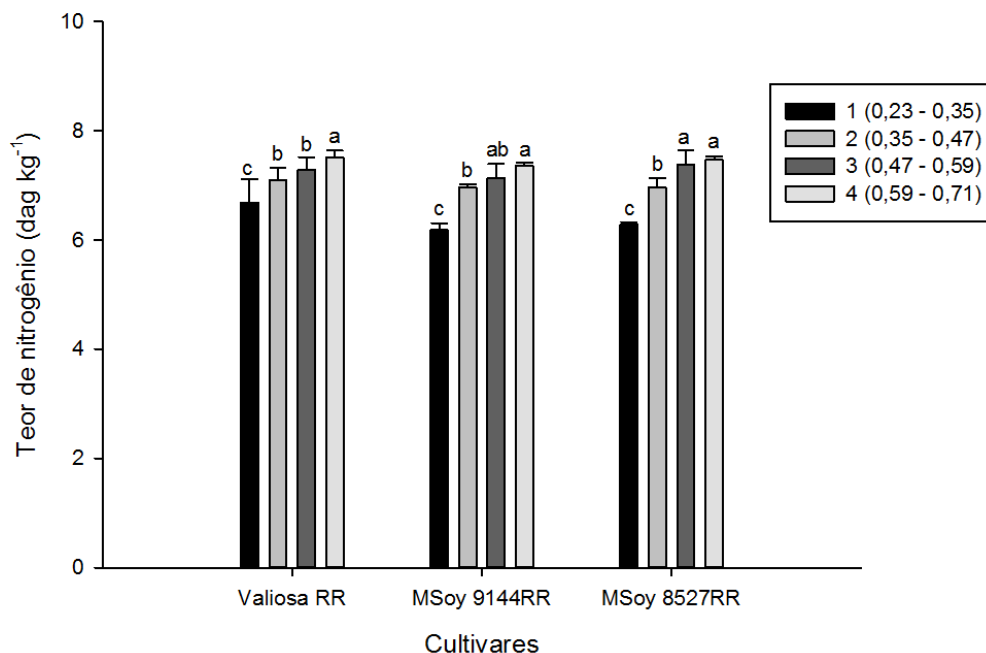
**Figura 7** - Comprimento de raiz de plântulas em função das classes de fósforo endógeno das sementes de três cultivares de soja.

**Tabela 7** - Comprimento de raiz de plântulas (CR), em função do teor endógeno de fósforo nas sementes, das cultivares Valiosa RR, Msoy 9144RR e MSoy 8527RR.

Classes	P (dag kg <sup>-1</sup> )	ValiosaRR	Msoy 9144RR	MSoy 8527RR
		..... CR (%) .....		
1	≥ 0,230 < 0,350	8,66 c	8,86 c	8,88 b
2	≥ 0,350 < 0,470	9,73 bc	9,60 bc	10,29 b
3	≥ 0,470 < 0,590	11,26 b	11,23 b	13,72 a
4	≥ 0,590 < 0,710	13,27 a	13,02 a	15,10 a
CV (%)		19,34	9,52	10,13

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

O teor de nitrogênio nas sementes das três cultivares aumentou com o aumento do nível de fósforo endógeno (Figura 8; Tabela 8), sendo que o teor de proteínas das sementes acompanhou esse aumento (Figura 9; Tabela 9). No entanto, em relação ao teor de óleo (Figura 10; Tabela 10), os maiores teores foram obtidos para as sementes com os menores níveis de fósforo endógeno.

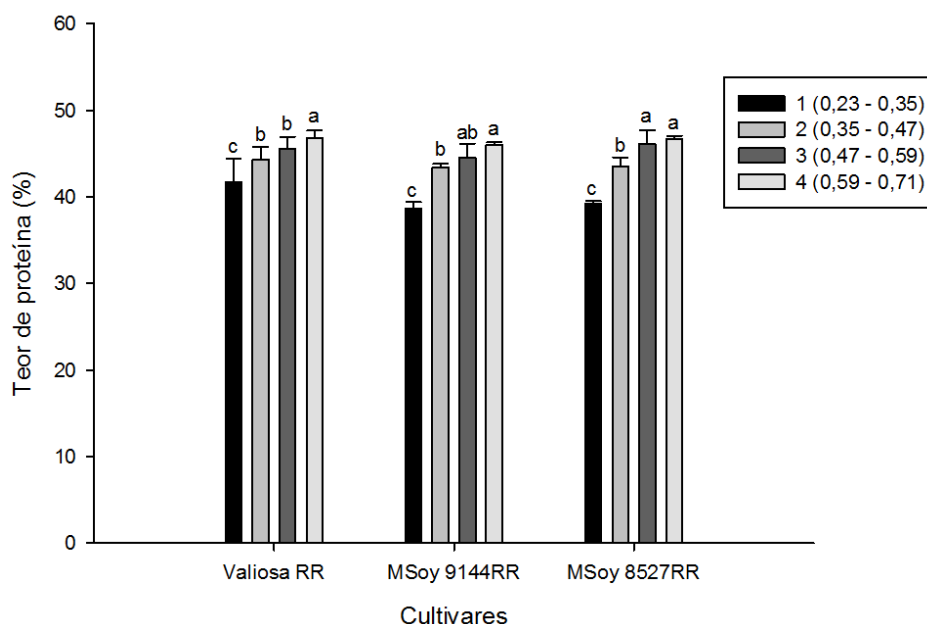


**Figura 8** - Teor de nitrogênio das sementes em função das classes de fósforo endógeno das sementes de três cultivares de soja.

**Tabela 8** - Teor de nitrogênio das sementes, em função do teor endógeno de fósforo nas sementes, das cultivares Valiosa RR, MSoy 9144RR e MSoy 8527RR.

Classes	P (dag kg <sup>-1</sup> )	ValiosaRR	MSoy 9144RR	MSoy 8527RR
		..... Teor de nitrogênio (dag kg <sup>-1</sup> ) .....		
1	≥ 0,230 < 0,350	6,681 c	6,178 c	6,278 c
2	≥ 0,350 < 0,470	7,087 b	6,952 b	6,964 b
3	≥ 0,470 < 0,590	7,284 b	7,133 ab	7,376 a
4	≥ 0,590 < 0,710	7,497 a	7,360 a	7,465 a
CV (%)		3,31	2,42	2,71

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

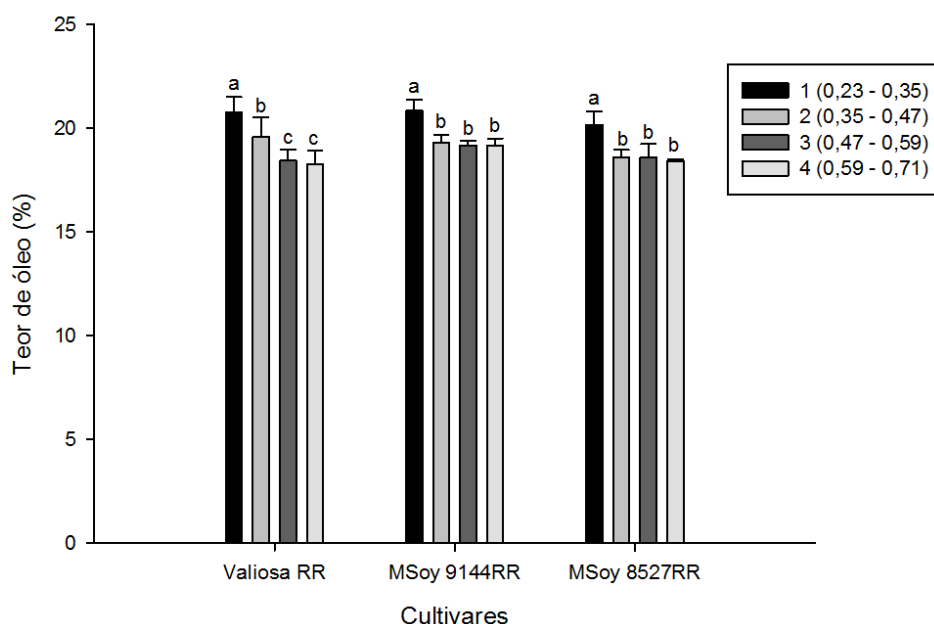


**Figura 9** - Teor de proteína das sementes em função das classes de fósforo endógeno das sementes de três cultivares de soja.

**Tabela 9** - Teor de proteína das sementes, em função do teor endógeno de fósforo nas sementes, das cultivares Valiosa RR, MSoy 9144RR e MSoy 8527RR.

Classes	P (dag kg <sup>-1</sup> )	ValiosaRR	MSoy 9144RR	MSoy 8527RR
		..... Teor de proteína (%) .....		
1	≥ 0,230 < 0,350	41,759 c	38,609 c	39,234 c
2	≥ 0,350 < 0,470	44,295 b	43,450 b	43,527 b
3	≥ 0,470 < 0,590	45,523 b	44,583 ab	46,098 a
4	≥ 0,590 < 0,710	46,857 a	46,000 a	46,656 a
CV (%)		3,31	2,41	2,71

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).



**Figura 10** - Teor de óleo das sementes em função das classes de fósforo endógeno das sementes de três cultivares de soja.

**Tabela 10** - Teor de óleo das sementes, em função do teor endógeno de fósforo nas sementes, das cultivares Valiosa RR, MSoy 9144RR e MSoy 8527RR.

Classes	P (dag kg-1)	ValiosaRR	MSoy 9144RR	MSoy 8527RR
		..... Teor de óleo (%) .....		
1	≥ 0,230 < 0,350	20,759 a	20,855 a	20,170 a
2	≥ 0,350 < 0,470	19,585 b	19,328 b	18,597 b
3	≥ 0,470 < 0,590	18,443 c	19,182 b	18,584 b
4	≥ 0,590 < 0,710	18,266 c	19,166 b	18,435 b
CV (%)		4,02	2,26	3,18

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Segundo Marcos Filho (2005), há relação inversa entre os teores de proteínas e de óleo nas sementes, ou seja, a elevação do teor de óleo ocorre paralelamente à redução do de proteínas e vice-versa, justificando o comportamento linear negativo.

Existe uma associação entre o conteúdo de proteína nas sementes com relação à germinação e ao vigor. No que se refere aos conteúdos de proteínas, sementes mais vigorosas proporcionaram maiores quantidades em relação às de menor vigor (Sá et al., 1994). Conforme trabalhos desenvolvidos por outros pesquisadores, o conteúdo de proteína da semente está relacionado com a qualidade fisiológica destas, e além dos fatores genéticos, os

teores de óleo e proteínas das sementes de soja também são fortemente influenciados pelo ambiente, principalmente durante o período de enchimento (Wilcox e Cavines, 1992; Rao et al., 1993). Em trabalho realizado com sementes de arroz, constatou-se que o teor de proteína bruta na semente é capaz de diferenciar lotes de arroz com variações nos níveis de vigor, e correlacionar-se com a emergência em campo, quando esta ocorre em condições desfavoráveis (Bortolotto et al., 2008).

O fósforo é de fundamental importância para o aumento do teor de nitrogênio na parte aérea, pois ele atua diretamente na fixação biológica de nitrogênio, já que a redução do N<sub>2</sub> atmosférico em amônia que ocorre nos bacterióides e a assimilação do amônio pela planta são processos consumidores de energia, dependentes da disponibilidade de ATP. O fósforo atua no crescimento e no funcionamento dos nódulos (Sa et al., 1991; Almeida et al., 2000).

Sementes de feijoeiro com maior teor de fósforo podem resultar em plantas com maior crescimento da parte aérea, nodulação e acúmulo de nitrogênio, no estágio vegetativo de crescimento, particularmente em solo adicionado com baixas doses aplicadas de fósforo (Araújo et al., 2002). Chagas et al. (2010) também encontraram o mesmo resultado, com maiores incrementos na biomassa da parte aérea, na nodulação e no teor de nitrogênio.

O incremento do P nas sementes foi responsável pelo aumento significativo da matéria seca da parte aérea em plantas de soja aos 21 dias após emergência, em função de uma maior translocação do nutriente para a parte aérea, o que contribuiu para maior formação de biomassa (Meis et al., 2003).

Além do efeito do P endógeno na germinação e vigor das sementes, no estabelecimento das plântulas, maiores rendimentos são encontrados com a utilização de sementes enriquecidas com P, como no trabalho realizado por Trigo et al. (1997), que encontraram incrementos de até 37 % no peso total de sementes de soja.

## **5.6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A obtenção de altas produtividades na cultura da soja depende de uma combinação de fatores ambientais, que são incontroláveis por parte de produtor, e alguns, que de certa forma, podem ser manipulados, como é o caso da fertilidade do solo, escolha de uma variedade produtiva, escolha de sementes vigorosas, arranjo de plantas, controle de plantas invasoras, pragas e doenças, dessecação e colheita, entre outros. Uma vez definido esses fatores, o produtor espera obter plantas vigorosas que possam aproveitar essas boas condições e expressar todo o seu potencial.

Todavia, o estabelecimento da lavoura com estande de plantas desejado, de maneira uniforme e com predominância de plântulas vigorosas só é possível com a utilização de sementes com alto potencial fisiológico. Essas características são essenciais para assegurar o desempenho adequado das plantas, podendo afetar a uniformidade do desenvolvimento, o rendimento final da cultura e a qualidade do produto.

Os resultados desse experimento sugerem que concentrações mais elevadas de P nas sementes, proporcionaram maior disponibilidade de energia para as atividades metabólicas da semente, o que levou ao maior crescimento inicial das plântulas e ao desenvolvimento maior e mais rápido do sistema radicular, resultando no aumento da absorção de nutrientes, água e, conseqüentemente, na capacidade produtiva da planta. O que é confirmada por diversos autores (Teixeira et al., 1999; Zhu et al., 2001; Oltmans et al., 2005; Spear et al., 2007).

Aquelas plantas originadas de sementes com maior incremento de P são mais vigorosas e atendem melhor à demanda metabólica inicial, tornando-as, portanto, menos dependentes dos teores existentes deste elemento no solo nessa fase. Principalmente, nos solos com menor disponibilidade de fósforo, a importância do conteúdo deste nutriente nas sementes poderá ser relevante para o estabelecimento das plantas. Isto não significa, entretanto, que as plantas originárias de sementes com alta concentração de P possam prescindir de adequados teores desse nutriente no solo.

## 5.7 – CONCLUSÕES

O aumento dos teores de fósforo endógeno nas sementes, das três cultivares, propiciou incrementos na germinação, com aumento de até 23 %, no vigor, nos teores de nitrogênio e proteína bruta, e redução no teor de óleo das sementes.

## 5.8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 93 p.

AGOSTINI, J.D.S.; IDA, E.I. Caracterização parcial e utilização da fitase extraída de sementes germinadas de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Jaboticabal, v. 41, n. 6, p. 1041-1047, 2006.

ALMEIDA, J.P.F.; HARTWIG, U.A.; FREHNER, M.; NOSBERGER, J.; LUSCHER, A. Evidence that P deficiency induces N feedback regulation of symbiotic N<sub>2</sub> fixation in which

clover (*Trifolium repens* L.). **Journal of Experimental Botany**, Zurich, v. 51, p. 1289-1297, 2000.

ARAÚJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G.; LIMA, E.R. Efeito do aumento do teor de fósforo na semente, obtido via adubação foliar, no crescimento e na nodulação do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 183-189, 2002.

BADAU, M.H.; NKAMA, I.; JIDEANI, I.A. Phytic acid content and hydrochloric acid extractability of minerals in pearl millet as affected by germination time and cultivar. **Food Chemistry**, Maiduguri, v. 92, n. 3, p. 425-435, 2005.

BALIGAR, V.C.; FAGERIA, N.K.; HE, Z.L. Nutrient use efficiency in plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 32, n. 1-8, p. 921-950, 2001.

BHATTACHARYYA, K.K.; SENGUPT A.K.; CHATTERJEE, B.N. Seed treatment for increasing blackgram (*Vigna mungo*) in rainfed agriculture. **Seed Research**, New Deli, v. 12, p. 40-47, 1984.

BOLLAND, M.D.A.; PAYNTER, B.H.; BAKER, M.J. Increasing phosphorus in lupin seed increases grain yields on phosphorus deficient soil. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Perth, v. 29, p. 791-801, 1998.

BORTOLOTO, R.P.; MENEZES, N.L.; GARCIA, D.C.; MATTIONI, N.M. Teor de proteína e qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Bragantia**, v. 67, p. 513-520, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 2009. 395 p.

CHAGAS, E.; ARAÚJO, A.P.; RODRIGUES, B.J.; TEIXEIRA, M.G. Seed enriched with phosphorus and molybdenum improve the contribution of biological nitrogen fixation to common bean as estimated by <sup>15</sup>N isotope dilution. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1093-1101, 2010.

CHING, T.M. Metabolism of germinating seeds. In: KOSLOWSKI, T.T. (ed.) **Seed Biology**. Academy Press, New York, v. 2, p. 103-218, 1972.

De MARCO, D.G. Effect of seed weight , and seed phosphorus and nitrogen concentrations on the early growth of wheat seedlings. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, 1990, v. 30, p. 545–549.

EGLI, I.; DAVIDSSON, L.; JUILLERAT, M.A.; BARCLAY, D.; HURREL, R. Phytic acid degradation in complementary foods using phytase naturally occurring in whole grain cereals. **Journal of Food Science**, Zurich, v. 68, n. 5, p. 1855-1859, 2003.

FRIAS, J.; DOBLADO. R.; ANTEZANA, J.R.; VIDAL-VALVERDE, C. Inositol phosphate degradation by the action of phytase enzyme in legume seed. **Food Chemistry**, Madrid, v. 81, p. 233-239, 2003.

GEORGE, R.A.T.; STEPHENS, R.J.; VARIS, S. Efecto de los nutrientes minerales sobre el rendimiento y calidad de la semilla de tomate. In: HEBBLETHWAITE, P.D. **Producción moderna de semillas**. ed. Montevideo: Editorial Hemisfério Sur, 1978. p. 668-675.

GHAVIDEL, R.A.; PRAKAS, J. The impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, *in vitro* iron and calcium bioavailability and *in vitro* starch and protein digestibility of some legume seeds. **Food Science and Technology**, Mysore, v. 40, n. 7, p. 1292-1299, 2007.

GRANT, C.A.; FLATEM, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. The importance of early season phosphorus nutrition. **Canadian Journal of Plant Science**, 2001, v. 81, n. 2, p. 211-224.

GREINER, R.; EGLI, I. Determination of the activity of acidic phytate-degradating enzymes in cereal seeds. **Journal of Agricultural and food Chemistry**, Cambridge, v. 51, p. 847-850, 2003.

HULKE, B.S.; FEHR, W.R.; WELKE, G.A. Agronomic and seed characteristics of soybean with reduced phytate and palmitate. **Crop Science**, Iowa, v. 44, n. 6, p. 2027-2031, 2004.

LEI, X.G.; STAHL, C.H. Biotechnological development of effective phytases for mineral nutrition and environmental protection. **Applied Microbiological Biotechnology**, Heidelberg, v. 57, p. 474-481, 2001.

LOTT, J.N.A.; OCKNEN, I.; RABOY, V.; BATEN, G.D. Phytic acid and phosphorus in crop seeds and fruits: a global estimate. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 10, p. 11-33, 2000.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.

MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R.; NOVENBRE, A.D.C.; CHAMMA, H.M.C.P. Estudo comparativo de métodos para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 1805-1815, 1990.

MEIS, S.J.; FEHR, W.R.; SCHNEBLY, S.R. Seed source effect on field emergence of soybean lines with reduced phytate and raffinose saccharides. **Crop Science**, Ames, v. 43, p. 1336-1339, 2003.

NADEEM, M.; MOLLIER, A.; MOREL, C.; VIVES, A.; PELLERIN, S. Relative contribution of seed phosphorus reserves and exogenous phosphorus uptake to maize (*Zea mays* L.) nutrition during early growth stages. **Plant Soil**, 2011, v. 346, p. 231-244.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. Londrina: **ABRATES, Comitê de Vigor de Sementes**, 1999. p. 2.1-2.24.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. **Ensaio em ambiente protegido**. Métodos de pesquisa em fertilidade do solo (EMBRAPA), Brasília, DF, 1991. p. 189-253.

OLTMANS, S.E.; FEHR, W.R.; WELKE, G.A.; RABOY, V.; PETERSON, K.L. Agronomic and seed traits soybean lines with low-phytate phosphorus. **Crop Science**, Ames, v. 45, n. 2, p. 593-598, 2005.

PERETTI, A. **Manual para análises de semillas**. Buenos Aires: Editorial Hemisférico Sur, 1994. 282 p.

RAO, A.C.S.; SMITH, J.L.; JANDHJYALA, V.K.; PAPENDICK, R.I.; PARR, J.F. Cultivar and climatic effects on the protein content of soft white winter wheat. **Agronomy Journal**, v. 85, p. 123-128, 1993.

SÁ, M.E. Importância da adubação na qualidade de sementes. In: SÁ, M.E. de; BUZZETI, S. (Coord.). **Importância da adubação na qualidade de produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 65-98.

SA, T.M.; ISRAEL, D.W. Energy status and functioning of phosphorus-deficient soybean nodules. **Plant Physiology**, Raleigh, v. 97, p. 928-935, 1991.

SANGRONIS, E.; MACHADO, C. J. Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. **Food Science and Technology**, v. 40, n. 1, p. 116-120, 2007.

SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT User's Guide version 9.1 Cary. NC: SAS Institute, 2002.

SFREDO, G.J. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Documentos 305. Embrapa Soja, Londrina, 2008, 148 p.

SIGMAPLOT. 2008. For windows, version 10.0. Systat Software, 2008.

SILVA, R.J.S.; VAHL, L.C. Reposta do feijoeiro a adubação fosfatada num Neossolo Litolítico Distrófico da região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 2, p. 129-132, 2002.

SOARES, M.M. **Efeito do recobrimento de sementes com fósforo na qualidade das sementes, nodulação e crescimento das plantas de soja**. Universidade Federal de Viçosa, 2009. 71 p. (Dissertação de Mestrado).

SOUZA, F.S.; FARINELLI, R. ROSOLEM, C.A. Desenvolvimento radicular do algodoeiro em resposta à localização do fertilizante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 387-392, 2007.

SPEAR, J.D.; FEHR, W.R. Genetic improvement of seedling emergence of soybean lines with low phytate. **Crop Science**, Ames, v. 47, n. 4, p. 1354-1360, 2007.

STROTHER, S. Homeostasis in germinating seeds. **Annals of Botany**, Houghton, v. 45, p. 217-218, 1980.

TEIXEIRA, M.G. **Influência do conteúdo de fósforo da semente na nodulação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Seropédica: UFRRJ, 1995. 205 p. (Tese de Doutorado).

TEIXEIRA, M.G.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de; ARAÚJO, A.P.; FRANCO, A.A. Effect of seed phosphorus concentration on nodulation and growth of three common bean cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 22, n. 10, p. 1599-1611, 1999.

TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. **Crop Science**, Lexington, v. 31, p. 816-822, 1991.

THOMSON, J.R.; BELL, R.W.; BOLLAND, M.D.A. Low seed phosphorus concentration depress early growth and nodulation of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* cv. Gungurro). **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 15, n. 8, p. 1193-1214, 1992.

THOMSON, C.J.; BOLGER, T.P. Effects of seed phosphorus concentration on the emergence and growth of subterranean clover (*Trifolium subterraneum*). **Plant and Soil**, v. 155/156, p. 285-288, 1993.

TRIGO, L.F.N.; PESKE, S.T.; GASTAL, M.F.; VAHL, L.C.; TRIGO, M.F.O. Efeito do conteúdo de fósforo na semente de soja sobre o rendimento da planta subsequente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 111-115, 1997.

WHITE, P.J.; VEBEKLAAS, E.J. Nature and nurture: the importance of seed phosphorus content. **Plant and Soil**, v. 357, p. 1-8, 2012.

WILCOX, J.R.; CAVINES, J.F. Normal and low lenolenic acid soybean strains. Response to planting date. **Crop Science**, v. 32, p. 1248-1251, 1992.

ZHU, Y.G; SMITH, S.E. Seed phosphorus (P) content affects growth, and P uptake of wheat plants and their association with arbuscular mycorrhizal (AM) fungi. **Plant and Soil**, v. 231, p. 105-112, 2001.