



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS - UFPEL  
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE SEMENTES**

**FÓSFORO NA QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA E  
CONSEQUENTE DESEMPENHO NA PRODUÇÃO DE GRÃOS**

**PELOTAS  
RIO GRANDE DO SUL - BRASIL  
2012**

# **FÓSFORO NA QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA E CONSEQUENTE DESEMPENHO NA PRODUÇÃO DE GRÃOS**

**ROSIDELMA DA SILVA FELÍCIO MARIN**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob a orientação do Prof. Dr. Paulo Dejalma Zimmer, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, para a obtenção do título de Mestre Profissional.

**PELOTAS  
RIO GRANDE DO SUL - BRASIL  
2012**

**Dados de catalogação na fonte:**  
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

M337f Marin, Rosidelma da Silva Felício

Fosfóro na qualidade de sementes de soja e consequente desempenho na produção de grãos / Rosidelma da Silva Felício Marin; orientador Paulo Dejalma Zimmer. Pelotas, 2012. 47f.; il.. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2012.

1. *Glycine max*; 2. Fósforo; 3. Qualidade fisiológica; 4. Sementes; 5. Produtividade.  
I. Zimmer, Paulo Dejalma (orientador). II. Título.

CDD 633.34

# **FÓSFORO NA QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA E CONSEQUENTE DESEMPENHO NA PRODUÇÃO DE GRÃOS**

**AUTOR:** Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup> ROSIDELMA DA SILVA FELICIO MARIN

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. PAULO DEJALMA ZIMMER

## **BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. FRANCISCO AMARAL VILLELA

Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> DENISE MEZA MIRANDA

Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> VALÉRIA CRISTINA CAMPOS

Prof. Dr. PAULO DEJALMA ZIMMER  
Orientador

## DEDICATÓRIA

*Ao Cristiano, meu esposo, pela ajuda,  
carinho e compreensão.*

*Aos meus filhos, Gabriel, Matheus, Lucas  
ou Júlia.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por colocar pessoas especiais em meu caminho.

Ao Grupo Marin, em especial ao meu esposo, Cristiano Marin, por ter-me dado a oportunidade de realizar o curso e ceder as suas instalações para conduzir todo o meu trabalho.

Ao Professor Dr. Paulo Dejalma Zimmer, pela valiosa orientação, paciência, confiança e amizade durante o curso e a execução do trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes/FAEM/UFPEL, pelo conhecimento transmitido e, em especial, ao Dr. Geri Eduardo Meneghello, que me orientou nas análises e interpretações estatísticas.

Aos acadêmicos da UFPEL, Carlos André Bahry e Maicon Nardino, pela ajuda no desenvolvimento da análise estatística.

Ao IBG, pela parceria com a UFPEL, proporcionando-nos a realização de um sonho.

Ao Dr. Enrique Pouyu, professor de adubação e consultor técnico no Grupo Marin, pelo auxílio e pela atenção durante a realização deste trabalho.

Aos colegas do mestrado profissional, pelo companheirismo e pelas horas agradáveis que passamos juntos.

Aos funcionários do Grupo Marin, que estiveram comigo na instalação do experimento e torceram junto para que tudo desse certo. E a todas aquelas pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

**Meu muito obrigada!**

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| TABELA 1. Características químicas e físicas da área experimental.....  | 21 |
| TABELA 2. Doses de superfosfato triplo lançadas na linha de semeadura de acordo com a análise de solo.....  | 22 |
| TABELA 3. Dados de precipitação registrados na área experimental nos anos agrícolas de 2009/2010 e 2010/2011 .....  | 26 |
| TABELA 4. Dados obtidos em percentagem para umidade, impurezas e avariados (percevejos) em amostras de 50 gramas de plantas de soja cultivadas sob diferentes doses com superfosfato triplo (safra 2010/2011) - 2º ano.....                                 | 26 |
| TABELA 5. Dados médios de número de plantas por metro, número de legumes por planta, número de sementes por plantas, peso de mil sementes e produtividade de plantas de soja cultivadas sob diferentes doses com superfosfato triplo (safra 2009/2010)..... | 27 |
| TABELA 6. Resultados obtidos no teste de tetrazólio e germinação para avaliação da qualidade da semente de soja em função de diferentes doses de adubação com superfosfato triplo .....   | 29 |
| TABELA 7. Teores de macronutrientes em sementes de soja obtidas de plantas cultivadas sob diferentes doses de superfosfato simples .  | 31 |
| TABELA 8. Teores de micronutrientes em sementes de soja obtidas de plantas cultivadas sob diferentes níveis de adubação fosfatada...  | 36 |
| TABELA 9. Dados médios de componentes de rendimentos de plantas cultivadas de soja sob diferentes doses de superfosfato triplo, geradas na safra de 2010/2011.....  | 37 |

## LISTA DE FIGURAS

|   | Página |
|---|--------|
| FIGURA 1. Altura de inserção do primeiro legume (IPL) de soja, em função de diferentes doses de fósforo utilizadas no campo de produção de sementes. IPL – Inserção do primeiro legume (cm) | 28     |
| FIGURA 2. Teor de fósforo presente nas sementes de soja, de acordo com diferentes doses de $P_2O_5$ utilizadas no campo de produção de sementes.....  | 32     |
| FIGURA 3. Teores de potássio presentes nas sementes de soja, de acordo com diferentes doses de $P_2O_5$ utilizadas no campo de produção de sementes.....                                    | 33     |
| FIGURA 4. Teores de cobre presentes nas sementes de soja, de acordo com diferentes doses de $P_2O_5$ utilizadas no campo de produção de sementes.....                                       | 33     |
| FIGURA 5. Teores de manganês presentes nas sementes de soja, de acordo com diferentes doses de $P_2O_5$ utilizadas no campo de produção de sementes.....                                    | 34     |
| FIGURA 6. Teores de zinco presentes nas sementes de soja, de acordo com diferentes doses de $P_2O_5$ utilizadas no campo de produção de sementes.....                                       | 35     |



## LISTA DE ANEXO

|   | Página |
|---|--------|
| ANEXO 1. Interpretação de análises químicas de fósforo em sistemas de culturas anuais e sequeiro na região dos cerrados ..... | 47     |

## RESUMO

FELÍCIO-MARIN, Rosidelma da Silva. **Fósforo na qualidade de sementes de soja e consequente desempenho na produção de grãos**. 2012. 47f. Dissertação (Mestrado Profissional) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de fósforo na qualidade fisiológica da semente, bem como a produtividade na geração seguinte. O experimento foi conduzido em Itiquira, MT, nas safras 2009/2010 e 2010/2011. Na safra 2009/2010, as sementes de soja foram semeadas sob diferentes doses de fósforo na linha a partir da análise química do solo, nas seguintes proporções, de acordo com a recomendação: controle - 0%, 50%, 100%, 150% e 200% da dose de  $P_2O_5$  recomendada. A fonte de fósforo utilizada foi superfosfato triplo. A adubação de cobertura com 100 kg/há de cloreto de potássio foi distribuída a lanço em pós-emergência. Após a colheita, foram analisados a viabilidade e o vigor das sementes, além dos componentes do rendimento, como altura de inserção do primeiro legume, número de legumes por planta, número de sementes por planta, número de plantas por metro, produtividade e nutrientes minerais na semente. Parte da semente foi armazenada com umidade de 13%, em condições controladas de temperatura entre 20° e 22°. Na safra 2010/2011, as sementes provenientes de cada tratamento da safra 2009/2010 foram semeadas em campo, recebendo adubação conforme análise de solo. A área útil para cada tratamento foi de 270 m<sup>2</sup>. Após a colheita dos tratamentos, no segundo ano, avaliou-se a produtividade da cultura. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com cinco repetições. As médias foram submetidas à análise de variância e, posteriormente, submetidas ao teste de Dunnett e regressão polinomial. Sementes com teores superiores de fósforo influenciam positivamente o número de sementes e de legumes por planta, contribuindo para o aumento de produtividade da soja. Concentrações maiores de fósforo na linha de semeadura melhoram o vigor das sementes de soja, além de contribuir para o aumento de fósforo, ferro e zinco das sementes produzidas. No entanto, as concentrações de manganês são reduzidas.

Palavras-chave: *Glycine max*, fósforo, qualidade fisiológica de sementes, produtividade

## ABSTRACT

FELÍCIO-MARIN, Rosidelma da Silva. **Fósforo na qualidade de sementes de soja e consequente desempenho na produção de grãos**. 2012. 47f. Dissertação (Mestrado Profissional) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

The objective of this study was to evaluate the effect of application different doses of phosphorus in the seed quality and productivity in the next generation. The experiment was conducted in Itiquira, MT, during the harvest 2009/2010 and 2010/2011. In the season 2009/2010, soybean seeds were sown under different doses of phosphorus in the line from the chemical analysis of soil, in the following proportions in accordance with the recommendation: control - 50%, 100%, 150%, 200% of the recommended dose  $P_2O_5$ . Its was used triple superphosphate as phosphorus source. Fertilization with 100 kg/ha of potassium chloride was distributed broadcast post-emergence. After harvesting, it's was analyzed viability and vigor, and yield components as insertion height of the first pod, number of pods per plant, number of seeds per plant, number of plants per meter, yield and mineral in the seed. Part of the seed was stored with 13% humidity under controlled temperature between 20° and 22°C. In 2010/2011, harvesting the seeds from each treatment for 2009/2010 crop were sown in the field, receiving fertilizer as soil analysis. The floor area for each treatment was 270 m<sup>2</sup>. After the harvesting treatments in the second year, it was evaluated the yield. The experimental design was from blocks at random with five replicates. The average were submitted to analysis of variance. Subsequently subjected to Dunnett's test and polynomial regression. The seeds with higher phosphorus levels influence positively the number of seeds and pods per plant, contributing to the increase of soybean yield. Higher phosphorus concentrations in the line of sowing improve soybean seeds vigor, also they contribute to the increase of phosphorus, iron and zinc of seeds produced, however, manganese concentrations are reduced.

Key words: *Glycine max*, phosphorus, physiological quality off seeds, yield.

# SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>BANCA EXAMINADORA .....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>DEDICATÓRIA .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>AGRADECIMENTOS.....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>LISTA DE TABELAS .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>LISTA DE FIGURAS.....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>LISTA DE ANEXO .....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>RESUMO.....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>ABSTRACT.....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>11</b> |
| <b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>  | <b>13</b> |
| 2.1. SOJA.....  | 13        |
| 2.2. QUALIDADE DE SEMENTES.....   | 13        |
| 2.3. ADUBAÇÃO.....  | 15        |
| <b>2.3.1. Macronutrientes .....</b>   | <b>16</b> |
| <b>2.3.2. Micronutrientes .....</b>   | <b>18</b> |
| <b>3. METODOLOGIA .....</b>   | <b>20</b> |
| 3.1. LOCAL.....   | 20        |
| 3.2. INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO PARA PRODUÇÃO DE SEMENTES DE SOJA.....   | 20        |
| 3.3. ANÁLISE DO EFEITO DOS TRATAMENTOS NA PRODUÇÃO DE GRÃOS – SEGUNDO ANO.....  | 24        |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>  | <b>27</b> |
| 4.1. COMPONENTES DE RENDIMENTOS - SAFRA 2009/2010.....  | 27        |
| 4.2. TEORES NUTRICIONAIS DAS SEMENTES.....  | 30        |
| 4.3. DESEMPENHO DE CAMPOS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS ESTABELECIDOS COM SEMENTES PRODUZIDAS SOB DISTINTAS DOSES DE FÓSFORO – SAFRA 2010/2011 ..... | 36        |
| <b>5. CONCLUSÕES.....</b>   | <b>40</b> |
| <b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>   | <b>41</b> |
| <b>ANEXO .....</b>  | <b>46</b> |

# 1. INTRODUÇÃO

A soja é uma das grandes responsáveis pelo desempenho econômico brasileiro. Sua produtividade oscila de ano a ano e de região a região, devido a diversos fatores envolvendo déficit hídrico, doenças, pragas, fertilidade do solo, dentre outros. Neste cenário agrícola, a semente de alta qualidade, de variedades melhoradas e multiplicadas em grande escala, assume um papel de elevada importância para se atingir altas produtividades. Para Barros e Peske (1998), a semente é um meio de se levar ao produtor rural todo potencial de uma cultivar, tanto genético como em qualidade física, fisiológica e sanitária.

Vários fatores controlam a produtividade no solo, sendo o uso de fertilizantes apenas um desses fatores. As falhas no uso de práticas adequadas de produção reduzem os benefícios potenciais dos fertilizantes e limitam a produtividade (LOPES, 1998).

A aplicação de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, enxofre e magnésio) e micronutrientes (boro, cobre, ferro, manganês, molibidênio e zinco) nos solos de cerrado constitui uma ferramenta importantíssima para obtenção de altos rendimentos para diversas culturas (MALAVOLTA, 2006).

Os solos sob vegetação de cerrado, na maioria são ácidos, com baixa disponibilidade e alta capacidade de retenção de fósforo. A prática de adubação é indispensável para obtenção de alta produtividade, podendo ser uma alternativa tecnológica para elevar o teor do elemento nas sementes (SOUZA et al., 2004).

O fósforo é essencial para o crescimento das plantas e nenhum outro nutriente pode substituí-lo. A planta precisa do fósforo para completar seu ciclo normal de produção, e esse elemento constitui-se num dos três macronutrientes primários menos extraído pela soja. Normalmente, apresenta maior limitação à obtenção de elevados rendimentos, seja pelo baixo teor no solo, seja pela sua dinâmica complexa em solos tropicais e subtropicais (VITTI e TREVISAN, 2000).

Segundo Tanaka et al. (1993), o fósforo tem importância para a produtividade de plantas, em decorrência de sua participação nas membranas celulares (fosfolípidos), nos ácidos nucleicos e como constituinte de compostos armazenadores de energia, como ATP (trifosfato de adenosina), o mais importante

desses compostos. Essa energia é utilizada na germinação, fotossíntese, absorção ativa dos nutrientes do solo e síntese de vários compostos orgânicos, como carboidratos, proteínas e lipídeos.

Em campos de produção de sementes de soja, experimentos relacionados à adubação e à nutrição das plantas são escassos, de modo que o emprego de fertilizantes é feito com base nos resultados obtidos para produção de grãos. A adequada utilização de corretivos e fertilizantes é um dos mais importantes fatores para a produção de sementes de soja de alta qualidade (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Embora a bibliografia relacionada ainda seja escassa, alguns autores sugerem que o fósforo em níveis superiores aos recomendados, em campos de produção de sementes, pode interferir positivamente no atributo da qualidade fisiológica da semente e, além disso, tal melhoria refletiria em incrementos na produção de grãos da próxima geração (TRIGO et al., 1997; CORRÊA et al., 2004; MARCOS-FILHO, 2005; PESKE et al., 2009). Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de fósforo sobre a qualidade fisiológica da semente de soja e avaliar a produtividade na geração seguinte.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. SOJA

A soja (*Glycine max* (L). Merrill) é considerada uma das espécies cultivadas mais antigas do mundo, e os relatos da literatura chinesa sobre ela datam de 2.500 anos a. C. Permaneceu no Oriente até a chegada dos primeiros navios europeus e foi levada à Europa em 1712. Foi introduzida nos Estados Unidos da América (EUA) em 1804 e, somente no século XX, foi aumentando a importância da cultura. Em meados de 1960, as áreas cultivadas para a produção de grãos cresciam de forma exponencial, não apenas nos EUA, como também no Brasil e na Argentina (VARGAS e HUNGRIA, 1997).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, perdendo apenas para os EUA. A produção de soja na safra 2010/2011 foi de 65,6 milhões de toneladas, resultado 12,9% inferior ao obtido na safra 2011/2012, quando foram colhidos 75,32 milhões de toneladas. De acordo com levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento, a produção de soja em Mato Grosso foi de 21,62 milhões de toneladas, 5,9% a mais da obtida em 2010/2011, com aumento de 531,1 mil hectares, passando de 6,40 para 6,93 milhões de hectares (CONAB, 2012).

### 2.2. QUALIDADE DE SEMENTES

A demanda por sementes de alta qualidade tem aumentado significativamente, devido ao aprimoramento tecnológico dos agricultores e ao aumento da área cultivada. Isso tem levado produtores de sementes a investirem no controle da qualidade, monitorando todas as fases da produção, objetivando assegurar a oferta crescente de sementes melhoradas, as quais apresentam os requisitos exigidos para comercialização (VON PINHO, 1998).

As sementes de alta qualidade envolvem uma série de características, dentre as quais estão os atributos fisiológicos, a germinação e o vigor. Para Marcos-Filho (2005), o vigor reflete a manifestação de um conjunto de características que

determinam o potencial para a emergência rápida e uniforme de plântulas em campo.

A utilização de lotes de sementes de baixo vigor normalmente provoca redução na produtividade, causando desuniformidade no estabelecimento de plantas e estande abaixo do recomendado para determinada cultivar (HOFS et al., 2004).

Para Peske et al. (2006), o baixo vigor das sementes tem sido associado à emergência reduzida que pode conduzir a atrasos no desenvolvimento, problemas com controle de plantas invasoras, desuniformidade da cultura em diversos estádios fenológicos (inclusive maturação), interferência na qualidade do produto e nas características da planta relacionadas à eficiência da colheita (altura das plantas, intensidade de ramificação, altura da inserção dos legumes, diâmetro do caule, intensidade de acamamento).

Portanto, o desempenho das sementes, logo após a semeadura, pode provocar efeitos diretos sobre a produção final. Nesse mesmo contexto, Carvalho e Nakagawa (2000) concordam que uma semente de menor vigor tem menor capacidade e condições de restaurar seus tecidos danificados, e a emergência dessa plântula ocorrerá com atraso em relação à outra de maior vigor.

Ao longo dos anos, tem sido estudada a influência do nível de vigor sobre o rendimento de grãos em diversas culturas. Em soja, Scheeren (2002) constatou que as plântulas oriundas de sementes com alto vigor produziram plantas com maior tamanho inicial, aos 21 dias após a semeadura. Isso permitiu às plantas, provenientes das sementes com alta qualidade, uma vantagem inicial suficiente para ocasionar rendimento final de grãos 9% maior. Nesse mesmo raciocínio, Kolchinski (2003), avaliando plantas individuais de soja, observou redução do rendimento de grãos de 28%, conforme a diminuição do vigor das sementes.

Segundo Marcos-Filho (2005), as sementes devem germinar e chegar até o ponto no qual as estruturas que caracterizam uma plântula normal tenham se desenvolvido completamente. Nesse contexto, para avaliar a qualidade fisiológica das sementes, são realizados testes que mostram com segurança o estado fisiológico da semente.

O teste de germinação das sementes é o mais utilizado para se avaliar a qualidade fisiológica das sementes, entretanto este nem sempre apresenta boas correlações com a emergência de plântulas no campo (SCHUAB et al., 2002).



A constatação da inadequação do teste de germinação para estimar a emergência das plântulas em campo, sob condições adversas de ambiente, estimulou o desenvolvimento de conceitos de vigor e, conseqüentemente, de novos testes para aumentar a eficiência da avaliação da qualidade das sementes. Dentre eles, o teste de emergência em campo é bastante utilizado pelos produtores de sementes para obter a percentagem de emergência das plântulas em condições de campo antes da distribuição. Com esse teste, é possível visualizar a qualidade de cada lote antes da sua distribuição, possibilitando que as tomadas de decisões sejam baseadas na viabilidade e vigor do lote (KRZYZANOWSKI et al., 1999).

Dentre os diversos métodos de controle de qualidade adotados pela indústria de sementes no Brasil, destaca-se o teste de tetrazólio, principalmente para soja, devido à rapidez, precisão e, também, pelo grande número de informações fornecidas (FRANÇA NETO, 1998.). Esse teste, além de avaliar a viabilidade e o vigor dos lotes de sementes, fornece o diagnóstico das possíveis causas da redução da qualidade, quais sejam: danos mecânicos, deterioração por umidade e danos por percevejo, problemas estes que mais comumente afetam a qualidade fisiológica da semente de soja.

Porém, além desses danos, os danos de secagem, de estresse hídrico e de geada também podem ser identificados por esse teste (BARROS e MARCOS-FILHO, 1997).

O detalhamento dos resultados do teste de tetrazólio permite uma análise qualitativa e quantitativa dos danos de um lote, sendo essa característica a grande responsável pelo elevado índice de adoção do teste. Se o teste de tetrazólio é realizado nas diferentes etapas do sistema de produção, permite detectar os problemas responsáveis pela redução da qualidade das sementes, possibilitando a identificação dos pontos de origem desses problemas e a tomada de ações corretivas, resultando na produção de sementes de alta qualidade (FRANÇA-NETO, 1998).

### 2.3. ADUBAÇÃO

Para obter sementes de boa qualidade é preciso atentar-se para uma série de fatores, sejam eles genéticos, físicos, fisiológicos ou sanitários. Dessa forma, os

nutrientes fazem parte de uma série de fatores que atuam sobre o crescimento das plantas juntamente com luz, temperatura, ar, água, manejo, propriedades físicas e características do solo. A função de cada nutriente essencial é tanto mais plena quanto mais harmoniosa for a sua interação com os demais fatores do meio (WACHOWICZ e CARVALHO, 2002).

A aplicação de adubos destina-se a cobrir diferenças entre exigência da cultura e fornecimento pelo solo, levando-se em conta e compensando as perdas de diversos tipos como volatilização, lixiviação, imobilização, fixação e erosão, ou seja, quanto mais pobre o solo, mais adubo é necessário usar (MALAVOLTA, 2006). Nesse mesmo raciocínio, para o autor, na prática da adubação procura-se introduzir o fertilizante no sistema solo-planta-atmosfera, aumentando os nutrientes na solução do solo, obedecendo aos princípios da nutrição de plantas, da fertilidade do solo e da adubação.

Dessa forma, a adubação é um dos fatores que mais afeta a produtividade agrícola, influenciando sobremaneira os custos de produção com reflexos na rentabilidade das cultivares.

### **2.3.1. Macronutrientes**

Os macronutrientes, também chamados nutrientes primários e secundários, são os elementos de que as plantas precisam em maior quantidade. Os nutrientes primários como nitrogênio, fósforo e potássio geralmente tornam-se deficientes no solo antes dos demais, devido a seu uso em quantidades relativamente grandes pelas plantas. Os nutrientes secundários como cálcio, magnésio e enxofre são exigidos em menores quantidades, porém a sua falta compromete significativamente o desenvolvimento da planta (LOPES, 1998).

Nesse mesmo contexto, o fósforo é um dos nutrientes que merecem mais atenção para produção agrícola nos solos da região do Cerrado, onde a disponibilidade desse elemento, em condições naturais, é muito baixa. Essa característica, associada à alta capacidade que esses solos têm para reter o fósforo na fase sólida, é a principal limitação para o desenvolvimento de qualquer atividade agrícola rentável sem aplicação de adubos fosfatados. Sua baixa disponibilidade e mobilidade no solo tornam este elemento um fator limitante ao desenvolvimento da

cultura da soja. Devido às características desses solos, são grandes as quantidades de fósforo a serem aplicadas, para manter uma disponibilidade do nutriente adequada às plantas cultivadas (SOUSA e LOBATO, 2004).

O fósforo participa de muitos processos metabólicos na planta como transferência de energia, fase inicial das partes reprodutivas, desenvolvimento radicular e formação de frutos e sementes (RAIJ, 1991). Segundo Schachtman et al. (1998), o fósforo participa com cerca de  $2\text{g kg}^{-1}$  da massa da matéria seca. Nesse mesmo contexto, Novais et al. (2007) citam que, em soja, há uma imobilização média de  $20\text{kg ha}^{-1}$  de fósforo em toda sua biomassa.

Em um experimento repetido por dois anos seguidos, Coutinho et al. (1991) constataram aumentos de produtividade, na cultura da soja, superiores em até 100% em relação à testemunha, tanto com superfosfato triplo, termofosfato magnesiano e fosfato natural de gafsa.

Dados mostram que a soja tem necessidade crescente de fósforo à medida que os rendimentos se elevam, isto é, para alcançar produtividades elevadas, houve a demanda de altas dosagens de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (HANSON, 1981).

A resposta da cultura da soja à utilização do fósforo via solo é bem definida, sendo esse nutriente de grande importância no desenvolvimento da mesma, responsável pela maioria das respostas significativas no rendimento da cultura, implicando seu uso, comumente, aumento do rendimento (KLIEMANN et al., 1997; ROSOLEM e MARCELLO, 1998).

Segundo Rosolem (1982), a época em que o fósforo 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 e R6 com a absorção de  $0,2$  a  $0,4\text{kg ha}^{-1}\text{ dia}^{-1}$ , sendo que, do total absorvido, 60% ocorrem após R1. Assim, a cultura da soja necessitaria, de acordo com sua exigência de fósforo, de um suprimento constante desse nutriente durante praticamente todo o seu ciclo.

O fósforo é essencial na divisão celular, atuando no crescimento da parte aérea e sistema radicular, assim como na reprodução e no metabolismo vegetal (fotossíntese, respiração e síntese de compostos). A deficiência de fósforo no solo diminui o crescimento das plantas e o potencial de rendimento nos estádios reprodutivos iniciais, como o florescimento, menor produção e maior aborto de flores.

Ainda, manifesta-se na menor formação e retenção de vagens, o que resulta decréscimo no rendimento de soja (VITTI e TREVISAN, 2000).

O fósforo como fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) é um componente integral de compostos importantes das células vegetais, incluindo fosfato-açúcares, intermediários da respiração e fotossíntese, bem como fosfolipídeos que compõem as membranas vegetais, coenzimas, ácido fítico e nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas como ATP e no DNA e RNA (TAIZ e ZIEGER, 2009).

De maneira geral, plantas com deficiência de fósforo podem reduzir tanto a respiração quanto a fotossíntese, podendo diminuir, também, a síntese de ácidos nucleicos e de proteína, retardando o crescimento da célula e até paralisando-a (GRANT et al., 2001). A resposta à adubação fosfatada depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de fósforo no solo, da disponibilidade de outros nutrientes, da espécie, da variedade cultivada e das condições climáticas.

Em termos de fertilidade, o macronutriente fósforo é, talvez, o elemento mais estudado e sobre o qual mais se escreve. Nesse contexto, a deficiência de fósforo como um importante limitante que afeta a produção das plantas, particularmente o crescimento de fabáceas, tem sido relatada por vários autores (SOUSA e LOBATO, 2004).

### **2.3.2. Micronutrientes**

A lei do Fator Mínimo de Liebig afirma que a substância mineral em menor concentração relativa determina o limite para o crescimento e o rendimento. No entanto, o rendimento não é limitado somente por essa substância mineral. Para a planta atingir um metabolismo balanceado, uma alta produção de matéria seca e um desenvolvimento desimpedido, não apenas os nutrientes. Principalmente, e os elementos-traço devem estar disponíveis em quantidades suficientes, mas também devem ser absorvidos em proporções balanceadas (LARCHER, 2006).

Por meio da fotossíntese, as plantas superiores convertem energia luminosa em energia química, transformando óxidos de carbono e de hidrogênio, pobres em energia, em hidratos de carbono metaestáveis, ricos em energia. Além de carbono, hidrogênio e oxigênio, outros elementos participam do processo, como por exemplo o cloro e o manganês na dissociação inicial da água; o nitrogênio nas estruturas

enzimáticas e na clorofila; o fósforo na estrutura de compostos que armazenam energia; o magnésio, além de atuar nas ligações entre compostos fosfatados e as enzimas, é o centro do anel tetrapirrólico da clorofila; e o ferro e o enxofre na estrutura da ferredoxina.

O potássio atua no movimento de abertura e fechamento dos estômatos, contribuindo com a eficiência fotossintética (WACHOWICZ e CARVALHO, 2002).

Os micronutrientes são de natureza essencialmente inorgânica, e sua disponibilidade pode variar muito, em função das reações que ocorrem com os componentes orgânicos e inorgânicos do solo, as quais controlam sua disponibilidade.

Dessa maneira, a capacidade do solo em reter e/ou disponibilizar micronutrientes para as plantas, quer sejam da sua reserva natural, quer aplicados via adubação, depende das suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Dentre os atributos do solo que mais influenciam a disponibilidade de micronutrientes, destacam-se: a textura, o pH, a umidade, o teor de matéria orgânica e de óxidos de ferro e alumínio (THOMAS e COSTA, 2010).

Os micronutrientes apresentam função importante na cultura da soja por modularem a associação simbiótica com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, sendo essenciais na fixação biológica do nitrogênio (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Em cada parte das plantas são acumulados os nutrientes específicos. Nas folhas, os elementos preferencialmente encontrados são nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre, e também silício, no caso de poáceas e palmeiras. As flores e os frutos acumulam preferencialmente potássio, fósforo e enxofre; a casca e o tronco contêm relativamente mais cálcio e manganês, e os lenhos de algumas árvores tropicais acumulam silício e alumínio (LARCHER, 2006).

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 LOCAL**

O experimento foi conduzido na Fazenda 5M de propriedade da Empresa Grupo Marin, localizada no Município de Itiquira, MT. O solo é classificado como Latossolo vermelho amarelo (LVAm), do qual foram coletadas amostras de 0 a 0,20m de profundidade para realização da análise química e física, para determinar os valores de pH e das concentrações de nutrientes, principalmente o fósforo, objetivo de estudo.

A área utilizada para instalação deste experimento foi cultivada com algodão por cinco anos consecutivos. Nos anos seguintes, foi ocupada no cultivo de soja, seguido de milho.

#### **3.2. INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO PARA PRODUÇÃO DE SEMENTES DE SOJA – PRIMEIRO ANO**

O experimento foi implantado nos anos agrícola 2009/2010 e 2010/2011. A correção de saturação de cátions básicos foi realizada de acordo com a análise de solo para todo talhão (Tabela 1), empregando o método de saturação por bases. Utilizou-se uma tonelada por hectare de calcário magnesiano noventa dias antes da semeadura. O solo foi preparado por meio de duas gradagens pesadas com discos de 28 polegadas, e a incorporação do calcário foi realizada por meio de grade niveladora numa profundidade de 0 a 0,20m.

A dessecação da área foi realizada mediante o uso do herbicida glifosato, aplicado na área experimental 20 dias antes da semeadura na dose de 1,0L/ha<sup>-1</sup>. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com cinco tratamentos e cinco repetições.

As parcelas do ensaio foram constituídas de seis linhas de três metros de comprimento cada, com um estande de 22 plantas por metro, no qual foi realizado o raleio para que, no final, ficassem 14 plantas por metro linear, com 0,45m de espaçamento entre linhas, totalizando 8,1m<sup>2</sup> de área útil por parcela.

TABELA 1. Características químicas e físicas da área experimental

| pH                 | P                                  | K   | S     | Ca                                 | Mg     | Al     | H+Al          | V     | m    |
|--------------------|------------------------------------|-----|-------|------------------------------------|--------|--------|---------------|-------|------|
| CaCl <sub>2</sub>  | mg/dm <sup>3</sup>                 |     |       | cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> |        |        | %             |       |      |
| 4,9                | 11,5                               | 42  | 21    | 1,9                                | 0,6    | 0,1    | 3,7           | 41,4  | 3,7  |
| M.O.               | SB                                 | CTC |       | Relações                           |        |        | Saturação (%) |       |      |
| g/kg               | cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> |     | Ca/Mg | Ca/k                               | Mg/K   | Ca/CTC | Mg/CTC        | K/CTC |      |
| 19                 | 2,6                                | 5,3 |       | 3,2                                | 17,3   | 5,5    | 30,1          | 9,5   | 1,7  |
| Zn                 | Mn                                 | Cu  | Fe    | B                                  | Argila | Silte  | Areia Total   | Solo  |      |
| mg/dm <sup>3</sup> |                                    |     |       |                                    | g/kg   |        |               |       |      |
| 2                  | 29,4                               | 0,7 |       | 32                                 | 0,13   | 300    | 25            | 675   | LVAm |

Na área experimental, primeiramente, foram definidas as linhas de semeadura com os discos da semeadora e, posteriormente, as parcelas e área experimental foram delimitadas com o auxílio de estacas. Usando uma ferramenta adequada e seguindo a linha de semeadura, foi realizado um sulco estreito de aproximadamente 10 cm de profundidade para distribuir manualmente na mesma o adubo (TSP - superfosfato triplo), conforme os diferentes tratamentos (Testemunha, 50%, 100%, 150% e 200% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) segundo a análise de solo (Tabela 2).

O superfosfato triplo é um fertilizante químico que contém em sua composição 42% a 46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e apresenta de 12% a 14% de cálcio em sua fórmula.

As doses correspondentes aos tratamentos (0, 3,66g, 7,33g, 11g e 14,67g) foram distribuídas por linhas. A cultivar utilizada foi a CD 242 RR, de ciclo semiprecoce, hábito de crescimento determinado, grupo de maturidade 7.9 e indicada para solos de alta fertilidade. O lote de sementes utilizado foi o mesmo utilizado pelo talhão da fazenda, o qual apresentava germinação de 80%.

TABELA 2. Doses de superfosfato triplo lançados na linha de semeadura de acordo com a análise de solo

| Doses P    | kg/ha(g) | 1 metro linear (g) |
|------------|----------|--------------------|
| Testemunha | 0        | 0                  |
| 50%        | 27,17    | 1,22               |
| 100%       | 54,34    | 2,44               |
| 150%       | 81,52    | 3,66               |
| 200%       | 108,69   | 4,89               |

A semeadura foi realizada no dia 4 de novembro de 2009, e a emergência ocorreu dia 9 de novembro de 2009. As sementes foram tratadas com inseticida Standak na dose de 200ml, Gaúcho (100g), inoculante (50ml) e fungicida Vithavax-Thiran (0,2) para cada 100kg de sementes. Após a semeadura, foram aplicados a lanço 100kg/ha de cloreto de potássio. Durante o processo de desenvolvimento, foram realizadas três aplicações de herbicida (glifosato), quatro aplicações de fungicidas (triazol e tebuconazole) e quatro de inseticidas (Novularon, Methomil, Metamidafós e Lambda-cialotrina).

A colheita foi realizada manualmente no dia 24 de fevereiro de 2010, no estágio reprodutivo R9, depois de sucessivas chuvas (Tabela 3). Para determinar os componentes de rendimentos, utilizou-se o procedimento de descarte das linhas externas com meio metro de bordadura, sendo colhidos dois metros lineares no interior de cada parcela e avaliado:

- Número de plantas por metro: somatório das plantas em um metro linear. Vale ressaltar que, após a semeadura, emergência e estabelecimento das plântulas foi realizado o raleio, deixando apenas 14 plantas por metro;
- Número de legumes por planta: somatório dos legumes de todas as plantas coletadas na área útil de cada parcela, dividindo o total pelo número de plantas, obtendo o resultado por planta;
- Número de sementes por planta: somatório das sementes de todas as plantas coletadas na área útil de cada parcela, dividindo o total pelo número de plantas, obtendo o resultado por planta;



- Altura de inserção do primeiro legume: foram realizadas medições em campo das plantas que seriam colhidas, obtendo-se assim quantos centímetros apresentavam do solo até o primeiro legume.

As três linhas internas restantes foram colhidas e trilhadas em máquina cedida pela Fundação MT, havendo sempre separação por repetição e por tratamento. A área útil colhida de cada parcela foi de 3,6m<sup>2</sup>. As sementes foram colhidas com umidade de 18% e secadas naturalmente ao sol, chegando a um teor de água de 12% a 13%. Depois de trilhadas e sem impurezas, as sementes foram armazenadas por sete meses em sacos de papelão multifoliados em local arejado com temperatura controlada entre 20°C a 22°C, para minimizar possíveis perdas na qualidade fisiológica das mesmas.

No mês de junho de 2010, foram realizados os testes de laboratório na Associação dos Produtores de Sementes de Mato Grosso (APROSMAT), como:

- Massa de mil sementes: realizada através da pesagem de oito repetições de 100 sementes por repetição de cada tratamento, fazendo-se a correção para a massa de mil sementes, em kg;
- Germinação em rolo de papel: realizada através de oito repetições de 50 sementes da porção semente pura, semeadas em rolo de papel umedecido por 2,5 vezes a sua massa. A primeira contagem foi realizada aos cinco dias da semeadura, e a contagem final aos oito dias, de acordo com as Regras para Análises de Sementes Brasil (2009);
- Tetrazólio: realizado com uma solução estoque de tetrazólio a 1,0% (10,0g do sal de tetrazólio em 1L de água destilada), armazenada em frasco de vidro de cor âmbar e estocada em geladeira. A solução de trabalho foi preparada na concentração de 0,075%, misturando 75ml da solução estoque (1,0%) com 925ml de água destilada. Os testes foram realizados em 100 sementes de cada lote, divididas em duas subamostras de 50 sementes. As sementes foram inicialmente distribuídas em papel germiteste umedecido e colocadas no germinador por 16 horas à temperatura de 25°C (pré-condicionamento).

Após o pré-condicionamento, as sementes foram colocadas em copinhos plásticos e submersas na solução de tetrazólio a 0,075%, a seguir

colocados num recipiente envolto por saco preto e colocados, novamente, no germinador à temperatura de 35°C por três horas.

Após este período, as sementes foram retiradas do germinador, lavadas com água corrente e depois mantidas submersas em água até serem avaliadas. Sob lupa, com aproximadamente seis vezes aumento com iluminação fluorescente, as sementes foram avaliadas individualmente. Com auxílio de uma lâmina de barbear, fez-se um corte longitudinal através do eixo embrionário, separando a semente em duas metades.

A seguir, o tegumento foi removido, observando-se as superfícies externas e internas dos cotilédones, procurando-se todos os tipos possíveis de danos como: danos mecânicos, danos por percevejos e por umidade. Especial atenção foi dada aos ferimentos no eixo embrionário, mantendo-se o cuidado de observar se os mesmos atingiram o córtex ou cilindro central (FRANÇA-NETO et al., 1998).

Posteriormente, foram feitos os cálculos, seguindo os critérios estabelecidos nas Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009), assim como a análise química das sementes para quantificação de macro e micronutrientes, a qual foi realizada no laboratório de Análise Agronômicas TecSolo.

### 3.3. ANÁLISE DO EFEITO DOS TRATAMENTOS NA PRODUÇÃO DE GRÃOS – SEGUNDO ANO

Para realização da segunda etapa do experimento 2010/2011, as sementes provenientes de cada tratamento do experimento anterior, 2009/2010, passaram por testes de tetrazólio e emergência em campo, realizados em canteiros previamente preparados, para verificar se houve redução no vigor e na qualidade de sementes durante o período de armazenamento.

O teste de emergência em campo foi realizado de acordo com a metodologia utilizada pela propriedade, a qual realiza antes da semeadura, de modo simples, quatro repetições de 100 sementes de cada tratamento, semeadas em sulcos de 1,0m de comprimento, com espaçamento de 0,3m entre linhas, apenas para

determinar o potencial de germinação e emergência. A umidade foi mantida por meio de regas para garantir a emergência das plântulas.

A avaliação da emergência foi realizada a partir de uma única leitura aos 10 dias depois da sementeira, anotando-se o número de plântulas emergidas e expressando-se o resultado em percentagem.

No campo, noventa dias antes da sementeira, foi utilizado gesso na dose de  $1\text{t/ha}^{-1}$  em todo talhão. Na área experimental, realizou-se uma gradagem (24x28") e uma nivelagem (22x26"), totalizando  $4.000\text{m}^2$ . Cada parcela foi constituída por 10 linhas com 75m de comprimento com espaçamento entre linhas de 0,45m, perfazendo uma área total de  $337,5\text{m}^2$ .

As sementes foram tratadas com inseticida Standak Top (Fipronil+piraclostrobina+tiofanato metílico 500 FS) na dose de 150ml e inoculante (50ml) para cada 100kg de sementes.

A sementeira foi realizada com semeadora Jumil Pneumatic no dia 23 de outubro de 2010, com emergência no dia 31 de outubro de 2010. A sementeira foi realizada com 22 sementes por metro devido à germinação estar com 80%. A adubação foi de  $250\text{kg/ha}^{-1}$  a lanço da fórmula NPK 00-18-18 em pré-emergência e  $80\text{kg/ha}^{-1}$  de cloreto de potássio em pós-emergência. As práticas de manejo, como utilização de herbicidas, aplicações de inseticidas, fungicidas e micronutrientes foram realizadas de acordo com amostragens e recomendações técnicas da fazenda.

A Tabela 3 apresenta os índices de precipitação pluvial, observados durante a condução do experimento, registrados por pluviômetros distribuídos em vários pontos do talhão. Na falta de umidade, foi realizada a rega com caminhão-pipa.

Em cada tratamento, foram colhidas, aleatoriamente, quatro repetições de meio metro cada. As plantas colhidas foram trilhadas e obtidos os mesmos componentes de rendimentos do experimento anterior (número de plantas por metro, número de legumes por planta, número de sementes por planta e altura de inserção do primeiro legume). A colheita mecânica foi realizada no dia 10 de março de 2011 com colhedora John Deere 1550, com umidade média de 18%.

TABELA 3. Dados de precipitação registrados na área experimental nos anos agrícolas de 2009/2010 e 2010/2011

| Ano agrícola | Milímetros | Ano agrícola | Milímetros |
|--------------|------------|--------------|------------|
| 2009/2010    |            | 2010/2011    |            |
| Outubro      | 55         | Outubro      | 105        |
| Novembro     | 208        | Novembro     | 240        |
| Dezembro     | 170        | Dezembro     | 148        |
| Janeiro      | 199        | Janeiro      | 218        |
| Fevereiro    | 175        | Fevereiro    | 238        |
| Março        | 256        | Março        | 359        |

As parcelas foram reduzidas uniformemente para 4,5 x 60m, totalizando uma área útil de 270m<sup>2</sup>. Os grãos colhidos foram acondicionados em *bags* com capacidade para 1.000kg e depois pesados em uma balança. Na sequência, foi analisado seu percentual de umidade, impurezas e avariados (Tabela 4).

Os resultados obtidos foram analisados pelo programa SAS e as médias foram submetidas à análise de variância. Posteriormente, foram submetidas ao teste de Dunnett a 5% de probabilidade e regressão polinomial.

TABELA 4. Dados obtidos em percentagem para umidade, impurezas e avariados (percevejos) em amostras de 50 gramas de plantas de soja cultivadas sob diferentes doses com superfosfato triplo (safra 2010/2011), 2º ano

| Tratamentos | Umidade | Impurezas | Avariados | Total de Perda |
|-------------|---------|-----------|-----------|----------------|
| P2O5        | %       | %         | %         | %              |
| Testemunha  | 18,0    | 0,4       | 11,5      | 4,5            |
| 50%         | 17,3    | 0,6       | 6,5       | 3,0            |
| 100%        | 17,3    | 0,4       | 8,5       | 3,0            |
| 150%        | 17,6    | 0,4       | 5,0       | 4,75           |
| 200%        | 17,9    | 1,0       | 9,75      | 3,25           |

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. COMPONENTES DE RENDIMENTOS – SAFRA 2009/2010

Observa-se, pelo teste de Dunnet (Tabela 5), que não houve diferenças significativas para o número de legumes por planta e produtividade nos diferentes tratamentos testados. Egli et al. (1987) relatam que a formação de legumes pode ser prejudicada em razão da competição por assimilados com os legumes formados mais cedo, e pode limitar fisicamente o tamanho potencial do grão.

O efeito dos tratamentos de fósforo no número de sementes por planta apresentou diferença no tratamento de 100%, enquanto que, no peso de mil sementes, o tratamento de 200% sobressaiu-se em comparação à testemunha (Tabela 5). A utilização de 100% de fosfato triplo resultou um incremento de 33% no número de sementes por planta relativamente à testemunha.

Os resultados obtidos nessas variáveis estão de acordo com Marcos-Filho (2005), ao ressaltar que os efeitos da nutrição adequada se refletem, principalmente, no tamanho e no peso de sementes produzidas.

TABELA 5. Dados médios de número de plantas por metro, número de legumes por planta, número de sementes por planta, peso de mil sementes e produtividade de plantas de soja cultivadas sob diferentes doses com superfosfato triplo (safra 2009/2010)

| Tratamentos P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Nº plantas metro | Nº legumes planta | Nº sementes planta | Peso Mil sementes | Produtividade kg/ha |
|---|------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| Testemunha                                | 14               | 45,10             | 95,60              | 151,6             | 3,692               |
| 50%                                       | 14 ns            | 44,25 ns          | 89,62 n            | 154,2 ns          | 3,267 ns            |
| 100%                                      | 14 ns            | 43,37 ns          | 127,07 *           | 153,7 ns          | 3,431 ns            |
| 150%                                      | 14 ns            | 40,22 ns          | 83,42 ns           | 152,2 ns          | 3,299 ns            |
| 200%                                      | 14 ns            | 48,00 ns          | 97,27 ns           | 157,3 *           | 3,402 ns            |
| CV (%)                                    | 0,00             | 12,83             | 13,61              | 1,05              | 7,03                |

ns - Não Significativo

\* Significativo a 5% pelo teste de Dunnett

Os níveis de fósforo aplicados no solo promoveram incremento significativo na altura de inserção do primeiro legume. O tratamento de 200% apresentou uma média de 8,64 cm inferior aos demais tratamentos, que apresentaram uma média de 10,1cm (Figura 1).

Isso mostra que houve efeito negativo da adubação fosfatada sobre a altura da inserção do primeiro legume, porém esse valor encontrado no presente ensaio ficou dentro do recomendado por Shigihara e Hamawaki (2005), que consideram adequadas alturas entre 10 e 15cm e que cultivares com altura de inserção do primeiro legume maior que 15 a 20cm facilitam a colheita e apresentam menores perdas, podendo, porém, apresentar menor produtividade.

A inserção do primeiro legume pode ser característica da própria cultivar, entretanto, se a semeadura é realizada em regiões com dias mais curtos, a altura da planta é reduzida, havendo tendência do desenvolvimento de vagens próximas ao solo.

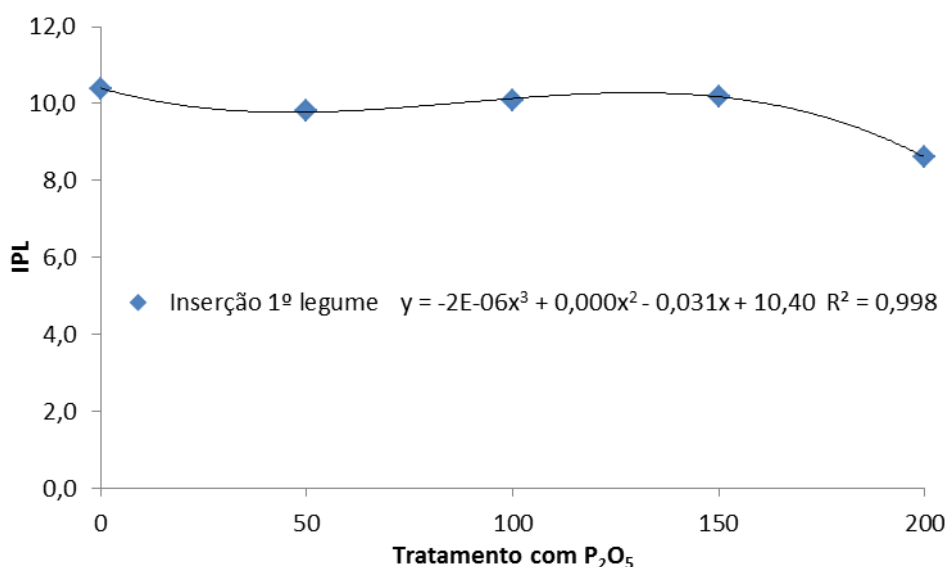


FIGURA 1. Altura de inserção do primeiro legume (IPL) de soja em função de diferentes doses de fósforo utilizadas no campo de produção de sementes. IPL – Inserção do primeiro legume (cm)

O vigor e a viabilidade das sementes avaliados pelo teste de tetrazólio apresentaram aumento na dose de 200% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em relação à testemunha. A viabilidade da semente é o principal componente de qualquer avaliação de qualidade. As sementes devem germinar e chegar até o ponto no qual as estruturas que caracterizam uma plântula normal tenham se desenvolvido completamente. O

mesmo resultado não se observa para germinação em laboratório e campo, onde ambas não apresentaram diferenças significativas nos tratamentos testados em relação à testemunha (Tabela 6).

TABELA 6. Resultados obtidos no teste de tetrazólio e germinação para avaliação da qualidade da semente de soja em função de diferentes doses de adubação com superfosfato triplo

| Tratamentos | Emergência<br>Laboratório (%) | Germinação<br>Campo% | Tetrazólio |                 |
|-------------|-------------------------------|----------------------|------------|-----------------|
|             |                               |                      | Vigor (%)  | Viabilidade (%) |
| Testemunha  | 87                            | 86                   | 78         | 89              |
| 50%         | 83 ns                         | 84 ns                | 76 ns      | 91 ns           |
| 100%        | 83 ns                         | 85 ns                | 76 ns      | 91 ns           |
| 150%        | 84 ns                         | 86 ns                | 81 ns      | 92 ns           |
| 200%        | 86 ns                         | 80 ns                | 87 *       | 95 *            |
| CV (%)      | 4,35                          | 3,86                 | 5,25       | 2,35            |

ns - Não Significativo

\* Significativo a 5% pelo teste de Dunnett

Apesar do vigor e da viabilidade das sementes terem apresentado um aumento na dose maior, acredita-se que os resultados poderiam ser melhores com relação à testemunha, caso não houvesse danos causados por ataques de percevejos, conforme mostra a tabela 6. Como a colheita do campo experimental foi realizada em período posterior a outros talhões, houve a migração em massa de percevejos para o experimento, dificultando o controle.

Para Gazzoni (1994), os percevejos podem reduzir a produtividade, a qualidade das sementes, a germinação, a emergência das plântulas e retardar a senescência das plantas (GAZZONI, 1994). Villas Bôas et al. (1990) estudaram, durante sete safras consecutivas de soja, o efeito de diferentes populações de percevejos sobre a produtividade e a qualidade da semente.

Os autores verificaram que parcelas, em que foram permitidas populações de até quatro percevejos, não apresentaram diferença estatística quanto à produtividade e à qualidade das sementes, em relação a parcelas com ausência de percevejos (população zero). A partir desse limite populacional, o rendimento é decrescente, sendo também afetados a viabilidade e o vigor da semente.

## 4.2. TEORES NUTRICIONAIS DAS SEMENTES

As interações do fósforo com outros elementos podem ocorrer no solo ou na planta. No primeiro caso, o efeito pode ter modificação na disponibilidade ou na própria absorção. As interações na planta podem ocorrer no processo de absorção, no transporte radial ou a longa distância e no metabolismo do fósforo (MALAVOLTA, 2004).

Analisando o teor de nitrogênio nas sementes, constata-se que não houve diferenças significativas comparativamente à testemunha (Tabela 7). O mesmo resultado se aplica para os nutrientes magnésio e enxofre que não diferiram em relação à mesma. As concentrações de nitrogênio, presentes nas sementes que foram de 56,9 a 58,45g/kg<sup>-1</sup>, estão de acordo com as tabelas de interpretação dos resultados obtidos para análise foliar, citada por Oliveira (2004), cuja concentração varia de 45 a 55g/kg<sup>-1</sup>, mostrando que o fósforo não influenciou positiva ou negativamente sua absorção.

Pela análise da Tabela 6, observa-se que, para o cálcio, houve diferença significativa para os tratamentos de 50% e 200%, cujos resultados mostraram menores teores nas sementes com relação à testemunha. Sabe-se que o cálcio apresenta papel importante na planta, atuando no estímulo da absorção do fósforo nas membranas mitocondriais e mantendo a integridade funcional da membrana celular (MALAVOLTA, 2004).

Não foi encontrada, na literatura pesquisada, nenhuma relação que desfavoreça o cálcio com respeito ao fósforo. Estudando a interação calagem e adubação fosfatada em milho, Rosolem et al. (1994) verificaram que ocorreu aumento na superfície radicular, em função da calagem, somente nos tratamentos que não receberam fósforo. A fonte de fósforo utilizada foi o superfosfato triplo que contém cálcio, o qual foi suficiente para promover o crescimento radicular.

No presente estudo, não foi avaliado o sistema radical, no entanto, considerando que o tratamento 200% apresentou-se superior aos demais em praticamente todas as variáveis analisadas, possivelmente essa constatação realizada pelos autores não se encaixa neste trabalho. Essa constatação vem ao encontro do observado por Nicolodi (2003) e Nolla (2003), os quais verificaram efeito positivo entre a calagem e adubação fosfatada, porém havendo maior resposta da



soja quando adubada com maiores doses de fósforo, quando comparada à calagem apenas.

Assim, mais trabalhos e pesquisas precisam ser realizados, observando-se a influência do fósforo na absorção dos nutrientes na semente.

TABELA 7. Teores de macronutrientes em sementes de soja obtidas de plantas cultivadas sob diferentes doses de superfosfato simples

| Tratamentos | N        | Ca      | Mg      | S       |
|-------------|----------|---------|---------|---------|
| P2O5        | (g/kg)   | (g/kg)  | (g/kg)  | (g/kg)  |
| Testemunha  | 56,9     | 3,92    | 2,3     | 3,77    |
| 50%         | 58,32 ns | 3,20 *  | 2,17 ns | 3,75 ns |
| 100%        | 58,32 ns | 3,85 ns | 2,05 ns | 3,37 ns |
| 150%        | 57,97 ns | 3,90 ns | 1,97 ns | 3,42 ns |
| 200%        | 58,45 ns | 2,90*   | 2,22 ns | 3,25 ns |
| CV (%)      | 2,41     | 7,72    | 8,15    | 11,89   |

ns - Não Significativo

\* Significativo a 5% pelo teste de Dunnett

Para os níveis de fósforo presentes nas sementes, observa-se na Figura 2, que houve uma resposta cúbica com o aumento da dose de fósforo. Estudos mostram que sementes com alto teor de fósforo podem ter maior crescimento inicial, bem como influenciar positivamente a produção de grãos, particularmente sob condições de estresse ambiental (SFREDO et al., 1997).

No mesmo contexto, estudando o aumento da concentração de fósforo na semente de soja (de 0,58% para 1,10%), Trigo et al. (1997) constataram que houve um aumento de rendimento de 37% em solo com adubação de fósforo e de 20% em solo sem adubação de fósforo. Em solos com menor disponibilidade de fósforo, a importância do conteúdo deste nutriente nas sementes poderá ser relevante para o estabelecimento das plantas.

Para os autores, isto não significa, entretanto, que as plantas originárias de sementes com alta concentração de fósforo possam prescindir de teores adequados desse nutriente no solo, pois os efeitos do fósforo no solo são maiores que os do fósforo nas sementes. Ao contrário do que se verifica no solo, nas plantas, o fósforo

é bastante móvel, tendo um deslocamento em direção aos tecidos mais jovens e em formação, direcionando-se, na fase de enchimento, para as sementes, local da planta onde ocorre maior depósito desse nutriente (COMISSÃO, 2004).

Em estudos realizados com feijão, Teixeira (1995) observou que as sementes com maior teor de fósforo, cultivadas em solos onde foram aplicadas doses crescentes desse elemento, mostraram-se menos dependentes desse nutriente no solo. Além disso, essas sementes cultivadas em solos adubados com  $60\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  produziram maior número e peso de nódulos, acumularam mais nitrogênio e matéria seca na parte aérea e nas raízes do que as originadas de sementes com menor teor, porém cultivadas em solo adubado com  $180\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

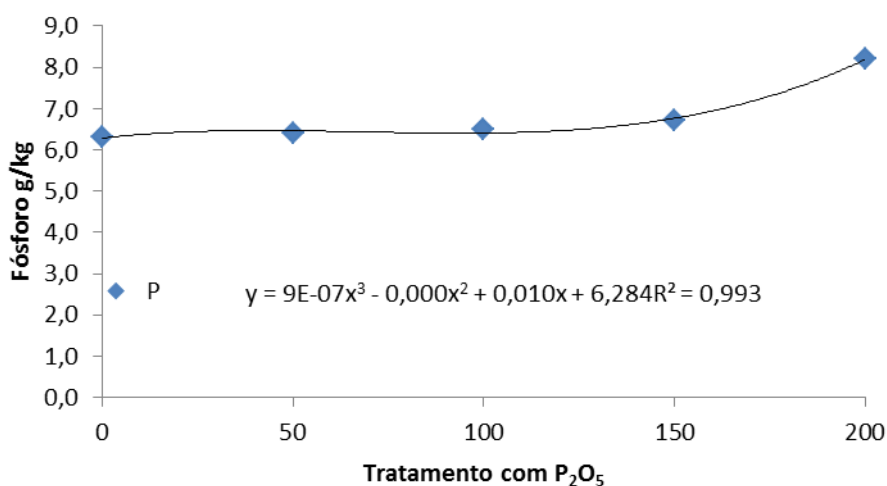


FIGURA 2. Teor de fósforo presente nas sementes de soja, de acordo com diferentes doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  utilizadas no campo de produção de sementes

A equação de regressão polinomial para o teor de potássio nas sementes (Figura 3) mostra que houve um acréscimo significativo entre as doses utilizadas de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Maior acréscimo de potássio foi observado no tratamento de 200%. Os valores de potássio obtidos nas sementes estão dentro do recomendado por Oliveira (2004), com variação de 17 a 25g/kg.

Esses resultados confirmam os dados já obtidos por Lopes (1998), em que o potássio tem um grande impacto na qualidade da soja, aumentando o peso das sementes, melhorando o teor de óleos e proteínas, diminuindo o número de sementes murchas, mofadas e com a coloração alterada.

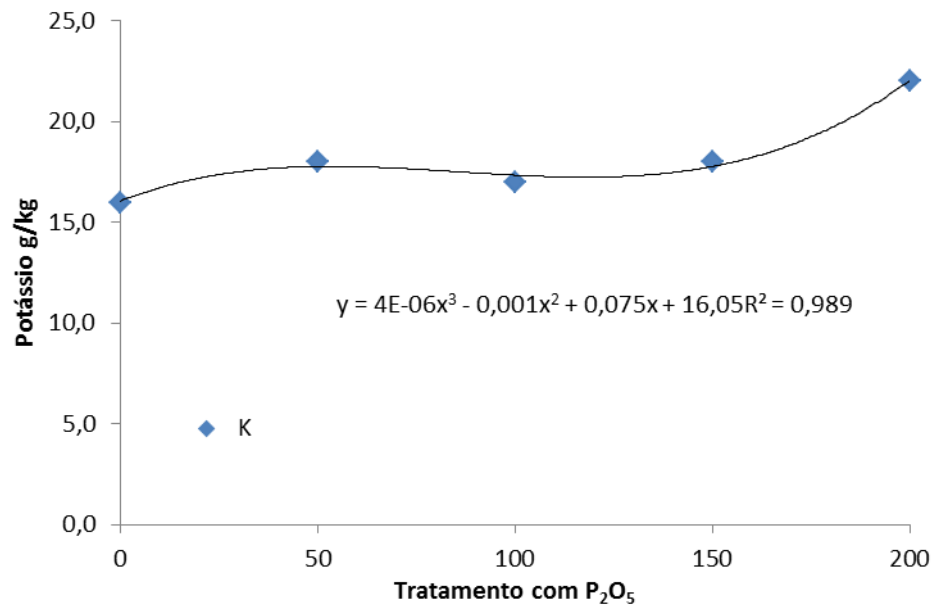


FIGURA 3. Teores de potássio presentes nas sementes de soja, de acordo com diferentes doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> utilizadas no campo de produção de sementes

Os resultados apresentados na Figura 4 mostram que houve uma resposta cúbica para o teor de cobre na semente na dose de 200%. Entretanto, considerando os tratamentos entre si, nota-se que houve desigualdade em relação aos níveis testados. Estudos realizados, com aplicação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> com finalidade de altos rendimentos de soja, mostram que as concentrações de cobre e boro foram negativamente afetadas pela maior quantidade de fósforo aplicada ao solo (LANTMANN e CASTRO, 2004).

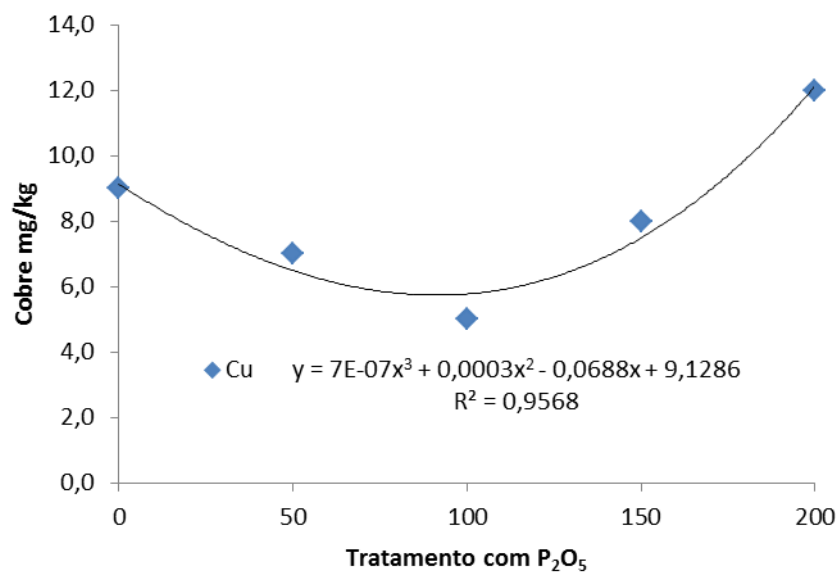


FIGURA 4. Teores de cobre presentes nas sementes de soja, de acordo com diferentes doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> utilizadas no campo de produção de semente

Apesar de não ter encontrado relação de favorecimento entre o cobre e fósforo, Lopes (1998) cita que determinados micronutrientes no solo, como ferro, manganês, alumínio entre outros podem afetar a disponibilidade de cobre nas plantas. Estudando efeito de cobre sobre a produção de soja, Galrão (1999) verificou que quantidades de cobre aplicadas sobre as folhas e via tratamento de sementes propiciaram aumento de rendimentos significativos de grãos.

O manganês apresentou decréscimo significativo, à medida que se aumentou a dose de fósforo, conforme mostra a Figura 5. Observa-se que a concentração zero apresentou maior teor de manganês nas sementes. Segundo Lopes (1998), altas doses de fósforo ajudam a mobilizar o manganês dentro da planta. Ainda neste mesmo raciocínio, Vitti e Trevisan (2000) atestam que adubações fosfatadas em elevadas concentrações podem afetar a disponibilidade de micronutrientes nas plantas.

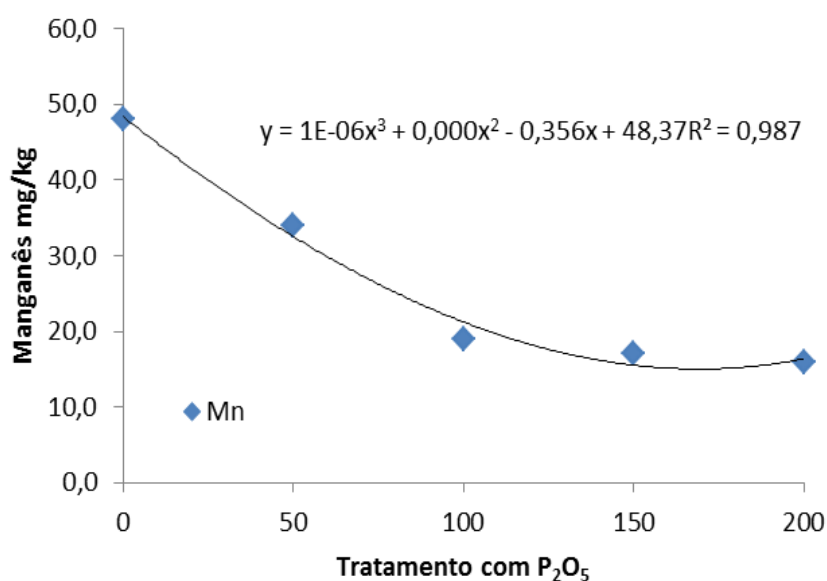


FIGURA 5. Teores de manganês presentes nas sementes de soja, de acordo com diferentes doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> utilizadas no campo de produção de sementes

O teor de Zinco na semente (Figura 6) apresentou resposta positiva em relação ao aumento de doses de fósforo. Porém, estudos realizados com zinco em milho, mostraram que o fornecimento de zinco na semente não é capaz de suprir a necessidade total da planta, tendo de ser associado a doses menores deste nutriente aplicados nos solos (SANTOS e RIBEIRO, 1986).

De acordo com Lopes (1998), altos níveis de um nutriente podem reduzir a absorção do outro. No caso do fósforo, se os teores são altos, podem ocorrer deficiências de zinco nas plantas. Do contrário, aplicações de fósforo em solos com níveis suficientes de zinco não irá produzir uma deficiência desse último.

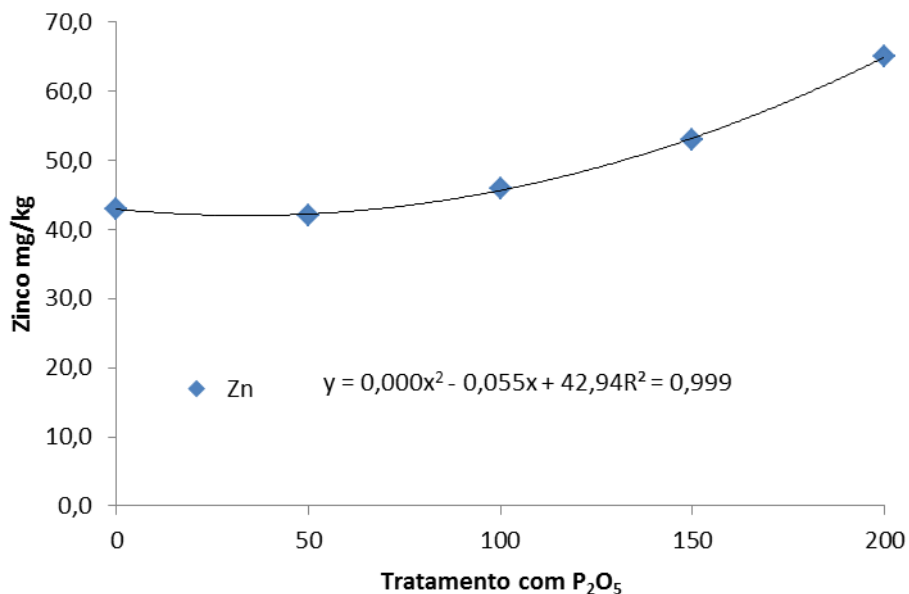


FIGURA 6. Teores de zinco presentes nas sementes de soja, de acordo com diferentes doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> utilizadas no campo de produção de sementes

Para o teor de ferro contido na semente, observou-se que houve diferenças significativas. Os tratamentos correspondentes a 100% e 200% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> obtiveram melhores resultados, comparados à testemunha (Tabela 8). Comparando a análise de solo que apresentou um nível alto de ferro (Tabela 1), pode-se observar que os tratamentos de fósforo não influenciaram quanto ao teor nas sementes, pois os valores contidos nas sementes estão de acordo com a tabela de concentrações adequadas de micronutrientes para a cultura da soja, que implica variação de 51 a 350mg/kg<sup>-1</sup> (RAIJ et al., 1996).

Os tratamentos com fósforo não influenciaram o nível de boro nas sementes, não apresentando diferenças significativas entre eles e a testemunha.

TABELA 8. Teores de micronutrientes em sementes de soja obtidas de plantas cultivadas sob diferentes níveis de adubação fosfatada

| Tratamentos | B        | Fe       |
|-------------|----------|----------|
| P2O5        | mg/kg    | mg/kg    |
| Testemunha  | 39,00    | 47,00    |
| 50%         | 41,75 ns | 54,25 ns |
| 100%        | 37,75ns  | 59,00 *  |
| 150%        | 42,75ns  | 54,00 ns |
| 200%        | 38,5 ns  | 60,75 *  |
| CV (%)      | 5,24     | 9,03     |

ns - Não Significativo

\* Significativo a 5% pelo teste de Dunnett

#### 4.3. DESEMPENHO DE CAMPOS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS ESTABELECIDOS COM SEMENTES PRODUZIDAS COM DISTINTAS DOSES DE FÓSFORO – SAFRA 2010/2011

Os dados obtidos da segunda etapa não mostraram diferenças significativas para os tratamentos em relação à altura de inserção do primeiro legume e números de legumes por planta. Para a variável número de grãos por planta, houve diferença significativa em nível de 5% em comparação à testemunha com os tratamentos 50% e 200%. Esses resultados podem ter sido influenciados não somente pelos tratamentos com fósforo, mas também por períodos secos ocorridos no desenvolvimento da cultura, concordando com Guimarães et al. (2008) ao afirmarem que fatores ambientais ou práticas culturais que afetam a altura da planta também podem influenciar consideravelmente a inserção do primeiro legume.

A aplicação de fósforo na dose de 200% representou incremento de 50% na produtividade relativamente à não utilizada de superfosfato triplo. Estudando os sintomas de deficiência de fósforo em soja, Rosolem e Tavares (2006) verificaram que houve diferença significativa para tratamentos com fósforo e sem fósforo, em várias características estudadas, dentre elas a produtividade da soja.

TABELA 9. Dados médios de componentes de rendimentos de plantas cultivadas de soja sob diferentes doses de superfosfato triplo, geradas na safra de 2010/2011

| Tratamentos<br>P2O5 | Altura inserção 1º<br>legume (cm) | Nº legumes<br>planta | Nº grãos<br>planta | Produtividade<br>kg/ha |
|---------------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------|------------------------|
| Testemunha          | 8,63                              | 26,25                | 51,50              | 2,942                  |
| 50%                 | 9,23 ns                           | 31,75 ns             | 66,75*             | 3,168 ns               |
| 100%                | 8,85 ns                           | 28,25 ns             | 59,75 ns           | 3,617 ns               |
| 150%                | 9,35 ns                           | 26,75 ns             | 58,50 ns           | 3,802 ns               |
| 200%                | 9,23 ns                           | 31,75 ns             | 74,00*             | 4,431*                 |
| CV (%)              | 7,96                              | 12,47                | 10,39              | 16,26                  |

ns - Não Significativo

\* Significativo a 5% pelo teste de Dunnett

O presente estudo difere dos principais trabalhos realizados no Brasil buscando avaliar o efeito do fósforo na qualidade de sementes e na produtividade da soja (TRIGO et al., 1997; PESKE et al., 2009), pois o mesmo foi realizado em lavoura, havendo a interação de diversos fatores, não sendo possível isolar totalmente apenas o nutriente que se busca estudar, ao contrário dos trabalhos desenvolvidos em vasos.

No entanto, este trabalho é válido e de extrema importância, pois o mesmo insere-se na realidade do agricultor, que cultiva extensas áreas com soja e, nesse sentido, trabalhos científicos nessa modalidade podem contribuir com resultados mais reais, gerando informações técnicas passíveis de adoção pelos agricultores.

Fazendo uma análise com relação à produtividade referente ao primeiro e segundo ano, observa-se que as sementes geradas nas parcelas de produção de sementes responderam aos tratamentos com doses mais elevadas, evidenciando que doses superiores de fósforo melhoram a qualidade fisiológica, promovendo assim um adequado desempenho nas próximas gerações.

Os resultados foram favoráveis mostrando boa produtividade, mesmo em condições adversas como excesso de chuvas, principalmente na colheita (Tabela 3), além de ataques sucessivos de percevejos (Tabela 4).

Os produtores de sementes, ao colocarem suas sementes no mercado, procuram informar todo seu potencial, ou seja, todas as características presentes nelas, especialmente germinação e vigor. Nesse contexto, com sementes de alta

qualidade, ele conquista melhores mercados e melhores preços, usando dias de campos como *marketing*, mostrando os resultados alcançados, além de propagandas em *outdoors*, boletins técnicos, entre outros.

Partindo do princípio de que a semente é o principal meio de se levar ao produtor de grãos todo potencial fisiológico de uma cultivar, provendo altos rendimentos desde que os outros fatores solo-planta ocorram simultaneamente, o produtor de sementes tem a responsabilidade de proporcionar sementes de alta qualidade fisiológica.

Vale ressaltar que sementes com alta qualidade proporcionadas por doses elevadas de fósforo, não descartam a possibilidade de o produtor de grão fazer a adubação de base, caso a análise de solo solicite, pois sementes com alta qualidade fisiológica garantem apenas a germinação, emergência e estabelecimento no solo até que as mesmas consigam suprir suas necessidades, por si próprias, por meio de suas raízes.

Dessa forma, a aplicação de fósforo na base, em doses superiores, pode aumentar significativamente a qualidade da semente e proporcionar altos rendimentos de grãos em gerações seguintes.

Os balanços negativos entre a aplicação e a remoção de nutrientes reduzem o potencial de produtividade anual de uma propriedade. Deve haver investimentos em pesquisas para testar limites agrônômicos viáveis, econômicos e ambientais em sistemas de produção de altas produtividades de culturas, experimentação com quantidades adequadas de fósforo, com níveis balanceados de outros nutrientes e utilizando as melhores tecnologias de manejo para determinar esses limites.

A cultura da soja ocupa uma posição de destaque no agronegócio brasileiro. Isso se deve, inicialmente, às extensas áreas cultivadas a partir das décadas de 1970 e 1980, principalmente pela exploração do cerrado brasileiro. No entanto, com as atuais restrições para a abertura de novas áreas, principalmente em função de políticas ambientais, há a necessidade de se buscar outras alternativas, como o aumento de produtividade por área.

Nesse sentido, ganha destaque a utilização de sementes de soja de alta qualidade, pois é através destas que as novas tecnologias introduzidas pelo melhoramento genético vegetal são levadas aos agricultores, contribuindo substancialmente para o aumento de produtividade. No entanto, deve-se considerar



também, que as práticas de manejo adotadas pelos produtores de sementes são fundamentais para a obtenção de sementes com melhor qualidade.

Uma das práticas mais importantes para tal é a adequada nutrição das plantas (CARRARO e PESKE, 2005).

## 5. CONCLUSÕES

Sob as condições nas quais esta pesquisa foi desenvolvida e, após a análise e interpretação dos resultados, conclui-se que:

- Concentrações maiores de fósforo na linha de semeadura contribuem positivamente para o aumento das concentrações de fósforo, ferro e zinco das sementes produzidas;
- Doses superiores de fósforo na base aumentam a viabilidade e o vigor de sementes de soja;
- O peso de mil sementes, o número de sementes por planta e os níveis dos nutrientes minerais fósforo, potássio, cobre, zinco e ferro são influenciados positivamente com doses superiores de fósforo na adubação de base;
- O fósforo aplicado em doses elevadas na base influencia negativamente o armazenamento de manganês na semente e a inserção do primeiro legume em soja;
- A produtividade da soja aumenta se for estabelecida com sementes produzidas com o dobro da dose de fósforo na base.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, A.S.R.; MARCOS-FILHO, J. Testes para avaliação rápida do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.19, n.2, p.288-294. 1997.

BARROS, A.C.S.A.; PESKE, S.T. **Produção de sementes de arroz**. In: PESKE, S.T.; NEDEL, J.L.; BARROS, A.C.S.A. **Produção de arroz irrigado**. Pelotas: Editora Universitária, 1998, p.351-412.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. 1.ed., Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. 398p.

CARRARO, I.M.; PESKE, S.T. Uso de sementes de soja no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, p.75-80, 2005.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed., FUNEP: Jaboticabal, 2000. 588p.

CERVIERE-FILHO, E. **Desempenho de plantas oriundas de sementes de alto e baixo vigor dentro de uma população de soja**. Pelotas, 2005, 42f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, 2005.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed., Porto Alegre, 2004, SBCS – Núcleo Regional Sul: UFRGS. 400p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sétimo levantamento, abril 2012**. Brasília: CONAB, 2012. Ministério da Agricultura Pecuária e do Abastecimento: Dados Econômicos. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_04\\_11\\_15\\_04\\_18\\_boletim\\_abril\\_2012.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_04_11_15_04_18_boletim_abril_2012.pdf) . Acesso em: 17/05/2012.

CORRÊA, J.C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C.A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.39, n.12, p.1231-1237, 2004.

COUTINHO, E.L.M.; NATALE, W.; VILA-NOVA, A.S.; SITTA, D.S.X. Eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados para a cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.9, p.1393-1399, 1991.

EGLI, D.B. et al. Time of flower opening and seed mass in soybean. **Agron. J.**, Madison, v.79, n.4, p.697-700, 1987.

FRANÇA-NETO, J.B. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1998, p.7- 8 -9.

GALRÃO, E.Z. Métodos de aplicação de cobre na avaliação da disponibilidade para soja num Latossolo Vermelho Amarelo franco-argilo-arenoso fase cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.265-272, 1999.

GAZZONI, D.L.; CORSO, I.C.; FRANCOVIG, P.C. **Comparação de dois métodos de levantamento de insetos-pragas e inimigos naturais associados à cultura da soja**. Dourados: Embrapa-CPAO, 1994. 113p. (Embrapa-CPAO. Documentos, 3).

GRANT, C.A.; PLATEN, D.N.; TOMAZIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.95, 2001.

GUIMARAES, F.S.; REZENDE P.M. de; CASTRO, E.M. de; CARVALHO, E.A.; ANDRADE, M.J.B. de; CARVALHO, E.R. Cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.4, p.1099-1106, 2008.

HANSON, R G. DRIS evaluation of N,P,K status of determinant soybeans in Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.12, n.9, p.933-48, 1981.

HOFES, A.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A. Efeito da qualidade fisiológica das sementes e da densidade de semeadura sobre o rendimento de grãos e qualidade industrial em arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.2, p.55-62, 2004.

KLIEMANN, H.J.; COSTA, A.V.; SILVA, F.C. Resposta à calagem e fosfatagem por três cultivos de soja em três solos no estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBPS, 1997. CD-ROM

KOLCHINSKI, E.M. **Vigor de sementes e competição intraespecífica em soja**. Pelotas, 2003. 44f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas.

KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES – Comitê de vigor de sementes, 1999. 218p.

LANTMANN, A.F.; CASTRO, C. **Resposta da soja à adubação fosfatada**. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: POTAFOS, 2004. Cap. 8, p 223-241.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. 550p.

LOPES, A.S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2.ed., Piracicaba: POTAFOS, 1998.

MALAVOLTA, E. **O fósforo na planta e interações com outros elementos**. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: POTAFOS, 2004.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005.

NICOLODI, M. **Indicadores para a tomada de decisão para a calagem no sistema plantio direto**. Porto Alegre, 2003, 102f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

NOLLA, A. **Critérios para a calagem no sistema plantio direto**. Porto Alegre, 2003, 168f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

NOVAIS, F.R.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F de.; FONTES, R.L.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. 1017p.

OLIVEIRA, S.A. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed., Brasília, DF: Embrapa, 2004. Capítulo 10, p. 245-256

PESKE, F.B.; BAUDET, L.; PESKE, S.T. Produtividade de plantas de soja provenientes de sementes tratadas com fósforo. **Revista Brasileira de Sementes**. Londrina, v.31, n. 1, 2009.

PESKE, S.T.; LUCCA-FILHO, O.A.; BARROS, A.C.S.A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2.ed., Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 2006., p.227-240.

RABOV, V.; DICKINSON, B.D. The timing and rate of phytic acid accumulation in developing soybean seeds. **Plant Physiology**, v.3, n.85, p.841-844, 1987.

RAIJ, B. van, CANTARELLA, H. QUAGGIO, J.A. FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto agrônômico, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100).

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres; Potafos, 1991. 343p.

ROSOLEM, C.A. **Nutrição mineral e adubação da soja**. 2.ed. Piracicaba, Potafos, 1982. 80p. (Boletim, 6).

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

ROSOLEM, C.A.; TAVARES, C.A. Sintomas de deficiência tardia de fósforo em soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.2, p.385-389, 2006.

ROSOLEM, C.A.; VALE, L.S.R.; GRASSI-FILHO, H.; MORAES, M.H. Sistema radicular e nutrição do milho em função da calagem e da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.491-497, 1994.

SANTOS, O.S.; RIBEIRO, N.D. Fontes de zinco aplicados em sementes de milho, em solução nutritiva. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.24, n.1, p.59-62, 1994.

SCHACHTMAN, D.P.; REID, T.J.; AYLING, S.M. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. **Plant Physiology**, Bethesda, v.116, p.447-453, 1998.

SCHEEREN, B. **Vigor de sementes de soja e produtividade**. Pelotas, 2002, 45f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas.

SCHUAB, S.R.P.; BRACCINI, A.L.; FRANÇA-NETO, J.B.; SCAPIM, C.A.; MESCHÉDE, D.K. Utilização da taxa de crescimento das plântulas na avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.24, n.2, p.90-95. 2002.

SFREDO, G.H.; BORKER, C.M.; LANTMANN, A.F.; MEYER, M.C.; MONDARINO, J.M.G.; OLIVEIRA M.C.N. **Molibidênio e cobalto na cultura da soja**. Londrina: EMBRAPA – CNPSO, 1997. 18p. Circular Técnica, 16.

SHIGIHARA, D; HAMAWAKI, O.T. Seleção de genótipos para juvenilidade em progênies de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Eletrônica**. Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia-MG, 2005, p.1-26.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2.ed, p.147-167. 2004.

TAIZ L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed., Porto Alegre: Artmed, 2009.

TANAKA, R.J. et al. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M. (Ed). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafos, 1993.

TEIXEIRA, M.G. **Influência do conteúdo de fósforo da semente na nodulação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)** 1994, 200f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí, RJ

THOMAS, A.L.; COSTA, J.A. **Soja: manejo para alta produtividade de grãos... Capítulo: Manejo do solo visando à obtenção de elevados rendimentos de soja sob sistema plantio direto**. Porto Alegre: Evangraf, 2010 p. 35-67.

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 resultante. **Revista Brasileira de sementes**, v.19, n.1, p.111-115, 1997.

VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, p.297-360, 1997.

VILLAS BÔAS, G.L., GAZZONI, D.L.; OLIVEIRA, M.C.N. de; COSTA, N.P.; ROESSING, A.C.; HENNING, A.A. **Efeito de diferentes populações de percevejos sobre o rendimento e seus componentes, características agronômicas e qualidade de Semente de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1990. 43p. (EMBR.APA-CNPSO. Boletim de Pesquisa, 1).

VITTI, G.C.; TREVISAN, W. **Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja**. Piracicaba: Potafos, informações Agronômicas, n.90, p.1-16, 2000.

VON PINHO, E.V.R. **Tecnologia de produção de sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998.

WACHOWICZ, C.M.; CARVALHO, R.N. de. **Fisiologia vegetal: Produção e pós-colheita**. Curitiba: Champagnat, p.115-134, 2002.

**ANEXO**



## INTERPRETAÇÃO DE ANÁLISES QUÍMICAS DE FÓSFORO EM SISTEMAS DE CULTURAS ANUAIS E SEQUEIRO NA REGIÃO DOS CERRADOS.

TABELA 1. Critérios de interpretação de análises químicas de fósforo em sistemas de culturas anuais de sequeiro e irrigados na região dos cerrados. Fonte: Adaptado de Sousa d Lobato (2000)

| Teor de argila (%) | Teor de fósforo no solo, extrator Mehlich 1 – sistemas de sequeiro |            |             |             |        |
|--------------------|--|------------|-------------|-------------|--------|
|                    | Muito baixo  | Baixo      | Médio       | Adequado    | Alto   |
|                    | -----mg/dm <sup>3</sup> -----                                      |            |             |             |        |
| ≤ 15               | 0 a 6,0  | 6,1 a 12,0 | 12,1 a 18,0 | 18,1 a 25,0 | > 25,0 |
| 16 a 35            | 0 a 5,0  | 5,1 a 10,0 | 10,1 a 15,0 | 15,1 a 20,0 | > 20,0 |
| 36 a 60            | 0 a 3,0  | 3,1 a 5,0  | 5,1 a 8,0   | 8,1 a 12,0  | > 12,0 |
| > 60               | 0 a 2,0  | 2,1 a 3,0  | 3,1 a 4,0   | 4,1 a 6,0   | > 6,0  |

TABELA 11. Recomendação de adubação fosfatada corretiva de acordo com a disponibilidade de fósforo e com teor de argila do solo, em sistemas agrícolas com culturas anuais de sequeiro e irrigados

| Argila<br>% | Sistemas de sequeiro                              |       |       | Sistemas irrigados           |       |       |
|-------------|---|-------|-------|------------------------------|-------|-------|
|             | Fósforo no solo <sup>1</sup>                      |       |       | Fósforo no solo <sup>1</sup> |       |       |
|             | Muito baixa                                       | Baixa | Média | Muito baixa                  | Baixa | Média |
|             | -----Kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ----- |       |       |                              |       |       |
| ≤15         | 60  | 30    | 15    | 90                           | 45    | 20    |
| 16 a 35     | 100   | 50    | 25    | 150                          | 75    | 40    |
| 36 a 60     | 200   | 100   | 50    | 300                          | 150   | 75    |
| > 60        | 280   | 140   | 70    | 420                          | 210   | 105   |

<sup>1</sup>Classe de disponibilidade de P no solo. Ver tabelas 6, 7, 8, 9 e 10. Fonte: Souza et al. (2004).