

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**ADUBAÇÃO FOLIAR COM FOSFATO
MONOAMÔNICO E NITRATO DE CÁLCIO
NA CULTURA DA SOJA**

CAIO ALVARENGA MELLER

CAIO ALVARENGA MELLER

**ADUBAÇÃO FOLIAR COM FOSFATO
MONOAMÔNICO E NITRATO DE CÁLCIO
NA CULTURA DA SOJA**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. CÍCERO CÉLIO DE FIGUEIREDO

**Brasília, DF
Novembro de 2015**

FICHA CATALOGRÁFICA

MELLER, Caio Alvarenga

“Adubação foliar com fosfato monoamônico e nitrato de cálcio na cultura da soja”.

Orientação: Cícero Célio de Figueiredo, Brasília 2015. 42 páginas

Monografia de Graduação (G) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2015.

1. Aplicações foliares 2. *Glycine max* 3. Componentes de produção

I. Figueiredo, C.C.de. II. Drº.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MELLER, C.A. Adubação foliar com fosfato monoamônico e nitrato de cálcio na cultura da soja. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2015, 42 páginas. Monografia.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: CAIO ALVARENGA MELLER

Título da Monografia de Conclusão de Curso: Adubação foliar com fosfato monoamônico e nitrato de cálcio na cultura da soja.

Grau: 3º **Ano:** 2015

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

CAIO ALVARENGA MELLER

CPF: 037.136.691-71

Rua B Quadra 02, número 06, Vila Bela

CEP: 73807-070 Formosa, GO. Brasil

(61) 99367405/ email: caiomeller09@gmail.com

CAIO ALVARENGA MELLER

ADUBAÇÃO FOLIAR COM FOSFATO MONOAMÔNICO E NITRATO DE CÁLCIO NA CULTURA DA SOJA

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. CÍCERO CÉLIO DE FIGUEIREDO

BANCA EXAMINADORA:

Cícero Célio de Figueiredo
Doutor, Universidade de Brasília – UnB
Orientador / email: cicerocf@unb.br

Rafael de Souza Nunes
Doutor, Embrapa

Ademir Baú Meller
Engenheiro Agrônomo

Dedico este trabalho aos meus pais Ademir Baú Meller e Sandra L. Alvarenga Meller e também ao meu irmão Rafael Alvarenga Meller e a todos os membros de minha família, sendo eles grandes exemplos de força e luta.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder a vida e todas as oportunidades nela alcançadas.

Aos meus pais, Ademir B. Meller e Sandra L. A. Meller por sempre estarem presentes e por me auxiliarem nas decisões ao longo da minha vida, incentivando meus sonhos e cobrando minhas metas.

Em especial ao irmão Rafael Alvarenga por ser um exemplo de vitória e perseverança.

A minha namorada Lauren Gardin Rossato por todos os dias de incentivo, compreensão e companhia.

A toda minha família que são eternos exemplos de luta e vitória.

Ao professor Dr. Cícero Célio de Figueiredo, pela orientação, disponibilidade e compreensão e ainda pelos conhecimentos passados durante os anos de graduação.

Ao pesquisador da Embrapa Cerrados Rafael de Souza Nunes, por incentivar a busca por novos conhecimentos, por acompanhar e ensinar todo o processo envolvido na pesquisa e por transmitir todo conhecimento e experiência.

Ao pesquisador da Embrapa Cerrados Djalma Martinhão G. de Sousa pela oportunidade de trabalho concedida, pela confiança depositada, pelo auxílio e orientação durante a confecção deste trabalho, pela transmissão de conhecimento e incentivo de buscá-lo.

A todos os professores do curso de Agronomia pelo conhecimento e experiência transmitidos durante os anos de graduação.

A Embrapa Cerrados pelo período que lá estive, por proporcionar a realização deste trabalho e por todo o aprendizado e amizades que lá fiz.

A toda equipe de campo da Embrapa Cerrados que me auxiliou durante a condução do experimento, pela atenção e amizade e por todo o conhecimento e experiência passados.

As equipes do laboratório de solos e laboratório de química de plantas que sempre se disponibilizaram a ensinar e realizar todas as avaliações com muita paciência e dedicação.

Aos companheiros de trabalho que sempre me apoiaram e me ajudaram em todas as etapas deste trabalho.

Aos companheiros e amigos que fiz durante o período de graduação.

A Fundação Eliseu Alves pelo período de bolsa que recebi durante meu estágio.

E todos aqueles que de alguma forma contribuíram na minha vida acadêmica e na realização desse trabalho.

Muito obrigado!

“Não é preciso ter olhos abertos para ver o sol, nem é preciso ter ouvidos afiados para ouvir o trovão. Para ser vitorioso você precisa ver o que não está visível. ”

(Sun Tzu)

MELLER, CAIO ALVARENGA. **Adubação foliar com fosfato monoamônico e nitrato de cálcio na cultura da soja**. 2015. Monografia (Bacharelado em Agronomia). Universidade de Brasília – UnB.

RESUMO

O uso de adubos foliares em momentos críticos de absorção e translocação de nutrientes nas plantas pode representar potenciais ganhos de produção. Com o objetivo de avaliar os efeitos da adubação foliar com fosfato monoamônico purificado (MAP) e nitrato de cálcio (NC) na cultura da soja, um experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, em solo de fertilidade construída e sob irrigação com pivô central. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições e cinco tratamentos: Testemunha; 10 kg ha⁻¹ de MAP; 5 kg ha⁻¹ de NC; 10 kg ha⁻¹ de MAP e 5 kg ha⁻¹ de NC, aplicados separadamente; e 10 kg ha⁻¹ de MAP + 5 kg ha⁻¹ de NC, misturados no tanque de aplicação. As aplicações foram realizadas com pulverizador nos estádios de V4, V7, R1 e R3 para o MAP e V4 e V7 para o NC, numa vazão de 250 l ha⁻¹. A cultivar utilizada foi a BRS Valiosa, de ciclo médio para a região, que foi adubada segundo recomendações técnicas. As variáveis avaliadas foram: produtividade de grãos, número de vagens por planta, peso de mil grãos, teor de macronutrientes nas folhas e nos grãos, germinação de sementes, contagem de sementes e rendimento financeiro. As aplicações conjuntas de MAP e NC, separados ou misturados, apresentaram aumento de produtividade de 529 e 478 kg ha⁻¹ em relação à testemunha, que produziu 3.472 kg ha⁻¹, e ganhos de R\$ 407,80 e R\$ 384,80 por hectare, respectivamente. A produtividade de grãos correlacionou-se positivamente com o número de vagens por planta, mas não com o peso de mil grãos. Os tratamentos influenciaram na qualidade das sementes, aumentando seu poder germinativo.

Palavras-chave: aplicações foliares, *Glycine max*, componentes de produção

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Procedimento de separação das vagens para determinação do número de vagens por planta.	23
Figura 2: Colheita manual das parcelas, realizada em março de 2015.	24
Figura 3: Relação entre a produtividade dos grãos de soja e o número de vagens por planta em resposta aos tratamentos foliares com fosfato monoamônico e nitrato de cálcio em soja. ** significativo a 1%.	27
Figura 4: Relação entre produtividade e peso de mil grãos em função de adubações foliares com fosfato monoamônico e nitrato de cálcio. ns: não significativo.	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise química e granulométrica do solo na camada de 0-20 cm, antes da instalação do experimento.	21
Tabela 2: Descrição dos tratamentos com fosfato monoamônico purificado (MAP) e nitrato de cálcio (NC).	22
Tabela 3: Resposta dos componentes de produção da cultura da soja a adubações foliares com fosfato monoamônico e nitrato de cálcio.	25
Tabela 4: Teores de macronutrientes presentes nas folhas e nos grãos de soja em função dos tratamentos com aplicações foliares com fosfato monoamônico e nitrato de cálcio.	30
Tabela 5: Qualidade de sementes em função de adubações foliares com fosfato monoamônico e nitrato de cálcio.	31
Tabela 6: Rendimento financeiro de adubações foliares com fosfato monoamônico e nitrato de cálcio.	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 A cultura da Soja	13
2.2 Adubações foliares	14
2.3 Nitrogênio na agricultura e sua aplicação via foliar.....	17
2.4 Fósforo na Agricultura e sua aplicação via foliar.....	18
2.5 Cálcio e sua aplicação via foliar.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Descrição do experimento	21
3.2 Determinação de componentes de produtividade e análises laboratoriais	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 Produtividade e componentes de produção	25
4.2 Teores de macronutrientes presentes nas folhas e nos grãos de soja	29
4.3 Qualidade de sementes	31
4.4 Aspectos financeiros.....	32
5. CONCLUSÕES	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
7. ANEXOS.....	41

1. INTRODUÇÃO

Com a população mundial em pleno crescimento, a demanda por alimentos tende a aumentar simultaneamente, exigindo cada vez mais uma maior eficiência no uso de recursos naturais, o que eleva a responsabilidade dos produtores rurais, que devem obter maiores produtividades, mas com sustentabilidade.

A cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] assume papel importante na busca por maiores produtividades, sendo atualmente um dos grãos de maior produção no mundo. Dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2015) apontaram uma produção de 96,24 milhões de toneladas dessa cultura para a safra brasileira de 2014/15. O Brasil atualmente ocupa a segunda posição no *ranking* mundial de produção de soja com grande potencial para ultrapassar os Estados Unidos, atual líder (Embrapa, 2015a). Originária da China, a soja foi introduzida no Brasil no início do século XX e desde então várias tecnologias vêm sendo desenvolvidas e adotadas no campo, permitindo melhores condições de produção e ganhos de produtividade.

O Cerrado ocupa uma área correspondente a 24% do território nacional e abriga a maior área de soja plantada no país (Conab 2015) para safra 2014/15, com cerca de 15 milhões de hectares. É caracterizado por um clima tropical-quente-subúmido, com estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca (Ribeiro et al., 2008), por solos que, sob condições naturais, apresentam-se relativamente ácidos e de baixa fertilidade (Sousa & Lobato, 2004) e com radiação solar de alto valor energético (Castro et al., 1987).

Apesar da baixa fertilidade dos solos e do longo período sem chuvas, o Cerrado apresenta bom potencial para elevadas produtividades das principais culturas graníferas produzidas do Brasil. Apesar desse potencial, há condições climáticas que podem limitar maiores produtividades, como períodos de estiagens de uma a três semanas ao longo do período chuvoso, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro (Ribeiro et al., 2008), denominados veranicos e que podem causar perdas às culturas. Segundo Castro et al. (1987), a frequência e a intensidade do estresse hídrico constituem os principais fatores para a limitação da produção agrícola mundial.

Nas últimas décadas, tecnologias já desenvolvidas e comprovadas cientificamente contornaram problemas de fertilidade dos solos e ajudaram na adaptação da soja para o clima tropical, levando assim, ao reconhecimento do Cerrado como grande produtor do grão no Brasil. Uma tecnologia que vem crescendo na agricultura brasileira é a adubação foliar, com potencial para gerar ganhos em

produtividade nas culturas. No entanto, segundo Rosolém & Boaretto (1987), uma limitação para o uso dessa tecnologia é a falta de um embasamento experimental, que em muitos casos tem limitado os ganhos de produtividade esperados e a confiabilidade na tecnologia. A aplicação de nutrientes às folhas, com objetivo de complementar ou suplementar as necessidades nutricionais é uma prática antiga. Fernández et al. (2015) comentam que a capacidade das folhas de absorver água e nutrientes foi reconhecida há cerca de três séculos.

Resultados apresentados por diversos autores (Rosolém & Boaretto, 1987; Pelá et al., 2009; Rezende et al., 2005) não chegaram à um consenso sobre a eficácia da adubação foliar com macronutrientes. Assim, na falta de uma resposta concreta, e baseado na escassez de dados na literatura, este trabalho objetiva estudar os efeitos de adubações foliares de dois sais solúveis à base de fósforo, nitrogênio e cálcio nos componentes de produção e produtividade da cultura da soja.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura da Soja

A evolução da soja até o material que é conhecido atualmente começou de cruzamentos naturais entre duas espécies silvestres de soja e do melhoramento e seleção de plantas, feito por cientistas chineses. Utilizada durante muitos anos como fonte de alimento na Ásia, a soja foi cultivada como forrageira nos Estados Unidos no início do século XX e somente a partir do ano de 1941 a área destinada a produção de grãos superou o cultivo para forragem (Dall Agnol et al., 2002).

A soja chegou ao Brasil no ano de 1882, pelo estado da Bahia, vinda dos Estados Unidos, mas somente na região Sul do país se encontrou um clima favorável à produção da leguminosa. No ano de 1941 a soja apareceu pela primeira vez nas estatísticas oficiais do Rio Grande do Sul, sendo produzidos 450 toneladas do grão em uma área de 640 ha (Morais, 1996). Com a criação da Embrapa Cerrados e Embrapa Soja, ambas em 1975, os cientistas conseguiram desenvolver tecnologias e cultivares adaptadas às condições do Cerrado brasileiro, assim elevando a área plantada e a produção nacional do grão. Atualmente, o Brasil já é o segundo maior produtor de soja do mundo.

A soja [*Glycine max* (L.) Merril], pertencente à família das Leguminosas, apresenta um sistema radicular pivotante, sendo suas raízes colonizadas por grupo de bactérias fixadoras de nitrogênio. Possui um hábito de crescimento ereto, que pode ser classificado como determinado, semideterminado e indeterminado. Por ser uma planta sensível a fotoperíodo, seu florescimento é induzido pelo comprimento do dia. Suas sementes apresentam alto teor de proteínas e óleo, sendo bastante utilizada para alimentação humana e animal, na produção de adesivos, espumas, fibras, papel, tintas e outros (Morais, 1996).

A soja é a principal cultura da agropecuária brasileira, sendo líder nos faturamentos e exportações no agronegócio (Hirakuri et al., 2014). A exportação para safra de 2014/15 foi próxima a 50 milhões de toneladas segundo dados da Conab (2015). A sojicultura tem sido muito importante para o desenvolvimento do país, servindo como base da economia de novas cidades nas chamadas fronteiras agrícolas.

Em termos nutricionais a cultura da soja é bastante exigente. O nitrogênio (N) é o elemento de maior necessidade para a planta, sendo a fixação biológica a principal fonte. Para os demais nutrientes, a adubação é feita com base na análise química de solo e expectativa de produção (Sousa & Lobato, 2004). Além disso, como os solos do Cerrado são, predominantemente, de acidez elevada, torna-se necessária a calagem e gessagem das áreas de produção para garantir maior eficiência de uso dos nutrientes e água.

2.2 Adubações foliares

Com a evolução natural, as plantas se adaptaram a um ambiente de terra e assim ocorreu a separação das atividades fotossintéticas das atividades de absorção de água e nutrientes. As raízes perderam a capacidade de fixar gás carbônico via fotossíntese e agora funcionam apenas como órgãos de absorção e de apoio. Por outro lado, as partes aéreas adaptadas para a fotossíntese, nunca perderam a capacidade de absorver água e nutrientes (Malavolta, 1980). Toda a superfície das plantas em contato com a atmosfera é recoberta por estruturas químicas e físicas especializadas, que conferem uma maior proteção contra o estresse ambiental. Como estas estruturas regulam a entrada e a saída de água, gases e nutrientes, interferem também na absorção de adubos foliares. Malavolta (1980) afirma que a capacidade da parte área em absorver materiais em forma de pulverização constitui a base da aplicação foliar de fertilizantes e de outras práticas agrícolas que implicam aplicação por aspersores ou de pós.

A absorção foliar de nutrientes ocorre em duas etapas. A primeira, de natureza passiva, rápida e reversível, envolve a adsorção na superfície da folha e penetração do nutriente até os espaços intercelulares do tecido vegetal. Sais diluídos em meio aquoso podem penetrar nas folhas através de imperfeições e fissuras existentes na cutícula (cobertura química externa produzida pelas células epidérmicas do tecido foliar, de natureza hidrofóbica e composto por uma matriz de biopolímeros com ceras incorporadas ou depositadas em sua superfície), ou ainda através de estruturas modificadas, como estômatos, tricomas (apêndices epidérmicos de formas variadas, com aspecto de pêlos ou escamas) ou lenticelas presentes nas folhas. Os mecanismos de penetração de soluções aquosas ainda não estão bem esclarecidos, sendo uma das hipóteses a dissolução e difusão. A segunda etapa, de natureza lenta e irreversível, envolve a penetração através da membrana celular, com gasto de energia, onde o nutriente aplicado chega ao citoplasma da célula e posteriormente é translocado e utilizado pela planta nos processos metabólicos.

Alguns fatores como idade e espessura de cutícula das folhas influenciam a absorção de adubos foliares. Fernández et al. (2015) apresentam resultados de diferentes autores onde as absorções de N e fósforo (P) foram afetadas pela idade da folha, sendo N melhor aproveitado por folhas velhas e P por folhas novas. Com o desenvolvimento das folhas ocorrem mudanças na estrutura de ceras e na espessura da cutícula, o que pode explicar a relação com a absorção. Os mesmos autores ainda citam que a transição da folha de dreno para fonte de fotoassimilados também explica essa relação. A parte inferior da folha possui uma maior velocidade de absorção de minerais em relação à parte superior, devido a uma membrana cuticular mais fina e a presença de grande número de estômatos, que facilitam a penetração da solução (Hull, 1970).

Além das características das folhas, a eficiência da adubação foliar pode ser afetada por fatores ambientais. A luz, a temperatura e a umidade interferem diretamente e indiretamente na absorção foliar, já que estes alteram características da solução, da composição foliar e do estado fisiológico da planta no momento da aplicação. Alterações na intensidade de luz podem levar a mudanças estruturais na cutícula e ainda a variações na taxa de fotossíntese e disponibilidade de energia para assimilação dos nutrientes. Diversos autores citados por Fernández et al. (2015) obtiveram relações positivas entre a intensidade de luz e absorção de ureia e potássio (K) em folhas de milho, feijão e maçã. Temperaturas elevadas durante o desenvolvimento das folhas

alteram a composição e deposição de ceras, o que interfere na absorção. Durante e após a aplicação, a temperatura elevada interfere na persistência das gotículas sobre a superfície da folha, reduzindo a absorção. A umidade interfere nas adubações foliares através da velocidade de secagem das gotículas no momento da aplicação, pelo efeito de intumescimento da cutícula e pelo efeito sobre o transporte de nutrientes no interior das plantas. O ponto de deliquescência é uma propriedade física de compostos que, ao atingirem determinado grau de umidade, se dissolvem (higroscópicos). A umidade então possui papel importante em relação a sais com ponto de deliquescência baixos, mantendo assim os sais dissolvidos por maior tempo, favorecendo a absorção. Vale ressaltar que o meio onde uma planta se desenvolve interfere em suas características físicas, químicas e fisiológicas, em geral, como expansão foliar, abertura de estômatos, translocação de nutrientes, entre outros. Características particulares das soluções, como pH, solubilidade, massa molar e concentração também interferem nas adubações.

Adubações foliares podem ser divididas em três tipos, de acordo com sua finalidade, sendo elas: adubação em substituição, em complementação e em suplementação à adubação do solo (Camargo & Silva, 1975). Os mesmos autores definem adubação suplementar como sendo aquela que somada à adubação completa do solo, traria um acréscimo de rendimento correspondente à nutrição foliar. Adubações suplementares no estágio reprodutivo associadas à adubação do solo podem gerar ganhos à cultura (Garcia e Hanway, 1976). Rosolém (1984) cita que, mesmo em situações nas quais a cultura se encontra em solo com boas características físicas e químicas, podem ser obtidos aumentos na produtividade com a adubação foliar. Já para Haq e Mallarino (2000) respostas positivas às adubações foliares com NPK tendem a ocorrer somente em condições de baixa disponibilidade dos elementos no solo. Humbert (1983) propôs adubações foliares com formulação de NPK em fase vegetativa, que resultaram em um efeito estimulante na absorção das raízes, já que as quantidades dos nutrientes nas plantas foram superiores às aquelas aplicadas.

De acordo com Fernández et al. (2015), espécies como soja e milho são consideradas pubescentes, ou seja, possuem sua superfície coberta por tricomas. Eichert & Fernández (2011) classificam a soja como uma planta anfiestomática, que apresenta estômatos em ambos os lados das folhas. Assim estas características podem indicar uma boa capacidade da cultura de realizar absorção foliar. Calonego et al. (2010) apresentaram resultados em que adubações foliares de B na cultura da soja aumentaram

os teores de K nos grãos. Dados de Souza et al. (2008) mostraram que a aplicação de solução a base de cálcio (Ca) e B no estágio R3 proporcionou maior produtividade da soja. Adubações foliares com P levaram a acréscimos de 16% na produção de grãos de soja (Rezende et al. 2005). Rosolém et al. (1982), testando diferentes formas de preparo do solo, adubação de micronutrientes e doses de NPK via foliar em soja, não encontraram respostas significativas, apesar de apresentarem ganhos em produtividade. Camargo e Silva (1975) citam diversos resultados de adubações foliares para diferentes culturas, como cana-de-açúcar, café, feijão, tomate e soja, todas apresentando acréscimos de produtividade ou outro benefício.

2.3 Nitrogênio na agricultura e sua aplicação via foliar

Ocupando cerca de 78% da composição atmosférica e até 5% da matéria seca das plantas, o N é um dos nutrientes mais requeridos por estas. É também um dos principais elementos limitantes da agricultura no Cerrado. O fornecimento desse nutriente às plantas é possível pela adição de adubos nitrogenados, a partir de processo de síntese industrial, pela adição de resíduos orgânicos, pela fixação não-biológica (descargas elétricas) e pela fixação biológica do nitrogênio atmosférico (FBN). O uso de adubos nitrogenados é limitado, tanto pelo alto custo quanto pela baixa eficiência, já que mais da metade do adubo aplicado ao solo pode ser perdida por meio de volatilização e lixiviação (Sousa & Lobato, 2004).

Algumas espécies pertencentes à família das leguminosas, em simbiose com bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, realizam o processo de FBN, sendo a soja, o principal exemplo, cuja fixação supre toda a demanda deste nutriente pela cultura. Porém, existem divergências quanto à necessidade ou não de uma adubação nitrogenada na cultura da soja no Brasil. Enquanto alguns afirmam a necessidade de uma pequena dose no plantio em sistemas de plantio direto, para contornar uma possível imobilização deste nutriente, o que causaria uma deficiência inicial à cultura, outros afirmam a necessidade de uma dose tardia para lavouras de alto potencial produtivo, argumentando que a FBN não seria suficiente para altos níveis de produtividade. Sousa e Lobato (2004) defendem a ideia de que doses abaixo de 30 kg ha⁻¹ não devem interferir sobre a colonização das raízes pelas bactérias, apesar de também argumentarem que não se observa ganhos de produtividade com essa prática. Mendes et

al. (2008) demonstram que a adubação nitrogenada tardia na soja não apresenta retorno econômico.

Sendo um componente essencial das proteínas e também da clorofila das folhas, a deficiência de N pode ter como consequência uma baixa eficiência fotossintética e uma diminuição na produtividade. Além disso, no final do ciclo das culturas, as raízes são incapazes de fornecer as exigências de N da planta, ocorrendo um catabolismo de proteína e uma redistribuição do nutriente para os grãos, causando uma senescência mais rápida das folhas (Fernández et al. 2015). Garcia & Hanway (1976) concluíram que adubações foliares com N foram mais eficazes em reabastecer o N das folhas de soja quando comparadas à adubação do solo.

O N é considerado um elemento de alta mobilidade na planta e de fácil absorção pelas folhas, já que trabalhos citados por Fernández (2015), relatam até 70% de recuperação do elemento aplicado via foliar. Adubações foliares com ureia podem representar não só fornecimento de N, mas também benefícios fisiológicos, já que os teores de N nas folhas permaneceram constantes, mantendo a taxa de fotossíntese por um maior período, o que pode se refletir em uma maior produção de grãos de soja (Rezende et al., 2005). Fernández et al., (2015) citam que pulverizações contendo N durante a fase reprodutiva das culturas podem aumentar o pegamento das flores e o teor de proteína nos grãos.

2.4 Fósforo na Agricultura e sua aplicação via foliar

Os solos do Cerrado brasileiro apresentam baixa disponibilidade de nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas cultivadas, sendo o P um dos principais limitantes de produtividade das culturas (Fageria et al., 2010). O P atua, principalmente, na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese, como componente estrutural de ácidos nucleicos de cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídeos (Malavolta, 1980). Conclui-se que uma nutrição adequada de P durante todo ciclo da cultura é um fator de extrema importância para a produção final.

Segundo Vieira (2006), embora as culturas requeiram menores quantidades de P em relação aos demais macronutrientes primários, as doses do nutriente frequentemente aplicadas ao solo são iguais ou superiores às de N e K. Isso ocorre devido ao elevado conteúdo de óxidos de ferro e alumínio presentes nos solos do Cerrado, capazes de reter íons de fosfato em formas de baixa labilidade, especialmente quando são adotadas

práticas de manejo que resultam em baixa eficiência da adubação fosfatada (Sousa et al., 2010; Nunes et al., 2015). Pelá et al. (2009) propõem a utilização do P via adubação foliar, possibilitando o menor uso de adubos fosfatados no solo e gerando ganhos econômicos e ambientais. Da mesma forma, Silva (2006) cita a adubação conjunta de P via solo e foliar como uma forma eficiente de reduzir perdas por fixação no solo e fornecer o nutriente às culturas, uma vez que se trata de um elemento móvel nas plantas, podendo ser redistribuído de folhas velhas para novas e para frutos e sementes.

Rezende et al. (2005) citam resultados de aumento de rendimento de até 16% na cultura da soja em resposta a adubação foliar suplementar com P e estima ainda que 60% do P total é absorvido após o florescimento, sendo este destinado exclusivamente para as sementes. Aumentos no teor de P em sementes de feijão foram obtidos por Teixeira & Araújo (1999), com aplicação foliar na fase de enchimento de grãos. Segundo Malavolta (1980), mais de 50% do P da parte aérea da soja é translocado para os legumes. Araújo et al. (2002) concluíram que sementes de feijão com maior teor de P, obtidas de plantas tratadas com adubações foliares com este nutriente, podem originar plantas com maior crescimento da parte aérea, nodulação e acúmulo de N no estágio vegetativo, particularmente sobre baixas doses de P aplicadas ao solo. Resultados de Rosolém et al. (1981) mostram que aplicações de P no estágio reprodutivo (R1) e repetida 24 dias após, aumentaram o número de vagens por planta e a produção de grãos de soja. Segundo Rosolém (1982), a época em que a planta de soja atinge seu ápice de absorção de P, ocorre entre os estádios de V4 e R6 com absorção de 0,2 a 0,4 kg ha⁻¹ dia⁻¹, sendo que 60% do total absorvido ocorre após o estágio R1.

Diversos autores obtiveram resultados positivos em relação à adubação foliar com P em diversas culturas (Garcia & Hanway, 1976; Primavesi, 1981; Pelá et al., 2009; Nascente et al., 2014), enquanto que outros trabalhos não apresentaram efeitos (Haq & Mallarino, 2000 e Conte e Castro & Boaretto, 2002).

2.5 Cálcio e sua aplicação via foliar

A calagem é uma prática corriqueira na região do Cerrado, já que para a maioria dos cultivos se torna necessária a correção da acidez ativa (pH) e do excesso de alumínio (Al) do solo. Uma calagem eficiente, além de neutralizar o Al do solo, também fornece Ca e magnésio (Mg) como nutrientes (Sousa & Lobato, 2004). Altas concentrações de íons K⁺ e Mg⁺² na solução do solo afetam a absorção de Ca²⁺ pelas

raízes, cuja deficiência afeta particularmente pontos de crescimento, como meristema apical e ponta da raiz, além de desestruturar a membrana celular, tornando-a permeável a íons indesejáveis (Malavolta, 1980). Segundo Malavolta (2006), o Ca exerce três funções nas plantas: estrutural, regulador enzimático e de mensageiro secundário.

O fornecimento de Ca às plantas promove maior conteúdo de peso fresco, comparado ao peso seco, demonstrando, portanto, que a presença do nutriente promove uma maior absorção de água (Camargo & Silva, 1975). Para a germinação dos grãos de pólen e para o crescimento do tubo polínico, torna-se indispensável a presença de Ca, o que pode ser explicado pelo seu papel na síntese da parede celular ou ao funcionamento do plasmalema (Malavolta, 1980). Para Rosolém et al. (1990), o Ca atua decisivamente no número de flores e vagens abortadas em feijoeiro, uma vez que existe alta correlação negativa entre teor de Ca na planta e número de flores e vagens abortadas. Segundo Mattiello et al. (2008) o íon Ca^{2+} possui papel central na regulação de muitos processos celulares em plantas, incluindo mitose e citocinese, sinalização celular, gravitropismo, crescimento polar e correntes citoplasmáticas. Através de proteínas, nas quais se complexa, o Ca retarda a abscisão de folhas e frutos em citros e provavelmente em outras espécies (Malavolta, 2006).

Segundo Cakmak (2014), a habilidade do Ca^{2+} em atuar como transportador de sinal é atribuído à sua baixa concentração no citoplasma das células, assim, quando a planta é submetida a condições de estresse, como temperaturas extremas, seca ou ataque de patógenos, ocorre o aumento da concentração de Ca^{+2} no citoplasma, sendo este o fator chave para a expressão de genes responsivos ao estresse. O ácido abscísico, hormônio ligado ao fechamento dos estômatos, estimula o aumento da concentração de Ca^{+2} citosólico (Taiz & Zeiger, 2006), mostrando que o Ca é um elemento relacionado com a tolerância ao estresse hídrico.

Por ser considerado um elemento de baixa redistribuição nas plantas (Malavolta, 2006), uma alternativa para manter elevados os níveis de Ca, principalmente em órgãos novos, seria sua aplicação via foliar. Weaver et al. (1984) verificaram que pulverizações com nitrato de Ca e ácido bórico em feijoeiro, no período de abertura das primeiras flores, podem aumentar a retenção de vagens e, conseqüentemente, elevar a produtividade de grãos. Para Bevilaqua et al. (2002), o Ca aumentou a resistência do tegumento das sementes de soja a danos mecânicos, o que pode ser um benefício para a produção em condições de campo. Quando o Ca foi aplicado via foliar, Rosolém et al.

(1990) obtiveram melhoria na qualidade fisiológica das sementes de feijão. Moreira et al. (2008) também obtiveram resultados de ganho no número de vagens por planta de soja quando se aplicou Ca via foliar no estágio V3, mas este não representou ganho em produtividade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição do experimento

O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Cerrados, localizada no Município de Planaltina, DF (latitude 15°36'S e longitude 47°42'W), de altitude de 1.014 m e com clima Cwa (de acordo com a classificação de Köppen) de precipitação média anual de 1.570 mm. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (Embrapa, 2013), com fertilidade construída, cuja amostra na camada de 0-20 cm, coletada antes da instalação do experimento, foi submetida a análises químicas e granulométricas (Tabela 1).

Tabela 1: Análise química e granulométrica do solo na camada de 0-20 cm, antes da instalação do experimento.

pH_{H2O}	P	K	Ca²⁺	Mg²⁺	V	Areia	Silte	Argila
	----mg dm ⁻³ ----		---cmol _c dm ⁻³ ---		%	----- g kg ⁻¹ -----		
5,0	70	150	3,0	1,3	40	337	126	537

A cultivar de soja utilizada foi a BRS Valiosa RR, de hábito determinado e com ciclo médio de 126 dias para a região. As sementes foram inoculadas com as estirpes CPAC 7 e CPAC 15 de *Bradyrhizobium japonicum*, com proporção de 125g/5 kg de sementes e receberam, ainda, tratamentos com molibdato de amônio (4g/5 kg de sementes) e Standak top® (5ml/5 kg de sementes). O plantio foi realizado sobre palhada de milheto, com produção média de 6,3 t ha⁻¹, em outubro de 2014, utilizando um espaçamento de 0,5 m entre linhas, com densidade de 18 plantas m⁻¹ e uma adubação de 400 kg ha⁻¹ da formulação 00-20-20 via sulco. Após trinta dias do plantio foi feito desbaste na área mantendo uma densidade de 12 plantas m⁻¹ (220 mil plantas ha⁻¹). O experimento foi conduzido sob irrigação por aspersão com pivô central, porém no mês

de janeiro de 2015, problemas técnicos no equipamento coincidiram com dias de veranico na região deixando a cultura em estresse hídrico por cerca de 15 dias.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Foram utilizados cinco tratamentos compostos por aplicações foliares de fosfato monoamônico purificado (MAP) e nitrato de cálcio (NC), de forma separada e conjunta (Tabela 2). As pulverizações foram feitas com pulverizador Jacto Condor 800 equipado com bicos leque 110/03, com vazão de 250 l ha⁻¹.

Tabela 2: Descrição dos tratamentos com fosfato monoamônico purificado (MAP) e nitrato de cálcio (NC).

Tratamentos	Doses	Época
Testemunha	0 kg ha ⁻¹	-
MAP	10 kg ha ⁻¹	V4, V7, R1, R3
NC	5 kg ha ⁻¹	V4, V7
MAP e NC¹	10 kg ha ⁻¹ e 5 kg ha ⁻¹	V4, V7 (MAP e NC) R1, R3 (MAP)
MAP + NC²	10 kg ha ⁻¹ + 5 kg ha ⁻¹	V4, V7 (MAP e NC) R1, R3 (MAP)

¹ MAP e NC foram aplicados separadamente, no terceiro trifólio (V4) e sexto trifólio (V7); ² MAP e NC foram aplicados misturados no tanque de pulverização, em V4 e V7.

Segundo informações fornecidas pelo fabricante dos produtos, o MAP possuía 61,0 % de P₂O₅ e 12,0% de N e o NC possuía 15,5% de N e 19,0% de Ca. As doses de MAP e NC foram divididas a fim de evitar queimas e em busca de um maior e melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas. Nos tratamentos que receberam MAP, a dose total do produto (10 kg ha⁻¹) foi dividida em quatro aplicações, realizadas no terceiro trifólio (V4), no sexto trifólio (V7), no início do florescimento (R1) e no início da formação de vagens (R3) da cultura. Sendo assim, utilizou-se 2,5 kg ha⁻¹ de MAP em cada aplicação. Nos tratamentos com NC, a dose total do produto (5 kg ha⁻¹) foi dividida em duas aplicações, realizadas nos estádios V4 e V7, utilizando assim, 2,5 kg ha⁻¹ de NC em cada aplicação.

As parcelas apresentavam 50 m² (10 x 5 m) e continham dez linhas de 10 m de comprimento cada. A área útil da parcela era composta por seis linhas internas, após descarte de duas linhas de cada lado, cada uma com 6 m de comprimento, após descarte de 2 m em cada extremidade, totalizando 18 m².

3.2 Determinação de componentes de produtividade e análises laboratoriais

No início do florescimento (R1), foi realizada amostragem para análise foliar, coletando-se, ao acaso, 30 trifólios por parcela (Sousa & Lobato, 2004). As amostras foram secadas em estufa à 65 °C durante 72 horas e moídas. Este mesmo processo foi realizado com as amostras de grãos após a colheita.

Foram avaliados os macronutrientes, sendo a determinação de N feita utilizando o método de Kjeldahl, e os demais nutrientes quantificados através de digestão nítrica por micro-ondas e determinação por espectrometria de emissão atômica com indução de plasma (Embrapa, 2005).

Após a maturação da cultura, foi realizada uma amostragem, coletando-se as plantas contidas em 1 m² dentro da área útil das parcelas, para contagem de vagens por planta. O número de vagens total de cada amostra foi dividido pelo número total de plantas presente na amostra, gerando o resultado de vagens por planta (Figura 1).



Figura 1: Procedimento de separação das vagens para determinação do número de vagens por planta.

As parcelas foram colhidas manualmente (Figura 2), e os grãos separados do restante do material em trilhadeira de bancada, pesados e determinada umidade através do equipamento Gehaka Agri G810. A produtividade foi corrigida para 13% de umidade e convertida em kg ha^{-1} . Foram retiradas amostras para análise de nutrientes nos grãos, seguindo os mesmos procedimentos utilizados para as folhas, descritos anteriormente. Além disso realizou-se teste de germinação, contagem de sementes e avaliação do peso de mil grãos.



Figura 2: Colheita manual das parcelas, realizada em março de 2015.

No teste de germinação foram usadas quatro repetições de cinquenta sementes cada, previamente beneficiadas. Estas sementes foram acondicionadas através de placas perfuradas em papel de germinação, umedecidos com 2,5 vezes o seu peso. Os rolos de papel foram mantidos durante 5 dias com temperatura constante de 25 °C em germinador de câmara. A contagem de plântulas foi realizada após o quinto dia, seguindo os critérios estabelecidos nas Regras de Análises de Sementes (Brasil, 2009). A contagem de sementes foi realizada separando manualmente, a partir de uma amostra de 200 grãos, aqueles com danos visuais. Este procedimento foi realizado em triplicata e os valores médios convertidos em porcentagem. Por fim, placas perfuradas foram

utilizadas para facilitar a contagem de mil grãos, que foram pesados e corrigidos para umidade de 13%.

Para cálculo do rendimento financeiro de cada tratamento, foi levado em consideração o valor de 1,05 R\$ kg⁻¹ de soja (cotação no último dia útil de março de 2015) e 4,60 R\$ kg⁻¹ de MAP e 2,28 R\$ kg⁻¹ de NC (valor de compra em outubro de 2014). Foi contabilizado ainda um custo médio de R\$ 15,00 por aplicação, descartando o custo de amassamento de plantas, já que as aplicações foram feitas pelos corredores.

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Duncan a 5% de probabilidade. Também foram realizadas análises de regressão entre a produtividade e os demais componentes de produção. Para todos esses procedimentos utilizou-se o PROC GLM do SAS (Statistical Analysis System, versão 9.1).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produtividade e componentes de produção

A produtividade de grãos e os componentes de produção avaliados são apresentados na Tabela 3. A produtividade de grãos aumentou em resposta às adubações foliares com MAP e NC, sendo que apenas o tratamento com NC não diferiu estatisticamente da testemunha. O número de vagens por planta também foi influenciado pela adubação foliar, caso contrário ao que aconteceu com o peso de mil grãos que não apresentou resposta.

Tabela 3: Resposta dos componentes de produção da cultura da soja a adubações foliares com fosfato monoamônico e nitrato de cálcio.

Tratamentos	Produtividade (kg/ha)	Vagens/planta	Peso de mil grãos (g)
Testemunha	3.472 c	57 c	155 a
MAP	3.825 ab	61 abc	154 a
NC	3.639 bc	58 bc	146 a
MAP e NC	4.001 a	66 a	147 a
MAP + NC	3.950 a	64 ab	157 a

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Os tratamentos com MAP e NC em aplicações separadas (MAP e NC) ou misturados no tanque de pulverização (MAP + NC) foram os que promoveram os maiores ganhos de produtividade, com 529 e 478 kg ha⁻¹ a mais que a testemunha, respectivamente. Aplicações isoladas de MAP e NC apresentaram acréscimo intermediário, com o MAP também diferindo da testemunha, mas não dos demais, representando um acréscimo na produtividade de 353 kg ha⁻¹. Esses resultados são semelhantes aos apresentados por Rezende et al. (2005) que obtiveram um ganho de até 16% no rendimento de grãos de soja com adubação foliar de P.

Aumentos de produção com a aplicação de P via foliar foram verificados também por Pelá et al. (2009), em experimento conduzido em vasos com feijoeiro, porém as maiores produtividades foram encontradas quando o P foi fornecido somente via solo. Nascente et al. (2014) concluíram que a resposta do feijoeiro à adubação com P no solo é maior quando esta é suplementada pela adubação com P foliar. Porém, estudando diferentes doses e fontes de P foliar em feijão, Pacheco et al. (2010) não encontraram diferenças significativas entre a testemunha e as demais doses e fontes de fósforo.

Estes ganhos de até 15% em produtividade podem ser explicados pelo aumento no número de vagens por plantas (Figura 3). Rosolém et al. (1981) também mostraram que aplicações de P no estágio reprodutivo (R1) e repetidas 24 dias após, aumentaram o número de vagens por planta e a produção de grãos de soja. Segundo Zucareli et al. (2006), o número de vagens por planta é o componente de produção que mais contribui com o aumento de produtividade na cultura do feijão.

Borkert (1987) cita que a partir da floração a atividade radicular e a absorção diminuem, ao mesmo tempo que nas folhas há grande translocação de nutrientes para os grãos em formação da cultura de soja. Assim a reposição de nutrientes via adubação foliar poderia manter a taxa de fotossíntese por maior tempo podendo também justificar os ganhos de produção alcançados.

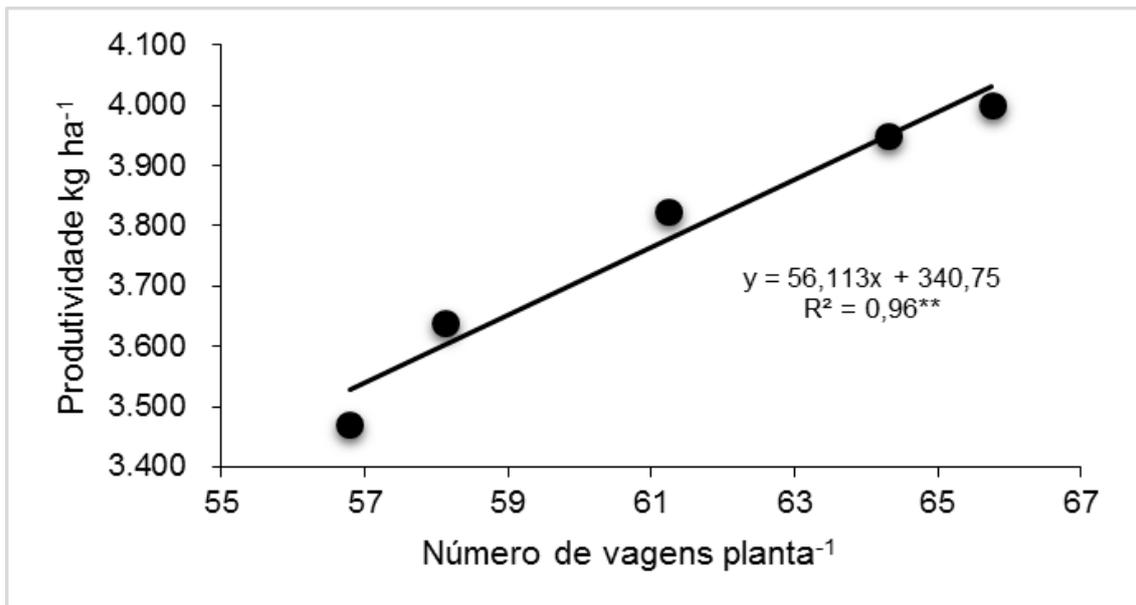


Figura 3: Relação entre a produtividade dos grãos de soja e o número de vagens por planta em resposta aos tratamentos foliares com fosfato monoamônico e nitrato de cálcio em soja. ** significativo a 1%.

Comparando o número de vagens por plantas, os tratamentos com MAP e NC em aplicações separadas (MAP e NC) ou misturados no tanque de pulverização (MAP + NC) foram os únicos a se diferenciarem da testemunha (Tabela 3), com ganhos de 16 e 12%, respectivamente, indicando que a suplementação dos dois principais nutrientes (P e Ca) é eficaz para retenção das vagens. Souza et al. (2008) obtiveram ganhos de 43% no número de vagens por planta com aplicações de Ca e B em soja. Pelá et al. (2009) também obtiveram ganhos no número de vagens por planta com diferentes fontes de P na cultura do feijoeiro, concordando com Fageria et al. (2004), que afirmam que o P aumenta o número de vagens por planta.

Moreira et al. (2008) obtiveram ganho no número de vagens por planta quando aplicaram Ca via foliar no estágio V3, sem, entretanto, representar ganho em produtividade. O mesmo aconteceu com Fabris et al. (2013), que observaram ganho no número de vagens por planta com aplicação foliar de fertilizante mineral misto, mas que não representou ganho de produtividade. Contrastando com esses resultados, o presente trabalho apresenta uma relação positiva entre o número de vagens e a produtividade de grãos (Figura 3).

Para Rosolém et al. (1990), o Ca atua decisivamente no número de flores e vagens abortadas em feijoeiro, e existe alta correlação negativa entre teor de Ca na

planta e número de flores e vagens abortadas. Segundo Floss (2011) o Ca tem grande importância no crescimento das raízes, no crescimento do tubo polínico e no pegamento de vagens na soja. Rosolém & Tavares (2006) concluíram que a deficiência de P na soja limita o número de vagens por planta, além de diminuir o tamanho dos grãos. Fernández et al. (2015) citam que aplicações de N foliar podem alterar a iniciação e diferenciação floral, a frutificação e a retenção, enquanto que a adubação foliar com P resulta em aumento da frutificação.

Não foram verificadas diferenças significativas para o peso de mil grãos em nenhum dos tratamentos estudados (Tabela 3). Estudando os efeitos de aplicações foliares de Ca e B em feijoeiro, Farinelli et al. (2006) encontraram efeitos positivos sobre a produtividade, número de vagens por planta, qualidade das sementes, mas não na massa de grãos. Concordando com isso, no presente estudo, o peso de mil grãos não influenciou a produtividade (Figura 4).

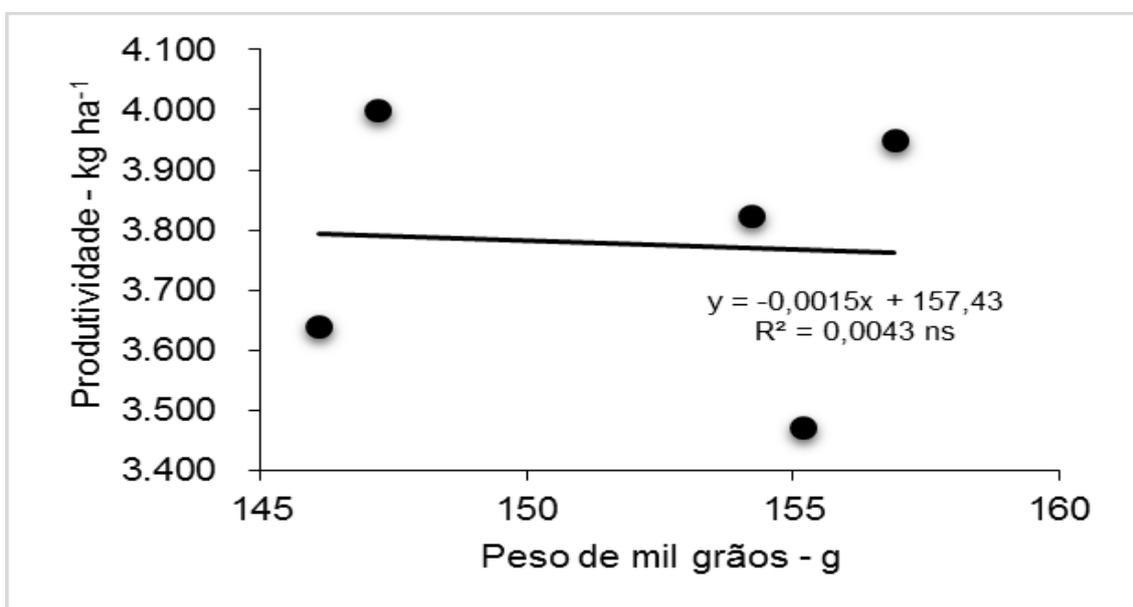


Figura 4: Relação entre produtividade e peso de mil grãos em função de adubações foliares com fosfato monoamônico e nitrato de cálcio. ns: não significativo.

4.2 Teores de macronutrientes presentes nas folhas e nos grãos de soja

O resultado da análise dos tecidos (Tabela 4) aponta que os tratamentos foliares com MAP e NC não alteraram os teores dos nutrientes nos tecidos vegetais, exceto para o N presente na folha, fato este que não era esperado em função das pequenas quantidades que foram aplicadas.

Todos os nutrientes avaliados estão dentro do nível adequado para a cultura (Sousa & Lobato, 2004; Sfredo, 2008), exceto para o K que está elevado, podendo ter ocorrido um consumo de luxo do nutriente, já que o teor desse elemento era muito elevado na área do experimento (Tabela 1).

As pequenas doses aplicadas dos nutrientes ($2,66 \text{ kg ha}^{-1}$ de P e $1,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de N para o MAP e $0,775 \text{ kg ha}^{-1}$ de N e $0,950 \text{ kg ha}^{-1}$ de Ca para NC) e a não alteração nos teores da maioria dos nutrientes permitem inferir que as quantidades aplicadas possuem um papel fisiológico na planta e não nutricional. Fernández et al. (2015) citam que respostas ao uso de adubos foliares são muitas vezes inexplicáveis e podem sugerir um efeito não nutricional. Os mesmos autores sugerem ainda que nutrientes foliares sejam transportados de forma diferente e tenham também um efeito fisiológico diferente daqueles provindos do solo. Neste contexto, o N possui papel importante na composição da clorofila e de outras proteínas na planta, levando assim a maiores taxas de fotossíntese. Já o Ca induz respostas a estresses abióticos e participa da composição estrutural da planta, retardando a abscisão de folhas e frutos, o que também pode levar à ganhos de produção.

Nascente et al. (2014) estudando diferentes doses de P via foliar e sulco encontraram um aumento no teor de P em toda planta (grãos, folhas, caule, vagens e raízes) em função dos tratamentos. Semelhante ao que relataram Pelá et al. (2009) que obtiveram aumento na concentração de P nas folhas e nos grãos de soja usando diversas fontes do nutriente via foliar, inclusive o MAP. Calonego et al. (2010) encontram diferenças estatísticas apenas para os teores de N quando aplicaram B via foliar na cultura da soja. Kubota (2006) estudando os efeitos de aplicações foliares de P e Mo nos teores de nutrientes em sementes de feijão, encontrou resposta significativa dos tratamentos em relação aos teores de N e P nas sementes. Souza (2008) estudando doses de Ca e B em diferentes estádios em quatro cultivares de soja não encontraram diferenças significativas para os teores desses elementos.

Semelhante ao presente estudo, Rezende et al. (2005) não encontraram diferenças significativas nos teores de P nas folhas em função de aplicações foliares do nutriente em soja. Carvalho (2012) cita que a composição química das sementes é definida geneticamente, o que poderia justificar as pequenas diferenças encontradas entre os tratamentos.

Tabela 4: Teores de macronutrientes presentes nas folhas e nos grãos de soja em função dos tratamentos com aplicações foliares com fosfato monoamônico e nitrato de cálcio.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
----- g kg ⁻¹ -----						
Foliar						
Testemunha	44,97 b	4,74 a	38,95 a	12,83 a	6,27 a	2,67 a
MAP	46,69 b	4,19 a	36,91 a	13,14 a	6,56 a	2,56 a
NC	52,52 a	4,59 a	33,22 a	11,30 a	6,27 a	2,68 a
MAP e NC	45,60 b	4,04 a	34,13 a	12,62 a	6,37 a	2,50 a
MAP + NC	45,20 b	4,31 a	38,26 a	12,95 a	6,46 a	2,51 a
Grãos						
Testemunha	49,13 a	6,50 a	20,03 a	2,83 a	2,35 a	4,10 a
MAP	48,82 a	6,65 a	19,93 a	2,53 a	2,05 a	4,37 a
NC	49,61 a	6,47 a	19,80 a	2,68 a	2,08 a	4,23 a
MAP e NC	49,23 a	6,74 a	20,43 a	2,48 a	1,80 a	4,29 a
MAP + NC	49,76 a	6,30 a	18,40 a	2,63 a	2,13 a	4,22 a

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$)

Com base nos teores dos nutrientes presentes nos grãos, calculou-se o valor exportado para cada um. Foram exportados, em média, para cada tonelada de grãos de soja, 49 kg de N, 15 kg de P₂O₅, 24 kg de K₂O, 3,0 kg de Ca, 2,0 kg de Mg e 4,0 kg de enxofre. Apenas os valores de N, K₂O e S apresentaram significância estatística, sendo explicado pela diferença de produtividade de cada tratamento, já que não houve diferença entre os teores nos grãos. Os valores exportados estão todos em nível adequado para a cultura (Sfredo, 2008).

4.3 Qualidade de sementes

Na Tabela 5 são apresentados os dados da qualidade de sementes, em que apenas o tratamento MAP e NC se diferenciou da testemunha quanto a germinação, sendo também o único a atingir o mínimo de poder germinativo previsto pela legislação brasileira, que é de 80% para a cultura da soja (Embrapa, 2015b). Além disso, a contagem de sementes, que, em condições de campo, poderia ser análoga ao percentual do lote de colheita que estaria apto a ser comercializado como sementes, seguiu a mesma tendência, com os tratamentos com MAP e NC apresentando os maiores ganhos em relação a testemunha. Vale ressaltar que chuvas no período da colheita prejudicaram a qualidade das sementes da área experimental.

Tabela 5: Qualidade de sementes em função de adubações foliares com fosfato monoamônico e nitrato de cálcio.

Tratamento	Germinação	Contagem
	%	
Testemunha	72 b	77 c
MAP	78 ab	82 ab
NC	77 ab	79 bc
MAP e NC	82 a	81 ab
MAP + NC	77 ab	83 a

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Bevilaqua et al. (2002) afirmam que o Ca aumenta a resistência do tegumento das sementes de soja a danos mecânicos, o que pode diminuir perdas durante a colheita e o beneficiamento. Guerra et al. (2006) realizaram testes de germinação em sementes de soja cujas plantas receberam diferentes doses de adubação com P, molibdênio e cobalto e encontraram efeito significativo desses elementos sob o potencial de germinação das sementes. Nesse sentido, Rosolém et al. (1990) obtiveram melhoria na qualidade fisiológica das sementes de feijão através do tratamento foliar com Ca, caso semelhante ao encontrado por Farinelli et al. (2006), onde adubações foliares com Ca e B, além de melhorar a qualidade de sementes em duas cultivares, também aumentou o

rendimento final em feijoeiro. Em contrapartida, Conte e Castro & Boaretto (2002) não encontraram aumentos significativos para produtividade e qualidade de sementes, quando utilizaram adubações foliares com nutrientes, entre eles P e Ca. O papel dos nutrientes é de fundamental importância na composição das sementes, principalmente na constituição de membranas, carboidratos, lipídeos e proteínas (Sfredo, 2008). Segundo Sousa e Lobato (2004) o teor médio de P em sementes de soja é 5g kg^{-1} , fazendo parte de açúcares, proteínas e fosfolipídios. Tem-se como hipótese que maiores concentrações de P nas sementes disponibilizam uma maior quantidade de energia para atividades metabólicas iniciais da germinação, atingindo assim, um melhor e mais rápido desenvolvimento das plântulas e das raízes das mesmas. (Sfredo, 2008). Apesar de não apresentar diferença estatística entre os tratamentos para os teores de P nas sementes, o tratamento MAP e NC possui maior teor de P em relação aos demais e também foi o que apresentou melhor poder de germinação. Conforme concluíram Trigo et al., (1997), sementes com maiores concentrações de P geram plantas com alto potencial de rendimento, confirmando, assim, a importância da adubação adequada com esse nutriente, incluindo aplicações foliares.

4.4 Aspectos financeiros

O melhor tratamento em produtividade, MAP e NC aplicados separadamente, foi também o que proporcionou maior lucro por unidade de área, rendendo $407,80\text{ ha}^{-1}$ por hectare. O tratamento com MAP e NC misturados no tanque (MAP + NC) apresentou um rendimento de $384,80\text{ R\$ ha}^{-1}$, o que aparenta ser uma boa alternativa, uma vez que, com duas aplicações a menos, esta estratégia minimiza o uso dos equipamentos de pulverização sem perder muito a lucratividade. Já os tratamentos com aplicação somente de MAP ou NC geraram $265,00$ e $134,50\text{ R\$ ha}^{-1}$ de lucro, respectivamente, sendo intermediários em relação aos demais.

Com o intuito de validar estes dados em nível comercial o mesmo experimento foi conduzido na fazenda Boa Vista no município de Cabeceiras, GO (Figura A1). De maneira geral, as mesmas respostas aos tratamentos foram verificados na fazenda Boa Vista, corroborando os dados obtidos no presente trabalho. Em situação de lavoura comercial, os melhores tratamentos foram MAP+NC; MAP e NC, que apresentaram um lucro médio de $400\text{ R\$ ha}^{-1}$ (Tabela A1).

Tabela 6: Rendimento financeiro de adubações foliares com fosfato monoamônico e nitrato de cálcio.

Tratamento	Renda Bruta	Lucro
	-----R\$ ha ⁻¹ -----	
Testemunha	3.643,00	-
MAP	4.014,00	265,00
NC	3.819,00	134,50
MAP e NC	4.198,00	407,80
MAP + NC	4.145,00	384,80

5. CONCLUSÕES

- 1) Adubações foliares com fosfato monoamônico e nitrato de cálcio promovem ganhos de produtividade de grãos de soja, sendo este explicado por um acréscimo no número de vagens por planta e não pelo peso de mil grãos.
- 2) O uso de fosfato monoamônico e nitrato de cálcio, aplicados separadamente ou misturados, promove um aumento na qualidade das sementes de soja.
- 3) Aplicações foliares de fosfato monoamônico e nitrato de cálcio apresentam um rendimento financeiro positivo, justificando economicamente seu uso.
- 4) Maiores estudos são necessários para confirmar estes resultados e elucidar os possíveis mecanismos fisiológicos envolvidos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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**, 26:183-189, 2002.

BEVILAQUA, G.A.P.; FILHO, P.M.S.; POSSENTI, J.C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, v.32, n.1, pg.3134, 2002.

BORKERT, C.M. **Soja: adubação foliar**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1987. 34 p. (Embrapa Soja. Documentos, 22).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNPV/CLAV, 2009. 399p.

CAKMAK, I. Major functions of calcium and magnesium in crop plants. In: **World Fertilizer Congress**. Rio de Janeiro. 2014. p. 30.

CALONEGO, J. C.; OCANI, K.; OANI, M.; SANTOS, C. H. dos. Adubação boratada foliar na cultura da soja. **Colloquium Agrariae**, v. 06, n. 02, p. 20-26, 2010.

CAMARGO, P.N. & SILVA, O. **Manual de adubação foliar**. São Paulo, Herba. 1975. 258 p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.

CASTRO, P. R. C. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1987. 249p.

CONTE E CASTRO, A. M.; BOARETTO, A. E. Adubação foliar do feijoeiro com nutrientes, vitamina B1 e metionina. **Scientia Agraria**, v. 2, n. 1-2, p. 117-121, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**.- v. 2, n. 12 (2015) – Brasília: Conab, 2015. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em 18 outubro, 2015.

DALL'AGNOL, A. Sem medo de competir. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v.22, n.2, p.42-43, fev. 2002.

EICHERT, T.; FERNANDEZ, V. Uptake and release of elements by leaves and other aerial plant parts. In: Marschner, P. (Ed.). **Marschners' mineral nutrition of higher plants**. Oxford: Academic Press, 2011. p. 71-84.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. SOJA. Soja em números. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em 18 de fevereiro de 2015a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA RORAIMA. Tecnologia de Sementes. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/CultivodeSojanoCerradodeRoraima/semente.htm>. Acesso em 21 de setembro de 2015b.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 313p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. 353p.

FABRIS, D. N.; SELAJA, O. L.; FINAMORE, WLM. Avaliação biométrica da soja com diferentes doses de fertilizante mineral misto em aplicação foliar. **Revista de Ciências Exatas e da Terra UNIGRAN**, v. 2, n. 1, 2013.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M. P.; STONE, L. F. Nutrição de fósforo na produção do feijoeiro. In: YAMADA, T., ABDALLA, S.R.S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2004. p. 435-455.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; MOREIRA, A. Yield, nutriente uptake and changes in soil chemical properties as influenced by liming and iron application in common bean in a no-tillage system. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Georgia, v. 41, n. 14, p. 1740-1749, 2010.

FARINELLI, R., PENARIOL, F. G., DE SOUZA, F. S., PIEDADE, A. R., & LEMOS, L. B. Características agronômicas e qualidade fisiológica de sementes de cultivares de feijão adubados via foliar com cálcio e boro. **Científica**. v. 34, p. 59-65, (2006)

FERNÁNDEZ, V.; SOTIROPOULOS, T.; BROWN, P. **Adubação foliar: fundamentos científicos e técnicas de campo**. São Paulo: Abisolo, 2015. 150 p.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. Passo Fundo: UPF, 2011.

GARCIA, L.R.; HANWAY, J.J. Foliar fertilization of soybeans during the seed-filling period. **Agronomy Journal**, Madison, v. 4, n. 68, p. 653-657, 1976.

GUERRA, C. A., MARCHETTI, M. E., ROBAINA, A. D., DE 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**, n. 28, p. 91-97, 2006.

HAQ M. U.; MALLARINO, A. P. Soybean yield and nutrient composition as affected by early season foliar fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, n. 1, p. 16-24, 2000.

HIRAKURI, M. H.; CASTRO, C. de; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; OLIVEIRA, S. de; JUNIOR, A. A. B. **Indicadores de sustentabilidade da cadeia produtiva da soja no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 70 p.

HULL, H. M.; Leaf structure related to absorption of pesticides and other compounds. **Residue Reviews**, v. 31, p. 1-155, 1970.

HUMBERT, R. P. **The Growing of sugar cane**. 3. Ed. New York: Elsevier. p. 128, 1983.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição de Plantas**. São Paulo: Agronômica CERES, 2006. p. 290-313.

MATTIELLO, E. M.; PEREIRA, M. G.; ZONTA, E.; MAURI, J.; MATTIELLO, J. D.; MEIRELES, P. G.; SILVA, I. R. da. Produção de matéria seca, crescimento radicular e absorção de cálcio, fósforo e alumínio por *coffea canephora* e *coffea arabica* sob influência da atividade do alumínio em solução. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, Feb. 2008.

MENDES, I. de C.; REIS JUNIOR, R.B. de; HUNGRIA, M.; SOUSA, D.M.G. de; CAMPO, R.J.C. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em latossolos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n.8, p. 1053-1060, 2008.

MORAIS, A. A. C de. **Soja: suas aplicações**. Rio de Janeiro: Ed. Médica e Científica, 1996. 259 p.

MOREIRA, A. A.; LEITE, R. A.; PRADA NETO, I. Cultivo da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) submetido à adubação foliar com cálcio. **Perquirere**, Minas Gerais, ed. 05, p. 13. 2008.

NASCENTE, A. S., COBUCCI, T., SOUSA, D. M. G. de, & de PAIVA LIMA, D. Adubação fosfatada no sulco e foliar afetando a produtividade de grãos do feijoeiro comum. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p.1231-1240, 2014.

NUNES, R. de S.; SOUSA, D.M.G. de; GOEDERT, W.J.; REIN, T.A. Eficiência de uso do fósforo por soja e milho em Latossolo do cerrado em função do sistema de manejo do solo e da adubação fosfatada por um longo período. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2015, Natal. Disponível em: <<http://www.cbcs2015.com.br/anais/index.php>>. Acesso em: 04 de novembro de 2015.

KUBOTA, F. Y. **Aumento dos teores de fósforo e de molibdênio em sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) via adubação foliar**. 2006. Tese de Doutorado. dissertação de mestrado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006. 40p.

PACHECO, L. C. P. da S., PELÁ, A., DO SANTOS, L. L., DE PAULA OLIVEIRA, J. A., & DE MORAIS JÚNIOR, O. P. Fontes e Doses de Fósforo Aplicadas Via Foliar no Feijoeiro Cultivado em Duas Épocas Distintas. **Anais: Seminário de Iniciação Científica e Jornada de Pesquisa e Pós-Graduação**. 2010.

PELÁ, A.; RODRIGUES, M. S.; SANTANA, J. S.; TEIXEIRA, I. R. Fontes de fósforo para adubação foliar na cultura do feijoeiro. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 3, p. 313-318. 2009.

PRIMAVESI, O. Resultados de Nitrofoska foliar em diversas culturas no Brasil. In: SIMPÓSIO DE ADUBAÇÃO FOLIAR, n. 1., 1980, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 1981. p. 73-109.

REZENDE, P.M.; GRIS, C.F.; CARVALHO, J.G.; GOMES, L.L.; BOTTINO, L. Adubação foliar e épocas de aplicação de fósforo na cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.6, p.1105-1111, 2005.

RIBEIRO, J. F.; ALMEIDA, S. P.; SANO, S. M. **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa, 2008. 876 p.

ROSOLÉM, 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.

ROSOLÉM, C. A.; BOARETTO, A. E.; NAKAGAWA, J. Adubação foliar do feijoeiro. VIII. Fontes e doses de cálcio. **Científica**, São Paulo, v.18, p.81-86, 1990.

ROSOLÉM, C. A.; BOARETTO, A. E. Adubação foliar do feijoeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ADUBAÇÃO FOLIAR, 2. Botucatu, 1987. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1987. P. 449-512.

ROSOLÉM, C. A. Adubação foliar. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: EMBRAPA, 1984. p. 419-449.

ROSOLÉM, C.A. **Nutrição mineral e adubação de soja**. Piracicaba: Instituto Potassa e Fosfato, 1982. 80 p. (Boletim técnico, 6).

ROSOLÉM, C.A.; AQUILANTE, Di & NAKAGAWA, J. Adubação foliar da soja: efeitos de duas formulações comerciais com e sem aplicação de micronutrientes nas sementes. **Revista de agricultura**, 56:73-80, 1981.

SFREDO, J. G. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 148 p. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.305)

SILVA, P. R. C. **Processo de produção de adubos foliares**. Salvador: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, Rede de Tecnologia da Bahia, 2006. 5 p.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Embrapa Cerrados 416p, 2004.

SOUSA, D. M. G. de; REIN, T. A.; GOEDERT, W. J.; NUNES, R. de S. **Fósforo**. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. Piracicaba: IPNI, 2010. v.2, p.67-134.

SOUZA, L. C. D.; SÁ, M. E.; CARVALHO, M. A. C; SIMIDU, H. M. Produtividade de quatro cultivares de soja em função da aplicação de fertilizante mineral foliar a base de cálcio e boro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Paraíba, v. 08, n. 02, p. 37-44, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Universitat Jaume I, 2006.

TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA – Região central do Brasil 2012 e 2013. Londrina, Embrapa Soja, 2011. 261p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 15)

TEIXEIRA, M. G.; ARAÚJO, A. P. Aumento do teor de fósforo em sementes de feijoeiro através da adubação foliar. **Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão**, v. 6, p. 756-759, 1999.

TRIGO, L. F. N., PESKE, S. T., GASTAL, M., 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.

VIEIRA, C. **Adubação mineral e calagem**. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T.J.; BORÉM, A. (Ed.). Feijão. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. P. 115-142.

WEAVER, M. L.; TIMM, H.; NAG, H.; BURKE, D. W.; SILBERNAGEL, M. J.; FORTER, K. Effects of soil moisture tension on pod retention and seed yield of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **HortScience**, Alexandria, v.19, p.567-569, 1984.

ZUCARELI, C. et al. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n.1, p. 9-15, 2006.

7. ANEXOS

Síntese da validação da tecnologia de aplicação foliar de fosfato monoamônico e nitrato de cálcio na cultura da soja em área comercial.

- Local: fazenda Boa Vista, localizada no município de Cabeceiras, GO (latitude 15° 36' 11.90"S, longitude 47° 8' 32.21"O);
- Solo: Latossolo Vermelho argiloso;
- Sistema plantio direto;
- Área: sequeiro, com fertilidade construída
- Produtividade da soja na safra 2013/2014 foi de 3.780 kg ha⁻¹ e na safra 2014/2015 de 4320 kg ha⁻¹;
- Cultivar: MSOY 7739 iPRO de ciclo médio recomendada para a região, espaçamento de 45 cm;
- Adubação: 110 kg ha⁻¹ P₂O₅ no sulco de semeadura e 90 kg ha⁻¹ K₂O a lanço;
- A soja foi semeada no dia 20 de novembro de 2014 e colhida no dia 30 de março de 2015;
- Os tratamentos utilizados são os mesmos descritos na Tabela 1;
- Delineamento em faixas (2,1 ha por talhão);
- Avaliações realizadas em parcelas de 9 m² com 7 repetições.

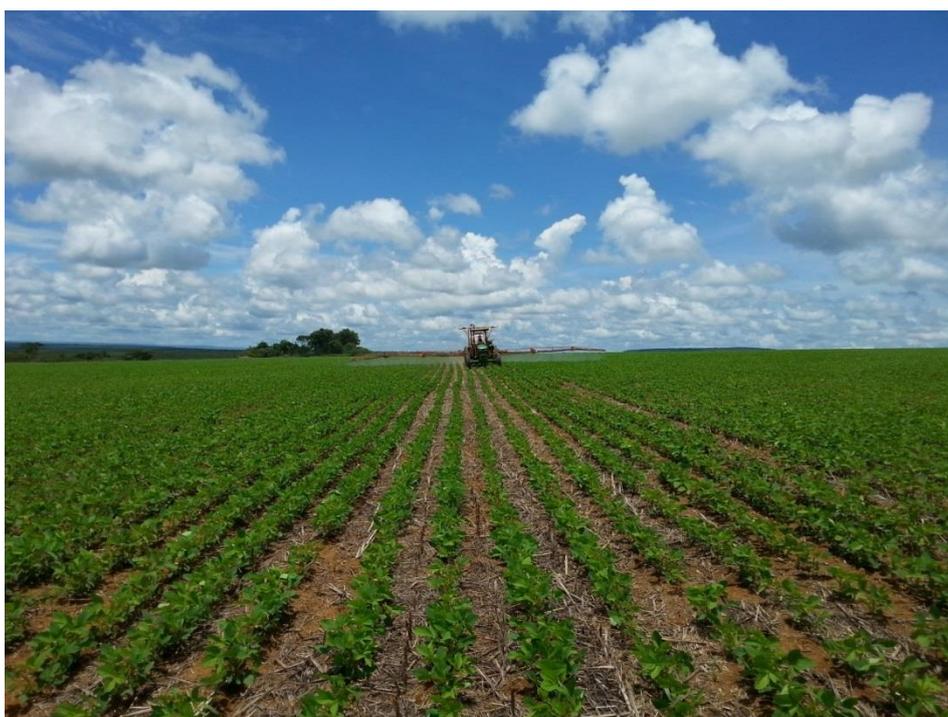


Figura A1: Aplicação de fosfato monoamônico e nitrato de cálcio na cultura da soja em campo de produção da fazenda Boa Vista em V7.

Tabela A1: Resposta da produtividade da cultura da soja a adubação foliar com fosfato monoamônico e nitrato de cálcio e seus respectivos rendimentos financeiros, em área comercial, no ano agrícola 2014/2015, no município de Cabeceiras, GO.

Tratamento	Produtividade¹	Renda Bruta²	Lucro²
	(kg/ha)	-----R\$ ha ⁻¹ -----	
Testemunha	4.356 b	4.572,00	-
MAP	4.562 b	4.787,00	109,70
NC	4.375 b	4.591,00	- 21,80
MAP e NC	4.856 a	5.096,00	376,60
MAP + NC	4.870 a	5.111,00	421,60

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Duncan (p< 00)

¹ Dados médios de sete repetições.

² Os valores utilizados nesses cálculos foram os mesmos do experimento conduzido na Embrapa Cerrados.