

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO – IF GOIANO**  
**- CAMPUS RIO VERDE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS-**  
**AGRONOMIA**

**Germinação e crescimento inicial de diferentes culturas em função de formas de  
aplicação e doses de Cálcio e Magnésio**

Orientador: DSc. Carlos Ribeiro Rodrigues  
Coorientadora: DSc. Tatiana Michlovská Rodrigues  
Mestrando: Samara Santos Viana

**RIO VERDE-GO**  
**FEVEREIRO – 2020**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO – IF GOIANO  
- CAMPUS RIO VERDE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS-  
AGRONOMIA**

**Germinação e crescimento inicial de diferentes culturas em função de formas de  
aplicação e doses de Cálcio e Magnésio**

Dissertação de mestrado apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano- Campus Rio Verde, do Programa de Pós-Graduação – *Stricto sensu* em Ciências Agrárias.

Orientador: DSc. Carlos Ribeiro Rodrigues  
Coorientadora: DSc. Tatiana Michlovská Rodrigues  
Mestrando: Samara Santos Viana

**RIO VERDE-GO  
FEVEREIRO – 2020**

## FICHA CATOGRÁFICA

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

SSA237g Santos Viana, Samara  
Germinação e crescimento inicial de diferentes culturas em função de formas de aplicação e doses de Cálcio e Magnésio / Samara Santos Viana; orientador Carlos Ribeiro Rodrigues ; co-orientadora Tatiana Michlovská Rodrigues. -- Rio Verde, 2020.  
44 p.

Dissertação ( em Programa de PósGraduação em Ciências Agrárias - Agronomia) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2020.

1. Óxido de magnésio. 2. Óxido de cálcio. 3. Phaseolus vulgaris L. 4. Zea mays L. 5. Glycine max L. I. Ribeiro Rodrigues , Carlos , orient. II. Michlovská Rodrigues, Tatiana , co-orient. III. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 nº2376

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação                      | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação                             | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: **Samara Santos Viana**

Matrícula: **2018102310140125**

Título do Trabalho: **Germinação e crescimento inicial de diferentes culturas em função de formas de aplicação e doses de Cálcio e Magnésio**

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 20/05/2020

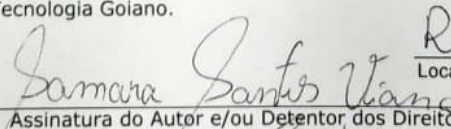
O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

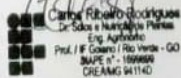
**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

  
 Local: Rio Verde Data: 20/05/2020  
 Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

  
 Carlos Roberto Rodrigues  
 Dr. Sócio e Nutricionista Plântias  
 Eng. Agrônomo  
 Prof. IF Goiano / Rio Verde - GO  
 BIAPE nº - 108590  
 CREA-MG 941140

Assinatura do(a) orientador(a)

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AGRÁRIAS-AGRONOMIA

CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE DIFERENTES  
CULTURAS SOB APLICAÇÃO NA SEMENTE DE  
BIOESTIMULANTE A BASE DE CÁLCIO E MAGNÉSIO

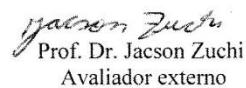
Autora: Samara Santos Viana  
Orientador: Dr. Carlos Ribeiro Rodrigues

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de  
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

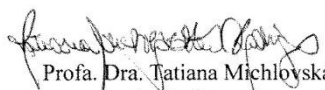
APROVADA em, 05 de março de 2020.



Dra. Vera Lúcia Quintino  
Avaliadora externa  
IF Goiano – Campus Rio Verde



Prof. Dr. Jacson Zuchi  
Avaliador externo  
IF Goiano – Campus Rio Verde



Profa. Dra. Tatiana Michlovska Rodrigues  
Avaliadora externa  
Faqui – Quirinópolis



Prof. Dr. Carlos Ribeiro Rodrigues  
Presidente da banca  
IF Goiano – Campus Rio Verde

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre estar comigo nas piores horas e torná-las momentos de agradecimento por conseguir continuar.

A minha mãe Wanderleia dos Santos Viana, que em todos os momentos de necessidade me fez perceber que é possível superar tudo, esteve comigo me apoiando e sendo minha rocha firme desde o começo, permitiu chegar até aqui e entender que independente de tudo ela sempre me apoiará.

A meu padastro Hilario Lagares de Lima, que esteve presente em todos os momentos difíceis com seus conselhos e sabedoria.

A minha irmã Soraia Danielle Viana Silva e minha prima Patricia Miguel de Oliveira, que estiveram sempre me apoiando a continuar mesmo a distância mandando energias positivas.

Ao IF Goiano Campus Rio Verde – GO, pela oportunidade oferecida com o curso de pós-graduação.

A FAPEG, pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao meu orientador Carlos Ribeiro Rodrigues e coorientadora Tatiane Micholovská, pelo aprendizado e o conhecimento repassado através da condução dessa pesquisa.

Aos meus colegas do Laboratório de Química Agrícola, que me ajudaram na conclusão dessa etapa na minha vida, especialmente ao Renato por toda a sua ajuda árdua e contribuição em todas as etapas desse trabalho.

Aos meus amigos que me ouviram incansavelmente sobre todas as dificuldades e me aconselharam em todos os momentos de precisão.

E por último e especialmente a Tatiane por seu amor, carinho e compreensão, mesmo sem entender em boa parte de nossas conversas sobre o que era meu trabalho sempre esteve lá ouvindo sobre os tempos de dificuldade e me apoiando em minhas decisões.

## BIOGRAFIA DO ALUNO

Samara Santos Viana, Filha de Wanderleia dos Santos Viana e criada por seu padraastro Hilario Lagares de Lima, nascida em Montes Claros de Goiás- GO no dia 28 de novembro de 1994.

Iniciou em 13 de janeiro de 2012 sua jornada acadêmica na graduação de Agronomia pela Universidade Estadual de Goiás, onde durante o período de 06 de agosto de 2014 a 06 de agosto 2016 foi bolsista iniciação científica PIBIC/CNPq.

Em março de 2018, inicia sua participação no programa de pós-graduação em Ciências Agrárias – Agronomia na área de concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado nível mestrado, sujeitando-se a defesa da dissertação, pré-requisito para a obtenção do título de mestre em Ciências Agrárias- Agronomia, fevereiro de 2020.

## SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABELAS.....	x
ÍNDICE DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS .....	xii
RESUMO .....	xiii
ABSTRACT .....	xix
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	3
OBJETIVOS.....	5
GERAL.....	5
ESPECÍFICOS.....	5
CAPÍTULO 1 – GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE DIFERENTES CULTURAS EM FUNÇÃO DE FORMAS DE APLICAÇÃO E DOSES DE CÁLCIO E MAGNÉSIO.....	6
INTRODUÇÃO.....	8
MATERIAL E MÉTODOS.....	10
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
Cálcio .....	12
Magnésio .....	22
CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Variáveis de crescimento em plântulas de soja: massa seca de parte aérea (MSPA); parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MSTOTAL) e relação parte aérea: raiz (PA:R) e comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) submetidas em diferentes doses de CaO. * Significativo a 5% pelo teste de F. ....	13
<b>Figura 2.</b> Índice de velocidade de germinação da soja em função dos tratamentos com Ca (A) e em função dos tratamentos e ao longo dos dias de avaliação (B). ....	14
<b>Figura 3.</b> Variáveis de crescimento em plântulas de feijão: massa seca de parte aérea (MSPA); parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MSTOTAL) e relação parte aérea: raiz (PA:R) e comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) submetidas em diferentes doses de CaO. * Significativo a 5% pelo teste de F. ....	16
<b>Figura 4.</b> Índice de velocidade de germinação do feijoeiro em função dos tratamentos com Mg (A) e em função dos tratamentos e ao longo dos dias de avaliação (B).....	17
<b>Figura 5.</b> Variáveis de crescimento em plântulas de milho: massa seca de parte aérea (MSPA); parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MSTOTAL) e relação parte aérea: raiz (PA:R) e comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) submetidas em diferentes doses de CaO. * Significativo a 5% pelo teste de F. ....	19
<b>Figura 6.</b> Variáveis de crescimento em plântulas de sorgo: Comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) submetidas em diferentes doses de CaO. * Significativo a 5% pelo teste de F.....	21
<b>Figura 7.</b> Índice de velocidade de germinação da soja em função dos tratamentos com Mg (A) e em função dos tratamentos e ao longo dos dias de avaliação (B). ....	22
<b>Figura 8.</b> Variáveis de crescimento em plântulas de soja: massa seca de parte aérea (MSPA); parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MSTOTAL) e relação parte aérea: raiz (PA:R) e comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) submetidas em diferentes doses de MgO. * Significativo a 5% pelo teste de F. ....	24
<b>Figura 9.</b> Variáveis de crescimento em plântulas de feijão: massa seca de parte aérea (MSPA); parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MSTOTAL) e relação parte aérea: raiz (PA:R) e comprimento de parte aérea (CPA) submetidas em diferentes doses de MgO. * Significativo a 5% pelo teste de F. ....	26

**Figura 10.** Variáveis de crescimento em plântulas de milho: Massa seca de raiz (MSR) e total (MSTOTAL), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) submetidas em diferentes doses de MgO. \* Significativo a 5% pelo teste de F..... 29

**Figura 11.** Variáveis de crescimento em plântulas de sorgo: Massa seca de raiz (MSR), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) submetidas em diferentes doses de MgO. \* Significativo a 5% pelo teste de F..... 30

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> Resumo da ANOVA para as variáveis da (MSPA), raiz (MSR), total (MSTOTAL), Relação parte aérea: raiz (PA:R), comprimento de parte aérea (CPA), raiz (CR), germinação (G) e índice de velocidade de germinação (IVG) de plântulas de soja em função de doses de cálcio aplicadas via tratamento de semente ou umedecimento do papel. ....	12
<b>Tabela 2.</b> Resumo da ANOVA para as variáveis de massa seca de parte aérea (MSPA), raiz (MSR), total (MSTOTAL), relação parte aérea: raiz (PA:R), comprimento de parte aérea (CPA), raiz (CR), germinação (G) e índice de velocidade de germinação (IVG) de plântulas de feijão em função de doses de cálcio e magnésio aplicadas via tratamento de semente ou umedecimento do papel. ....	14
<b>Tabela 3.</b> Resumo da ANOVA para as variáveis de massa seca de parte aérea (MSPA), raiz (MSR), total (MSTOTAL), relação parte aérea: raiz (PA:R), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântulas de milho em função de doses de cálcio e magnésio aplicadas via tratamento de semente ou umedecimento do papel. ....	18
<b>Tabela 4.</b> Resumo da ANOVA para as variáveis de massa seca de parte aérea (MSPA), raiz (MSR), total (MSTOTAL), relação parte aérea: raiz (PA:R), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântulas de sorgo em função de doses de cálcio e magnésio aplicadas via tratamento de semente ou umedecimento do papel. ....	20
<b>Tabela 1</b> Resumo da ANOVA para as variáveis da (MSPA), raiz (MSR), total (MSTOTAL), Relação parte aérea: raiz (PA:R), comprimento de parte aérea (CPA), raiz (CR), germinação (G) e índice de velocidade de germinação (IVG) de plântulas de soja em função de doses de magnésio aplicadas via tratamento de semente ou umedecimento do papel. ....	22
<b>Tabela 6.</b> Resumo da ANOVA para as variáveis de massa seca de parte aérea (MSPA), raiz (MSR), total (MSTOTAL), relação parte aérea: raiz (PA:R), comprimento de parte aérea (CPA), raiz (CR), germinação (G) e índice de velocidade de germinação (IVG) de plântulas de feijão em função de doses de magnésio aplicadas via tratamento de semente ou umedecimento do papel.....	25
<b>Tabela 7.</b> Resumo da ANOVA para as variáveis de massa seca de parte aérea (MSPA), raiz (MSR), total (MSTOTAL), relação parte aérea: raiz (PA:R), comprimento de parte	

aérea (CPA) e raiz (CR) de plântulas de milho em função das doses de cálcio e magnésio aplicadas via tratamento de semente ou umedecimento do papel. ....	28
Tabela 8. Resumo da ANOVA para as variáveis de massa seca de parte aérea (MSPA), raiz (MSR), total (MSTOTAL), relação parte aérea: raiz (PA:R), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântulas de sorgo em função das doses de magnésio aplicadas via tratamento de semente ou umedecimento do papel.....	29

## ÍNDICE DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>Símbolo / Sigla</b>	<b>Significado</b>
°C	Graus Celsius
ha	Hectare
GO	Goiás
g	gramas
mg	Miligrama
cm	Centímetro
L	Litros
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
MSPA	Massa seca de parte aérea
MSR	Massa seca de raiz
MSTOTAL	Massa seca total
PA:R	Relação parte aérea:raiz
CPA	Comprimento de parte aérea
CR	Comprimento de raiz
G	Germinação
%	Porcentagem
Nº	Número

## RESUMO

VIANA, Samara Santos. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, **Germinação e crescimento inicial de diferentes culturas em função de formas de aplicação e doses de Ca e Mg**. Orientador: DSc. Carlos Ribeiro Rodrigues. Coorientadora: DSc. Tatiane Michlovská Rodrigues.

**RESUMO** – Objetivou-se a avaliação de sementes de feijão, soja, milho e sorgo, após aplicação de bioestimulante composto por cálcio e magnésio via tratamento de semente (TS) e umedecimento em papel (UP). O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em esquema fatorial 2 x 5 sendo, duas formas de aplicação do óxido de cálcio (CaO) com cinco doses Ca (0; 750; 1.500; 2.250 e 3.000 mg ha<sup>-1</sup> de suspensão de Ca) com quatro repetições. No experimento com óxido de magnésio (MgO) forma cinco doses de magnésio (0; 250; 500; 750 e 1.000 mg ha<sup>-1</sup> de suspensão de Mg) foi repetido o mesmo delineamento experimental já utilizado. Foram realizadas avaliações de índice de velocidades a massa seca de parte aérea, da raiz, total, relação da massa seca parte aérea: raiz, comprimento de parte aérea e de raiz. Nos ensaios com as doses de CaO via TS e UP em todas as culturas todas as variáveis analisadas foram significativas (p<0,05). Os ensaios que utilizaram as doses de MgO na soja somente a massa seca de parte aérea, a massa seca da raiz, a massa seca total, a relação parte aérea: raiz e o comprimento da parte aérea variaram conforme as formas de aplicação e a interação das doses de MgO e as formas de aplicação. As culturas de soja e feijão tiveram as melhores respostas ao tratamento com as doses de ambos os nutrientes via UP.

**Palavras-chave:** Bioestimulante, Sementes, Óxido de cálcio, *Phaseolus vulgaris* L.; *Zea mays* L.; *Glycine max* L.; *Sorghum bicolor* L.

## ABSTRACT

VIANA, Samara Santos. Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde - GO, **Germination and initial growth of different cultures depending on Ca and Mg applications forms and doses.** Advisor: DSc. Carlos Ribeiro Rodrigues. Co-advisor: DSc. Tatiane Michlovská Rodrigues

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate beans, soybeans, corn and sorghum seeds after a biostimulant application composed of calcium and magnesium by seed treatment and paper moistening. The experimental design was completely randomized in a 2 x 5 factorial scheme, two ways of applying CaO oxide (UP and TS) with five Ca doses (0; 750; 1,500; 2,250 and 3,000 mg ha<sup>-1</sup> of Ca suspension) with four replications. In the MgO doses (0, 250, 500, 750 and 1,000 mg ha<sup>-1</sup> of Mg suspension) the same experimental design was used. The germination speed index, the aerial part, root and total dry masses, aerial part:root dry mass as well as aerial part and root length were evaluated. In the trials with CaO doses by TS and UP in all cultures, all variables analyzed were significant ( $p < 0.05$ ). The trials that used the MgO doses in soybean only the aerial part dry mass, the root dry mass, the total dry mass, the aerial part:root ratio and the aerial part length varied according to the application forms and the interaction MgO doses and application forms. Soybean and bean crops had the best responses to treatment with doses of both nutrients by UP.

**Key words:** Bioestimulant, Seeds, Phaseolus vulgaris L.; Zea mays L.; Glycine max L.; Sorghum bicolor L.

## INTRODUÇÃO GERAL

A melhoria da eficiência nutricional é importante na produção agrícola. Uma planta bem nutrida tem maior potencial de resposta à aplicação dos demais insumos (ALCARDE, 1998; CABAZAS et al., 2004; CARNEIRO et al., 2017; COLLIER et al. 2008; GUIMARÃES et al., 2017). O valor das sementes aumentou muito, principalmente, em função dos investimentos nos eventos gênicos. Alcançar o maior potencial dessa semente é de suma importância e um dos fatores que influenciam são as condições do solo (MARCOS FILHO, 2005).

A germinação de sementes e emergência de plântulas são processos dependentes de disponibilidade de água, oxigênio, temperatura e nutrientes. Modificações no ambiente próximo a semente resultam em alterações na germinação (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). A utilização de bioestimulantes em sementes provocam alterações no seu metabolismo e podem ser constituídos de aminoácidos, extratos vegetais ou de algas e nutrientes (Aguiar et al., 2015; Albrecht et al., 2012; Alleoni et al., 2000; Bertolin et al., 2010; Castro, 2006).

Os bioestimulantes atuam na quebra das substâncias de reserva das sementes, na diferenciação dos seus tecidos, alongamento e divisão celulares (CASTRO e VIEIRA, 2001). A eficácia dos bioestimulantes está associada com sua capacidade de mobilização de reservas das sementes, a possibilidade de alterar a expressão gênica e a sua indução de repostas regulatórias complexas através da interação de processos bioquímicos e fisiológicos (RODRIGUES e LEITE, 2004). Em condições subótimas conferem a semente a capacidade de melhorar sua absorção de água e nutrientes assim como a resistência de passar por períodos de estresses, como o hídrico.

A suplementação de nutrientes diretamente na semente é outro método adotado, além da utilização de produtos compostos por substâncias orgânicas em tratamento de sementes.

Os bioestimulante promovem reações quando aliados à adubação fosfatada (SANTOS et al. 2014), ambos os produtos auxiliam no desenvolvimento inicial da semente e no acúmulo de material vegetal (BINSFELD et al. 2014). A ação mútua desses produtos nem sempre corrobora em resultados positivos, portanto é necessário saber quais as substâncias que podem ser combinadas com a utilização dos bioestimulantes (DÖRR et al. 2018).



Sabendo-se da carência de informações em relação a oferta dos nutrientes via semente, são necessários estudos que possibilitem melhor compreensão da dinâmica dos nutrientes nas sementes. Sendo assim, importante o investimento em pesquisas para avaliara o suprimento de nutrientes via semente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, D. M.; PINTO, E. O.; SANGUINI, G. C.; AZEVEDO, G. R.; SAITO, M. Z.; DOMINGUES, M. C. S. Avaliação do desenvolvimento e produtividade *phaseolus vulgaris l.* submetido à aplicação foliar do regulador vegetal stimulate® e do nutriente foliar hold®. **Revista Eletrônica Thesis**, v. 12, n. 23, p. 89-112, 2015.

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, A. J. P. Biorregulador na composição química e na produtividade de grãos de soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 774-782, 2012.

ALCARDE, J.C.; GUIDOLIN, J.A.; LOPES, A.S. Os adubos e a eficiência das adubações. 3ed. São Paulo: ANDA, 1998. 35p. (Boletim Técnico).

ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito dos reguladores vegetais de stimulate no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*). **Ciências Agrárias e Engenharias**, v. 6, n.1, p. 23-25, 2000.

BERTOLIN, D. C.; SÁ, M. E. de.; ARF, O.; JUNIOR, E. F.; COLOMBO, A. de S.; CARVALHO, L. B. M. de. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulante. **Bragantia**, v. 69, p. 339-247, 2010.

BINSFELD, J. A.; BARBIERI, A. P. P.; HUTH, C.; CABRERA, I. C.; HENNING, L. M. M.; Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1 p. 88-94. 2014.

CABAZAS, L. W. A. R.; ALVES, B. J. R.; CABALLERO, S. S. U.; SANTANA, D. G. de. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, v. 34, n. 4, p.1005-1013, 2004.

CASTRO, P. R. C. **Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical**. Piracicaba: Potafos, 2006. 48p. (Série produtor rural, 32).

CASTRO, P. R.C.; VIEIRA, E.L. **Aplicação de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 132p.

COLLIER, L. S. et al. Adubação fosfatada no sulco e em faixa sob palhada de leguminosa e produtividade do milho em plantio direto no Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 2, p. 109-116, 2008.

CARNEIRO, J. S. da. S.; SILVA, P. S. S.; SANTOS, A. C. M. dos.; FREITAS, G. A. de.; SILVA, R. R. da. Resposta do capim Mombaça sob efeito de fontes e doses de fósforo na adubação de formação. **Journal of bioenergy and food Science**, v.4, n.1, p.12-25, 2017.

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

DÖRR, CAIO SIPPEL; ALMEIDA, TAINAN LOPES de; PANOZZO, LUIS EDUARDO; SCHUCH, LUIS OSMAR BRAGA. Treatment of soybean seeds of different levels of physiological quality with amino acids. **Journal of Seed Sciences**, v. 40, p. 407-414, 2018.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 186p.

GUIMARÃES, H. A. et al. Adubação nitrogenada de cobertura em diferentes estádios fenológicos e cultivares de algodão em Tangará da Serra-MT. **Revista Agroecossistemas**, v. 9, n. 1, p. 2-10, 2017.

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

RODRIGUES, T. J. D.; LEITE, I. C. **Fisiologia vegetal: hormônios das plantas**. Jaboticabal, Funep, 2004. 78p.

SANTOS, V. M.; MELO, A. V.; CARDOSO, D. P.; SILVA, Á. R.; BENÍCIO, L. P. F.; FERREIRA, E. A. Desenvolvimento de plantas de soja em função de bioestimulantes em condições de adubação fosfatada. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4, p. 1087-1094, 2014.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio e Enxofre. In: FERNANDES, M. S., ed. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 355-374.

## OBJETIVOS

### GERAL

- Avaliar as sementes de soja, feijão, milho e sorgo após aplicação de bioestimulante composto por cálcio e magnésio via tratamento de semente e umedecimento em papel.

### ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito dos nutrientes no crescimento inicial das plântulas de feijão, soja, milho e sorgo;
- Avaliar a eficácia de Ca e Mg como fontes de nutrientes iniciais para as sementes;
- Avaliar a sensibilidade das espécies sob o efeito de Ca e Mg.

## CAPÍTULO 1 – GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE DIFERENTES CULTURAS EM FUNÇÃO DE FORMAS DE APLICAÇÃO E DOSES DE CÁLCIO E MAGNÉSIO

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho foi a avaliação de sementes de feijão, soja, milho e sorgo após aplicação de bioestimulante composto por cálcio e magnésio via tratamento de semente e umedecimento de papel. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em esquema fatorial 2 x 5 sendo, duas formas de aplicação do óxido CaO ( UP e TS) com cinco doses Ca (0; 750; 1.500; 2.250 e 3.000 mg ha<sup>-1</sup> de suspensão de Ca) com quatro repetições. Nas doses de MgO (0; 250; 500; 750 e 1.000 mg ha<sup>-1</sup> de suspensão de Mg) foi repetido o mesmo delineamento experimental já utilizado. Foram realizadas avaliações de índice de velocidades a massa seca de parte aérea, da raiz, total, relação da massa seca parte aérea: raiz, comprimento de parte aérea e de raiz. Nos ensaios com as doses de CaO via TS e UP em todas as culturas todas as variáveis analisadas foram significativas (p<0,05). Os ensaios que utilizaram as doses de MgO na soja somente a massa seca de parte aérea, a massa seca da raiz, a massa seca total, a relação parte aérea: raiz e o comprimento da parte aérea variaram conforme as formas de aplicação e a interação das doses de MgO e as formas de aplicação. As culturas de soja e feijão tiveram as melhores respostas ao tratamento com as doses de ambos os nutrientes via UP.

**Palavras-chave:** Carbonato de magnésio, Óxido de cálcio, *Phaseolus vulgaris* L.; *Zea mays* L.; *Glycine max* L.; *Sorghum bicolor* L.

## GERMINATION AND INITIAL GROWTH OF DIFFERENT CULTURES ACCORDING TO CALCIUM AND MAGNESIUM APPLICATION FORMS AND DOSES

**ABSTRACT** - The objective of this work was to evaluate beans, soybeans, corn and sorghum seeds after biostimulant application composed of calcium and magnesium by seed treatment and paper moistening. The experimental design was completely randomized in a 2 x 5 factorial scheme, two ways of applying CaO oxide (UP and TS) with five Ca doses (0; 750; 1,500; 2,250 and 3,000 mg ha<sup>-1</sup> of Ca suspension) with four replications. In the MgO doses (0, 250, 500, 750 and 1,000 mg ha<sup>-1</sup> of Mg suspension) the same experimental design was used. The germination speed index, the aerial part, root and total dry masses, aerial part:root dry mass as well as aerial part and root length were evaluated. In the trials with CaO doses by TS and UP in all cultures, all variables analyzed were significant ( $p < 0.05$ ). The trials that used the MgO doses in soybean only the aerial part dry mass, the root dry mass, the total dry mass, the aerial part:root ratio and the aerial part length varied according to the application forms and the interaction MgO doses and application forms. Soybean and bean crops had the best responses to treatment with doses of both nutrients by UP.

**Key words:** Magnesium oxide, Calcium oxide, *Phaseolus vulgaris* L .; *Zea mays* L .; *Glycine max* L .; *Sorghum bicolor* L.

## INTRODUÇÃO

Os bioestimulante são compostos naturais e, ou, sintéticos que quando aplicados em sementes e plantas estimulam ou regulam seus processos fisiológicos (EBIC, 2012). Em sua composição pode se encontrar aminoácidos, inoculantes microbiológicos, extratos vegetais ou de algas, substâncias húmicas e nutrientes (BROW e SAA, 2015).

O modo de atuação dos bioestimulante abrange a ativação de rotas metabólicas nas plantas, a estimulação da atividade microbiana ao redor da rizosfera, a indução do crescimento das raízes e o melhor estabelecimento da planta (YAKHIN et al., 2016). A determinação dos mecanismos de ação de um produto multicomponente complexo, como os bioestimulantes, requer pesquisas para a legitimação do produto no mercado. (YAKHIN et al., 2016).

A eficácia dos bioestimulantes está associada com a sua capacidade de mobilização de reservas das sementes, a possibilidade de alterar a expressão gênica e a sua indução de repostas regulatórios complexas através da interação de processos bioquímicos e fisiológicos (RODRIGUES e LEITE, 2004). Nos bioestimulantes compostos por nutrientes, como o cálcio e magnésio, o efeito positivo está vinculado a estimulação da atividade enzimática alcançando emergência uniforme, estando adequado e melhor arranque inicial (BIESFIELD et al., 2014; SANTOS et al., 2017). O Ca e Mg, que podem constituir bioestimulantes, são absorvidos pelas plântulas. Nas plantas, esses nutrientes ativam reações fisiológicas (FAQUIN, 2005).

O Ca pode atuar na germinação e no desenvolvimento inicial das plântulas sob condições de estresse. Sob estresse aumenta o bombeamento de  $\text{Ca}^{2+}$  para o citosol que atua como regulador da atividade de enzimas importantes como a NAD quinase, glutamato decarboxilase e ATPase (EPSTEIN e BLOOM, 2006; MARSCHERNER, 2012). Altas concentrações do cálcio nos tecidos vegetais são encontradas nas paredes celulares (apoplasma), pelos vários sítios ligáveis na parede celular. Na lamela média das paredes celulares, o Ca forma ligações entre os grupos carboxílicos ( $\text{R-COO}^-$ ) dos ácidos poligalacturônicos, gerando pectatos de cálcio (VITTI et al., 2006). Este tipo de união entre este nutriente e a lamela média contribui positivamente para o fortalecimento das plântulas durante o seu crescimento, pois a presença do Ca nas membranas plasmática ajuda a manutenção e transporte de íons, sobretudo, quanto a

seletividade dos íons que adentram para o citosol das células (EPSTEIN e BLOOM, 2006; FAQUIN, 2005).

Com a aplicação localizada de silicato de cálcio ( $\text{CaSiO}_3$ ) houve aumento da velocidade de emergência e maior crescimento inicial, que foi atribuído aos efeitos positivos do Ca que estimula o crescimento do meristema radicular, mantendo a integridade de membranas plasmáticas e de parede celular (Souza et al., 2015). O Ca estimula o desenvolvimento do meristema radicular das plantas, aumentando a estabilidade da plasmalema e parede celular, reduzindo os efeitos negativos da toxidez do Al e aumentando a resistência das plantas ao ataque de pragas e doenças de solo (Faquin, 2011).

O Mg é ativador de grande número de enzimas no metabolismo das plantas. Durante o processo de germinação, a quebra de reservas por enzima e a produção de energia para a produção de novos tecidos depende da respiração em que ocorrem várias enzimas com transferência de grupamentos fosfatos. Nas plantas, a maior parte das enzimas que transferem grupos fosfatos são ativadas pelo Mg (Faquin, 2005; Epstein e Bloom, 2006 e Marchner, 2013). Assim, a boa nutrição em Mg pode manter e até acelerar os processos de quebra de reserva, aumentando a velocidade de germinação e o crescimento inicial das plantas (Marchner, 2013).

Considerando dos efeitos do Mg ativando várias enzimas envolvidas em processos de transferência de energia e o Ca mantendo a estabilidade da plasmalema e da parede celular, espera-se que a aplicação localizada de ambos os nutrientes aumente a velocidade de germinação e crescimento inicial das culturas.



## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Química Agrícola do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde, Goiás, durante os meses de dezembro de 2017 a março de 2018.

Os experimentos foram realizados em delineamento experimental semelhante para as quatro culturas estudadas, feijão, soja, milho e sorgo, com avaliação de doses de Ca e Mg.

Para o experimento com Ca o delineamento foi inteiramente ao acaso em esquema fatorial 2 x 5 sendo, duas formas de aplicação do Ca (UP e TS) com cinco doses de Ca (0; 750; 1.500; 2.250 e 3.000 mg ha<sup>-1</sup> de Ca) com quatro repetições. No experimento com Mg o delineamento foi o mesmo utilizado no experimento anterior, entretanto, foram testadas cinco doses de Mg (0; 250; 500; 750 e 1.000 mg ha<sup>-1</sup> de Mg) com quatro repetições.

Para a instalação do experimento as sementes foram dispostas sobre duas folhas de papel toalha, tipo germitest, previamente umedecidas com água deionizada, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, e cobertas com uma folha de papel umedecido, confeccionando-se rolos. Foram colocadas 50 sementes em cada rolo, sendo 4 rolos por tratamento, totalizando 200 sementes por tratamento.

No tratamento via TS, a solução de Ca ou Mg foi aplicada na semente até secar e fixar. Para o tratamento UP foi realizada uma solução contendo 180 ml de água deionizada e 20 ml da dose do cálcio ou magnésio. Logo após a aplicação dos tratamentos, os rolos de papel foram acondicionados em sacos plásticos e mantidos na B.O.D com fotoperíodo de 12 horas e temperatura de 25°C.

Como fonte de Ca foi utilizado uma suspensão estável de CaO nano particulada com 25% de Ca, densidade 1,65 g cm<sup>-3</sup>. Como fonte de Mg foi utilizado suspensão estável de MgO nano particulada com 21% de Mg, densidade de 1,5 g cm<sup>-3</sup>.

Para ajuste das doses dos produtos foram consideradas as populações de 400.000 plantas ha<sup>-1</sup> para a cultura da soja, 200.000 plantas ha<sup>-1</sup> para a cultura do feijoeiro, 120.000 plantas ha<sup>-1</sup> para a cultura do milho e do sorgo. Para o umedecimento em papel de germinação foi simulado pulverizador na linha da semeadura com vazão constante de 50 L ha<sup>-1</sup>, com variação somente nas doses dos produtos.

No tratamento via TS, a solução de Ca e Mg foram aplicadas diretamente nas sementes e homogeneizadas manualmente sem causar danos físicos as mesmas.

Nas avaliações foram realizadas contagens diárias do número de sementes germinadas, sendo considerada germinada aquela que possuía protusão da radícula, rompimento completo do tegumento ou radícula visível, para determinação do índice de velocidade de germinação (MAGUIRE, 1962).

O cálculo do IVG foi realizado com o número de sementes germinadas (plântulas normais) verificadas em cada contagem diária dividido pelo número de dias que as sementes estavam na câmara de germinação. Os dados foram inseridos na fórmula para obter a taxa de germinação (MAGUIRE, 1962):

$$\sum \left( \frac{\text{Número de plântulas verificadas no dia}}{\text{Número de dias após a primeira contagem}} + \dots + \frac{\text{Número de plântulas verificadas no dia}}{\text{Número de dias da última contagem}} \right)$$

O experimento foi conduzido até 7, 8, 9 e 10 dias, para as culturas do milho, da soja, do feijão e do sorgo, respectivamente, conforme a normativa vigente (BRASIL, 2009).

No último dia da avaliação foi contabilizado o número total de sementes germinadas, o comprimento de parte aérea e raiz. Em seguida, as partes das plantas foram separadas, lavadas e acondicionadas em sacos de papel Kraft previamente identificadas e secas em estufa de circulação forçada de ar a 65-70°C, até peso constante. Posteriormente o material foi pesado e determinado a MSPA e MSR e estimadas a MSTOTAL e relação MSPA:MSR.

Os dados obtidos nos experimentos foram submetidos à análise de variância. A análise de regressão foi em função das doses de Ca e Mg e análise de teste de média de Tukey a 5% de probabilidade para comparar os tratamentos UP e TS, com utilização do programa R (R CORE TEAM, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Cálcio

No ensaio com as sementes de soja e com aplicação de Ca todas as variáveis alteraram em função das doses, das formas de aplicação e da interação entre esses (Tabela 1). A avaliação da germinação aos 8 dias após a aplicação dos tratamentos mostra que não houve alteração em função das doses de Ca, modo de aplicação e da interação entre essas, com valor médio de 49 sementes germinadas de 50 no total. Já IVG variou entre em função da forma de aplicação.

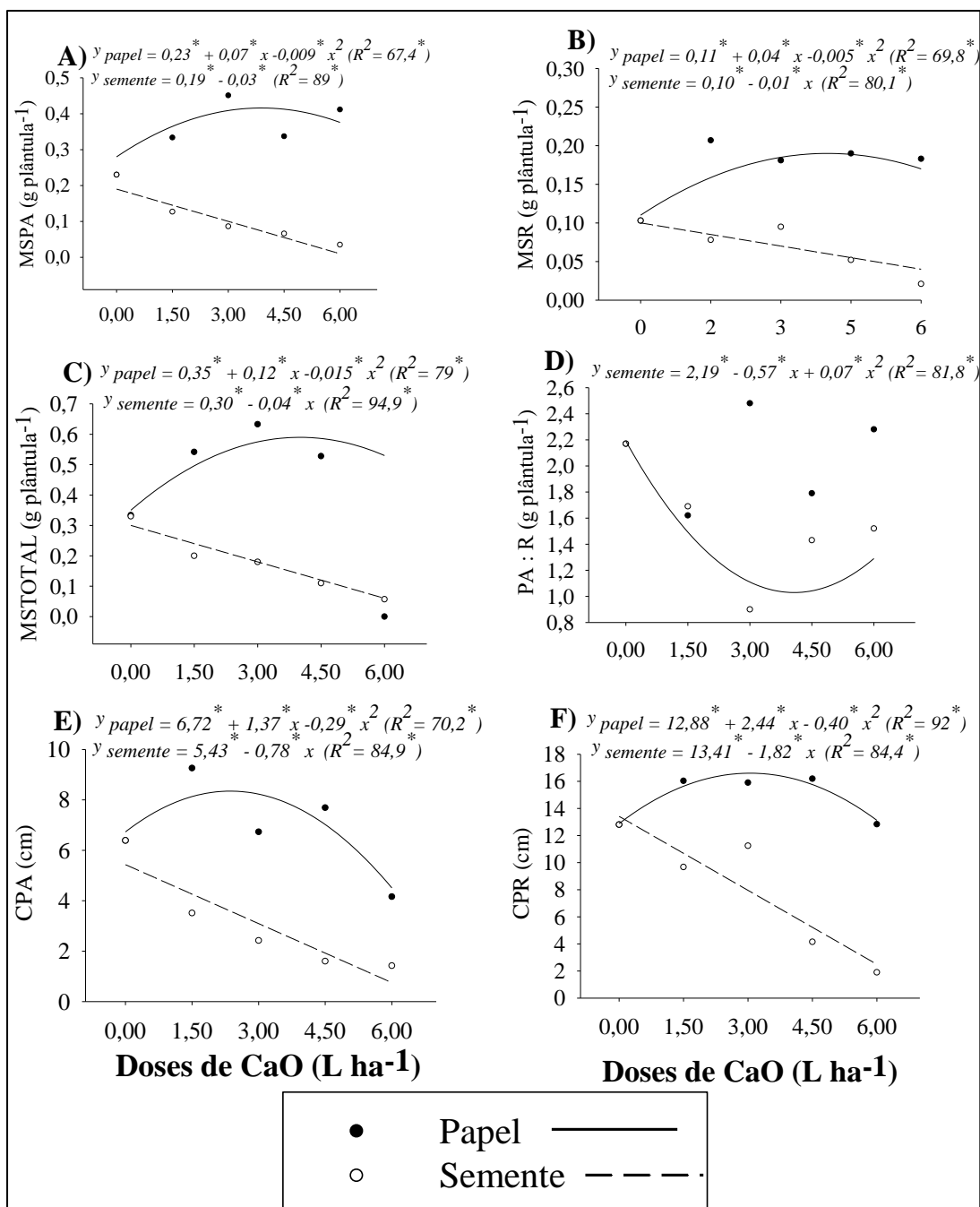
**Tabela 1** Resumo da ANOVA para as variáveis da (MSPA), raiz (MSR), total (MSTOTAL), Relação parte aérea: raiz (PA:R), comprimento de parte aérea (CPA), raiz (CR), germinação (G) e índice de velocidade de germinação (IVG) de plântulas de soja em função de doses de cálcio aplicadas via tratamento de semente ou umedecimento do papel.

Fontes de Variação	MSPA	MSR	MSTOTAL	PA:R	CPA	CR	G	IVG
Ca <sup>1</sup>	8,14*	9,48*	12,99 *	5,60*	66,46*	36,39*	0,923ns	0,559ns
A <sup>2</sup>	1035,77*	349,10*	1457,44*	36,73*	525,89*	316,67*	0,000ns	338,621*
Ca x A	81,73*	26,74*	103,96*	11,20*	45,828*	32,70*	0,00ns	0,973ns

<sup>1</sup>Doses de Ca; <sup>2</sup>Formas de aplicação; \* e <sup>ns</sup> Significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste de F.

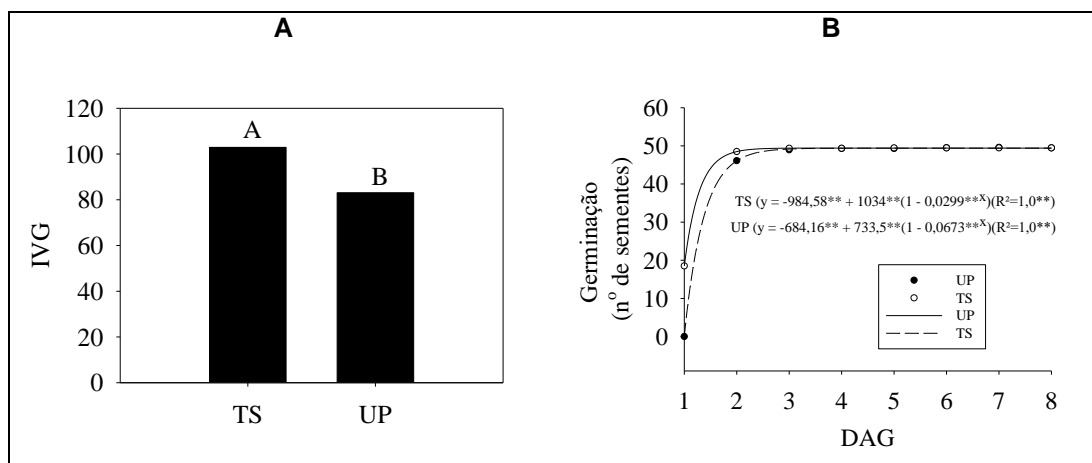
Com a aplicação das doses de Ca via UP houve ajuste quadrático das variáveis de crescimento MSPA, MSR, MSTOTAL, CPA e CR, com os maiores valores (0,37, 0,19, 0,67 g plântula<sup>-1</sup> e 8,34, 16,6 cm) obtidos com 3,89; 4,00; 4,00; 2,36 e 3,05 L ha<sup>-1</sup> de Ca, respectivamente (Figuras 1 A, B, C E e F, respectivamente). A relação parte aérea:raiz (PA:R) obteve ajuste quadrático inverso, com o menor valor obtido com 4,07 L ha<sup>-1</sup> de Ca (Figura 1 D).

A inversão da relação PA:R indica que com a aplicação de aproximadamente 4L ha<sup>-1</sup> de Ca há maior incremento de raiz em detrimento de parte aérea. O maior crescimento de raiz em meio rico em Ca pode trazer inúmeros benefícios, como aumento da resistência de pragas e doenças, pois também houve incremento no comprimento de raiz (Figura 1 F). O maior crescimento das raízes com o aumento da concentração do cálcio pode ser atribuído a suas funções na composição da plasmalema e parece celular.



**Figura 1.** Variáveis de crescimento em plântulas de Soja: massa seca de parte aérea (MSPA); parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MSTOTAL) e relação parte aérea: raiz (PA:R) e comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) submetidas em diferentes doses de CaO. \* Significativo a 5% pelo teste de F.

Quando aplicado as doses do Ca via TS houve redução das variáveis de crescimento MSPA, MSR, MSTOTAL, CPA e CR (Figuras 1 A, B, C E e F, respectivamente). A relação PA:R não ajustou a nenhum modelo em função das doses de Ca (Figura 1 D). Possivelmente, as doses do Ca aplicados via TS foi suficiente para causar efeitos negativos, como toxidez.



**Figura 2.** Índice de velocidade de germinação da soja em função dos tratamentos com Ca (A) e em função dos tratamentos e ao longo dos dias de avaliação (B).

Mesmo com os menores valores de germinação inicial avaliados aos 8 dias, o índice de velocidade de germinação da soja foi superior quando aplicado o Ca via TS (Figura 2). Esse resultado pode ser explicado pela presença da umidade acelerar o primeiro processo da germinação que é a embebição, todavia, ao mesmo tempo causar efeitos tóxicos pela presença de Ca e causar menor crescimento inicial das plantas. Em geral o enriquecimento do Ca no meio de desenvolvimento foi mais eficiente que o tratamento da semente. O contato direto do produto alcalino com a semente pode reduzir a germinação das sementes da soja.

No ensaio com as sementes do feijão a MSPA, CPA e CR variaram em função de todas as fontes de variação (Tabela 2). A MSPA e a MSTOTAL variaram em função das doses de Ca e da interação entre essas e as formas de aplicação e a relação PA:R variou somente em função da interação entre as doses de Ca e as formas de aplicação (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resumo da ANOVA para as variáveis de massa seca de parte aérea (MSPA), raiz (MSR), total (MSTOTAL), relação parte aérea: raiz (PA:R), comprimento de parte aérea (CPA), raiz (CR), germinação (G) e índice de velocidade de germinação (IVG) de plântulas de feijão em função de doses de cálcio e magnésio aplicadas via tratamento de semente ou umedecimento do papel.

Fontes de Variação	MSPA	MSR	MSTOTAL	PA:R	CPA	CR	G	IVG
Ca <sup>1</sup>	3,73*	9,48*	9,24 *	0,47ns	3,24*	8,63*		
A <sup>2</sup>	0,002ns	349,10*	0,18ns	0,13ns	228,94*	7,48*		
Ca x A	2,85*	26,74*	3,35*	3,66*	19,28*	2,87*		

<sup>1</sup>Doses de Ca; <sup>2</sup>Formas de aplicação; \* e ns Significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste de F.

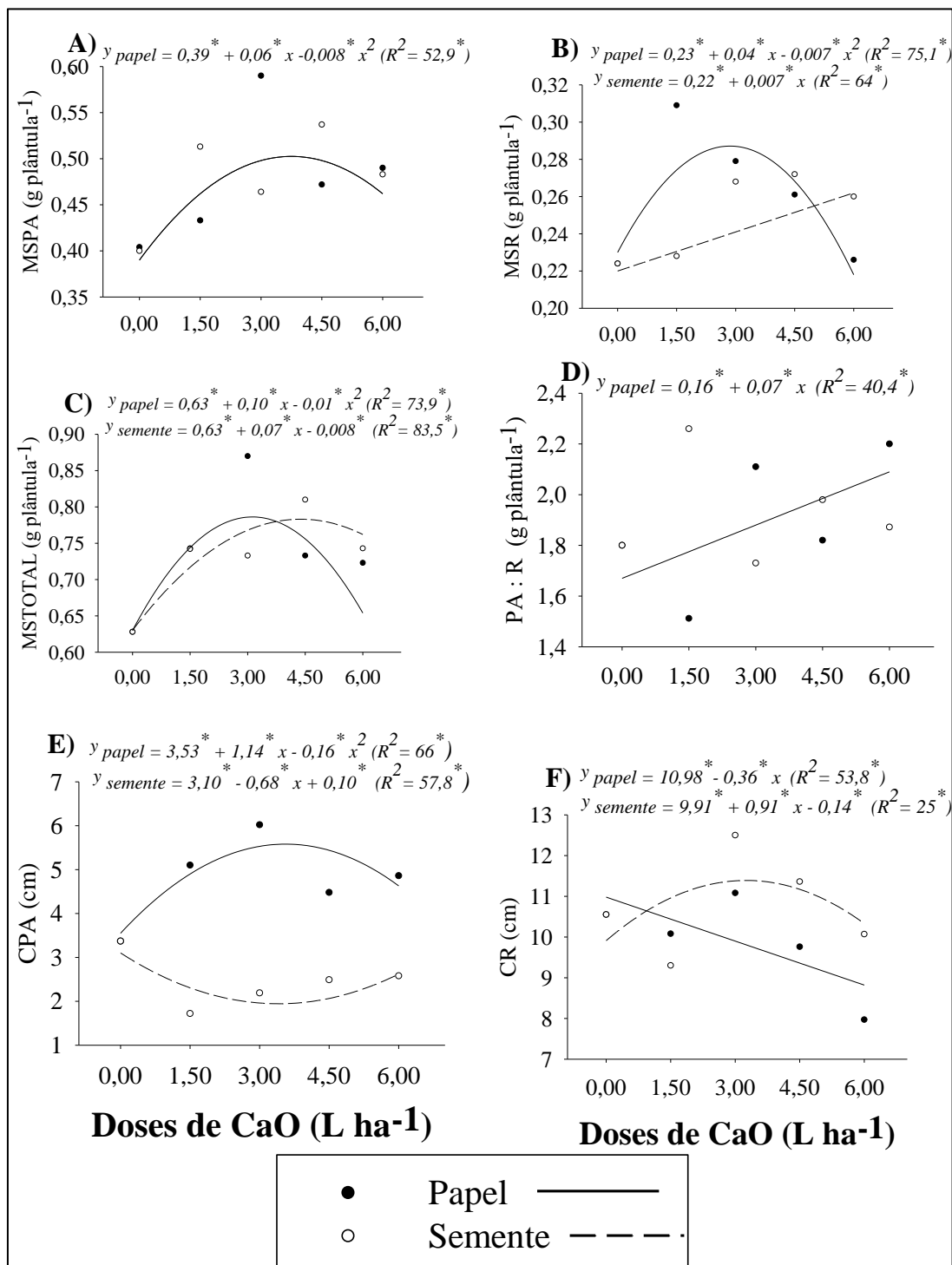
As variáveis de MSPA, MSR, MSTOTAL e CPA de plântulas de feijão submetidas a aplicação de doses de CaO via UP obtiveram respostas quadráticas, com os maiores valores (0,50, 0,29, 0,88 g plântula<sup>-1</sup> e 5,56 cm) obtidos com 3,75; 2,85;

5,00 e 3,56 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 3 A, B, C e E, respectivamente). Ainda com o UP com a solução contendo Ca houve redução do CR e aumento da relação PA:R.

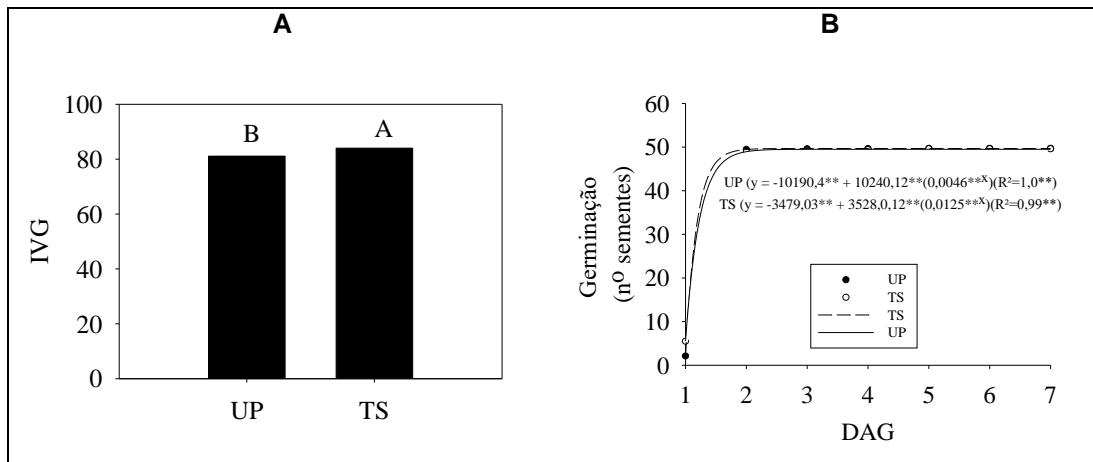
Na cultura da soja (Figura 1) houve redução da PA:R reflexo de aumento de partição de massa seca para a raiz com o aumento das concentrações de Ca no UP (Figura 1 D). Na cultura do feijoeiro esse efeito foi inverso, ou seja, maior partição de MS para a parte aérea em detrimento da raiz com o aumento das doses de Ca no UP (Figura 3 D). Estes resultados são importantes para mostrar que o efeito da biofortificação com nutrientes, e no presente trabalho o Ca, não é o mesmo para todas as culturas, sendo necessário trabalhos específicos para cada cultura para não levar prejuízos ao produtor rural. Enquanto na soja os melhores efeitos foram com aproximadamente 4 L ha<sup>-1</sup> e com maior partição de massa seca foi para a raiz, no feijoeiro os melhores resultados de crescimento foram obtidos entre 2,85 a 5 L ha<sup>-1</sup> e com maior partição de massa seca para a parte aérea. Outro efeito importante na cultura do feijoeiro e que mesmo com o crescimento da raiz, evidenciado pelo aumento da MSR (Figura 3 B), não houve crescimento em comprimento

Na aplicação via TS também obteve ajuste quadráticas positivo das variáveis de MSTOTAL e CR e negativo para CPA em função das doses de Ca (Figura 3 C, F e E, respectivamente). Os maiores valores de MSTOTAL e CR (0,50 g planta<sup>-1</sup> e 11,4 cm) obtidos com 4,38; 3,25 L ha<sup>-1</sup> de Ca, respectivamente (Figuras 3 C e F). O menor valor de CR (1,94 cm) foi obtido com 3,4 L ha<sup>-1</sup> de Ca (Figura 3 E). A MSTOTAL e CPA, quando aplicado o Ca via TS, obteve os máximos valores em intervalo das doses de Ca semelhantes quando aplicado o Ca via UP, todavia em valores absolutos inferior.

O menor crescimento da MSTOTAL e CPA quando aplicado o Ca diretamente na semente pode estar relacionado aos efeitos negativos de salinidade e do pH alcalino da fonte. Na cultura da soja esses efeitos negativos foram suficientes para reduzir o crescimento. Mostrando novamente que os efeitos dos biofortificantes são diferentes entre as plantas. Uma diferença significativa entre o tratamento via UP e TS com Ca no feijoeiro e que quando aplicado via TS há aumento do CR, resultado inverso de quando aplicado o Ca via UP. Com a aplicação do Ca via TS há redução do CPA, mesmo com o aumento da MSTOTAL, indicando aumento do crescimento do tecido da planta lateralmente. Em geral, o enriquecimento de Ca no meio é mais eficiente que a aplicação via TS, tanto para a cultura do feijoeiro quando para a soja.



**Figura 3.** Variáveis de crescimento em plântulas de feijão: massa seca de parte aérea (MSPA); parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MSTOTAL) e relação parte aérea: raiz (PA:R) e comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) submetidas em diferentes doses de CaO. \* Significativo a 5% pelo teste de F.



**Figura 4.** Índice de velocidade de germinação do feijoeiro em função dos tratamentos com Mg (A) e em função dos tratamentos e ao longo dos dias de avaliação (B).

Os efeitos do Ca via UP diferiram entre as culturas. Em ambas houve aumento de crescimento da MSPA e MSR das plantas até as doses de 4 a de 3 a 5 nas culturas da soja e do feijoeiro, respectivamente. Todavia na soja, há redução da relação PA:R indicando maior acúmulo de biomassa na parte aérea. Já no feijoeiro há aumento da relação PA:R indicando maior partição de biomassa para raiz.

O aumento da parte aérea e da raiz em ambas as culturas sob a aplicação via UP das doses de Ca ressaltou a função dele, uma vez que participa da constituição da parede celular das plantas e atua nos processos de crescimento (AHMAD et al., 2016). A correlação entre a oferta de cálcio e o aumento no desenvolvimento das plântulas em várias culturas já tem sido relatado na literatura (DOMINGUES et al., 2016; FAVARO et al., 2007; SILVA et al., 2011). Na ausência do cálcio as plântulas respondem com menor comprimento, redução de folhas cotiledonares e menor produção de massa seca em parte aérea e radículas (ALMEIDA et al., 2011)

A resposta aos fatores de estresse está também ligada a funcionalidade do cálcio como mensageiro secundário de sinalização para ativar o metabolismo de defesa a estresses que a plântula sofre (WILKINS et al., 2016). A aplicação de bioestimulante contendo nutrientes, entre eles o Ca, em sementes de soja submetidas ao estresse hídrico resultou na manutenção de germinação adequada e acréscimo do desenvolvimento da parte aérea (SANTOS et al., 2017).

A cultura de milho sob resposta das fontes de variação, desenvolvidas com o tratamento de Ca, obteve alteração significativa da MSR, MSTOTAL, PA:R e CR (Tabela 3). A MSPA variou significativamente somente quando houve a interação das doses de Ca e as formas de aplicação (Tabela 3). O CR alterou significativamente em



todas as fontes de variação provenientes dos tratamentos com a fonte de Mg (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo da ANOVA para as variáveis de massa seca de parte aérea (MSPA), raiz (MSR), total (MSTOTAL), relação parte aérea: raiz (PA:R), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântulas de milho em função de doses de cálcio e magnésio aplicadas via tratamento de semente ou umedecimento do papel.

Fontes de Variação	MSPA	MSR	MSTOTAL	PA:R	CPA	CR
Ca <sup>1</sup>	1,60ns	6,23**	4,82**	9,13**	5,99**	21,45**
A <sup>2</sup>	3,06ns	26,81**	32,60**	9,42**	1,27**	67,12**
Ca x A	4,45**	5,63**	5,87**	4,32**	14,41**	18,04**

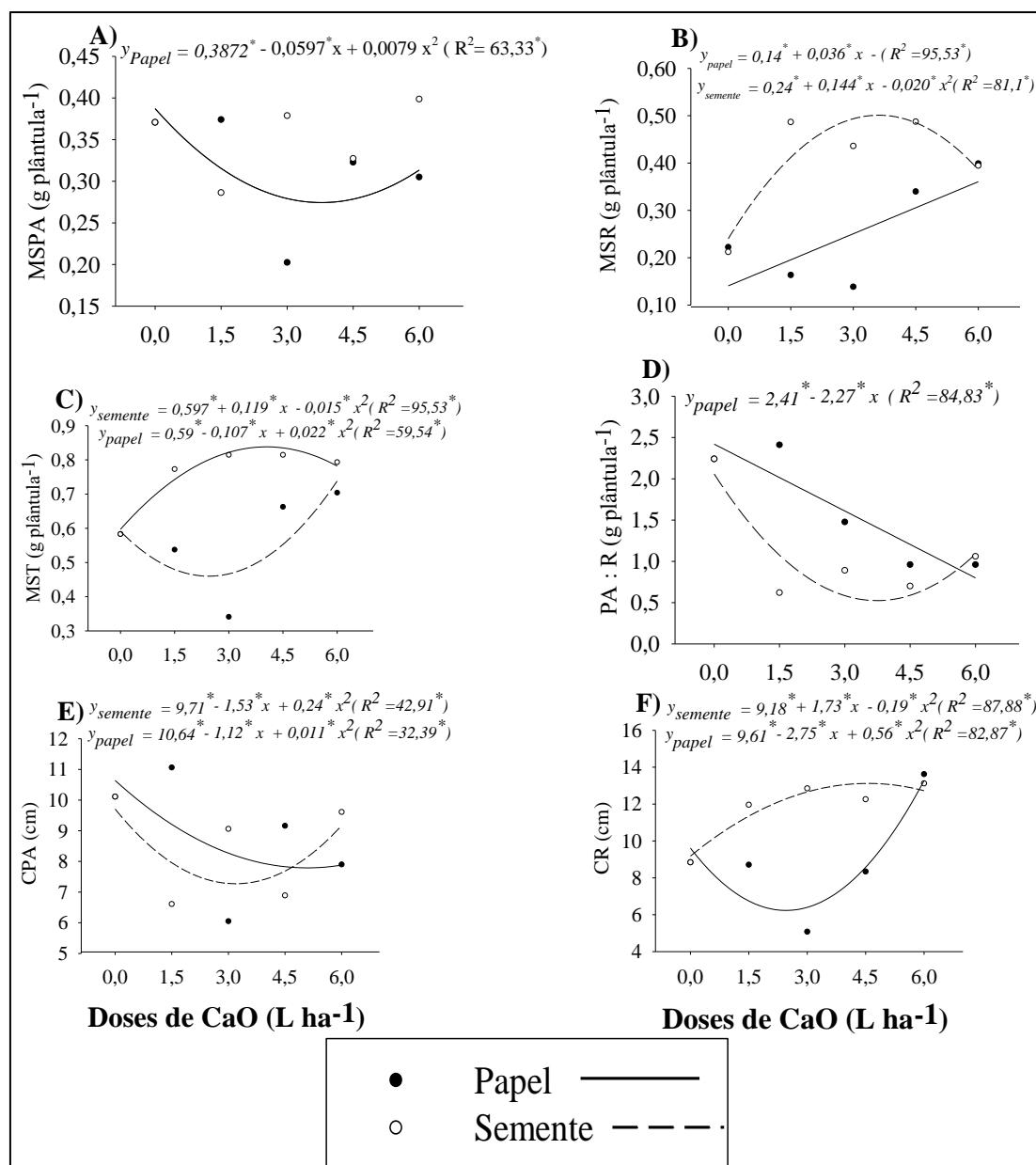
<sup>1</sup>Doses de Ca; <sup>2</sup>Formas de aplicação; \* e <sup>ns</sup> Significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste de F.

No tratamento UP o ajuste quadrático foi realizado para as variáveis de crescimento MSPA, MSTOTAL, CPA e CR, os resultados mostraram que houve redução com esta forma de aplicação quando comparado a via TS (Figura 5 A, C, E). Somente na variável de CR houve aumento na dose 6,0 L ha<sup>-1</sup> obtendo 6,24 g plântula<sup>-1</sup> (Figura 5 F). Em PA:R o resultado para o tratamento de UP foi a redução linear dos valores obtidos através da utilização de doses de CaO (Figura 5 D). A cultura do milho com a utilização do tratamento via TS exibiu resultados de aumento de MSR e CR (Figura 5 B e F) nas doses de 3,6 e 4,55 L ha<sup>-1</sup>, mostrando 0,50 e 13,12 g plântula<sup>-1</sup>, no entanto, conforme aumentava a quantidade da dose de CaO esse valor ia sendo reduzido. O efeito foi inverso nas variáveis de MSTOTAL, PA:R e CPA.

Com a utilização do Ca é possível perceber que o acúmulo de material vegetal aumentou nas raízes (Figura 5 D), isso corrobora com dados encontrados quando se utiliza na aplicação exógena do nutriente em plântulas de milho que estavam sob estresse salino, após o Ca ser aplicado, o crescimento radicular foi restaurado (RAHMAN et al., 2016). O Ca atua com o auxílio de fitohormônios para desenvolver a capacidade de plântulas sobreviverem a situações de estresse e, assim, restaura a distribuição e transporte dos hormônios vegetais através da plântula que normaliza seu crescimento (HUANG et al., 2017).

A utilização de Ca no incremento do crescimento radicular (Figura 5 B e F) é notável, seguido do decréscimo da parte aérea (Figura 5 A e E) e a redução da relação de ambos (Figura 5 D). O desempenho do Ca ofertado exogenamente na semente está ligado com a sua capacidade de melhorar o sistema antioxidante nas mitocôndrias e

ainda contribuir para o aumento de enzimas que do ciclo do ácido cítrico (HE et al., 2015).



**Figura 5.** Variáveis de crescimento em plântulas de Milho: massa seca de parte aérea (MSPA); parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MSTOTAL) e relação parte aérea: raiz (PA:R) e comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) submetidas em diferentes doses de CaO. \* Significativo a 5% pelo teste de F.

A distinção entre os efeitos de de Ca e Mg nas plântulas de milho depende muito de como a cultura reage ao nutriente e sua necessidade inicial. Niedziela et al. (2015) relata que o cálcio foi absorvido preferencialmente ao magnésio em raízes, entretanto nas brotações iniciais das plântulas o nível de Mg foi superior ao encontrado

de cálcio. Essa distinção de efeitos entre as culturas é suficiente para afirmar que o efeito dos bioestimulantes contendo Ca e Mg pode diferir não só pelo método de aplicação e doses, mas também entre as culturas. E, é necessário estudos individualizados para estabelece o posicionamento para cada cultura.

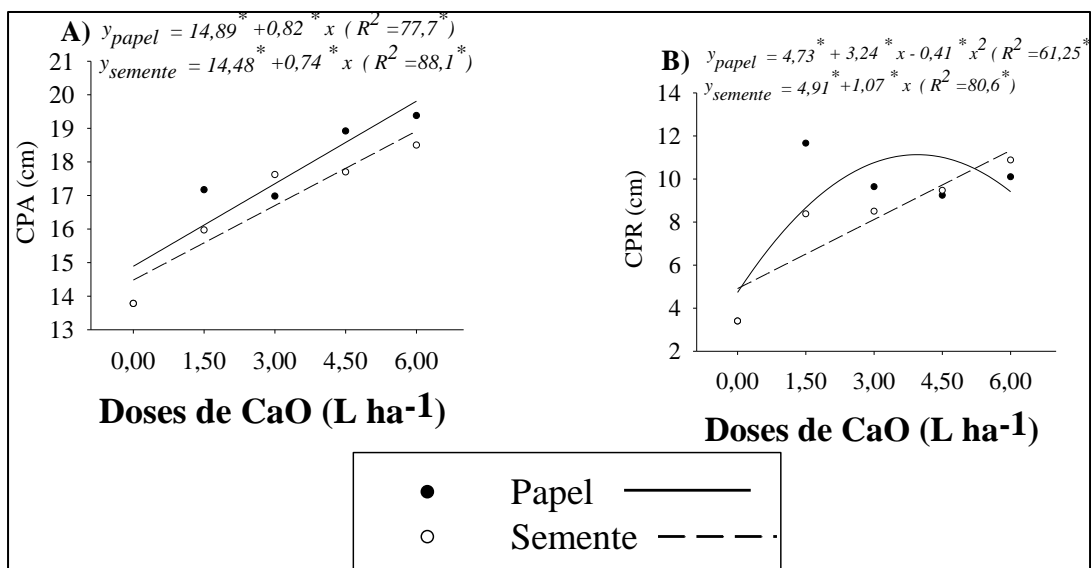
Os resultados obtidos para o ensaio com a cultura do sorgo mostram que não houve alteração significativa da MSPA, MSR, MSTOTAL, PA:R em função das doses aplicadas de Ca (Tabela 4). A CPA e CR foram as únicas variáveis que tiveram resultados com significância em função das doses aplicadas de CaO (Tabela 4).

**Tabela 4.** Resumo da ANOVA para as variáveis de massa seca de parte aérea (MSPA), raiz (MSR), total (MSTOTAL), relação parte aérea: raiz (PA:R), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântulas de sorgo em função de doses de cálcio e magnésio aplicadas via tratamento de semente ou umedecimento do papel.

Fontes de Variação	MSPA	MSR	MSTOTAL	PA:R	CPA	CR
Ca <sup>1</sup>	2,88ns	0,66ns	2,91ns	2,41ns	25,37**	20,93**
A <sup>2</sup>	0,89ns	0,01ns	0,88ns	0ns	3,36ns	1,46ns
Ca x A	0,13ns	1,22ns	0,33ns	0,04ns	1,50ns	1,63ns

<sup>1</sup>Doses de Ca; <sup>2</sup>Formas de aplicação; \* e ns Significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste de F.

Em ambos os tipos de aplicação das doses de CaO utilizadas nas sementes de sorgo a variável CPA aumentou linearmente, ou seja, conforme o incremento das doses, maior foi o valor encontrado (Figura 6 A). A CPR obteve ajuste quadrático apenas para a aplicação via UP, sendo o maior valor encontrado 1,92 cm. Na aplicação via TS para a mesma variável, o ajuste quadrático não foi possível, todavia houve o crescimento linear em função das doses (Figura 6 B).



**Figura 6.** Variáveis de crescimento em plântulas de sorgo: Comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) submetidas em diferentes doses de CaO. \* Significativo a 5% pelo teste de F.

15,60

O incremento linear do sorgo são respostas positivas mediante a utilização de Ca em ambas as aplicações, mesmo resultados foram encontrados por Popko et al. 2018 em seu trabalho testando bioestimulante composto macronutrientes e fitohormônios, o Ca estimulou não só o crescimento auxiliar como também o aumento nas atividades do metabolismo dos fitohormônios (POPKO et al. 2018). O Ca é nutriente que precisa ser ofertado de forma cuidadosa, uma vez que esse nutriente em quantidades elevadas pode gerar escassez de outros nutrientes nas fases da plântula.

## Magnésio

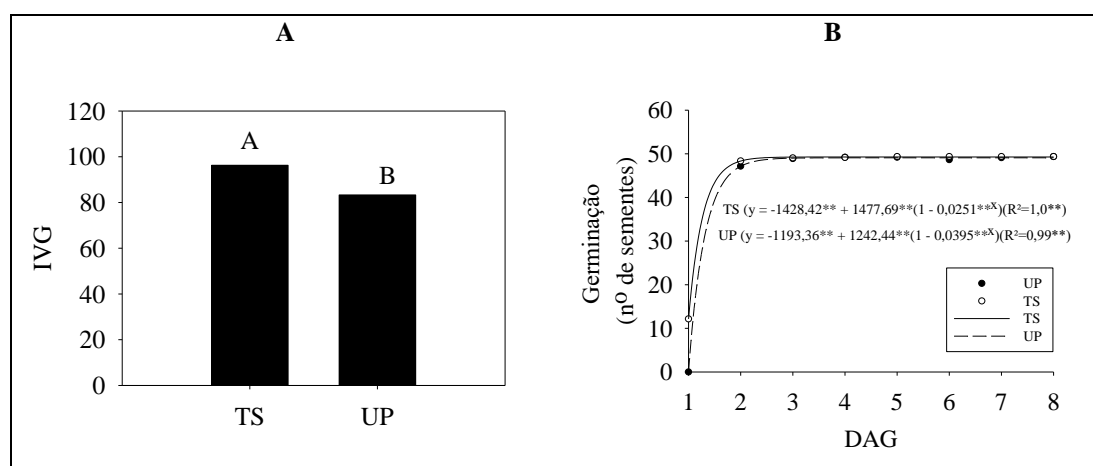
No ensaio com o Mg a MSPA, a MSR, a MSTOTAL, a PA:R e o CPA variaram em função das formas de aplicação e da interação das doses de Mg e as formas de aplicação (Tabela 1). O CPA, também, variou em função das diferentes doses de MgO (Tabela 1). Na última avaliação, observa-se que não houve variação da germinação (Tabela 1). Já o IVG variou em função dos tratamentos.

**Tabela 5** Resumo da ANOVA para as variáveis da (MSPA), raiz (MSR), total (MSTOTAL), Relação parte aérea: raiz (PA:R), comprimento de parte aérea (CPA), raiz (CR), germinação (G) e índice de velocidade de germinação (IVG) de plântulas de soja em função de doses de magnésio aplicadas via tratamento de semente ou umedecimento do papel.

Fontes de Variação	MSPA	MSR	MSTOTAL	PA:R	CPA	CR	G	IVG
Mg <sup>1</sup>	1,07ns	1,52ns	0,43ns	1,07ns	6,44*	3,43*	1,043ns	0,122ns
A <sup>2</sup>	219,71*	94,69*	302,47*	25,69*	90,69*	1,08ns	0,00ns	112,774*
Mg x A	38,40*	7,94*	39,65*	12,74*	9,77*	2,38ns	0,00ns	0,8648*

<sup>1</sup>Doses de Mg; <sup>2</sup>Formas de aplicação; \* e ns Significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste de F.

Mesmo com os menores valores de germinação inicial avaliado aos 8 dias, o índice de velocidade de germinação da soja foi superior quando aplicado o Ca e Mg via TS (Figura 7).



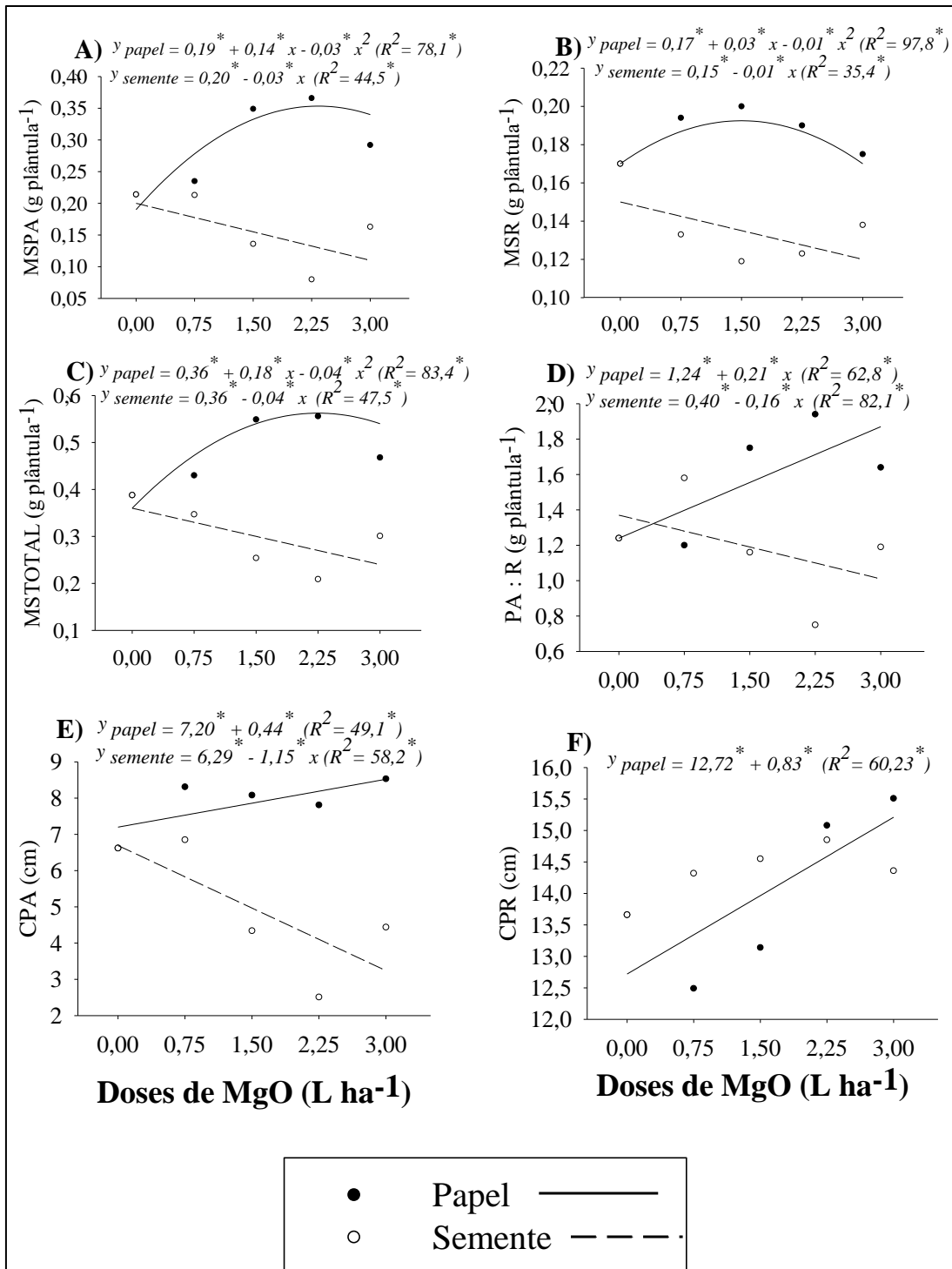
**Figura 7.** Índice de velocidade de germinação da soja em função dos tratamentos com Mg (A) e em função dos tratamentos e ao longo dos dias de avaliação (B).

Este resultado pode ser explicado pela presença da umidade acelerar o primeiro processo da germinação que é a embebição, todavia, ao mesmo tempo causar efeitos

tóxicos pela presença do Mg e causar menor crescimento inicial das plantas. Em geral o enriquecimento do Mg no meio de desenvolvimento foi mais eficiente que o tratamento da semente. O contato direto do produto alcalino com a semente pode reduzir a germinação das sementes da soja.

A umidade do TS pode até aumentar a germinação e o IVG, todavia o contato direto do nutriente com a semente pode ter causado a toxidez, e explica o menor crescimento das plantas, quando aplicado (Figura 7). A principal diferença observada entre o Ca e o Mg, principalmente com o umedecimento do meio, é que o Ca proporcionou maior incremento de raiz e o Mg de parte aérea na cultura da soja.

Quando utilizado as doses de Mg via umedecimento do papel de germinação houve ajuste quadráticas nas variáveis MSPA, MSR e MSTOTAL em função das doses de Mg com os maiores valores (0,35, 0,19 e 0,56 g plântula<sup>-1</sup>) obtidos com 2,33, 1,5 e 2,25 L ha<sup>-1</sup> de Mg, respectivamente (Figuras 8 A, B e C). Para a relação PA:R, o CPA e o CR houve ajustes lineares em função das doses de Mg (Figura 8 D, E e F). Com o UP há incremento maior de MSPA em relação à MSR, e explica o aumento linear da relação PA:R (Figura 8 D). Resultado inverso ao obtido com o Ca.



**Figura 8.** Variáveis de crescimento em plântulas de Soja: massa seca de parte aérea (MSPA); parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MSTOTAL) e relação parte aérea: raiz (PA:R) e comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) submetidas em diferentes doses de MgO. \* Significativo a 5% pelo teste de F.

Na aplicação via TS todas as variáveis reduziram conforme o aumento das doses de Mg, (Figura 8 A, B,C, E e F), evidenciando os efeitos deletérios do contato direto de fontes alcalinas e nutriente direto com as sementes da soja.

Nos resultados obtidos para o ensaio com Mg no feijoeiro houve alteração significativa da MSPA, MSTOTAL e CPA em função de todas as fontes de variação (Tabela 6). A MSR variou em função das doses de Mg e a relação PA:R variou em função da interação entre as doses de Mg e as formas de aplicação (Tabela 6). O CR não variou com os tratamentos (Tabela 6). A germinação na última avaliação não variou com os tratamentos (Tabela 6) apresentando média de 49 plantas germinadas no total de 50. O IVG variou somente em função do modo de aplicação (Tabela 6).

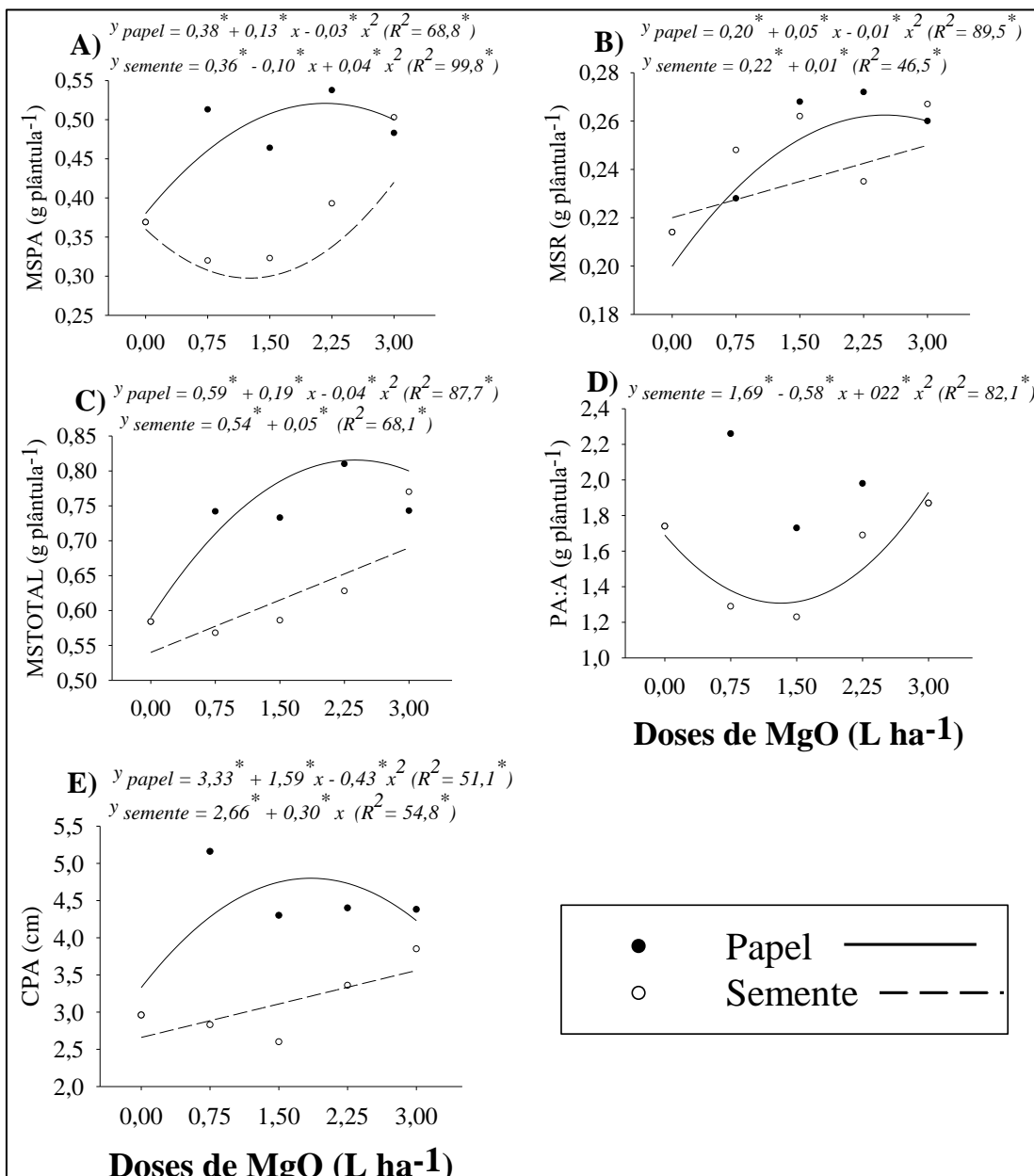
**Tabela 6.** Resumo da ANOVA para as variáveis de massa seca de parte aérea (MSPA), raiz (MSR), total (MSTOTAL), relação parte aérea: raiz (PA:R), comprimento de parte aérea (CPA), raiz (CR), germinação (G) e índice de velocidade de germinação (IVG) de plântulas de feijão em função de doses de Magnésio aplicadas via tratamento de semente ou umedecimento do papel.

Fontes de Variação	MSPA	MSR	MSTOTAL	PA:R	CPA	CR	G	IVG
Mg <sup>1</sup>	5,83*	8,79*	8,36*	2,36ns	5,27*	1,82ns	2,25ns	1,61ns
A <sup>2</sup>	23,65*	0,29ns	21,54*	15,75*	37,02*	0,12ns	0,316ns	16,88*
Mg x A	5,08*	2,23ns	4,79*	4,17*	5,02*	0,32ns	0,513ns	2,15ns

<sup>1</sup>Doses de Mg; <sup>2</sup>Formas de aplicação; \* e ns Significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste de F.

Na aplicação via TS de MgO, houve resposta quadrática inversa somente para a MSPA (Figura 9 A). A MSR, MSTOTAL, CPA incrementou linearmente com as doses de Mg (Figura 9 B, C e E). Todavia esses incrementos não foram suficientes para obter valores semelhante aos obtidos com a aplicação do Mg via UP.





**Figura 9.** Variáveis de crescimento em plântulas de feijão: massa seca de parte aérea (MSPA); parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MSTOTAL) e relação parte aérea: raiz (PA:R) e comprimento de parte aérea (CPA) submetidas em diferentes doses de MgO. \* Significativo a 5% pelo teste de F.

Em geral, a aplicação de Mg na cultura do feijoeiro e da soja obtiveram os maiores valores quando aplicados via UP. O Mg quando aplicado via TS obteve resultados positivos sobre o crescimento da soja e do feijoeiro, mas insuficiente para atingir os valores obtidos de quando aplicado via UP

Os efeitos do Mg via UP incrementaram a MSPA e MSR em ambas as culturas, mas com menor crescimento de MSR na cultura da soja e menor crescimento de MSPA no feijoeiro.

A análise dos resultados obtidos demonstrou que o crescimento das sementes depende do tipo de nutriente, sua concentração e a forma de aplicação. Em geral, o melhor rendimento nas sementes com a utilização de bioestimulante leva a melhor vigor, uma qualidade e uma tolerância a estresses abióticos (POPKO et al., 2018). Estes resultados podem ser obtidos com a aplicação tanto do Ca, quanto do Mg. O melhor desenvolvimento das plântulas mediante a ação de bioestimulante à base de nutrientes tem sido respostas obtidas em outros trabalhos com o produto (FRANCIS et al., 2018; SHARMA et al., 2014; ZANDONI et al., 2016).

A aplicação de Mg nas sementes de feijão e soja via UP estimulou as variáveis de crescimento, provavelmente pelo papel do Mg no crescimento e desenvolvimento da planta, principalmente quanto ao seu papel na fotossíntese e na biossíntese de clorofila, e à ativação de numerosas enzimas de cloroplasto essenciais (CAKMAK e YAZICI, 2010; WARAICH et al., 2012; SENBAYRAM et al., 2015). Quando utilizado o Mg com aplicação TS, a semente responde aumentando os níveis de produção de material vegetal e do seu crescimento em comprimento resultados similares obtido em outro experimento (JHANSI et al., 2017)

Observa-se maior taxa de crescimento de plântulas em todos os tratamentos de MgO do que controle, a resposta pode ser pelo papel deste elemento como ativador de enzimas (WANLI et al., 2016). Outro fator importante que contribui para os crescimentos encontrados sob a influência das aplicações de Mg é decorrente da mobilidade do elemento pela planta, podendo ser rapidamente transportado para regiões de necessidade no caso as regiões que se encontram em divisão e expansão celular (SENBAYRAM et al., 2015).

A cultura de milho sob aplicação das doses obteve alteração significativa da MSPA, MSR, CPA e CR quando (Tabela 3). As variáveis que obtiveram resultado significativo para aplicação de doses de Mg e a interação de doses com aplicação foram MSPA, MSTOTAL, PA:R, CPA e CR (Tabela 7). O CR obteve também resposta significativa quando utilizado somente as diferentes formas de aplicação. As Variáveis MSPA, MSR, MSTOTAL, PA:R e CPA não obtiveram respostas significativas para quando foram submetidas sob diferentes formas de aplicação (Tabela 7).

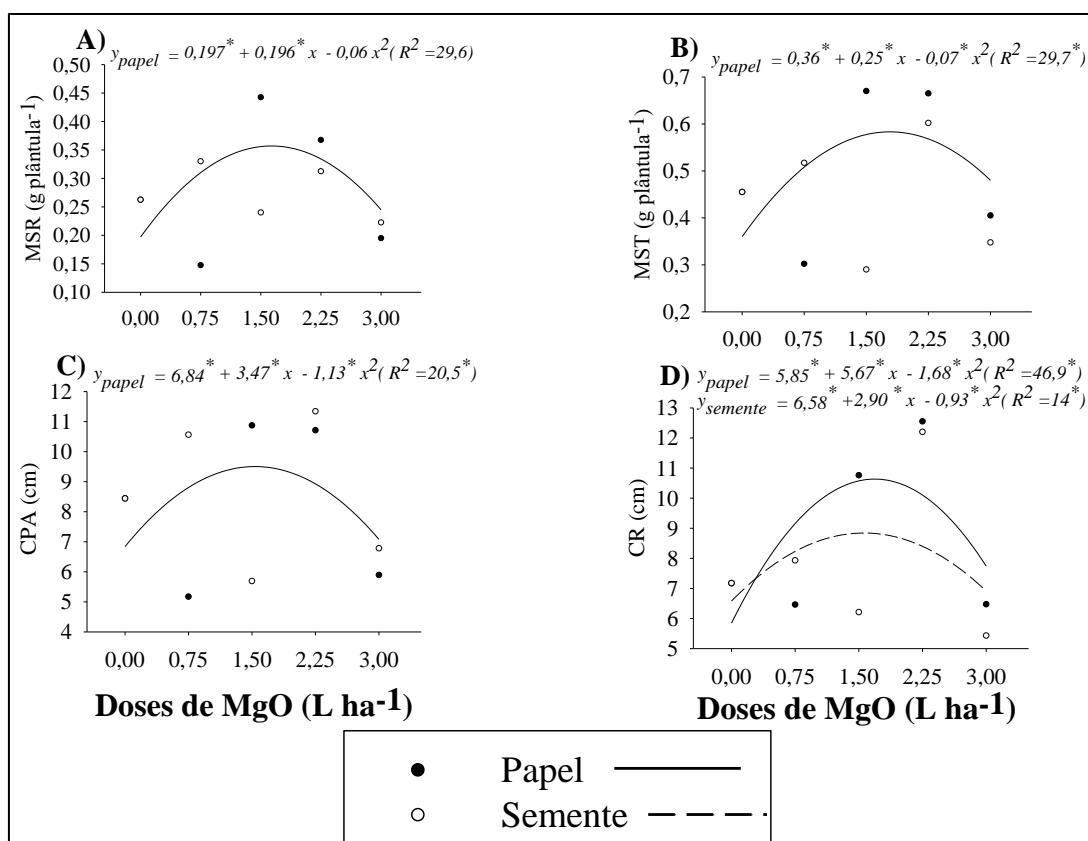
**Tabela 7.** Resumo da ANOVA para as variáveis de massa seca de parte aérea (MSPA), raiz (MSR), total (MSTOTAL), relação parte aérea: raiz (PA:R), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântulas de milho em função de doses de cálcio e magnésio aplicadas via tratamento de semente ou umedecimento do papel.

Fontes de Variação	MSPA	MSR	MSTOTAL	PA:R	CPA	CR
<b>Mg</b> <sup>1</sup>	5,03*	3,73*	10,18*	0,34ns	49,04*	53,02*
<b>A</b> <sup>2</sup>	0,15ns	0,92ns	4,18ns	0ns	2,56ns	8,61*
<b>Mg x A</b>	6,77*	0,76ns	11,69*	3,47*	60,38*	10,81*

<sup>1</sup>Doses de Mg; <sup>2</sup>Formas de aplicação; \* e ns Significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste de F.

Na aplicação de doses de MgO via TS na cultura do milho para MSR, MSTOTAL e CPA nenhum modelo foi ajustado (Figura 10 A, B e C). A aplicação das doses via TS só foi possível realizar o ajuste de modelo quadrático na variável CR, que obteve o maior valor em 1,55 L. ha<sup>-1</sup> (Figura 10 C). Na utilização do tratamento via UP em todas as variáveis foi possível obter o ajuste de modelo quadrático, entretanto, os dados obtidos mostram redução ao longo do aumento das doses (Figura 10 A, B, C e D). Com os efeitos das doses de MgO em MSR, MSTOTAL, CPA e CR se obteve os seguintes 0,35, 0,58, 9,5 e 10,63 g plântula<sup>-1</sup>.

A oferta de bioestimulante com Mg pode ser uma alternativa para suprir a alta demanda de fertilizantes que essa cultura possui, uma vez que esse nutriente estará disponível nas fases iniciais da vida da plântula (VERNIERI et al., 2006).



**Figura 10.** Variáveis de crescimento em plântulas de Milho: Massa seca de raiz (MSR) e total (MSTOTAL), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) submetidas em diferentes doses de MgO. \* Significativo a 5% pelo teste de F

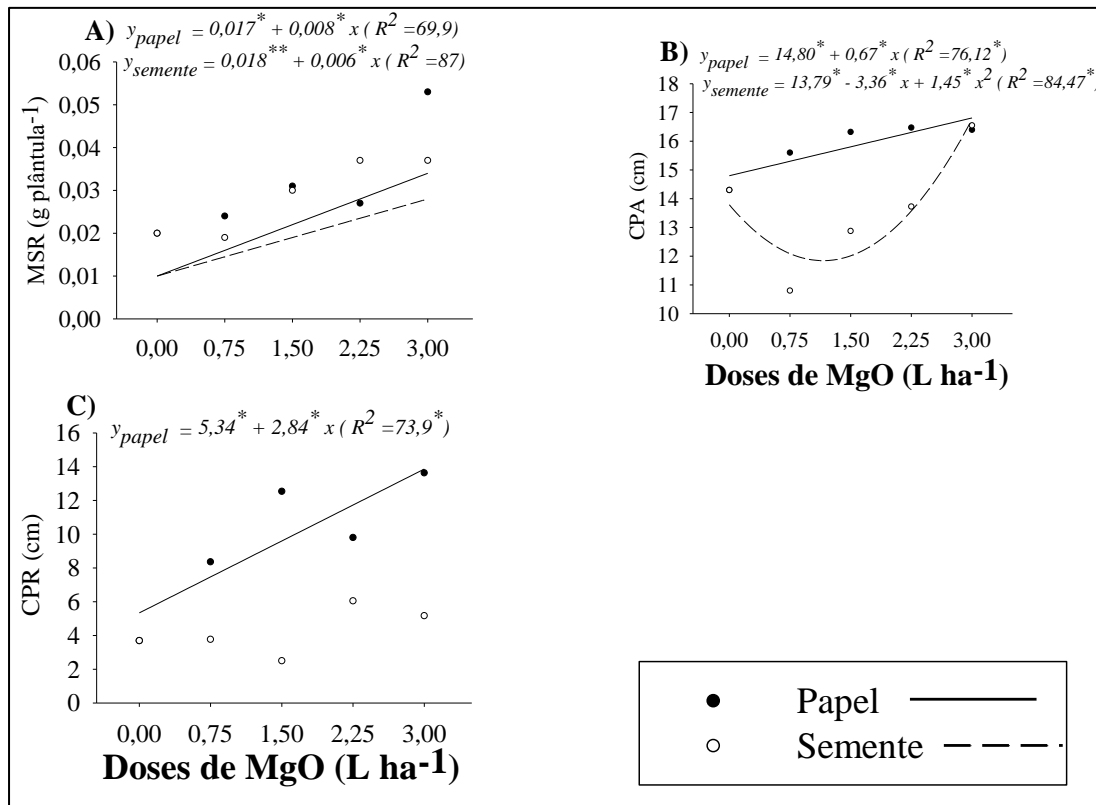
Quando a cultura foi submetida a aplicação de doses de Mg os resultados de MSPA, MSTOTAL e PA:R não tiveram alteração significativa (Tabela 8). Em contrapartida a MSR obteve resultados significativos em função das doses de MgO. A CPA e CR não só alterou significativamente em função das doses de MgO, como, também a partir das formas de aplicação e da interação entre as doses e a formas de aplicação (Tabela 8).

**Tabela 8.** Resumo da ANOVA para as variáveis de massa seca de parte aérea (MSPA), raiz (MSR), total (MSTOTAL), relação parte aérea: raiz (PA:R), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântulas de sorgo em função de doses de Magnésio aplicadas via tratamento de semente ou umedecimento do papel.

Fontes de Variação	MSPA	MSR	MSTOTAL	PA:R	CPA	CR
Mg <sup>1</sup>	1,87ns	3,79**	1,94ns	2,47ns	9,86**	4,32**
A <sup>2</sup>	0,88ns	0,27ns	0,10ns	0ns	40,57**	33,33**
Mg x A	0,75ns	0,86ns	0,77ns	0,44ns	8,19**	3,67**

<sup>1</sup>Doses de Mg; <sup>2</sup>Formas de aplicação; \* e ns Significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste de F.

As sementes de sorgo quando submetidas a aplicação via UP mostrou resultados lineares crescentes para as variáveis MSR, CPA e CPR (Figura 11 A, B e C). O crescimento linear também pode ser encontrado em MSR quando submetido via TS (Figura 11 C).



**Figura 11.** Variáveis de crescimento em plântulas de Sorgo: Massa seca de raiz (MSR), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) submetidas em diferentes doses de MgO. \* Significativo a 5% pelo teste de F.

A única variável que obteve ajuste quadrático foi CPA quando submetida a aplicação via TS (Figura 11 B). A CPA reduziu até na dose de 1,5 L ha<sup>-1</sup>, entretanto a partir da dose 2,25 L ha<sup>-1</sup> houve incrementos isso pode ser explicado pela capacidade do Mg de interagir com ligantes nucleofílicos, como os grupos fosforílicos, agindo também como elemento de ligação e na formação de complexos, um exemplo e a composição da clorofila na qual é o átomo central conferindo maior estabilidade para a molécula (Faquin, 2005; Garcia e Garcia, 2013; Vitti et al., 2006; Marschner, 2012).

## CONCLUSÃO

A aplicação das doses de CaO e MgO via UP obtiveram as melhores respostas para as variáveis analisadas.

As culturas de soja e feijão tiveram as melhores respostas ao tratamento com as doses de ambos os nutrientes via UP.

Na aplicação de MgO via TS as variáveis de MSPA, MSR, MSTOTAL, CPA E CR da cultura do feijão responderam positivamente quando utilizadas na cultura soja.

O TS para a cultura milho resultou no maior acúmulo de massa vegetal.

A cultura da soja e do feijão aumentam seu IVG quando submetidas ao TS para ambas as fontes de nutrientes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, T. B. F.; PRADO, R. M.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P.; BARBOSA, J. C. Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Biotemas**, v. 24, p. 27-36. 2011.

AHMAD, P.; ABDEL, L. A. A.; ABD\_ALLAH E. F.; HASHEM, A.; SARWAT, M.; ANJUM, N. A.; GUCEL, S. Calcium and Potassium Supplementation Enhanced Growth, Osmolyte Secondary Metabolite Production, and Enzymatic Antioxidant Machinery in Cadmium-Exposed Chickpea (*Cicer arietinum L.*). **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 513. 2016.

BINSFELD, J. A.; BARBIERI, A. P. P.; HUTH, C.; CABRERA, I. C.; HENNING, L. M. M. Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, p. 88-94. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 398p.

BROWN, P.; SAA, S. Biostimulants in agriculture. **Frontiers in plant science**, v. 6, p. 671. 2015.

CAKMAK, I.; YAZICI, A. M. Magnesium: a forgotten element in crop production. **Better Crops**, p. 94, v. 23–25. 2010.

DOMINGUES, L. S.; RIBEIRO, N. D.; ANDRIOLO, J. L.; POSSOBOM, M. T. D. F.; ZEMOLIN, A. E. M. Crescimento, produtividade de grãos e acumulação de cálcio, potássio e magnésio em plantas de feijão relacionadas à nutrição com cálcio. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, p. 207-217. 2016.

EBIC, European Biostimulants Industry Council. What are biostimulants. Base de Dados, 2012. Disponível em: < <http://www.biostimulants.eu/about/what-are-biostimulants> >. Acesso em: 29 de maio de 2019.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Editora Planta, 2006. p.169-201.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 186p.

FAVARO, S. P.; BRAGA NETO, J. A.; TAKAHASHI, W.; MIGLIORANZA, E.; IDA, E. I. Taxas de cálcio, rendimento e qualidade de feijão-vagem. **Scientia Agricola**, v. 64, p. 616-620. 2007.

FRANCIS P. B.; LARRY D.; EARNEST L. D.; BRYANT K. Maize growth and yield response to a biostimulant amendment. **J. Crop Improv**, v. 30, p. 632–640. 2018.

GARCÍA, G. N.; GARCÍA, S. N. **Química agrícola química del suelo y de nutrientes esencial**. Editora Mundi-Prensa Libros, 2013, 508 p.

HUANG, D.; GONG, X.; LIU, Y.; ZENG, G.; LAI, C.; BASHIR, H.; ZHOU, L.; WANG, D.; & XU, P.; CHENG, M.; WAN, J. Effects of calcium at toxic concentrations of cadmium in plants. **Planta**, v. 245, p. 8633-873. 2017.

HE, L., LI, B., LU, X. et al. The effect of exogenous calcium on mitochondria, respiratory metabolism enzymes and ion transport in cucumber roots under hypoxia. **Scientific Reports**, v. 5, p.11391, 2015.

JHANSI, K.; JAYARAMBABU, N.; REDDY, K. P. Biosynthesis of MgO nanoparticles using mushroom extract: effect on peanut (*Arachis hypogaea L.*) seed germination. **Biotech**, v. 7, p. 263. 2017.

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

MARSCHNER, P. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3 ed, Londres: Academica Press, 2012. 684 p.

Niedziela, C.; Nelson, P.; Dickey, D. Growth, Development, and Mineral Nutrient Accumulation and Distribution in Tulip from Planting through Postanthesis Shoot Senescence. **International Journal of Agronomy**, v. 2015, p.1-11. 2015.

POPKO, M.; MICHALAK, I.; WILK, R.; GRAMZA, M.; CHOJNACKA, K.; HENRYK GÓRECKI, H.; Effect of the New Plant Growth Biostimulants Based on Amino Acids on Yield and Grain Quality of Winter Wheat. **Molecules**, v. 23, p. 470. 2018

RAHMAN, A.; NAHAR, K.; HASANUZZAMAN, M.; FUJITA, M. Calcium Supplementation Improves Na(+)/K(+) Ratio, Antioxidant Defense and Glyoxalase Systems in Salt-Stressed Rice Seedlings. **Frontiers in plant Science**. vol. 7, p. 609. 2016.

RODRIGUES, T. J. D.; LEITE, I. C. **Fisiologia vegetal: hormônios das plantas**. Jaboticabal: Funep, 2004. 78p.

SANTOS, V. M.; MELO, A. V.; CARDOSO, D. P.; GONÇALVES, A. D.; SOUSA, D. C. V.; SILVA, A. R. Uso de bioestimulantes no crescimento de plantas de soja. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, p. 512. 2017.

SENBAYRAM, M.; GRANSEE, A.; WAHLE, V.; THIEL, H. Role of magnesium fertilisers in agriculture: plant – soil continuum. **Crop Pasture Sci**, v. 66, p. 1219–1229. 2015.

SILVA, S. A.; MORAES, W. B.; SOUZA, G. S. Doses de cálcio no crescimento do feijoeiro cultivado em solução nutritiva, na presença de alumínio. **Idesia**, v. 29, p. 53-58. 2011.

SOUZA, J. P. F.; MARTINS, G. L. M.; PEREIRA, A. C.; BINOTTI, F. F. S.; MARUYAMA, W. I. Efeito de silicato de cálcio e magnésio no crescimento inicial de milho transgênico. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, p. 13–17. 2015.

SHARMA, H. S.; FLEMING, C.; SELBY, C.; RAO, J. R.; MARTIN, T. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. **J. Appl. Phycol**, 26,465–490. 2014.



VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio e Enxofre. In: FERNANDES, M. S., ed. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 355-374.

VERNIERI, P.; BORGHESI, E.; TOGNONI, F.; SERRA, G.; FERRANTE, A.; PIAGESSI, A. Use of biostimulants for reducing nutrient solution concentration in floating system. **Acta Horti**, v. 718, p. 477-484. 2006.

WANLI, G.; HUSSAIN, N.; ZONGSUO LIANG, D. Y. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. **The Crop Journal**, v. 4, p. 83-91. 2016

WARAICH, E. A.; AHMAD, R.; HALIM, A.; AZIZ, T. (2012) Alleviation of temperature stress by nutrient management in crop plants: a review. **J. Soil Sci. Plant Nutr**, v. 12, p. 221–244. 2012.

WILKINS, K. A.; MATTHUS, E.; SWARBRECK, S. M.; DAVIES, J. M.; Calcium-Mediated Abiotic Stress Signaling in Roots. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1296. 2016.

YAKHIN, O. I.; LUBYANOV, A. A.; YAKHIN, I. A.; BROWN, P. H. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 2049. 2017