



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS**  
**CAMPUS IPAMERI**  
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal



**Características agronômicas da soja cultivada em solo de Cerrado com diferentes doses e épocas de aplicação de zinco**

**FERNANDO CASTRO DE OLIVEIRA**

**M  
E  
S  
T  
R  
A  
D  
O**

**Ipameri-GO**  
**2016**

FERNANDO CASTRO DE OLIVEIRA

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA SOJA CULTIVADA EM  
SOLO DE CERRADO COM DIFERENTES DOSES E ÉPOCAS DE  
APLICAÇÃO DE ZINCO**

Orientador: Prof. Dr. Cleiton Gredson Sabin Benett

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Campus Ipameri como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri  
2016

OL48c Oliveira, Fernando Castro de.  
Características agronômicas da soja cultivada em solo de Cerrado com diferentes doses e épocas de aplicação de zinco/ Fernando Castro de Oliveira. – Ipameri, 2016.  
32 f. il.

Orientador: Prof. Dr. Cleiton Gredson Sabin Benett

Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Goiás (UEG), Campus Ipameri, 2016.

Bibliografia

1. Adubação. 2. *Glycine max* (L.) Mer.. 3. Micronutrientes. 4. Produção. I. Título.

CDD 633.15



Câmpus Ipameri  
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Produção Vegetal  
Rodovia GO 330, Km 241, Anel Viário, 75780-000 Ipameri-GO  
[www.ppgpv.ueg.br](http://www.ppgpv.ueg.br) e-mail: [ppgpv.ipameri@gmail.com](mailto:ppgpv.ipameri@gmail.com)  
Fone: (64)3491-5219



## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

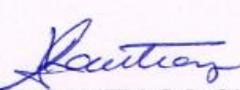
**TÍTULO: "CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA SOJA CULTIVADA EM SOLO DE CERRADO COM DIFERENTES DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ZINCO"**

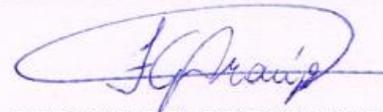
**AUTOR:** Fernando Castro de Oliveira

**ORIENTADOR:** Cleiton Gredson Sabin Benett

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. CLEITON GREDSON SABIN BENETT  
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO

  
Profa. Dra. KATIANE SANTIAGO SILVA BENETT  
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO

  
Prof. Dr. FERNANDO GODINHO DE ARAÚJO  
Instituto Federal Goiano/Câmpus Urutaí-GO

Data da realização: 29 de fevereiro de 2016

## *DEDICATÓRIA*

*Dedico aos meus pais João Caixeta de Oliveira e Rosana Aparecida de Castro Oliveira, pela educação que me deram e por sempre me apoiarem. Obrigado por tudo. Amo vocês.*

*Aos meus irmãos Alexandre Castro de Oliveira e Karina Castro de Oliveira, que também sempre estiveram ao meu lado. Adoro vocês.*

*À minha esposa Bruna do Carmo Vieira, que sempre me incentivou com muito amor e carinho. Te amo.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as oportunidades que me proporcionou.

A todos meus familiares, pelo apoio.

À minha esposa pelo companheirismo, dedicação e ajuda.

À Universidade Estadual de Goiás (UEG) pela oportunidade de poder participar do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PPGPV).

Ao Prof. Dr. Cleiton G.S. Benett pela orientação e ensinamentos.

Aos professores do programa pelos conhecimentos transmitidos.

Aos colegas de mestrado pela amizade.

Aos meus amigos, em especial ao Maurilio de Sousa Netto e ao Lucas da Silva Araújo pelo apoio na condução do experimento.

À secretária do PPGPV, Aparecida, pela atenção.

Aos funcionários da UEG-Ipameri.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí pela parceria na realização das análises foliares.

Ao colega Carlos Bispo pela ajuda na realização das análises foliares.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Katiane S.S. Benett pela participação na banca.

Ao Prof. Dr. Fernando Godinho de Araújo pela participação na banca.

Ao meu amigo Caio César pela ajuda na tradução do resumo.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

E a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## EPÍGRAFE

Não são as ervas más que afogam a boa semente,  
e sim a negligência do lavrador.

Confúcio

**SUMÁRIO**

	Página
RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	viii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 OBJETIVOS .....	3
3 REVISÃO DE LITERATURA .....	4
3.1 Aspectos gerais e importância da cultura da soja .....	4
3.2 Estádios fenológicos da soja .....	5
3.3 Adubação com micronutrientes .....	6
3.4 Adubação com zinco na cultura da soja .....	7
3.4.1 Zinco no solo .....	7
3.4.2 Importância do zinco para a cultura da soja .....	8
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	10
4.1 Caracterização da área experimental .....	10
4.2 Tratamentos e delineamento experimental .....	11
4.3 Implantação e condução do experimento .....	11
4.4 Características avaliadas .....	12
4.5 Análise estatística .....	14
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	15
6 CONCLUSÕES .....	25
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26

## RESUMO

A soja é uma das culturas mais importantes do mundo. Porém, quando cultivada em solos com deficiências de nutrientes sua produtividade é bastante afetada, sendo que o zinco é um dos micronutrientes que mais limita a produção das culturas em diferentes regiões do mundo. Com o objetivo de avaliar o efeito de doses e épocas de aplicação de zinco nas características agrônômicas da soja, instalou-se um experimento no município de Ipameri – Goiás, na safra 2014/15. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 10 tratamentos e quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 2 x 5, sendo: duas épocas de aplicação de zinco (estádio V9 e R1) e cinco doses (0, 3, 6, 9 e 12 kg ha<sup>-1</sup> de zinco), sendo a fonte de zinco utilizada o sulfato de zinco (20% de Zn). A cultivar utilizada foi a M7739 IPRO. O Zn foi aplicado em superfície e distribuído a uma distância de 0,1 m da linha da cultura. Foram avaliadas as seguintes características: teor de zinco foliar, teor de clorofila Spad, altura de planta, diâmetro do caule, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de nós reprodutivos por planta, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e qualidade fisiológica das sementes. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para analisar as influências significativas das doses de Zn sobre as características avaliadas, trabalhou-se com análises de regressão. A adubação com Zn influenciou positivamente o teor foliar de Zn, altura de plantas, diâmetro do caule, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, número de nós reprodutivos por planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos. O teor foliar de Zn, a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos apresentaram diferença significativa entre as épocas de aplicação, com resultados superiores para as médias de V9. De acordo com estes resultados recomenda-se a adubação com Zn na cultura da soja.

Palavras-chave. Adubação; *Glycine max* (L.) Mer.; Micronutrientes; Produção.

## ABSTRACT

The soybean is one of the most important crops worldwide. However, when grown in soils with nutrient deficiencies the productivity is significantly affected, and Zinc is a micronutrient that most limits the crops production in different regions of the world. Aiming to evaluate the effect of zinc doses and application times on the agronomic characteristics of soybean, an experiment was conducted in the city of Ipameri, Goiás – Brazil, in the season 2014/15. The experimental design was a randomized block with 10 treatments and four replications in a factorial 2 x 5, as follows: two zinc application times (stage V9 and R1) and five doses (0, 3, 6, 9 and 12 kg ha<sup>-1</sup> of Zinc), and the source of zinc used was zinc sulfate (20% of Zn). The cultivar used was the M7739 IPRO. The Zn was applied on the soil surface and distributed at a distance of 0.1 m from the crop rows. We evaluated the following characteristics: leaf zinc content, Spad chlorophyll content, plant height, stem diameter, the first pod height, number of pods per plant, number of grains per pod, number of reproductive nodes per plant, weight of 100 grains, grain yield and physiological quality of seed. The results were submitted to analysis of variance and the means were compared by Tukey test, at 5% probability. To analyze the significant influence of doses of Zn on the characteristics evaluated, it worked with regression analyzes. The fertilization with Zn positively influenced the leaf Zn content, plant height, stem diameter, the first pod height, number of pods per plant, number of reproductive nodes per plant, weight of 100 grains and grain yield. The leaf Zn content, the weight of 100 grains and grain yield showed significant difference between application times, with superior results to the average V9. According to these results it is recommended to fertilization with Zn in soybean.

**Key-words:** Fertilizing; *Glycine max* (L.) Mer.; Micronutrients; Production.

## 1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Mer.] é uma das culturas mais importantes do mundo, sendo utilizada, principalmente, como fonte de alimentos para humanos e animais. Sua importância econômica vem crescendo mundialmente devido a grande demanda da China por essa oleaginosa.

Além de ser uma importante fonte de alimento, os grãos de soja têm sido cada vez mais usados pelas indústrias química, farmacêutica e também pela agroindústria, na produção de farelo e óleo (FREITAS, 2011).

O complexo agroindustrial da soja tem expressiva importância socioeconômica para o Brasil, pois movimentam um amplo número de agentes e organizações ligados aos mais diversos setores socioeconômicos (HIRAKURI e LAZZAROTTO, 2014). Na safra 2014/15 a produção brasileira de grãos foi de 209,5 milhões de toneladas e a produção de soja foi de 96,2 milhões de toneladas, o que corresponde a 46% da produção brasileira de grãos (CONAB, 2015).

Com a crescente demanda mundial por alimentos e o potencial de expansão das áreas agrícolas chegando ao limite, é necessário o investimento em tecnologias de produção que proporcionem um aumento de produtividade das áreas agrícolas já exploradas. De acordo com Gonçalves Júnior et al. (2010) para que ocorra incremento da produtividade de soja no Brasil, é de fundamental importância o avanço científico e tecnológico em relação ao conhecimento das exigências nutricionais dessa cultura (GONÇALVES JÚNIOR et al., 2010).

Até o início da década de 1960, não havia preocupação com os micronutrientes, pois a maior parte das áreas cultivadas apresentava teores adequados desses elementos. Porém, com a expansão da agricultura para a região do Cerrado começaram a surgir problemas de deficiências de micronutrientes nas culturas, devido ao baixo teor desses elementos nos solos dessa região (INOCÊNCIO, 2010). Assim, nas últimas décadas, os micronutrientes passaram a despertar maior interesse dos técnicos e agricultores brasileiros (ABREU et al., 2007).

Ao lado do boro (B), o zinco (Zn) é o micronutriente que mais frequentemente promove deficiência nas culturas, nos solos das regiões tropicais (FAQUIN, 2005), sendo que, de maneira geral, os solos brasileiros apresentam teores insuficientes de Zn, havendo a necessidade de adicioná-lo aos sistemas de cultivo (VENDRAME et al., 2007). Porém, a aplicação dos nutrientes deve ser feita de forma equilibrada protegendo as culturas contra os antagonismos que possam vir a ocorrer na nutrição mineral das plantas, como resultado de relações não balanceadas dos nutrientes no solo e nas plantas (ABREU et al., 2007).

O Zn é um dos micronutrientes mais importantes para as plantas, pois participa em diversos processos como: fotossíntese, respiração, controle hormonal, síntese de aminoácidos e de proteínas, redução do nitrato e desintoxicação de radicais livres (MALAVOLTA, 2006; MARSCHNER, 2012). Dessa forma, sua deficiência causa encurtamento dos internódios, com produção de folhas pequenas, cloróticas e lanceoladas, e as folhas mais novas ficam com clorose internerval de coloração amarelo-ouro e as nervuras com cor verde escura (SFREDO, 2008).

A soja é classificada como cultura de média capacidade de resposta ao Zn (MALAVOLTA e KLIEMANN, 1985). Além disso, a acumulação de zinco na soja é lenta, durante os primeiros 30 dias e alta após os 30 dias da semeadura, atingindo a máxima velocidade no período de 60 a 90 dias (BATAGLIA e MASCARENHAS, 1977).

Assim, pode haver diferença na resposta da soja quando o Zn for aplicado em diferentes épocas do desenvolvimento da cultura. Porém, trabalhos de pesquisa envolvendo adubação com Zn na cultura da soja na região do Cerrado ainda são, relativamente, poucos, havendo assim, a necessidade de se realizar pesquisas sobre esse tema, principalmente em relação às épocas de aplicação de Zn.

## **2 OBJETIVOS**

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de doses e épocas de aplicação de zinco nas características agronômicas da soja, cultivada em solo da região do Cerrado.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Aspectos gerais e importância da cultura da soja

A soja [*Glycine max* (L.) Mer.] passou a ser valorizada no Ocidente há bem pouco tempo, se comparada à sua história no Oriente, em especial na China, onde é utilizada na alimentação há mais de cinco mil anos. A domesticação da planta de soja ocorreu no século XI a. C (APROSOJA, 2016). As plantas de soja passaram por evolução, deixando de se caracterizar como plantas rasteiras que se desenvolviam ao longo de rios e lagos na China. Sua evolução começou com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais, entre duas espécies de soja selvagem, que foram domesticadas e melhoradas por cientistas chineses (EMBRAPA, 2004).

A soja cultivada comercialmente é uma planta com grande variabilidade genética (GOMES, 1990; BORÉM, 2005), possuindo grande adaptabilidade a diferentes latitudes, solos e condições climáticas (MARQUES, 2014), ocupando cerca de 6% da terra arável do mundo (HARTMAN et al., 2011).

Os grãos apresentam elevado teor de proteína, em torno de 40% e considerável teor de óleo, cerca de 20% (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2011). Essa constituição faz com que esta cultura tenha importância na dieta alimentar humana e animal (MARQUES, 2014), sendo seus grãos utilizados principalmente para a obtenção de farelo de soja e óleo vegetal (HARTMAN et al., 2011). Além desses usos, na Ásia Oriental a soja é utilizada como alimento humano na forma *in natura* (WILCOX, 2004). Outros usos são o biodiesel e produtos para usos industriais (US SOYBEAN EXPORT COUNCIL, 2008).

O complexo agroindustrial da soja tem expressiva importância socioeconômica para o Brasil, pois movimenta um amplo número de agentes e organizações ligados aos mais diversos setores socioeconômicos. O complexo da soja é um vital gerador de riquezas, empregos e divisas, se transformando em um dos principais vetores de desenvolvimento regional do país (HIRAKURI e LAZZAROTTO, 2014).

A produção mundial de soja na safra 2014/15 foi de 319 milhões de toneladas, tendo como principais produtores os Estados Unidos, Brasil e Argentina que produziram 106,88, 96,2 e 61,4 milhões de toneladas, respectivamente (USDA, 2015). Para a safra supracitada, as principais federações brasileiras produtoras de soja foram os estados de Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás com produções de 28,02, 17,2, 14,88 e 8,63 milhões de toneladas, respectivamente. Sendo que, a região Centro-Sul é responsável por 87,1% da produção nacional e a região Norte/Nordeste por 12,9% (CONAB, 2015).

A atividade sojícola é a atividade que apresentou a maior expansão entre as safras agrícolas de 1970/71 e 2010/11, com um incremento de produção de 526% (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2011). A produção brasileira de soja apresentou grande expansão, impulsionada não apenas pelo aumento da área de produção, mas principalmente pelo incremento de produtividade. Considerando o período entre as safras 1976/77 a 2014/15, se por um lado a área apresentou uma taxa de crescimento de 362%, passando de 6,95 para 32,1 milhões de hectares, por outro, a produção atingiu uma taxa de crescimento de 692%, passando de 12,14 para 96,23 milhões de toneladas. Nesse mesmo período a produtividade passou de 1.748 para 2.998 kg.ha<sup>-1</sup> o que representa um incremento de produtividade de 72% (CONAB, 2016).

### 3.2 Estádios fenológicos da soja

No decorrer do ciclo da soja podem surgir problemas das mais variadas ordens. Quando se trata de atividade com margens de lucros tão estreitas, não há espaço para riscos e interpretações duvidosas. Para que as práticas de manejo possam ser aplicadas nos momentos que irão proporcionar máxima eficiência, é necessário o bom conhecimento de como a lavoura se desenvolve. A caracterização dos estádios de desenvolvimento da planta é essencial para a descrição dos vários períodos que a cultura atravessa durante o ciclo (FARIAS et al., 2007).

O sistema proposto por Fehr e Caviness (1977) divide os estádios de desenvolvimento da soja em estádios vegetativos e reprodutivos (FARIAS et al., 2007). Na Tabela 1 são descritos os estádios da cultura da soja de acordo com o sistema proposto por Fehr e Caviness (1977).

**Tabela 1.** Descrição sumária dos estádios vegetativos e reprodutivos da soja.

<b>Estádio</b>	<b>Denominação</b>	<b>Descrição</b>
<b>Estádios Vegetativos</b>		
VE	Emergência	Cotilédones acima da superfície do solo
VC	Cotilédone	Cotilédones completamente abertos
V1	Primeiro nó	Folhas unifolioladas completamente desenvolvidas
V2	Segundo nó	Primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida
V3	Terceiro nó	Segunda folha trifoliolada completamente desenvolvida
Vn	Enésimo nó	Ante-enésima folha trifoliolada completamente desenvolvida

Continua...

**Tabela 1.** Continuação

Estádio	Denominação	Descrição
<b>Estádios Reprodutivos</b>		
R1	Início do florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó do caule (haste principal)
R2	Florescimento pleno	Uma flor aberta num dos dois últimos nós do caule com folhas completamente desenvolvida
R3	Início da formação da vagem	Vagem com 5 mm de comprimento num dos quatro últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida
R4	Vagem	Vagem com 2 mm de comprimento num dos quatro últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida
R5	Início do enchimento do grão	Grão com 3 mm de comprimento em vagem num dos quatro últimos nós do caule, com folha completamente desenvolvida
R6	Grão cheio ou completo	Vagem contendo grãos verdes preenchendo as cavidades da vagem de um dos quatro últimos nós do caule, com folha completamente desenvolvida
R7	Início da maturação	Uma vagem normal no caule com coloração de madura
R8	Maturação plena	95% das vagens com coloração de madura

Fonte: adaptado de Farias et al. (2007).

### 3.3 Adubação com micronutrientes

A aplicação de micronutrientes nos solos de Cerrado é indispensável para obtenção de altas produtividades de diversas culturas. As principais razões para adotá-la são: carência desses nutrientes na maioria dos solos, notadamente zinco; cultivo de variedades com alto potencial produtivo e, conseqüentemente, com alta demanda por macro e micronutrientes e uso crescente de fertilizantes de alta concentração que contém menores quantidades de micronutrientes como impurezas (GALRÃO, 2004).

Existem três estratégias básicas para aplicação de micronutrientes que vêm sendo utilizadas no Brasil: de segurança, de prescrição e de restituição. A estratégia de segurança foi a mais empregada, principalmente no fim da década de 1960 e início dos anos 70, quando do início da incorporação da região dos Cerrados no processo produtivo. Essa estratégia não utiliza dados de análise de solos e análise de plantas e são recomendados, geralmente, mais de um ou todos micronutrientes, levando em conta possíveis problemas de deficiência em uma região, tipo de solo ou cultura específica (ABREU et al., 2007).

A estratégia de prescrição vem substituindo a de segurança, pois as recomendações são mais equilibradas, protegendo as culturas dos antagonismos que possam ocorrer na nutrição mineral de plantas (ABREU et al., 2007). De acordo com Volkweiss (1991) a estratégia de prescrição é o sistema ideal do ponto de vista econômico, de segurança para o

agricultor e de uso racional de recursos naturais. Contudo, para sua utilização, é necessária uma sólida base experimental referente à seleção ou desenvolvimento e calibração de métodos de análises de solos e de plantas.

A estratégia de restituição vem sendo cada vez mais utilizada, principalmente nas áreas que têm atingido altos tetos de produtividade e intensificação de problemas de deficiência de micronutrientes, pelas grandes quantidades exportadas. A combinação ideal para se atingir bases sólidas de diagnose e recomendação de micronutrientes seria a integração das estratégias de prescrição com a de restituição (ABREU et al., 2007).

Porém, um fator que pode limitar a implementação da estratégia de restituição para micronutrientes é a falta de trabalhos científicos que procuram estabelecer taxas de eficiência das diversas fontes e modos de aplicação para os mais diferentes tipos de solo, clima e cultura no Brasil (ABREU et al., 2007; INOCÊNCIO et al., 2012).

### **3.4 Adubação com zinco na cultura da soja**

#### **3.4.1 Zinco no solo**

Solos derivados de rochas ígneas básicas são mais ricos em Zn, e os solos derivados de rochas sedimentares, arenito, são mais pobres. O principal mineral de Zn é a esfarelita (ZnS), mas ele pode ocorrer como carbonato de Zn ( $\text{ZnCO}_3$ ) e em diversos silicatos (ABREU et al., 2007). Sua forma mais comum na solução do solo é a do cátion  $\text{Zn}^{2+}$  que se movimenta no solo por difusão, caminhando a favor do gradiente de concentração, isto é, de uma região de maior concentração para outra de menor concentração (MALAVOLTA, 2006). O Zn é um dos metais pesados mais moveis do solo (ABREU et al., 2007).

Ao lado do B, o Zn é o micronutriente que mais frequentemente promove deficiência nas culturas, nos solos das regiões tropicais (FAQUIN, 2005). A deficiência de zinco é um limitante da produção agrícola em todo o mundo. Cerca de 50% dos solos usados para a produção de grãos no mundo são deficientes em Zn (FAGERIA et al., 2002; ALLOWAY, 2008). De acordo com Sfredo et al. (2009) o nível crítico de Zn nos solos do Cerrado para a cultura da soja é de  $0,6 \text{ mg dm}^{-3}$ , extraído pelo método Mehlich 1.

A deficiência de Zn nos solos se deve a fatores como: baixa disponibilidade, principalmente em solos mais intemperizados como os latossolos, que possuem alta capacidade de retenção do micronutriente (GALRÃO, 2002); lixiviação nos solos arenosos com baixos teores de matéria orgânica; solos com pequena reserva de zinco total devido ao material de origem (VALLADARES et al., 2009); e utilização de calcário para correção da

acidez do solo (FAGERIA, 2000), pois quando o pH se eleva diminui a disponibilidade de Zn (PRADO et al., 2007). A deficiência de Zn é relatada em várias culturas anuais cultivadas em solo de Cerrado (BARBOSA FILHO et al., 1994; BATAGLIA; RAIJ, 1994; GALRÃO, 1994).

Em relação às interações com os nutrientes, o Zn possui uma interação não competitiva com o fósforo (P) (FERNANDES et al., 2007), porém na literatura não há um consenso do efeito antagônico entre esses dois nutrientes. No entanto, a interação do Zn com o cálcio, magnésio e potássio é do tipo competitiva, pois competem pelo mesmo sítio de absorção (MARSCHNER, 1995). Assim, em solos com teores elevados de um desses macronutrientes, pode haver redução da absorção de Zn (TAIZ e ZEIGER, 2009), mesmo em solos com teores adequados desse micronutriente (GALRÃO, 2002).

De acordo com Faquin (2005) as possíveis causas atribuídas ao antagonismo entre P e Zn são: precipitação de compostos de P-Zn no solo; inibição não competitiva no processo de absorção e, principalmente, o efeito de diluição, que pode ser entendido como a diminuição do teor de um nutriente na matéria seca, no caso o Zn, devido ao crescimento da planta em resposta a aplicação de outro nutriente, no caso o P. Assim, o crescimento da planta em resposta à aplicação do P, pode diluir o teor de Zn na matéria seca a valores abaixo do nível crítico, favorecendo o aparecimento de sintomas de deficiência do micronutriente.

#### 3.4.2 Importância do zinco para a cultura da soja

A exigência de Zn pelas plantas é consequência deste elemento atuar como ativador de várias enzimas, como sintetase do triptofano, desidrogenase (alcoólica, glutâmica e láctica), aldolases e anidrase carbônica (SFREDO, 2008). Essas enzimas ativadas pelo Zn estão envolvidas no metabolismo dos carboidratos, manutenção da integridade das membranas celulares, síntese de proteínas, regulação de auxina e síntese e formação de pólen (MARSCHNER, 1995). O regulamento e a manutenção da expressão gênica necessária para a tolerância aos estresses ambientais nas plantas também são dependentes de Zn (CAKMAK, 2000).

A ausência de Zn reduz a síntese do triptofano, diminuindo a síntese do ácido indolil-3-acético (AIA) e, por isso, as células ficam menores, pois o AIA é responsável pelo alongamento celular (SFREDO, 2008; TAIZ e ZEIGER, 2009). Sua deficiência diminui o nível de RNA, prejudicando a síntese de proteínas, através da RNAase que hidrolisa o RNA, causa encurtamento dos internódios, com produção de folhas pequenas, cloróticas e

lanceoladas, e as folhas mais novas ficam com clorose internerval de coloração amarelo-ouro e as nervuras com cor verde escura (SFREDO, 2008).

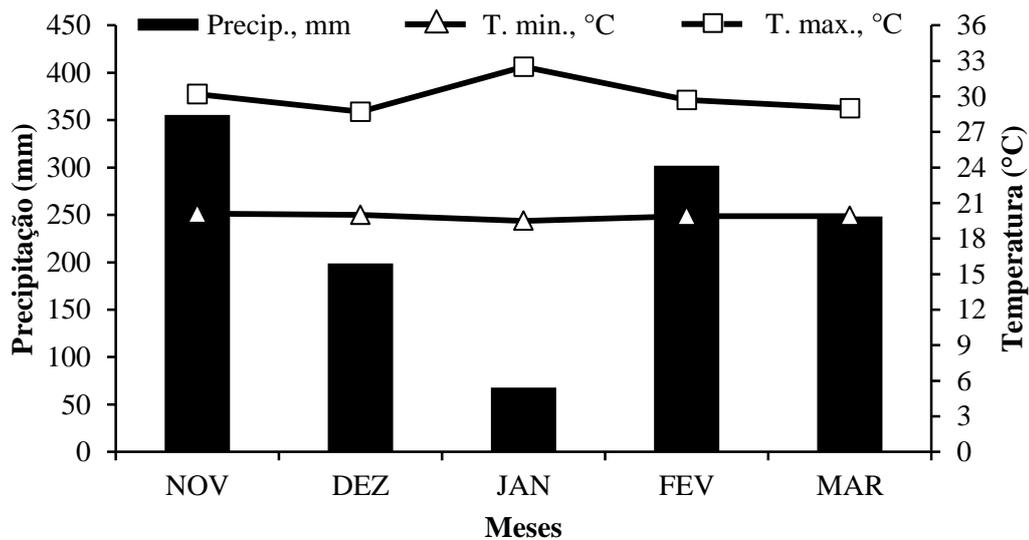
A deficiência de Zn também pode afetar negativamente a qualidade dos produtos colhidos, pois aumenta a suscetibilidade das plantas aos danos por alta intensidade de luz ou temperatura e aumenta os danos por doenças fúngicas (MARSCHNER, 1995; ÇAKMAK, 2000). O Zn também pode afetar a capacidade de absorção e transporte de água nas plantas e sua deficiência aumenta os efeitos adversos de curtos períodos de estresse térmico e salino (KASIM, 2007; PECK e McDONALD, 2010; TAVALLALI et al., 2010; DISANTE et al., 2011).

Vários pesquisadores têm relatado a influência do Zn no aumento da altura de plantas de soja (EL HAGGAN 2014), do número de vagens por planta (CHOUDHARY et al., 2014; EL SAYED et al., 2015), da massa de 100 grãos ( EL HAGGAN 2014; KOBRAEE e SHAMSI 2015) e da produtividade de grãos (INOCÊNCIO et al., 2012; KERAM et al., 2014).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em campo na safra 2014/15, na área experimental da Universidade Estadual de Goiás, Campus de Ipameri, localizada no município de Ipameri-GO com 17° 43' de latitude sul e 48° 22' de longitude oeste e altitude de 800 m. O clima da região é definido como Tropical Úmido (AW), constando temperaturas elevadas com chuvas no verão e seca no inverno (Köppen e Geiger 1928), apresentando temperatura máxima média anual de 30,62°C, temperatura mínima média anual de 18,3°C, precipitação média anual de 1.334 mm e umidade relativa média anual de 65,85% (INMET, 2016). Na Figura 1 são apresentadas a precipitação total, temperatura mínima média e temperatura máxima média, de cada mês, no período em que foi conduzido o experimento.



**Figura1:** Variações da precipitação (Precip., mm), temperatura mínima média (T. min., °C) e temperatura máxima média (T. max., °C), médias mensais na região de Ipameri - GO. Ipameri - GO, 2014/15. Fonte: INMET, 2016.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico com textura argilosa (EMBRAPA, 2013). As características físico-químicas do solo, antes da instalação do experimento, avaliadas na camada de 0 a 0,20 m, segundo metodologia proposta por Ribeiro et al. (1999) foram: 6,4 mg dm<sup>-3</sup> de P (Mehlich 1); 20 mg dm<sup>-3</sup> de M.O.; 4,7 de pH (CaCl<sub>2</sub>); 0,25; 1,0; 0,4 e 3,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K, Ca, Mg e H+Al

respectivamente;  $0,8 \text{ mg dm}^{-3}$  de Zn e 32% de saturação por bases, os atributos físicos da granulometria foram: 475, 75 e  $450 \text{ g dm}^{-3}$  de argila, silte e areia, respectivamente.

#### 4.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 10 tratamentos e quatro repetições, dispostos em esquema fatorial  $2 \times 5$ , sendo: duas épocas de aplicação de zinco [(estádio V9 (oitava folha trifoliolada completamente desenvolvida) e R1 (início do florescimento)] e cinco doses ( $0, 3, 6, 9$  e  $12 \text{ kg ha}^{-1}$  de zinco), sendo a fonte de zinco utilizada o sulfato de zinco (20% de Zn), aplicado via solo.

#### 4.3 Implantação e condução do experimento

Antes da implantação do experimento foram coletadas amostras do solo da área na camada de 0 a 0,20 m, seguindo-se as recomendações de Sanzonowicz (2004), para avaliação das características químicas, as quais foram apresentadas anteriormente. De acordo com a análise do solo, foi aplicada  $1 \text{ Mg ha}^{-1}$  de calcário aos 30 dias antes do plantio (SOUSA e LOBATO, 2004).

A semeadura foi realizada no dia 20 de novembro de 2014 utilizando uma semeadora para plantio direto com oito linhas e espaçamento entre linhas de 0,45 m. A adubação de base foi realizada simultaneamente à semeadura aplicando-se a quantidade indicada na análise de solo, sendo aplicados  $350 \text{ kg ha}^{-1}$  da fórmula 02-20-18, equivalente à aplicação de  $7 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $63 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

Foi utilizada a cultivar M 7739 IPRO com uma população aproximada de 290 mil plantas por hectare. Esta cultivar apresenta ampla adaptabilidade, resistência ao acamamento, resistência às raças 1 e 3 do nematoide de cisto, ótima estabilidade e possui hábito de crescimento semideterminado (SEMENTES ADRIANA, 2016).

As sementes foram tratadas com inseticida (tiametoxan,  $100 \text{ g } 100 \text{ kg}^{-1}$  de sementes), fungicida (fludioxonil,  $200 \text{ ml } 100 \text{ kg}^{-1}$  de sementes) e inoculante de rizóbio. Nos estádios V9 e R1 foram aplicadas as doses de zinco referentes aos respectivos tratamentos. O adubo foi aplicado em superfície e distribuído a uma distância de 0,1 m da linha da cultura. O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado quando necessário de acordo com Tecnologias de Produção de Soja (2013).

As parcelas experimentais foram constituídas de seis linhas com 0,45 m de espaçamento entre linhas e 5 m de comprimento, totalizando  $13,50 \text{ m}^2$  por parcela e área útil

de 5,40 m<sup>2</sup>, pois foram consideradas para as avaliações apenas as quatro linhas centrais e foi descartado 1 metro de cada extremidade das linhas avaliadas.

A colheita foi realizada manualmente quando a cultura apresentou maturidade fisiológica. Para avaliar a produtividade as plantas foram trilhadas em uma trilhadora acoplada à tomada de potência do trator.

#### 4.4 Características avaliadas

Foram avaliadas as seguintes características:

**Teor foliar de zinco:** foi coletado o terceiro trifólio, sem o pecíolo, a partir do ápice em 30 plantas na área útil de cada parcela no final do florescimento (estádio R3) (TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA, 2013). Após a coleta as folhas foram lavadas e colocadas em sacos de papel e levadas para estufa de circulação forçada de ar (65°C) até atingirem peso constante. Após secas, as folhas foram moídas em moinho tipo Willey, para determinação dos teores totais de Zn, segundo Malavolta et al. (1997). As determinações do teor foliar de Zn foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí

**Teor de clorofila Spad:** foi avaliado fazendo-se a leitura do teor de clorofila em três folhas da área útil de cada parcela com o auxílio de um clorofilômetro portátil (clorofiLOG modelo CFL 1030) quando as plantas estavam em estágio R3.

**Altura de planta:** foi determinada quando as plantas estavam em estágio de maturação fisiológica (R8), medindo-se com o auxílio de uma trena de escala graduada a distância entre a superfície do solo e o ponto de inserção da última folha em seis plantas da área útil de cada parcela.

**Diâmetro do caule:** foi determinado no estágio R8, medindo-se seis plantas da área útil de cada parcela. Os caules foram medidos a uma altura de 5 cm acima do nível do solo com o auxílio de um paquímetro digital.

**Altura de inserção da primeira vagem:** foi determinada no estágio R8, medindo-se com o auxílio de uma trena de escala graduada a distância entre a superfície do solo e o ponto de inserção da primeira vagem em seis plantas da área útil de cada parcela.

**Número de vagens por planta:** foram coletadas seis plantas da área útil de cada parcela no estágio R8 e contadas as vagens de cada planta.

**Número de grãos por vagem:** foram coletadas seis plantas da área útil de cada parcela quando as plantas encontravam-se em R8 e contou-se o número total de grãos em cada vagem e dividiu pelo total de vagens de cada planta.

**Número de nós reprodutivos por planta:** foram coletadas seis plantas da área útil de cada parcela quando as plantas encontravam-se em R8 e contou-se o número de nós com pelo menos uma vagem.

**Massa de 100 grãos:** foi determinada pela média de quatro amostras de 100 grãos de cada parcela. Os grãos foram contados manualmente e submetidos à pesagem e à determinação imediata da umidade, através de um medidor do conteúdo de água de grãos, portátil, Gehaka modelo G800. Após a determinação da umidade foi efetuada a correção do grau de umidade para 13%, visando a comparação das médias dos tratamentos na mesma base.

**Produtividade de grãos:** foi obtida a partir da trilha e pesagem dos grãos oriundos de todas as plantas colhidas na área útil das parcelas experimentais. A produtividade de cada parcela foi convertida para kg ha<sup>-1</sup> e devidamente corrigida para 13% de umidade.

**Qualidade fisiológica das sementes:** Para avaliar a qualidade fisiológica das sementes foram realizados os testes de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), envelhecimento acelerado e tetrazólio. Para ambos os testes foram utilizadas oito repetições de 50 sementes de cada tratamento.

No teste de germinação as sementes foram semeadas em papel toalha umedecido com água destilada equivalente a três vezes a massa do papel seco. Foram confeccionados rolos e estes levados para germinador regulado a 25°C. Foram realizadas avaliações do número de plântulas normais aos cinco e oito dias após a semeadura de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A primeira contagem foi considerada um indicativo do vigor, e a contagem final, a porcentagem total de germinação das sementes.

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi realizado em conjunto com o teste de germinação, onde o índice de velocidade para cada tratamento foi calculado segundo a fórmula proposta por Maguire (1962).

No teste de envelhecimento acelerado as sementes foram dispostas sobre tela de aço inox inserida no interior de caixas plásticas (gerbox) contendo 40 ml de água destilada. Posteriormente, as caixas foram levadas à câmara de germinação a 41°C por 48 horas (MARCOS FILHO, 1999). Após esse período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrito anteriormente e a contagem da germinação foi avaliada aos cinco dias após a semeadura.

No teste de tetrazólio as sementes foram pré-condicionadas em papel toalha tipo germitest umedecido com água destilada por 16 horas em germinador a 25°C. Decorrido esse período, as sementes foram transferidas para copos plásticos e imersas em solução de

tetrazólio (0,075%) por 3 horas, em estufa incubadora a 40°C, no escuro. Após o processo de coloração, realizou-se a contagem das sementes viáveis (BRASIL, 2009).

#### **4.5 Análise estatística**

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para analisar as influências significativas das doses de Zn sobre as características avaliadas, trabalhou-se com análises de regressão. Foi utilizado o programa de análise estatística Sanest (ZONTA e MACHADO, 1987).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios para o fator épocas de aplicação sobre as características altura de planta, diâmetro do caule, número de nós reprodutivos por planta, número de vagens por planta e teor de clorofila Spad encontram-se na Tabela 2. Nenhuma destas características apresentou diferença significativa em relação às épocas de aplicação de Zn. Pode-se observar também nesta tabela que os coeficientes de variação (CV) são considerados baixos ou médios (PIMENTEL GOMES, 1985), indicando ótima precisão experimental, ocorrendo baixa interferência dos fatores não controlados.

A altura de plantas teve influência significativa das doses de Zn apresentando efeito linear crescente com as maiores alturas sendo obtidas com as maiores doses de Zn (2A). As médias obtidas com as diferentes doses variaram de 57,58 a 63,4 cm. Essa variação representa um aumento de 10,1% entre a menor e a maior dose de Zn. Resultados semelhantes foram encontrados por El Haggan (2014) e El Sayed et al. (2015), que verificaram um aumento 5,05 e 23,14%, na altura de plantas de soja e canola, respectivamente, com aplicação foliar de Zn. Keram et al. (2014) avaliando a adubação com Zn na cultura do trigo também verificaram um aumento de 19,11% na altura de plantas de trigo com a aplicação de 10 kg ha<sup>-1</sup> de Zn, em relação a dose de 0 kg ha<sup>-1</sup> de Zn.

**Tabela 2.** Valores médios de altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de nós reprodutivos por planta (NRP), número de vagens por planta (VP) e teor de clorofila Spad (CLOR) em função das diferentes épocas de adubação com zinco na cultura da soja. Ipameri - GO, 2015

Tratamento	AP (m)	DC (mm)	NRP	VP	CLOR (Spad)
Épocas					
V9	60,34 a	6,45 a	22,78 a	55,51 a	40,98 a
R1	60,32 a	6,60 a	22,81 a	53,75 a	41,12 a
Test F	0,279 <sup>ns</sup>	1,529 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,6179 <sup>ns</sup>	0,242 <sup>ns</sup>
Regressão	L	Q	L	L	--
Interação	0,118 <sup>ns</sup>	1,591 <sup>ns</sup>	0,573 <sup>ns</sup>	0,641 <sup>ns</sup>	0,153 <sup>ns</sup>
CV (%)	6,14	5,66	13,29	12,95	2,11

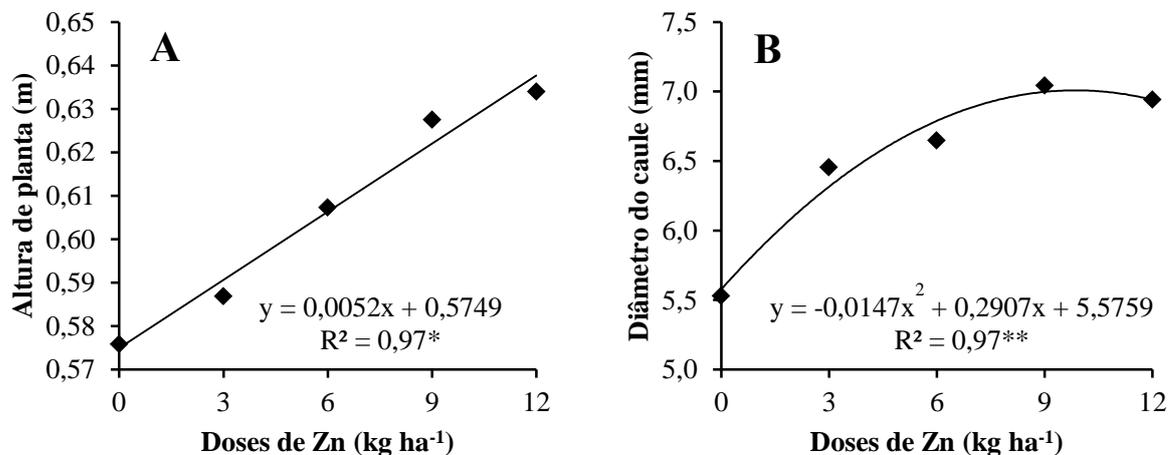
Médias na mesma coluna, seguidas por letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $P \leq 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo; Q: modelo quadrático; L: modelo linear.

Esse maior desenvolvimento das plantas de soja pode ser explicado devido ao fato de o Zn ser um micronutriente muito importante para o crescimento das plantas. O Zn atua como

ativador de várias enzimas, no metabolismo da auxina e está relacionado com o metabolismo do nitrogênio. Assim, plantas bem nutridas com Zn apresentam divisão e alongamento celular mais rápidos, aumentam a síntese de proteínas, e melhoram o desenvolvimento radicular, melhorando a absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, aumentando o crescimento (SFREDO, 2008; MEHANDI, 2012; HAFEEZ et al. 2013; SADEGHZADEH, 2013).

A variável diâmetro do caule teve influência significativa das doses de Zn apresentando efeito quadrático (Figura 2B). As médias obtidas com as diferentes doses variaram de 5,53 a 7,04 mm, sendo que a menor média foi obtida na dose de 0 kg ha<sup>-1</sup> de Zn e a maior na dose de 9,88 kg ha<sup>-1</sup> de Zn.

O diâmetro do caule é uma variável muito importante, pois plantas com maior diâmetro de caule são mais resistentes ao acamamento (MARTINS et al., 1999), principalmente quando ocorre um maior crescimento das plantas como no presente trabalho. Além disso, caules mais grossos suportam um maior número de galhos e vagens aumentando a produtividade (CARVALHO et al., 2013).

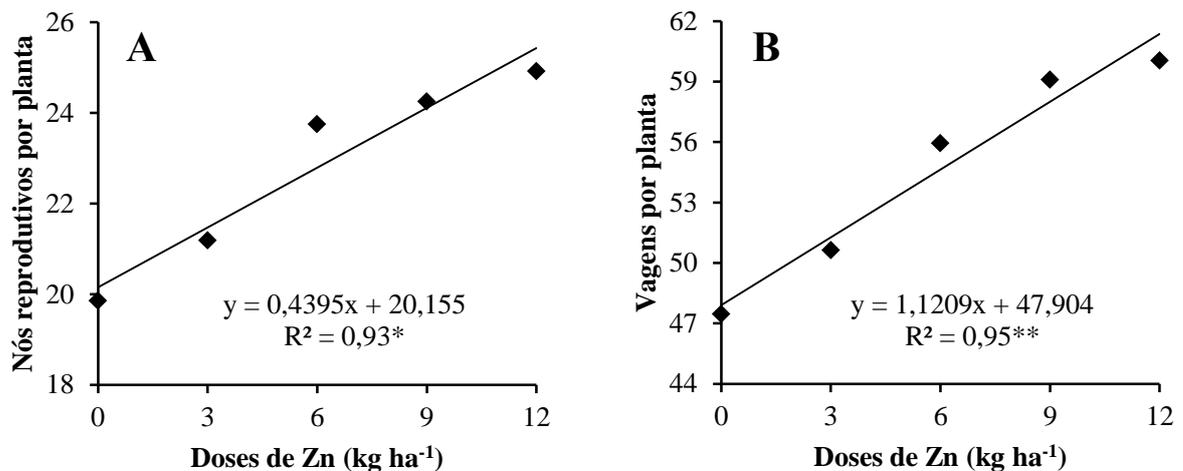


**Figura 2:** Altura de planta (A) e diâmetro do caule (B) em função das doses de Zn aplicadas na cultura da soja. Ipameri - GO, 2015. \*\*, \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

A variável número de nós reprodutivos por planta teve influência significativa das doses de Zn apresentando efeito linear positivo (Figura 3A). As médias obtidas com as diferentes doses variaram de 19,86 a 24,92 nós reprodutivos por planta. O número de nós para o surgimento das estruturas reprodutivas está relacionado com o desenvolvimento vegetativo das plantas. Assim, plantas com maior desenvolvimento de ramos terão maior número de nós (NAVARRO JÚNIOR e COSTA, 2002), como ocorreu no presente trabalho.

A deficiência hídrica causa forte redução no crescimento das plantas e na emissão de ramos reduzindo o número de nós que poderiam produzir vagens (MUNDSTOCK, 2005). Durante a condução do experimento ocorreu um déficit hídrico na cultura da soja no mês de janeiro, sendo que durante todo o mês a precipitação total foi de apenas 67,8 mm (Figura 1). Dessa forma, nos tratamentos com as menores doses de Zn ocorreu um menor desenvolvimento das plantas (Figura 2A) e, conseqüentemente, um menor número de nós reprodutivos (Figura 3A).

Para a variável número de vagens por planta ocorreu influência significativa das doses de Zn apresentando efeito linear positivo (Figura 3B). As médias obtidas com as diferentes doses variaram de 47,46 a 60,04 vagens por planta. Essa variação entre a dose de 0 a 12 kg ha<sup>-1</sup> de Zn representa um aumento de 26,5%. El Haggan (2014) e El Sayed et al. (2015) verificaram um aumento de 13,48% e 38,42%, respectivamente, no número de vagens por planta com a aplicação foliar de Zn. Choudhary et al. (2014) também verificaram aumento no número de vagens por planta de soja com aplicação de Zn.



**Figura 3:** Número de nós reprodutivos por planta (A) e número de vagens por planta (B) em função das doses de Zn aplicadas na cultura da soja. Ipameri - GO, 2015. \*\*, \* : significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

O número de vagens por planta é um componente de produção intimamente ligado ao número de nós reprodutivos por planta, desta forma plantas com maior número de nós reprodutivos, provavelmente, terão mais vagens, sendo que, o número de vagens por planta controla o número de grãos por planta e conseqüentemente, a produtividade. Dalchiavon e Carvalho (2012) verificaram que o número de vagens por planta foi o componente de produção que mais teve correlação com a produtividade da soja.

Para a variável teor de clorofila Spad não houve efeito significativo entre as doses de Zn (Tabela 2). O teor de clorofila nas folhas está diretamente relacionado com o potencial fotossintético das plantas (TAIZ e ZEIGER, 2009). Nogueira et al. (2010) destacam que as leituras do clorofilômetro fornecem um indicativo do desenvolvimento vegetativo e da produtividade da cultura da soja, destacando que níveis elevados são importantes para manutenção e enchimento de grãos ou acúmulo de reservas.

Os valores de clorofila Spad encontrados neste trabalho variaram de 40,98 a 41,12 para as adubações com Zn nos estádios V9 e R1, respectivamente. Estes valores são superiores aos relatados por Rodrigues et al. (2013) que trabalhando com o teor de clorofila de folhas de soja em resposta ao ataque de percevejo, obtiveram a média de 35,86 (unidade Spad) no tratamento sem ataque de percevejo.

Os valores médios para o fator épocas de aplicação sobre as características número de grãos por vagem, teor foliar de Zn, altura de inserção da primeira vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos encontram-se na Tabela 3. Pode-se observar também nesta tabela que todos os CV são considerados baixos (PIMENTEL GOMES, 1985), indicando ótima precisão experimental, ocorrendo baixa interferência dos fatores não controlados. Para as variáveis número de grãos por vagem e altura de inserção da primeira vagem não houve diferença significativa em relação às épocas de aplicação de Zn.

Na variável número de grãos por vagem também não ocorreu diferença significativa entre as doses de Zn (Tabela 3). Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Peruchi (2009) que também não encontrou diferença significativa no número de grãos por vagem com a aplicação foliar de Zn na soja. Porém, estes resultados divergem dos encontrados por Garcia et al. (2009) que verificaram que a aplicação de Zn e cobre (Cu) via semente e foliar proporcionou um aumento no número de grãos por vagem em relação a testemunha. Choudhary et al. (2014) ao avaliarem a influência da adubação com Zn na soja, também verificaram um aumento no número de grãos por vagem quando se aplicou 10 kg ha<sup>-1</sup> de Zn.

Essas variações nos resultados de pesquisa sobre o número de grãos por vagem podem ser explicadas pelo fato de este componente de produção ser uma característica genética e sofre pouca influência do ambiente (SOUZA et al., 2010). O número de grãos por vagem, dentre os componentes de produção, é o que apresenta menor variação entre diferentes situações de cultivo (MUNDSTOCK, 2005). De acordo com Board e Kahlon (2011) quando ocorre estresse hídrico, como ocorreu no presente trabalho, há uma redução no número de

grãos por planta, porém essa redução está relacionada a uma redução no número de vagens por planta (Figura 3B) em vez de grãos por vagem.

**Tabela 3.** Valores médios do número de grãos por vagem (GV), teor foliar de zinco (TFZn), altura de inserção da primeira vagem (IPV), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PROD) em função das diferentes épocas de adubação com zinco na cultura da soja. Ipameri - GO, 2015

Tratamento	GV	TFZn (mg kg <sup>-1</sup> )	IPV (cm)	M100 (g)	PROD (kg ha <sup>-1</sup> )
Épocas					
V9	2,29 a	61,71 a	17,99 a	17,19 a	3.037 a
R1	2,26 a	57,69 b	17,61 a	16,58 b	2.826 b
Test F	1,121 <sup>ns</sup>	19,486 <sup>**</sup>	0,699 <sup>ns</sup>	7,156 <sup>*</sup>	19,091 <sup>**</sup>
Regressão	--	L	L	L	L
Interação	1,875 <sup>ns</sup>	0.801 <sup>ns</sup>	0,398 <sup>ns</sup>	0,520 <sup>ns</sup>	0,539 <sup>ns</sup>
CV (%)	4,40	4,83	8,11	4,27	5,22

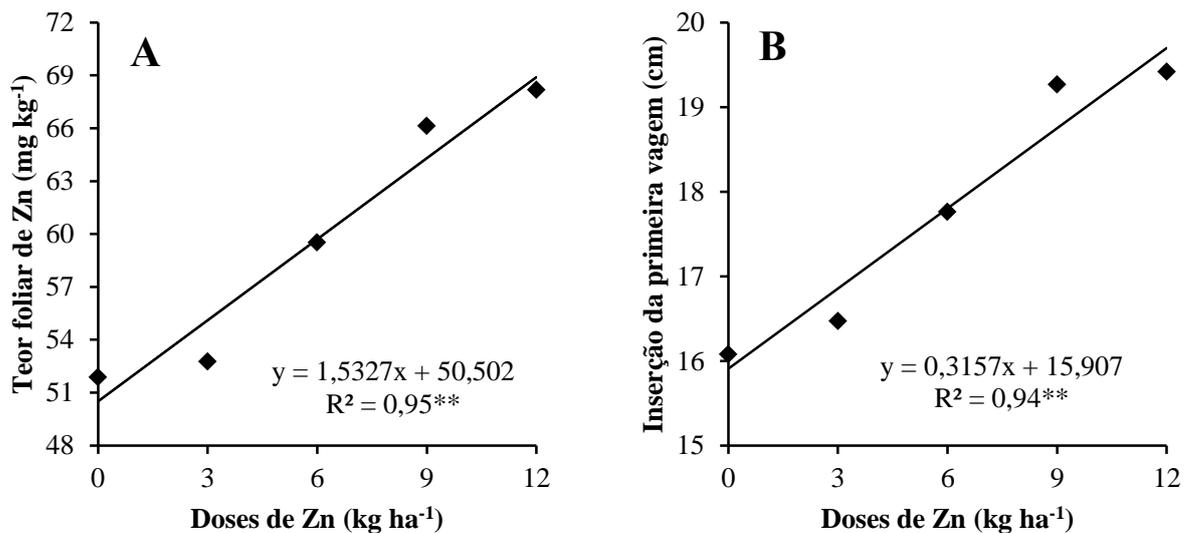
Médias na mesma coluna, seguidas por letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $P \leq 0,05$ ). \*\*, \*, <sup>ns</sup>, L: significativo a 1 e 5% de probabilidade, não significativo e modelo linear, respectivamente.

Para a variável teor foliar de Zn houve diferença significativa tanto para as épocas, quanto para as doses de Zn. Em relação às épocas de aplicação de Zn o maior teor foliar de Zn foi encontrado em V9, o qual diferiu estatisticamente do valor de R1 (Tabela 3). Provavelmente ocorreu maior absorção de Zn quando este micronutriente foi aplicado no estágio V9. Para as doses o teor foliar de Zn apresentou comportamento linear positivo (Figura 4A). As médias obtidas com as diferentes doses variaram de 51,88 a 68,19 mg kg<sup>-1</sup> entre a menor e a maior dose. Esses teores foliares de Zn encontrados neste trabalho estão dentro dos limites considerados suficientes, que variam de 41 a 78 mg kg<sup>-1</sup> de acordo com Kurihara et al. (2008), esses valores referem-se à coleta de folhas sem o pecíolo em estágio R2.

Neste trabalho não foram encontrados sintomas de deficiência de Zn em nenhum dos tratamentos, inclusive nas doses de 0 kg ha<sup>-1</sup> de Zn. Esse fato concorda com os resultados encontrados na análise foliar de Zn, onde todos os tratamentos se encaixaram na faixa de suficiência. Embora todos os teores foliares de Zn tenham sido suficientes, ocorreu uma maior absorção deste micronutriente onde foram aplicadas as maiores doses. Esses resultados se assemelham aos encontrados por De Muner et al. (2011) que verificaram aumento linear nos teores foliares de Zn na cultura do milho em relação às doses desse micronutriente aplicadas no solo, variando de 0 a 16 kg ha<sup>-1</sup> de Zn.

Embora tenha ocorrido aumento linear no teor foliar de Zn, possivelmente grande parte da quantidade aplicada desse micronutriente não foi absorvida pelas plantas, pois em nenhuma das doses aplicadas foram encontrados teores considerados altos para o Zn no tecido foliar.

Na variável altura de inserção da primeira vagem houve influência significativa das doses de Zn apresentando efeito linear positivo (Figura 4B). As médias obtidas com as diferentes doses variaram de 16,08 a 19,42 cm entre a menor e a maior dose.



**Figura 4:** Teor foliar de zinco (A) e altura de inserção da primeira vagem (B) em função das doses de Zn aplicadas na cultura da soja. Ipameri - GO, 2015. \*\*: significativo a 1% de probabilidade.

A altura de inserção da primeira vagem está diretamente relacionada com a altura de plantas, sendo que essas características podem receber influência do ambiente e/ou práticas culturais e estão fortemente relacionadas com as cultivares de soja (LEMOS et al., 2011). Como pode ser observado neste trabalho, a altura de inserção da primeira vagem (Figura 4B) variou de acordo com a variação da altura de plantas (Figura 2A), confirmando que essas características estão intimamente ligadas.

A altura de inserção da primeira vagem é uma característica importante, pois determina a regulagem da altura da barra de corte da colhedora, visando obter a máxima eficiência durante a colheita (SILVA et al., 2016). Para diminuição de perdas durante a colheita mecanizada a altura de inserção da primeira vagem deve ser superior a 10 cm (VALADÃO JUNIOR et al., 2008). Dessa forma as alturas de inserção da primeira vagem encontradas neste trabalho são consideradas adequadas para a colheita mecanizada.

Para a variável massa de 100 grãos ocorreu diferença significativa tanto para as épocas de aplicação quanto para as doses de Zn. Em relação às épocas de aplicação o maior teor foliar de Zn foi encontrado em V9, o qual diferiu estatisticamente do valor de R1 (Tabela 3). Para as doses a massa de 100 grãos apresentou comportamento linear positivo à medida que se aumentou as doses de Zn (Figura 5A). As médias obtidas com as diferentes doses variaram de 16,10 a 17,54 g entre a menor e a maior dose. Essa variação no peso representa um acréscimo de 8,9%, este resultado foi semelhante ao encontrado por El Haggan (2014) que verificou um aumento de 11,88% na massa de 100 grãos com a aplicação foliar de Zn na soja. Choudhary et al. (2014), Keram et al. (2014) e Kobraee e Shamsi (2015) também verificaram aumento na massa de grãos de soja, trigo e soja, respectivamente, com a aplicação de Zn nessas culturas.

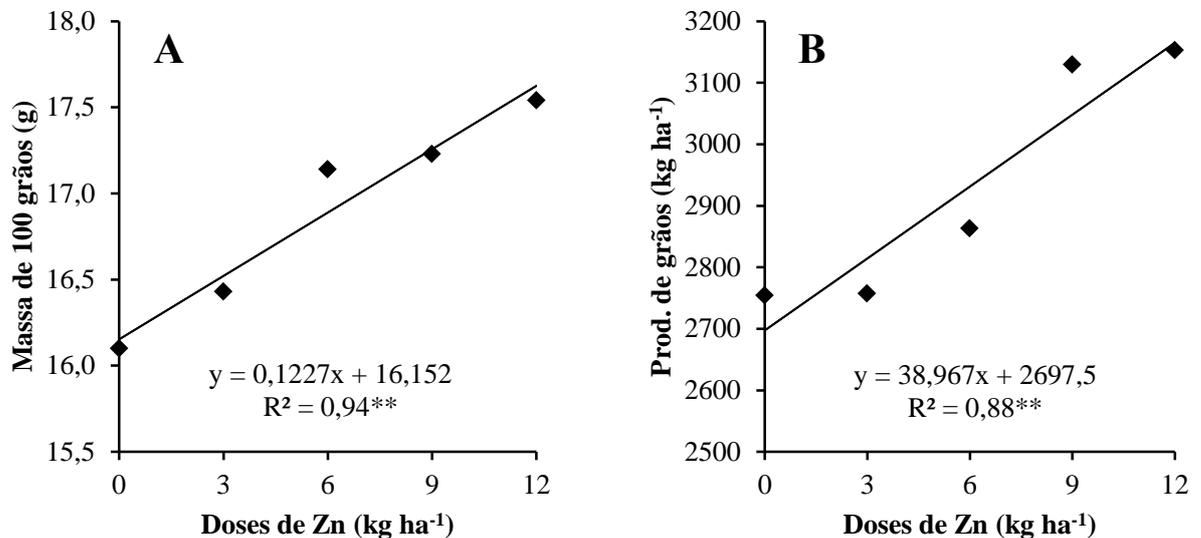
A massa de grãos apresentou aumento, em relação às doses, semelhante ao aumento encontrado para o teor foliar de Zn. Essa relação se deve ao fato de o Zn desempenhar importantes funções nas plantas, entre elas podemos destacar seu importante papel no metabolismo do nitrogênio e dos carboidratos e na síntese de aminoácidos e proteínas (SADEGHZADEH, 2013; KERAM et al., 2014). Assim, como a formação de grãos depende de proteínas e carboidratos na planta (BELOW, 2002) a massa de grãos está diretamente relacionada com o suprimento de Zn.

Os valores médios de produtividade em relação às épocas de aplicação de Zn estão na Tabela 3. Verifica-se que ocorreu diferença significativa entre as épocas, sendo que as aplicações em V9 apresentaram médias superiores às médias encontradas em R1. As maiores médias encontradas em V9 podem ser explicadas pelo fato de ter ocorrido uma maior absorção de Zn quando esse micronutriente foi aplicado nesse estágio, como pode ser verificado nos teores foliares de Zn (Figura 4A). Além disso, a massa de 100 grãos também apresentou maiores valores para V9 (Figura 5A) influenciando significativamente a produtividade.

Em relação às doses a produtividade apresentou acréscimo linear com a elevação das doses de Zn (Figura 5B). As médias obtidas com as diferentes doses variaram de 2.754 a 3.153 kg ha<sup>-1</sup>, representando um acréscimo de 14,5% quando se aplicou 12 kg ha<sup>-1</sup> de Zn, concordando com Keram et al. (2014) que encontraram um aumento de produtividade de 19,19% quando se aplicou 10 kg ha<sup>-1</sup> de Zn na cultura do trigo.

Esse comportamento linear da produtividade foi semelhante ao comportamento apresentado pelo número de nós reprodutivos por planta, número de vagens por planta, e

massa de 100 grãos, mostrando que esses caracteres estão intimamente ligados com a produtividade e que é muito importante avaliá-los.



**Figura 5:** Massa de 100 grãos (A) e produtividade de grãos (B) em função das doses de Zn aplicadas na cultura da soja. Ipameri - GO, 2015. \*\*: significativo a 1% de probabilidade.

Cada trabalho pode apresentar uma determinada resposta ao uso do Zn, dependendo da cultivar utilizada, das condições edafoclimáticas, do sistema de manejo, entre outros fatores. Inocêncio et al. (2012) obtiveram aumento da produtividade da soja com adubação com Zn mesmo em solo com o teor elevado ( $3,6 \text{ mg dm}^{-3}$ ) desse micronutriente. Porém, Mallarino et al. (2014a), Mallarino et al. (2014b) e Mallarino et al. (2014c) não encontraram aumento significativo na produtividade da soja e do milho com aplicação de Zn em solos com teores desse micronutriente considerados adequados ou altos para os solos da região.

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios do fator épocas de aplicação de Zn para os testes de germinação, índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado e tetrazólio. Pode-se observar também nesta tabela que apenas o CV da primeira contagem de germinação do teste de envelhecimento acelerado foi considerado médio, sendo que os demais são considerados baixos (PIMENTEL GOMES, 1985), indicando ótima precisão experimental, ocorrendo baixa interferência dos fatores não controlados.

No teste de germinação foram realizadas duas contagens, sendo que em ambas não ocorreu diferença significativa para as épocas de aplicação nem para as doses de Zn (Tabela 4). Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Vieira et al. (1987) que não verificaram efeito significativo da adubação da cultura da soja com Zn sobre a germinação de sementes.

**Tabela 4.** Valores médios da primeira contagem de germinação (PCG), germinação total (GT), índice de velocidade de germinação (IVG), envelhecimento acelerado (EA) e viabilidade de sementes avaliada pelo teste de tetrazólio (TZ) em função das diferentes épocas de adubação com zinco na cultura da soja. Ipameri - GO, 2015

Tratamento	PCG (%)	GT (%)	IVG	EA (%)	TZ (%)
Épocas					
V9	78,7 a	92,8 a	10,72 a	60,1 a	85,0 a
R1	78,4 a	92,1 a	10,66 a	56,9 a	85,8 a
Test F	0,017 <sup>ns</sup>	0,443 <sup>ns</sup>	0,117 <sup>ns</sup>	1,332 <sup>ns</sup>	0,203 <sup>ns</sup>
Regressão	--	--	--	Q	--
Interação	0,963 <sup>ns</sup>	0,308 <sup>ns</sup>	0,777 <sup>ns</sup>	3,155 <sup>ns</sup>	0,639 <sup>ns</sup>
CV (%)	9,19	3,60	5,19	14,99	6,58

Médias na mesma coluna, seguidas por letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $P \leq 0,05$ ). \*\*, \*, <sup>ns</sup>, Q: significativo a 1 e 5% de probabilidade, não significativo e modelo quadrático, respectivamente.

A primeira contagem de germinação foi realizada aos cinco dias após a semeadura e foi utilizada como um indicativo do vigor das sementes, pois sementes mais vigorosas germinam mais rápido. As porcentagens de germinação tanto em V9 (78,7%) quanto em R1 (78,4%) são consideradas baixas, pois vários autores têm encontrado porcentagens de germinação acima de 90% para sementes de soja com alto vigor (PICCININ, et al., 2013; RUFINO et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2015).

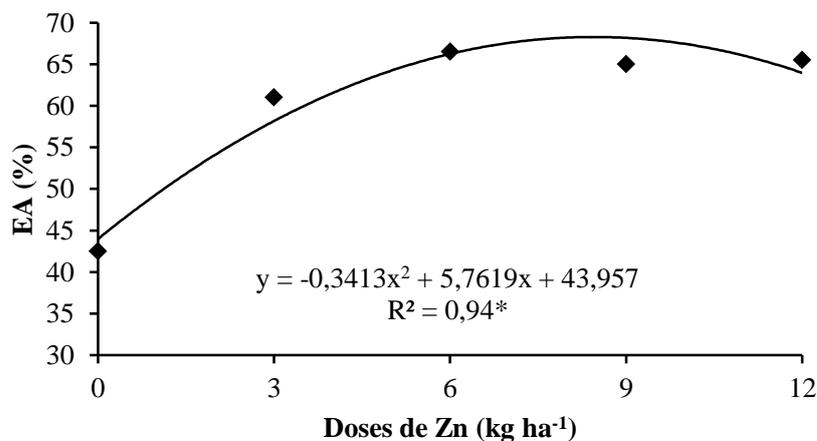
A segunda contagem de germinação foi realizada aos oito dias após a semeadura e foi utilizada para avaliar a germinação total. As porcentagens de germinação em V9 (92,8%) e R1 (92,1%) ficaram acima de 80% que é a porcentagem mínima para produção e comercialização de sementes de soja no Brasil (ABRASEM, 2016).

O índice de velocidade de germinação (IVG) não apresentou diferença significativa entre as épocas de aplicação nem entre as doses de Zn (Tabela 4). De acordo com Silva e Vieira (2006) o IVG é um dos testes de vigor mais conhecidos e de fácil execução, pois a coleta de dados é efetuada no próprio teste de germinação. Este teste considera que sementes que germinam mais rápido são mais vigorosas, havendo relação direta entre a velocidade de germinação e o vigor de sementes.

No teste de envelhecimento acelerado não houve diferença significativa entre as épocas de aplicação de Zn (Tabelas 4). A germinação tanto em V9 (60,1%) quanto em R1 (56,9%) é considerada baixa, pois lotes de sementes com alto vigor apresentam porcentagem de germinação próxima ou superior a 90% (GOMES et al., 2012; PICCININ et al., 2013; RUFINO et al., 2013; BORNHOFEN et al., 2015).

Esse baixo vigor, assim como ocorreu na primeira contagem de germinação, pode ser explicado pelo fato da colheita da soja ter atrasado devido ao excesso de chuva na época da colheita, pois a exposição a alta umidade intensifica a deterioração das sementes (ALENCAR et al., 2008).

O envelhecimento acelerado teve influência significativa das doses de Zn apresentando efeito quadrático (Figura 6). As médias obtidas com as diferentes doses variaram de 42,5 a 66,5%, sendo que a menor média foi obtida na dose de 0 kg ha<sup>-1</sup> de Zn e a maior na dose de 8,4 kg ha<sup>-1</sup> de Zn.



**Figura 6:** Valores de envelhecimento acelerado (EA) em função das doses de Zn aplicadas na cultura da soja. Ipameri - GO, 2015. \*: significativo a 5% de probabilidade.

A viabilidade das sementes avaliada através do teste de tetrazólio não apresentou diferença significativa para as épocas de aplicação nem para as doses de Zn (Tabela 4). A viabilidade em V9 foi de 85% e em R1 de 85,8%, sendo que essas viabilidades são consideradas baixas, pois os pesquisadores têm encontrado viabilidade superior a 90% em lotes de sementes de soja com alta qualidade (SCHEEREN et al., 2010; GOMES et al., 2012).

## 6 CONCLUSÕES

A adubação com Zn influenciou positivamente o teor foliar de Zn, altura de plantas, diâmetro do caule, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, número de nós reprodutivos por planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos.

O teor foliar de Zn, a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos apresentaram diferença significativa entre as épocas de aplicação, com resultados superiores para as médias de V9.

De acordo com estes resultados recomenda-se a adubação com Zn na cultura da soja.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRASEM – Associação Brasileira de Sementes e Mudanças. **Instrução Normativa nº 45, de setembro de 2013**. Disponível em: <<http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2012/10/Instru%C3%A7%C3%A3o-Normativa-n%C2%BA-45-de-17-de-Setembro-de-2013-Padr%C3%B5es-de-Identidade-e-Qualidade-Prod-e-Comerc-de-Sementes-Grandes-Culturas-Republica%C3%A7%C3%A3o-DOU-20.09.13.pdf>>. Acesso em: 07 de janeiro de 2016.
- ABREU, C. A.; LOPES, A. L.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 645-736.
- ALENCAR, E. R. de. Et al. Qualidade dos grãos de soja em função das condições de armazenamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 155-166, 2008.
- ALLOWAY, B. J. **Zinc in soils and crop nutrition**. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2008. 133p.
- APROSOJA. **A história da soja**. Disponível em: <<http://www.aprosoja.com.br/soja-e-milho/a-historia-da-soja>>. Acesso em: 05 de janeiro de 2016.
- BARBOSA FILHO, M. P.; DYNIA, J. F.; FAGERIA, N. K. **Zinco e ferro na cultura do arroz**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 71p. (EMBRAPA-CNPAC. Documentos, 49).
- BATAGLIA, O. C.; MASCARENHAS, H. A. A. **Absorção de nutrientes pela soja**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1977.36p. (Boletim Técnico,41).
- BATAGLIA, O. C.; RAIJ, B. van. Soluções extratoras na avaliação da fitodisponibilidade do zinco em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 457-461, 1994.
- BELOW, F. E. Fisiologia, nutrição e adubação nitrogenada do milho. **Informações Agrônomicas**, Belo Horizonte, n. 99, p. 7-12, 2002.
- BOARD, J. E.; KAHLON, C. S. Soybean yield formation: what controls it and how it can be improved. In: EL-SHEMY, H. A. **Soybean physiology and biochemistry**. InTech Open Access Publish, Rijeka, Croatia, 2011. p. 1-36.
- BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa. Ed. UFV, 2005. 969 p.
- BORNHOFEN, E. Épocas de semeadura e desempenho qualitativo de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 1, p. 46-55, 2015.
- 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. 395p.
- CAKMAK I. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. **New Phytologist** v. 146, p. 185–205, 2000.

CARVALHO, J. C.; VIECELLI, C. A.; ALMEIDA, D. K. Produtividade e desenvolvimento da cultura da soja pelo uso de regulador vegetal. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 2, n. 1, p. 50-60, 2013.

CHOUDHARY, P.; JHAJHARIA, A.; KUMAR, R. Influence of sulphur and zinc fertilization on yield, yield components and quality traits of soybean (*Glycine Max* L.). **The Bioscan**, v. 9, n. 1, p. 137-142, 2014.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos**, v. 2 – Safra 2014/15, n. 12 - décimo segundo levantamento, setembro, 2015.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries históricas**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&&Pagina\\_objcmsconteudos=3#A\\_objcmsconteudos](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos)>. Acesso em: 05 de janeiro de 2016.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. de P. e. Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 541-552, 2012.

DE MUNER, L. H. et al. Disponibilidade de zinco para milho em resposta à localização de fósforo no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 15, n. 1, p. 29–36, 2011.

DISANTE, K. B; FUENTES, D.; CORTINA, J. Response to drought of Zn-stressed *Quercus suber* L. Seedlings. **Environmental and Experimental Botany**, v. 70. p. 96-103. 2011.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353 p.

EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2004. Embrapa Soja. **Sistema de Produção, 1)** Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>>. Acesso em: 05 de janeiro de 2016.

EL HAGGAN, E. A. L. M. A. Effect of micronutrients foliar application on yield and quality traits of soybean cultivars. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 7, n. 11, p. 908-914, 2014.

EL SAYED, S. A. A. et al. Micronutrient and compost induced changes of growth, yield, nutrient and phytochemical content of canola grown in saline soil. **American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture**, v. 9, n. 3, p. 16-22, 2015.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; CLARK, R. B. Micronutrients in crop production. **Advances in Agronomy**, Newark, v.77, p.185-268, 2002.

FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p.390-395, 2000.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 186 p.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. P. 9 (Circular Técnica, 48).

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11p. (Special Report, 80).

FERNANDES, A. R. et al. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de feijó (*Cordia Goeldiana* Huber) em função de doses de fósforo e de zinco. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 599-608, 2007.

FREITAS, M. C. M. A Cultura da Soja no Brasil: O crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. Enciclopédia Biosfera – **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-12, 2011.

GALRÃO, E. Z. Métodos de correção da deficiência de zinco para o cultivo do milho num Latossolo Vermelho-Escuro argiloso sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 229-233, 1994.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. p. 185-226.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. p. 185-226.

GARCIA, G. G.; SILVA, T. R. B.; SECCO, D. Épocas de aplicação e doses de fertilizante a base de cobre e zinco no rendimento de grãos de soja. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 2, n. 4, p. 18-25, 2009.

GOMES, G. D. R. et al. Produção e qualidade fisiológica de sementes de soja em diferentes ambientes de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 2593-2604, 2012.

GOMES, P. **A soja**. 5. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 149 p.

GONÇALVES JÚNIOR, A. C. et al. Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 660-666, 2010.

HAFEEZ, B.; KHANIF, Y. M.; SALEEM, M. Role of zinc in plant nutrition – A review. **American Journal of Experimental Agriculture**, v. 3, n. 2, p. 374-391, 2013.

HARTMAN, G. L.; WEST, E. D.; HERMAN, T. K. Crops that feed the world 2. Soybean-worldwide production, use and constraints caused by pathogens and pests. **Food security**, v. 3, p. 5-17, 2011.

HIRAKURI M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **Evolução e perspectiva de desempenho econômico associados com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro**. 3.ed. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 67p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 319).

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 70p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 349).

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados históricos**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 05 de janeiro de 2016.

INOCÊNCIO, M. F. et al. Resposta da soja à adubação com zinco em solo com teores acima do nível crítico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 10, p. 1550-1554, 2012.

INOCÊNCIO, M. F. **Respostas da soja a diferentes alternativas de adubação de restituição de zinco em solo de cerrado**. 2010, 68f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Lavras. Lavras: UFLA, 2010.

KASIM, W. A. Physiological consequences of structural and ultra-structural change induced by Zn stress in *Phaseolus vulgaris* L. Growth and Photosynthetic apparatus. **International Journal of Botany**, v. 3, n. 1, p. 15-22, 2007.

KERAM, K. S. et al. Effect of zinc fertilization on growth, yield and quality of wheat grown under agro-climatic condition of Kymore Plateau of Madhya Pradesh, Índia. **The Bioscan**, v. 9, n. 4, p. 1479-1483, 2014.

KOBRAEE, S.; SHAMSI, K. Relationships between oil, protein and dry matter in soybean seed with some of micronutrients fertilization. **Research Journal of Soil Biology**, v. 7, n. 2, p. 56-63, 2015.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map. 1928.

KURIHARA, C. H.; STAUT, L. A.; MAEDA, S. **Faixas de suficiência de nutrientes em folhas de soja, em Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, definidas pelo uso do método DRIS de diagnose do estado nutricional**. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 30., 2008, Londrina. Resumos... Londrina: Embrapa Soja, 2008. (Embrapa Soja. Documentos, 304).

LEMOS, N. G. et al. Characterization of genes Rpp2, Rpp4, and Rpp5 for resistance to soybean rust. **Euphytica**, Heildeberg, v. 182, n. 1, p. 53-64. 2011.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H. J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba: POTAFOS, 1985. 136p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MALLARINO, A. et al. Corn and Soybean Yield Response to Micronutrients in Southern Iowa. **Iowa State Research Farm Progress Reports**. Paper 2179, 2014a. Disponível em: <[http://lib.dr.iastate.edu/farms\\_reports/2179](http://lib.dr.iastate.edu/farms_reports/2179)>. Acesso em: 05 de janeiro de 2016.

MALLARINO, A. et al. Corn and Soybean Yield Response to Micronutrients in Central Iowa. **Iowa State Research Farm Progress Reports**. Paper 2113, 2014b. Disponível em: <[http://lib.dr.iastate.edu/farms\\_reports/2113](http://lib.dr.iastate.edu/farms_reports/2113)>. Acesso em: 05 de janeiro de 2016.

MALLARINO, A. et al. Corn and Soybean Yield Response to Micronutrients in Northeast Iowa. **Iowa State Research Farm Progress Reports**. Paper 2206, 2014c. Disponível em: <[http://lib.dr.iastate.edu/farms\\_reports/2206](http://lib.dr.iastate.edu/farms_reports/2206)>. Acesso em: 05 de janeiro de 2016.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.3. p.1-24.

MARQUES, M. C. **Performance de cruzamentos entre genitores tolerantes à ferrugem asiática da soja**. 2014, 110f. Tese (Doutorado) Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2014.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press; 1995. 889 p.

MARSCHNER, P. **Marschner’s mineral nutrition of hight plants**. 3. ed. Oxford: Elsevier, 2012. 643 p.

MARTINS, M. C. et al. Épocas de semeadura, densidade de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 851-858, 1999.

MEHANDI, S. S., HASAN, B.; SINGH, L. Influence of seed rate, nitrogen and zinc on fodder maize in temperate condition of Western Himalayas. **Indian Journal of Agronomy**, v. 57, p. 58-88, 2012.

MUNDSTOCK, C. M. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Departamento de plantas de lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005.

NAVARRO JÚNIOR, H. M.; COSTA, J. A. Contribuição relativa dos componentes de rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 269-274, 2002.

NOGUEIRA, P. D. M.; JÚNIOR, D. G. S.; RAGAGNIN, V. A. Clorofila foliar e nodulação em soja adubada com nitrogênio em cobertura. **Global Science and Technology**, v. 3, n. 2, p. 117-124, 2010.

OLIVEIRA, S. et al. Aplicação de silício via solo no rendimento e na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 5, p. 3029-3042, 2015.

PECK, A. W.; McDONALD, G. K. Adequate zinc nutrition alleviates the adverse effects of heat stress in bread wheat. **Plant and Soil**, v. 337, n. 1, p. 355-374, 2010.

PERUCHI, M. **Aplicação de fontes de boro e zinco em culturas anuais**. 2009, 78f. Tese (Doutorado) Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistema de Produção. Ilha Solteira, 2009.

PICCININ, G. G. et al. Influência do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas. **Ambiência**, Guarapuava, v. 9, n. 2, p. 289-298, 2013

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: Nobel, 1985. 467 p.

PRADO, R. de M.; NATALE, W.; MOURO, M. de C. Fontes de Zinco Aplicado via semente na Nutrição e crescimento inicial do Milho Cv. Fort. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 16-24, 2007.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa: UFV, 1999. 359p.

RODRIGUES, L. V. et al. **Teor de clorofila e NDVI de soja em resposta ao ataque do percevejo-marrom, *Euschistus heros***. Jornada Acadêmica da Embrapa Soja (8. : 2013: Londrina, PR). Resumos expandidos da VIII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja Londrina: Embrapa Soja, 2013. 213 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n.339).

RUFINO, C. A. et al. Desempenho de sementes de soja sob deficiência hídrica: rendimento e qualidade fisiológica da geração F1. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 43, n. 8, p. 1357-1363, 2013

SADEGHZADEH, B. A review of zinc nutrition and plant breeding. **Jornal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 13, p. 905-927, 2013.

SANZONOWICZ, C. Amostragem de solos, corretivos e fertilizantes. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p. 63-96.

SCHEEREN, B. R. et al. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 32, n. 3, p. 35-41, 2010.

SEMENTES ADRIANA: **M7739 IPRO**. Disponível em: <<http://www.sementesadriana.com.br/produtos/soja/intacta/m-7739-ipro>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2016.

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

SFREDO, G. J. et al. Nível crítico de zinco trocável para a soja, em solos do Cerrado do Brasil. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza. **O solo e a produção de bioenergia, perspectivas e desafios**. Fortaleza: UFCE; SBCS, 2009. 1 CD-ROM.

SILVA, J. B. da; VIERA, R. D. Avaliação do potencial fisiológica de sementes de beterraba. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p.128-134, 2006.

SILVA, T. A. et al. Condicionamento fisiológico de sementes de soja, componentes de produção e produtividade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 2, p. 227-232, 2016.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004b. p. 283-315.

SOUZA, C.A. Relação entre densidade de plantas e genótipos de soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 4, p. 887-896, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

TAVALLALI, V. et al. Zinc alleviates salt stress and increases antioxidant enzyme activity in the leaves of pistachio (*Pistacia vera* L. 'Badami') seedlings, **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 34, n. 4, p. 349-359, 2010.

TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA – região Central do Brasil 2014. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 16).

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World Agricultural Supply and Demand Estimates**. Dez. 2015. Disponível em: <<http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2015.

US SOYBEAN EXPORT COUNCIL. How the global oilseed and grain trade works. Soyatech, LLC, **Southwest Harbor**, Maine, US. 2008.

VALADÃO JUNIOR, D. et al. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 369-375, 2008.

VALLADARES, G. S. et al. Zinco total e disponível em amostras de perfis de solos do estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 1105-1114, 2009.

VENDRAME, P. R. S. et al. Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagens da Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 859-864, 2007.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. de; BUZETTI, S. Efeito da adubação com zinco sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 9, n. 1, p. 107-111. 1987.

VOLKWEISS, S. J. Fontes e métodos de aplicação. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. eds. **Simpósio sobre micronutrientes na agricultura**, 1988, Jaboticabal. Anais. Piracicaba, POTAFOS/CNPq, 1991. p. 391-412.

WILCOX, J. R. World distribution and trade of soybean. In: BOERMA, H.R.; SPECHT, J.E. (Eds.). **Soybean: Improvement, production, and uses**. American Society of Agronomy, Madison, WI, 2004. p. 1-14.

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. SANEST – **Sistema de análise estatística para microcomputadores**. Pelotas: DMEC/IFM/UFPEl, 1987. 138p.