

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

IZABELLA CHRISPIM COLOGNESE

AVALIAÇÃO DO CONDICIONAMENTO OSMÓTICO E APLICAÇÃO
DE MICRONUTRIENTES EM SEMENTES DE SOJA

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2020

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

IZABELLA CHRISPIM COLOGNESE

**AVALIAÇÃO DO CONDICIONAMENTO OSMÓTICO E APLICAÇÃO
DE MICRONUTRIENTES EM SEMENTES DE SOJA**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2020

IZABELLA CHRISPIM COLOGNESE

**AVALIAÇÃO DO CONDICIONAMENTO OSMÓTICO E APLICAÇÃO
DE MICRONUTRIENTES EM SEMENTES DE SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Jean Carlo Possenti

Coorientador: Prof^a. Dr^a. Adriana Paula D'Agostini Contreiras Rodrigues

PATO BRANCO

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Colognese, Izabella Chrispim
Avaliação do condicionamento osmótico e aplicação de micronutrientes em sementes de soja / Izabella Chrispim Colognese. – Pato Branco, 2020.
1 arquivo de texto (54 f) : PDF ; 994 KB.

Orientador: Jean Carlo Possenti
Coorientadora: Adriana Paula D'Agostini Contreiras Rodrigues
Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Pato Branco, 2020.
Inclui bibliografia: f. 47-54

1. Sementes - Qualidade. 2. Soja. 3. Micronutrientes. 4. Agronomia – Dissertações. I. Possenti, Jean Carlo, orient. II. Rodrigues, Adriana Paula D'Agostini Contreiras. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

Biblioteca da UTFPR - Câmpus Pato Branco

Bibliotecária/Documentalista:
Suélem Belmudes Cardoso – CRB-9/1630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação n.º 208

AVALIAÇÃO DO CONDICIONAMENTO OSMÓTICO E APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTES EM SEMENTES DE SOJA

Por

IZABELLA CHRISPIM COLOGNESE

Dissertação apresentada às quatorze horas do dia vinte e sete de março de dois mil e vinte, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRA EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo designados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Dr. Diego Baretta
Sementes Guerra
(à distância, por videoconferência)

Dra. Cristiane Deuner
UTFPR/Pato Branco
(à distância, por videoconferência)

Dra. Adriana Paula D'Agostini
Contreiras Rodrigues
UTFPR/Pato Branco
Coorientadora

Dr. Alcir José Modolo
Coordenador do PPGAG

Ao meus pais Jaimir e Ângela, ao meu esposo Fernando, a minha irmã
Luciélen e a minha pequena sobrinha Helena,

pelo apoio, compreensão e, principalmente, pela presença constante
em minha vida...

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo fim de mais essa etapa, por Ele ter me sustentado até aqui, me dando sabedoria e conduzindo os meus passos;

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, por ter proporcionado os meios para a realização deste trabalho;

Aos meus pais, Jaimir e Ângela, que com muito amor, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida, sempre priorizando a educação, tendo esta como o maior patrimônio a ser oferecido para um filho;

Ao meu esposo Fernando, que esteve ao meu lado durante toda essa etapa e que, de uma forma especial e carinhosa me deu força e coragem, me apoiando nos momentos de dificuldades;

A minha irmã Luciélen, por todo apoio e incentivo que nunca me deixaram desanimar;

A minha querida amiga Daniela, sou grata por todo carinho, apoio e ajuda durante os trabalhos;

Ao meu orientador Prof Dr. Jean Carlo Possenti por sempre se mostrar disposto a me auxiliar. A minha coorientadora, Prof^a Dr^a Adriana Paula D'Agostini Contreiras Rodrigues por seu apoio, confiança e principalmente pela amizade. Agradeço imensamente por sua dedicação e orientação que contribuíram para o meu crescimento profissional e pessoal;

Agradeço também ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade. A Prof Dr^a Betania Brum De Bortolli por estar sempre disposta a me ajudar e a colaborar com meu trabalho;

Enfim, a todas as pessoas que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a concretização deste trabalho. Eu não conseguiria chegar até aqui sozinha!

“A cada vitória o reconhecimento devido a Deus, pois só Ele é digno de
toda honra, glória e louvor.”

RESUMO

COLOGNESE, Izabella. Avaliação do condicionamento osmótico e aplicação de micronutrientes em sementes de soja. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2020.

Objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito do tratamento de sementes de soja com zinco e boro associados ou não ao osmocondicionamento, na qualidade fisiológica de sementes com diferentes níveis de vigor. O trabalho foi realizado no Laboratório Didático de Análise de Sementes, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, em delineamento inteiramente casualizado. Utilizaram-se lotes de sementes de soja da cultivar TMG 7262® com três níveis de vigor (muito alto, alto e médio), submetidas a oito associações de tratamento de sementes (TS) com zinco e boro e/ou osmocondicionamento (osmoc.), sendo: T1 = testemunha; T2 = osmoc. + sem TS; T3 = osmoc. + TS boro; T4 = osmoc. + TS zinco; T5 = TS boro + TS zinco; T6 = osmoc. + TS boro + TS zinco; T7 = TS boro e T8 = TS zinco. Para o TS utilizaram-se os produtos comerciais Ager Boro® (46 mL 100 kg⁻¹ de sementes) e Maxi Zinc® (87,5 mL 100 kg⁻¹ de sementes). Para o osmocondicionamento, as sementes foram colocadas em gerbox, sob uma folha de papel mata borrão umedecida com 10 mL de solução de PEG 6000 + Vitavax Thiran 200 SC (0,2%), com potencial osmótico de -0,2 MPa. As sementes foram levadas a uma B.O.D., a 20 °C por 96 horas e após, lavadas em água corrente e submetidas a secagem por 48 horas a 20 °C. A avaliação da qualidade fisiológica foi realizada a partir dos testes de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, comprimento de parte aérea e raiz, massa verde de parte aérea e raiz, massa seca de parte aérea e raiz, índice de velocidade de emergência, velocidade de emergência e emergência em campo. Os dados foram submetidos a ANOVA (5%), onde as médias com diferenças significativas foram agrupadas pelo teste de Skott-Knott (5%), através do software Genes. O tratamento de sementes com zinco aumenta o vigor de sementes de soja, independente do nível de vigor inicial, entretanto, o tratamento com boro resulta em decréscimo de vigor, para todos os níveis de estudados. O osmocondicionamento de sementes, se realizado de maneira isolada, não provoca acréscimos na qualidade fisiológica, mas se associado ao tratamento de sementes com zinco e boro, apresenta aumento significativo da qualidade fisiológica das sementes.

Palavras-chave: Qualidade fisiológica. *Glycine max*. Nutrientes.

ABSTRACT

COLOGNESE, Izabella. Evaluation of osmotic conditioning and application of micronutrients in soybean seeds. 54 f. Dissertation (Masters in Agronomy) - Graduate Program in Agronomy (Concentration Area: Crop), Federal University of Technology - Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2020.

The objective of this experiment was to evaluate the effect of zinc and boron treatment associated with osmoconditioning, on the physiological quality of soybean seeds with different levels of vigor. The work was carried out at the Didactic Laboratory of Seed Analysis, of the Federal Technological University of Paraná, Campus Pato Branco, in a completely randomized design. Batches of soybean seeds of cultivar TMG 7262® with three levels of vigor (very high, high and medium) were used, submitted to eight associations of seed treatment (TS) with zinc and boron and osmoconditioning: T1 = control; T2 = osmoconditioning + without TS; T3 = osmoc. + TS boron; T4 = osmoc. + TS zinc; T5 = TS boron + TS zinc; T6 = osmoc. + TS boron + TS zinc; T7 = TS boron and T8 = TS zinc. For the TS, the commercial products Ager Boro® (46 mL / 100 kg-1 of seeds) and Maxi Zinc® (87.5 mL / 100 kg-1 of seeds) were used. For osmoconditioning, the seeds were placed in a gerbox, under a sheet of blotting paper moistened with 10 mL of PEG 6000 + Vitavax Thiran 200 SC solution (0.2%), with an osmotic potential of -0.2 MPa. The seeds were taken to a BOD, at 20° C for 96 hours and afterwards, they were washed in running water and submitted to drying for 48 hours at 20° C. The evaluation of the physiological quality was carried out using the germination tests (GERM), accelerated aging (EA), emergency speed index (IVE), emergency speed (VE), electrical conductivity (COND), shoot length (CPA) and root (CPR), shoot green mass (MVPA) and root (MVR), shoot dry mass (MSPA) and root (MSR) and field emergence (EC). The data of the variable IVE were transformed using the formula $\sqrt{Y_{ijk}+0,5}$ and all the data of the experiment were submitted ANOVA (5%), where the means with significant differences were grouped by the Skott-Knott test (5%), through the Genes software. It was concluded that the treatment of seeds with zinc increases the vigor of soybean seeds, regardless of the initial vigor level, however, the treatment with boron results in a decrease of vigor, for all levels of studied. In addition, the osmoconditioning of seeds if performed in isolation, does not cause increases in physiological quality, but if associated with the treatment of seeds with zinc and boron, it presents a significant increase in the physiological quality of seeds.

Keywords: Physiological quality. *Glycine max*. Nutrients.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Níveis de vigor de três lotes de sementes de soja da cultivar TMG 7262® determinados a partir do teste de envelhecimento acelerado (EA, %). Pato Branco, 2019.....24
- Tabela 2 – Associações de osmocondicionamento (Osmoc.) e tratamento de sementes (TS) com os micronutrientes zinco e boro em sementes de soja da cultivar TMG 7262®. Pato Branco, 2019..... 25
- Tabela 3 – Resumo da análise de variância (GL= graus de liberdade e quadrados médios) das variáveis germinação (GERM, %), envelhecimento acelerado (EA, %), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento de raiz (CR, cm), massa seca de parte aérea (MSPA, g) e massa seca de raiz (MSR, g) de sementes de soja com três níveis de vigor submetidas a diferentes tratamentos com osmocondicionamento e micronutrientes. Pato Branco, 2020..... 28
- Tabela 4 – Médias de germinação de sementes (GERM, %) e massa seca de parte aérea (MSPA, g) de sementes de soja com diferentes níveis de vigor (muito alto, alto e médio vigor) e oito associações de osmocondicionamento + tratamento de sementes (TS) com micronutrientes. Pato Branco, 2020..... 29
- Tabela 5 – Médias das variáveis envelhecimento acelerado (EA, %), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento de raiz (CR, cm) e massa seca de raiz (MSR, g) de sementes de soja com três níveis de vigor e oito associações de osmocondicionamento + tratamento de sementes (TS) com micronutrientes. Pato Branco, 2020.....32
- Tabela 6 – Média das variáveis condutividade elétrica (COND μ S.cma), comprimento da parte aérea (CPA cm), massa verde da parte aérea (MVPA g), massa verde de raiz (MVR g), emergência no campo (EC %) e velocidade de emergência (VE, em dias) de sementes de soja, cultivar TMG 7262®, no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Pato Branco, 2020.....37
- Tabela 6 – Médias de germinação de sementes (GERM %) e massa seca de parte aérea (MSPA g) de sementes da cultivar TMG 7262® com diferentes níveis de vigor (muito alto, alto e médio vigor) e oito associações de osmocondicionamento + tratamento de sementes (TS) com micronutrientes, no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Pato Branco, 2020..... 42

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NPK	Nitrogênio, Fósforo e Potássio
ONU	Organização das Nações Unidas

LISTA DE ABREVIATURAS

B	Boro
Zn	Zinco
Osmoc.	Osmocondicionamento
PEG	Polietilenoglicol

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2.1 A CULTURA DA SOJA.....	16
2.2 QUALIDADE DE SEMENTES.....	17
2.4 TRATAMENTO DE SEMENTES COM MICRONUTRIENTES.....	20
2.5 CONDICIONAMENTO OSMÓTICO DE SEMENTES.....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5 CONCLUSÕES.....	45
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
REFERÊNCIAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma oleaginosa que ocupa posição de destaque na economia, uma vez que é a principal cultura agrícola do agronegócio brasileiro. Segundo a Companhia Nacional do Abastecimento – CONAB (2019), na safra agrícola 2018/19, este grão foi cultivado em 36,8 milhões de hectares, com uma produtividade média de 3.322 kg ha⁻¹, o que resultou em uma produção total de 122 milhões de toneladas. Neste cenário, o Paraná prevê na safra agrícola de 2019/20, uma produção de 19,7 milhões de toneladas, o que o consolida como o segundo maior produtor de soja do Brasil, ficando atrás apenas do Mato Grosso.

Tais índices produtivos são alcançados graças a alguns fatores que fizeram com que o sistema de produção da cultura da soja se tornasse mais eficiente. Para Hipólito e Borges (2017), entre os aspectos responsáveis por aumentar a produtividade da cultura estão os avanços científicos, à disponibilidade de tecnologias para o setor produtivo e a eficiência do manejo.

Quando se fala em eficiência de manejo, um dos principais pontos a ser observado, é a nutrição de plantas. Nesse sentido, o cientista alemão Justus von Liebig, propôs em 1840, a Lei do Mínimo. Nela, Liebig afirmava que “o crescimento de um organismo é limitado pelo elemento essencial que está presente na concentração inferior ao requerido por este organismo”. Tal afirmação evidencia a importância do equilíbrio entre macro e micronutrientes para o bom desempenho das plantas (BRANCO; CAVINATTO, 1999).

Dentre os nutrientes mais importantes para a cultura, além dos macronutrientes, especialmente o N, o P e o K, destacam-se os micronutrientes. Caracterizados por serem exigidos em menor quantidade pelas plantas, os mesmos são essenciais para o crescimento e o desenvolvimento das espécies vegetais, uma vez que agem como constituintes das paredes celulares, das membranas celulares e das enzimas. Além disso, estão particularmente envolvidos na fase reprodutiva e no crescimento das plantas, determinando a produtividade e qualidade das culturas e conferindo resistência a estresses bióticos e abióticos (KIRKBY; ROMHELD, 2007).

Devido a grande importância dos micronutrientes, a deficiência dos mesmos representa grande problema para a agricultura brasileira. Para Fageria e Barbosa Filho (2006), ocorrem três formas de deficiência nutricionais em plantas: i) quando o teor do nutriente no solo não é suficiente para satisfazer as necessidades da planta;

ii) quando a quantidade do nutriente é suficiente, mas não se encontra na forma disponível para a planta; e iii) quando não há equilíbrio entre os nutrientes. Nesse sentido, Resende (2004) assegura que os problemas de deficiência e de excesso de micronutrientes são condicionados por numerosas interações com componentes do solo, as quais, por sua vez, são dependentes do manejo adotado no sistema de produção. Assim, o pH, a umidade, o teor de matéria orgânica, a fração mineral e a biologia do solo, além da própria planta, são fatores que condicionam a disponibilidade e o aproveitamento de micronutrientes pelas culturas.

Diante de tal perspectiva, a suplementação de micronutrientes em culturas como a soja é fundamental para que altos tetos produtivos sejam alcançados. Tal procedimento pode ocorrer com aplicações via solo, por adubação foliar ou por tratamento de sementes (RESENDE, 2004). No que diz respeito ao tratamento de sementes, este método apresenta uma série de benefícios, como a redução de custos de aplicação, a melhor uniformidade na distribuição, a redução das perdas, além da racionalização no uso de reservas naturais não renováveis (LEMES *et al.*, 2017). Além disso, esta forma de aplicação dos nutrientes tem possibilitado o aumento da produtividade, especialmente em regiões com deficiência destes minerais e que demandam altos níveis de tecnologia de manejo das culturas (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

A deficiência de micronutrientes é responsável por gerar uma série de problemas para as culturas agrícolas, inclusive para a soja. Um dos mais importantes refere-se à qualidade de sementes, uma vez que a nutrição das plantas progenitoras pode interferir no rendimento de grãos e também na qualidade fisiológica de sementes, já que a disponibilidade de nutrientes está diretamente relacionada com a formação do embrião e dos cotilédones e com o acúmulo dos componentes de reserva (SOUZA, 2008). Além disso, micronutrientes como boro e zinco são constituintes de membranas celulares e a ausência dos mesmos torna essas estruturas mal desenvolvidas e pouco resistentes, o que acaba por afetar a integridade física das sementes, que é requisito fundamental para o desempenho de uma semente no campo.

Em relação ao desempenho de sementes, no que compete a estruturação de membranas celulares, uma das práticas passíveis de serem empregadas, é o condicionamento osmótico (HEYDECKER; COOLBEAR, 1977), utilizado especialmente em espécies com sementes de tamanho reduzido e alto valor

agregado. Esta técnica, baseia-se na hidratação controlada das sementes até a fase prévia à emissão da raiz primária, promovendo a reestruturação das membranas celulares (MENEZES *et al.*, 2006; PACHECO JUNIOR, 2010) e pode ser associada a nutrição das sementes, visando proporcionar o máximo desempenho de plântulas no estágio inicial de estabelecimento das lavouras.

Neste sentido, objetivou-se avaliar os efeitos do tratamento de sementes de soja com zinco e boro associados ou não ao condicionamento osmótico na qualidade fisiológica d sementes com diferentes níveis de vigor.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A CULTURA DA SOJA

A soja cultivada (*Glycine max* (L.) Merrill), é uma espécie originária da costa leste da China, muito diferente de sua planta ancestral que possuía crescimento prostrado ou rasteiro. Segundo Chung e Singh (2008), a disseminação desta cultura pelo mundo se deu através das navegações, inicialmente para a Europa e depois para as Américas. No Brasil, a chegada da soja ocorreu por volta de 1882 no estado da Bahia. Dez anos depois a cultura foi levada para o estado de São Paulo, e em 1900, chegou à região Sul do país onde começou a ser cultivada principalmente no estado do Rio Grande do Sul (MENESES, 2017).

Nos dias de hoje, esta oleaginosa, se destaca como a principal cultura agrícola brasileira, em função de seu grande retorno econômico e altas produtividades (HIRAKURI; LAZAROTTO, 2014). O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – USDA (2019) prevê que a produção mundial de soja em todo o planeta na safra agrícola de 2019/20, será de 341,8 milhões de toneladas. Já o Brasil, na mesma safra, até abril de 2020, estimativa uma produção de 122.060,2 mil toneladas milhões de toneladas em uma área agrícola de aproximadamente 36,8 milhões de hectares (CONAB, 2020).

Estes grandes índices produtivos, se devem de modo geral, a ampla demanda do grão. Na safra agrícola de 2018/19, o consumo mundial desta oleaginosa foi de 342,9 milhões de toneladas, um valor muito maior, se comparado com a demanda de uma década atrás, em 1996/97, que foi de 134,0 milhões de

toneladas (USDA, 2019). Tais valores de consumo se devem ao fato da soja ser componente fundamental para fabricação de rações animais e para a alimentação humana (FERREIRA JUNIOR *et al.*, 2010). Na alimentação humana, este grão faz-se presente na fabricação de produtos como chocolate, temperos prontos, massas, misturas para bebidas, papinhas para bebês, alimentos dietéticos, entre outros (APROSOJA BRASIL, 2020). Para Santos (2016), a soja também é amplamente utilizada devido a sua função energética, através da produção de biocombustíveis.

2.2 QUALIDADE DE SEMENTES

Uma série de fatores são responsáveis por alavancar a produtividade da cultura da soja. Segundo Gazzola Neto *et al.* (2017), um dos principais é a utilização de sementes de qualidade comprovada, grande desafio para o setor, principalmente em regiões tropicais e subtropicais. Tal aspecto é tão importante, devido ao fato desta cultura ser propagada exclusivamente por meio de sementes (TALAMINI, CARVALHO, OLIVEIRA, 2012). Além disso, segundo a Embrapa (2007), é fundamental lembrar que a semente é o insumo mais nobre da agricultura, depositária de praticamente todos os avanços tecnológicos conquistados ao longo de décadas, representando assim, um verdadeiro "chip" através do qual a transferência da tecnologia é viabilizada.

Nesse contexto, uma semente para ser considerada adequada para semeadura, deve apresentar requisitos que assegurem a sua qualidade. Conforme a Lei 10.711, de 05 de agosto de 2003, qualidade é o conjunto de atributos inerentes a sementes ou a mudas, que permitem comprovar a origem genética e o estado físico, fisiológico e fitossanitário delas (BRASIL, 2003). Nesse sentido, segundo França Neto (2009), uma semente para ser considerada boa e apta para semeadura, deve apresentar características de qualidade física, fisiológica, genética e sanitária. Para Krzyzanowski, França-Neto e Henning (2018), tais quesitos são responsáveis por diferenciar um grão de uma semente e determinar o sucesso de uma lavoura.

Em relação à qualidade fisiológica de sementes, esta é definida como a capacidade da mesma em desempenhar suas funções vitais (CARDOSO *et al.*, 2012a). Segundo Bennett (2001), as vantagens da utilização de sementes com potencial fisiológico elevados incluem germinação rápida e uniforme, obtenção de

plântulas com maior tolerância a adversidades ambientais, além de maturidade uniforme da cultura, o que acaba aumentando a produtividade da lavoura.

2.3 MICRONUTRIENTES

Quando é direcionada a produtividade de culturas como a soja, sabe-se que a boa nutrição é fator primordial para altos tetos produtivos. Tal parâmetro, também é de extrema importância para que se obtenham sementes de qualidade, uma vez que a disponibilidade de nutrientes influencia a formação de estruturas como o eixo embrionário e os cotilédones, assim como o acúmulo dos componentes de reserva (SOUZA, 2008).

Neste contexto, segundo Delouche (1981), para se obter sementes de alta qualidade é indispensável a realização de adubação mineral adequada. No entanto, trabalhos que objetivam relacionar adubação e nutrição das plantas com a qualidade fisiológica das sementes são em número reduzido e os resultados nem sempre são concordantes, de modo que o emprego de fertilizantes seja feito com base nos resultados obtidos para a produção de grãos (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Entre os nutrientes são divididos entre macro e micronutrientes, sendo estes últimos caracterizados por serem requeridos em concentrações muito baixas para as plantas, para que as mesmas apresentem adequado crescimento e reprodução. Apesar da pouca quantidade exigida, os micronutrientes têm a mesma importância dos macronutrientes, pois estão envolvidos em uma série de processos fisiológicos (KIRKBY; ROMHELD, 2007). Em culturas agrícolas como a soja, os micronutrientes mais exigidos são o zinco (Zn), o molibdênio (Mo), o cobalto (Co) e o boro (B) (SANTOS; ESTEFANEL, 1986).

No que condiz a disponibilidade de micronutrientes, sabe-se que a agricultura brasileira, está sujeita a deficiências ou desequilíbrios pelo uso excessivo de calcário e adubos fosfatados que contribuem para a insolubilização de micronutrientes como o zinco e o boro (BATAGLIA; RAIJ, 1989).

2.3.1 Zinco

O Zn é um dos micronutrientes mais importantes para as culturas agrícolas, pois participa de processos como fotossíntese, respiração, controle hormonal, síntese de aminoácidos e de proteínas, redução do nitrato e desintoxicação de radicais livres, crescimento meristemático e formação de auxinas, RNA e ribossomos, além de ser um sinalizador enzimático (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Quando se fala em deficiência de Zn, os principais sintomas desenvolvidos pelas plantas são clorose, presente em folhas mais novas, e a redução do crescimento radicular, que torna a planta incapaz de absorver quantidades mínimas de Zn, necessárias para o seu desenvolvimento e que influenciará diretamente na produtividade (SANTOS, 2014). Já o excesso desse elemento, afeta negativamente os processos fisiológicos, limitando o crescimento e o desenvolvimento das plantas, reduzindo a produção de biomassa e de grãos (SAGARDOY *et al.*, 2010).

Quando se trata de zinco para a cultura da soja, considerando que esta tem uma capacidade média de resposta ao elemento, à acumulação deste micronutriente para esta cultura é lenta nos primeiros 30 dias após semeadura, com máxima acumulação observada entre os 60 e 90 dias, acarretando em diferentes respostas quando o Zn é aplicado em diferentes épocas de desenvolvimento (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Uma série de trabalhos tem apresentado resultados satisfatórios no que diz respeito à utilização de zinco via tratamento de sementes. Ohse *et al.* (2000), ao avaliarem a aplicação de Zn em sementes de arroz, constataram que tal micronutriente provoca acréscimos no vigor de plantas, acarretando em maior comprimento de raiz e de parte aérea. Já segundo Singh (2007), o tratamento com zinco, em doses variando de 6 a 10 mL kg⁻¹ de sementes, melhorou o desempenho das culturas do milho, trigo, soja, girassol, amendoim e mostarda. Em estudo mais recente, Oliveira *et al.* (2014), concluíram que sementes de aveia tratadas com doses de zinco entre 77,5 e 170 mL 100 kg⁻¹ de sementes resultaram em plântulas com maior crescimento inicial.

2.3.2 Boro

Para a obtenção de elevado do potencial produtivo de culturas como a soja, faz-se necessário o fornecimento de nutrientes em qualidade e quantidades adequadas, evitando-se sua falta ou o excesso (PRADO; LEAL, 2006). Nesse sentido, o boro é um dos micronutrientes que mais limita o rendimento produtivo no Brasil, principalmente em solos arenosos, onde apresenta alta capacidade de lixiviação (GONÇALVES *et al.*, 2016).

O B é um elemento essencial a todos os vegetais, fazendo parte do crescimento meristemático, da biossíntese da parede celular, do funcionamento da membrana celular, no transporte de auxinas (AIA), no metabolismo de carboidrato e na síntese de ácidos nucléicos (MALAVOLTA, 2006). Além disso, este elemento também está relacionado indiretamente na fixação biológica do nitrogênio (OLIVEIRA *et al.*, 2007). Devido ao fato de ser constituinte de membranas celulares, o boro é um micronutriente que está diretamente relacionado com a qualidade de sementes, uma vez que membranas desestruturadas resultam em sementes que apresentam maior lixiviação de exsudatos, indicando redução do potencial fisiológico (VIEIRA *et al.*, 1994).

Os menores valores, correspondentes à menor liberação de exsudatos, indicam alto potencial fisiológico (maior vigor), revelando menor intensidade de desorganização dos sistemas membranaais das células (VIEIRA *et al.*, 1994 Quando se refere à absorção de boro pelas plantas, sabe-se que esta depende da concentração na solução do solo e o pH do solo, da textura, do teor de umidade e matéria orgânica do solo (GONÇALVES *et al.*, 2016). Desta forma, a má absorção de boro acarreta em deficiência deste nutriente, resultando em diversos sintomas nas plantas, como desenvolvimento anormal, com má formação do embrião e alterações nas folhas e no sistema radicular. Além disso, a floração pode ser retardada, onde a polinização pode não ocorrer, gerando problemas na formação de vagens e grãos, levando a perdas de produtividade (SANTOS, 2016).

2.4 TRATAMENTO DE SEMENTES COM MICRONUTRIENTES

Um dos processos mais eficientes para a nutrição de plantas e que é amplamente utilizado, é o tratamento de sementes. A disponibilização de nutrientes através da semente é um processo mais eficiente e eficaz quando comparado com a nutrição através de aplicação foliar e adubação do solo. O fornecimento de nutrientes através das sementes é de baixo custo, funcional e pode garantir que até 95% do nutriente seja fornecido em uma forma utilizável para a semente, sem haver perdas (SILVA, 2015).

Nesse contexto, o tratamento de sementes com micronutrientes tem apresentado resultados significativos, principalmente em regiões que adotam elevados níveis de tecnologia e manejo nas culturas (ÁVILA *et al.*, 2006). Segundo Pessoa *et al.* (1996), esse método tem como objetivo a disponibilização dos nutrientes para a futura planta, de modo que os teores iniciais de micronutrientes das sementes podem ser aumentados, contribuindo no desenvolvimento e tornando-se importante fonte para a nutrição da planta oriunda das sementes enriquecidas. A absorção dos micronutrientes pelas plantas através das estruturas da semente, se dá pela absorção da raiz ou ainda, pela absorção através do coleótilo (DIAS *et al.*, 2014).

Dois dos micronutrientes que mais tem recebido atenção no que tange o tratamento de sementes são o zinco e o boro, uma vez que os mesmos têm demonstrado uma série de resultados positivos em diversos trabalhos. Araújo (2016), em trabalho com tratamento de sementes de trigo com zinco e boro, observou que a aplicação de Zn em associação com B via tratamento de sementes, promoveu efeitos benéficos sobre a qualidade fisiológica das sementes. Além disso, ele inferiu que a melhor associação entre esses elementos, ocorreu com a mistura de sulfato de zinco e ácido bórico.

Apesar de ser uma metodologia muito eficiente, deve-se ressaltar que o tratamento de sementes com micronutrientes, deve ser realizado de forma muito rigorosa, uma vez que se conduzido de forma inadequada, em doses reduzidas ou acima do recomendado, podem surgir sinais de deficiência ou toxicidade nas plantas (ARAÚJO, 2016).

2.5 CONDICIONAMENTO OSMÓTICO DE SEMENTES

A utilização de métodos pré-germinativos vem sendo utilizada como uma alternativa para melhorar a qualidade fisiológica de sementes, a fim de reduzir o período de germinação, assim como elevar a uniformidade de determinado lote de sementes (OLIVEIRA; GOMES FILHO, 2010).

Nesse contexto, um dos métodos mais conhecidos é o condicionamento osmótico, também conhecido como *priming*. Tal processo baseia-se no controle da embebição das sementes, permitindo a hidratação até que os potenciais hídricos das sementes e da solução aquosa utilizada atinjam o equilíbrio, de maneira planejada (MARCOS FILHO, 2015). Isto ocorre, porque durante o processo inicial de absorção de água, as células ativam o processo inicial de germinação, fazendo com que ocorra a reorganização e reestruturação de membranas danificadas, contribuindo assim para o sucesso das futuras divisões e expansões celulares da semente e plântula (KHAN, 1992). Dentre os agentes osmóticos utilizados nessa técnica, pode-se incluir os sais (K_3PO_4 , KH_2PO_4 , $MgSO_4$, $NaCl$, KNO_3), açúcares (manitol, sorbitol), polietileno glicol (PEG) e glicerol (HEYDECKER; COOLBEAR, 1977).

O condicionamento osmótico é uma técnica que apresenta uma série de benefícios como a redução das injúrias durante a fase de embebição, a superação de dormência da semente de algumas espécies, o aumento da velocidade e da uniformidade de emergência da plântula e até mesmo da germinação de sementes (FAROOQ *et al.*, 2011). Além disso, Bradford (1986), ressalta que a aplicabilidade comercial desta técnica é promissora, não exigindo equipamentos especiais para o condicionamento, podendo as sementes passarem por secagem, armazenamento e serem semeadas por máquinas convencionais.

Nos últimos anos, uma série de trabalhos tem utilizado tal técnica em diferentes espécies com a obtenção de resultados muito satisfatórios. Nesse sentido, Nunes *et al.* (2004) constatou que sementes de soja submetidas ao condicionamento osmótico apresentam melhor qualidade fisiológica e sanitária em relação as sementes não condicionadas osmoticamente. Resultado similar foi obtido por Sedyama-Bhering *et al.* (2015) ao avaliarem o perfil de embebição e o potencial fisiológico de sementes de soja das cultivares Confiança, UFV-16, Splendor, Garantia, UFVS 2005 e UFV-18, colhidas em três épocas (R8, 15 e 30 dias após R8)

e osmocondicionadas em polietilenoglicol 6000. Os autores concluíram que a germinação e o vigor das sementes osmocondicionadas, de todas as cultivares e épocas de colheita foram maiores, indicando a eficácia do condicionamento em incrementar a germinação de sementes colhidas em diferentes épocas.

Além da utilização individual do condicionamento osmótico, são crescentes os estudos que aliam tal método ao tratamento de sementes com micronutrientes, uma vez que o condicionamento osmótico é uma técnica capaz de tornar a utilização dos micronutrientes via tratamento de sementes mais eficiente do que se este fosse realizado sozinho ou por recobrimento de sementes

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi desenvolvido no Laboratório Didático de Análise de Sementes, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco.

Utilizaram-se sementes de três lotes da cultivar de soja TMG 7262®, oriundas de uma empresa localizada no município de Pato Branco, Paraná e colhidas na safra agrícola 2018/19. Os lotes de sementes foram classificados conforme seu nível de vigor (Tabela 1), determinado através do teste de envelhecimento acelerado, e mantidos em ambiente climatizado até a realização das análises laboratoriais.

Tabela 1 – Níveis de vigor de três lotes de sementes de soja da cultivar TMG 7262® determinados a partir do teste de envelhecimento acelerado (EA, %). Pato Branco, 2019.

Lote	EA	Nível de vigor
Lote 1	88	Muito alto
Lote 2	77	Médio
Lote 3	83	Alto vigor

As sementes com os diferentes níveis de vigor (fator A) foram submetidas a oito diferentes associações de osmocondicionamento e tratamento de sementes com os micronutrientes zinco e boro (fator B) (Tabela 2).

Tabela 2 – Associações de osmocondicionamento (Osmoc.) e tratamento de sementes (TS) com os micronutrientes zinco e boro em sementes de soja da cultivar TMG 7262®. Pato Branco, 2019.

Tratamento	Descrição
T1	Testemunha
T2	Osmoc. + sem TS
T3	Osmoc. + TS boro
T4	Osmoc. + TS zinco
T5	TS boro + TS zinco
T6	Osmoc. + TS boro + TS zinco
T7	TS boro
T8	TS zinco

Para definição da metodologia de osmocondicionamento, em um primeiro momento, sementes de soja da cultivar TMG 7262®, foram acondicionadas em caixas de acrílico do tipo gerbox sob papel mata borrão, contendo diferentes concentrações (-0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 Mpa) de polietilenoglicol (PEG 6000), onde permaneceram por períodos de 24, 48 e 96 horas em temperatura de 20 °C. A concentração de -0,2 MPa por um período de osmocondicionamento de 96 horas apresentou o melhor efeito sobre as sementes sob o percentual de germinação inicial. Além disso, testou se a quantidade adequada de solução de polietilenoglicol para cada gerbox e a manutenção ou não da tampa do mesmo. Das três doses testadas (10, 20 e 30 mL por gerbox) a que apresentou o maior percentual de germinação foi a solução de menor dose (10 mL) com o gerbox destampado. À solução de polietilenoglicol (PEG 6000), adicionou-se o fungicida Vitavax Thiram 200 SC® em dosagem de 0,2% de volume, conforme metodologia proposta por Braccini (1999), devido ao alto índice de fungos presentes nas sementes e que se desenvolviam durante o osmocondicionamento.

As sementes cujos tratamentos eram constituídos pela aplicação de zinco e boro foram tratadas com os produtos comerciais Maxi Zinc® [100% Zn ($ZnSO_4$)] na dose de 87,5 mL 100 kg⁻¹ de sementes e Ager Boro® [10% B (H_3BO_3) + 10% N] na dose de 46 mL 100 kg⁻¹ de sementes. Estas foram dispostas em sacos de polietileno, onde se adicionou os micronutrientes em volume de calda de 8 mL kg⁻¹ de sementes e agitou-se as mesmas por três minutos, até a completa homogeneização. Após, as sementes foram dispostas sob papel toalha, até a completa secagem que ocorreu quando as sementes apresentavam a umidade inicial similar a obtida inicialmente (entre 10 e 11%) e posterior utilização.

Com as sementes secas, para os tratamentos onde se previa a utilização do osmocondicionamento, as mesmas foram dispostas em caixas plásticas tipo gerbox,

contendo uma folha de papel mata borrão umedecidas com 10 mL de solução de PEG 6000 + Vitavax Thiran 200 SC (0,2%), com potencial osmótico ajustado a -0,2 MPa. Os gerbox, contendo 100 sementes cada, foram levados a uma câmara B.O.D. regulada a 20 °C onde permaneceram destampadas por 96 horas (DEL GIÚDICE, 1996). Após este período, as sementes foram lavadas em água corrente para eliminação do excesso do agente osmótico, e imediatamente submetidas ao processo de secagem em estufa, durante 48 horas à temperatura de 20 °C, até atingirem umidade inicial em torno de 10-11% (BRACCINI, 1999).

Após realizados os devidos tratamentos as sementes foram submetidas aos seguintes testes para avaliação da sua qualidade fisiológica: germinação (GERM), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de parte aérea (CPA) e de raiz (CR), massa verde de parte aérea (MVPA) e de raiz (MVR), massa seca de parte aérea (MSPA) e raiz (MSR), índice de velocidade de emergência (IVE), velocidade de emergência (VE), emergência no campo (EC) e condutividade elétrica (CE).

Para a avaliação da GERM (%), foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes, acondicionadas em rolos de papel para germinação de sementes (germitest), umedecidos com 2,5 vezes a massa do papel seco e mantidos em germinador do tipo Mangelsdorf por oito dias em temperatura de 25 °C. Realizaram-se contagens aos cinco e oito dias, conforme os critérios de plântulas normais estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009).

O EA (%) foi realizado com 200 sementes dispostas em tela de aço inox, dentro de caixas do tipo gerbox, contendo 40 mL de água destilada. As caixas foram mantidas em câmara de envelhecimento por 48 horas a 41 °C. Posteriormente, as sementes foram acondicionadas em rolos de papel para germinação de sementes (germitest) contendo 50 sementes cada, umedecidos com 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos permaneceram em germinador do tipo Mangelsdorf por cinco dias (MARCOS FILHO, 1999a), quando se procedeu à contagem de plântulas normais conforme os critérios estabelecidos pelas RAS (BRASIL, 2009).

Para determinação do CPA (cm) e do CR (cm) quatro repetições de 15 sementes foram dispostas em linha no terço superior de rolos de papel para germinação, umedecidos com 2,5 vezes a massa do papel seco e mantidos em germinador Mangelsdorf por oito dias a 25 °C. Após, o CPA foi medido a partir da base do epicótilo até a extremidade das folhas primárias e o CR, determinado desde

a base do epicótilo até a extremidade da maior raiz primária. As plântulas avaliadas tiveram sua parte aérea e raiz separadas, sendo então pesadas em balança de precisão para determinação da MVPA (g) e da MSR (g). Posteriormente, foram acondicionadas em sacos de papel tipo kraft e secas em estufa a 60 °C por 72 horas, quando foi realizada nova pesagem para determinação da MSPA (g) e da MSR (g), de acordo com Nakagawa (1999).

O teste de CE foi realizado com quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento, que foram pesadas com precisão de 0,01g, colocadas em copos plásticos contendo 75 mL de água destilada e mantidas à temperatura de 25 °C por 24 horas. Após este período, realizou-se a leitura da condutividade elétrica em condutímetro digital, com resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ (MARCOS FILHO, CÍCERO, SILVA, 1987).

A EC (%) foi instalada em uma área agrícola localizada no município de Pato Branco, Paraná, onde foram semeadas quatro linhas de um metro, contendo 12 sementes por metro linear, adaptando-se o teste de acordo com a disponibilidade de espaço, com profundidade de semeadura de 3 cm e espaçamento entre linhas de 45 cm. A contagem das plântulas emergidas foi realizada no 15º dia após a semeadura, conforme metodologia proposta por Nakagawa (1994). Concomitante a EC, avaliou-se o IVE e o VE (dias), onde foram realizadas contagens diárias até o décimo quinto dia após a instalação do teste, do número de plantas emergidas. Os resultados foram obtidos segundo a metodologia descrita por Nakagawa (1999).

O estudo foi conduzido em esquema bifatorial 2 x 8 (níveis de vigor x tratamentos), delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Para a análise estatística, os dados da variável IVE foram transformados através da fórmula $\sqrt{Y_{ijk}+0,5}$ e todos os dados do experimento foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando as médias foram significativas em nível de 5% de probabilidade de erro, foram agrupadas pelo teste de Skott-Knott (5%), através do software Genes (CRUZ, 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, observa-se o resumo da análise de variância para as variáveis que obtiveram diferenças significativas de acordo com a ANOVA (5%), sendo estas germinações (GERM), envelhecimento acelerado (EA), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento de raiz (CR), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR). Observa-se que houve interação entre os fatores para as variáveis EA, IVE, CR e MSR. A variável germinação apresentou diferença significativa apenas para o fator tratamentos e a MSPA para ambos os fatores, isoladamente.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância (GL= graus de liberdade e quadrados médios) das variáveis germinação (GERM, %), envelhecimento acelerado (EA, %), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento de raiz (CR, cm), massa seca de parte aérea (MSPA, g) e massa seca de raiz (MSR, g) de sementes de soja com três níveis de vigor submetidas a diferentes tratamentos com osmocondicionamento e micronutrientes. Pato Branco, 2020.

Causas de variação	G L	Quadrados médios					
		GERM	EA	IVE	CR	MSPA	MSR
Níveis de Vigor	2	20,792 ^{ns}	546,292*	0,029*	9,252*	0,316*	0,010*
Osmocondicionamento + micronutrientes	7	591,143*	1765,690*	0,041*	30,173*	0,180*	0,012*
Vigor x osmocondicionamento + micronutrientes	14	118,696 ⁿ _s	409,101*	0,053*	7,804*	0,061 ^{ns}	0,004*
Erro	72	122,417	105,667	0,013	2,652	0,050	0,002
Média geral	-	85,08	67,54	0,32	9,04	1,52	0,13
Coefficiente de variação (%)	-	13,00	15,22	12,72	18,01	14,68	36,50

*Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. ^{ns}Não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

A variável GERM não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) para o fator níveis de vigor, o que permite inferir que, lotes de sementes de soja com diferentes níveis de vigor, podem apresentar percentuais de germinação semelhantes, entretanto sofreram a influência dos diferentes tratamentos testados. Além disso, a interação entre os fatores vigor x osmocondicionamento + micronutrientes resultou em diferenças significativas para as variáveis EA, IVE, CR e MSR, indicando que sementes de soja com diferentes níveis de vigor, apresentam respostas diferenciadas ao serem submetidas a distintas combinações de osmocondicionamento e tratamento de sementes com zinco e boro. No entanto, para as variáveis GERM e MSPA, os resultados não apresentaram diferenças

significativas ($p < 0,05$), assegurando que sementes com níveis de vigor distintos, apresentam comportamentos semelhantes, independente da associação de osmocondicionamento e de micronutrientes utilizada. Desta forma, nota-se que estas combinações não influenciaram negativamente no crescimento das plantas e que os demais tratamentos, mesmo com combinações de B e Zn não diferiram significativamente ($p < 0,05$) da testemunha. O fator osmocondicionamento + micronutrientes foi responsável por gerar diferenças significativas ($p < 0,05$) para todas as variáveis estudadas (Tabela 3). Estes resultados estão de acordo com o observado por Funguetto *et al.* (2010), onde trabalhando com sementes de arroz revestidas com uma fonte de zinco, fungicida e polímero, não observaram mudança na germinação e com Tunes *et al.* (2012) que não observam diferenças na germinação em sementes de trigo tratadas com zinco. Entretanto, Oliveira *et al.* (2010), concluiu que a aplicação de micronutrientes, afeta positivamente a qualidade fisiológica de sementes de mamona.

A germinação de sementes é caracterizada segundo as Regras para Análise de Sementes como a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando a aptidão desta em gerar uma plântula normal diante de condições favoráveis no campo (BRASIL, 2009). As médias de GERM (Tabela 4) indicam que a maior percentagem foi observado para a testemunha – T1, com 93% de plântulas normais, a qual não diferiu do T2, T3, T4, T6 e T8, com GERM de 88, 88, 86, 90 e 87%, respectivamente. Já o menor percentual de GERM foi obtido para o T7 (72%), que não diferiu do T5 (77%).

Tabela 4 – Médias de germinação de sementes (GERM, %) e massa seca de parte aérea (MSPA, g) de sementes de soja com diferentes níveis de vigor (muito alto, alto e médio vigor) e oito associações de osmocondicionamento + tratamento de sementes (TS) com micronutrientes. Pato Branco, 2020.

Tratamentos	GERM		MSPA	
T1	93	a*	1,51	b
T2	88	a	1,45	b
T3	87	a	1,65	a
T4	86	a	1,53	b
T5	77	b	1,44	b
T6	90	a	1,64	a
T7	72	b	1,64	a
T8	87	a	1,31	b

* Médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem entre si em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Skott-Knott; ¹Osmoc.= osmocondicionamento. T1 = testemunha; T2 = osmoc. + sem TS; T3 = osmoc. + TS boro; T4 = osmoc. + TS zinco; T5 = TS boro + TS zinco; T6 = osmoc. + TS boro + TS zinco; T7 = TS boro e T8 = TS zinco.

Analisando a variável germinação, à medida que as combinações de B e Zn foram feitas, não houve redução significativa nas médias dos tratamentos para esta variável, mostrando que nas condições experimentais testadas, as combinações de B e Zn + osmocondicionamento não foram prejudiciais para a formação de plântulas normais em laboratório. Entretanto, o T5 e T7, tratamentos constituídos pela aplicação de boro + zinco ou de boro isolado, sem associação de osmocondicionamento, resultaram em redução do percentual de plântulas normais. Pessoa, Luchese e Luchese (2000) em trabalho envolvendo o tratamento de sementes de milho do híbrido Cargil 125, com doses crescentes de boro observaram redução, atraso e desuniformidade da germinação, conforme aumenta-se a dose de B. Segundo os mesmos autores, tais resultados podem ser associados a fitotoxicidade provocada por este micronutriente, uma vez que durante a germinação, a semente não apresenta mecanismos fisiológicos eficientes de controle de entrada de solutos, permitindo o acúmulo excessivo de boro, que pode inclusive, provocar a morte do embrião.

Funguetto *et al.* (2010) trabalhando com sementes de arroz revestidas com uma fonte de zinco, fungicida e polímero, não observaram mudança na germinação. Semelhantemente, Tunes *et al.* (2012), não observam diferenças na germinação em sementes de trigo tratadas com zinco. Entretanto, Oliveira *et al.* (2010), concluiu que a aplicação de micronutrientes, afeta positivamente a qualidade fisiológica de sementes de mamona.

No que diz respeito a MSPA (Tabela 4), o maior resultado foi obtido quando as sementes foram submetidas a T3 (1,65 g), resultado este que não diferiu do T6 e do T7, onde ambos apresentaram MSPA de 1,64 g. O menor resultado, por sua vez, foi obtido quando realizou-se o tratamento de sementes com zinco (T8), resultando em uma MSPA de 1,31 gramas, não diferindo de T1 (1,51), T2 (1,45), T4 (1,53) e T5 (1,44). Tal resultado se deve ao fato de que, apesar de causar fitotoxicidade nas sementes durante o processo de germinação, o boro quando é utilizado nas sementes associadas ao condicionamento osmótico, é embebido de forma lenta e gradual, tendo tempo para promover suas funções, que incluem o transporte de açúcar, o metabolismo de carboidratos, o metabolismo do RNA e o metabolismo do AIA (KIRKBY, ROMHELD, 2007).

Segundo os resultados demonstrados na Tabela 4, o maior percentual de EA para sementes com muito alto vigor dos tratamentos T1, significativamente este não

diferi, foi expresso pelo T8 (80%), de tal modo que, que apresentaram percentuais de EA de 78, 74 e 70%, respectivamente. Para o lote de T2 e T4 alto vigor, o maior resultado de EA também foi observado para T8 (96%), que não diferiu de T1 (87%) e T4 (93%). Do mesmo modo, as sementes com médio vigor, apresentaram seu maior percentual de EA, quando submetidas a T8 (85%), não diferindo de T1 (78%) e T6 (81%).

Nota-se que apesar de não haver diferenças significativas entre o T8 e os demais tratamentos citados para os diferentes níveis de vigor, o único que resultou em valores superiores aos obtidos pelas testemunhas (T1) para esta variável, foi o tratamento de sementes com zinco (T8). Este acréscimo de vigor pode ser explicado, pois os radicais livres (O_2) produzidos durante o processo de envelhecimento acelerado, como um resultado da peroxidação de lipídeos, que reagem com os lipídeos das membranas celulares, desestruturando estas (BASAVARAJAPPA *et al.*, 1991), são controlados pelo zinco contido nas sementes, através da interferência deste no mecanismo de oxidação de NADPH, bem como pela captação de radicais de O_2 em seu papel como enzima superóxido dismutase (CuZn-SOD) (MARSCHNER; ÇAKMAK, 1989; ÇAKMAK, 2000). Assim, o zinco tem como função promover o crescimento das plântulas, e esse incremento, deve-se ao fato do micronutriente exercer importantes funções no metabolismo das plantas, participando da síntese do aminoácido triptofano, precursor do AIA (Ácido Indol Acético) que é o principal hormônio promotor do crescimento, além de ativar várias enzimas e ser componente estrutural de outras (EPSTEIN; BLOOM, 2004), fazendo com que a qualidade fisiológica das sementes seja preservada.

O menor resultado de EA em sementes de muito alto vigor foi observado para T6 (42%), que não diferiu significativamente do T3 (51%), T5 (61%) e T7 (51%). Para o lote com alto vigor, o menor EA foi obtido para T3 (49%), que não diferiu significativamente de T2 (62%), T4 (65%), T5 (63%) e T7 (65%). Já o lote com médio vigor, teve o seu menor EA observado para T3 (49%), que não diferiu significativamente de T2 (62%), T4 (65%), T5 (63%) e T7 (65%). Para estes resultados, observa-se que para todos os níveis de vigor testados, o T5 e o T7, encontraram-se entre os menores resultados de EA. Tais tratamentos, possuíam em sua composição o boro, que apesar de ser um componente de membranas celulares (TAVARES *et al.*, 2015), se utilizado em valores minimamente superiores ao exigido pelas sementes, pode provocar toxidez, reduzindo o vigor e conseqüentemente, o

desempenho das mesmas (PESSOA; LUCHESE; LUCHESE,; 2000). O osmocondicionamento provoca a absorção lenta de água (PACHECO JUNIOR, 2010) e conseqüentemente de micronutrientes, de modo que como a semente em germinação não tem mecanismos fisiológicos eficientes para controlar a entrada de substâncias como o boro, via embebição, concentrações tóxicas desse elemento podem acumular-se e causar fitotoxicidez, chegando até a matar o embrião (PESSOA, LUCHESE; LUCHESE, 2000). Esse acúmulo excessivo de boro pode ter sido agravado ainda pela desestruturação das membranas celulares provocada pelo processo de envelhecimento acelerado, fazendo com que estas estruturas deixassem de controlar a entrada e saída de solutos das células, gerando fitotoxicidez por acúmulo de boro e reduzindo o percentual de EA.

Tabela 5 – Médias das variáveis envelhecimento acelerado (EA, %), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento de raiz (CR, cm) e massa seca de raiz (MSR, g) de sementes de soja com três níveis de vigor e oito associações de osmocondicionamento + tratamento de sementes (TS) com micronutrientes. Pato Branco, 2020.

Osmoc. + micronutrientes	Envelhecimento acelerado			Índice de velocidade de emergência								
	Muito alto vigor	Alto vigor	Médio vigor	Muito alto vigor	Alto vigor	Médio vigor						
T1	78	a*	86	a	77	a	0,40	a	0,64	a	0,20	b
T2	73	a	65	b	61	b	0,08	b	0,20	b	0,11	b
T3	50	b	59	b	48	b	0,13	b	0,49	a	0,13	b
T4	70	a	92	a	64	b	0,60	a	0,29	b	0,37	a
T5	61	b	51	b	63	b	0,36	a	0,18	c	0,35	a
T6	42	b	58	b	80	a	0,20	b	0,27	b	0,50	a
T7	50	b	61	b	65	b	0,49	a	0,28	b	0,33	a
T8	79	a	95	a	85	a	0,74	a	0,26	b	0,13	b

Osmoc. + micronutrientes	Comprimento de raiz			Massa seca de raiz								
	Muito alto vigor	Alto vigor	Médio vigor	Muito alto vigor	Alto vigor	Médio vigor						
T1	11,76	a	10,98	a	10,81	a	0,19	a	0,16	a	0,15	a
T2	9,38	b	9,14	a	9,99	a	0,16	a	0,13	a	0,11	a
T3	8,36	b	7,43	b	4,29	c	0,07	b	0,08	b	0,09	a
T4	10,95	a	10,30	a	10,16	a	0,23	a	0,13	a	0,15	a
T5	8,83	b	7,25	b	10,01	a	0,06	b	0,08	b	0,14	a
T6	8,58	b	8,58	a	6,93	b	0,15	a	0,11	b	0,10	a
T7	8,41	b	4,40	c	9,59	a	0,18	a	0,06	b	0,09	a
T8	10,07	a	9,71	a	11,16	a	0,13	a	0,15	a	0,13	a

* Médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem entre si em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Skott-Knott.¹ Osmoc.= osmocondicionamento

T1 = testemunha; T2 = osmocondicionamento + sem TS; T3 = osmoc. + TS boro; T4 = osmoc. + TS zinco; T5 = TS boro + TS zinco; T6 = osmoc. + TS boro + TS zinco; T7 = TS boro e T8 = TS zinco.

No que diz respeito ao índice de velocidade de emergência - IVE (Tabela 5),

este é um parâmetro de indica a velocidade com que uma semente germina e a plântula emerge a partir da sua contagem diária (MAGUIRE, 1962), de tal modo que, quanto maior o IVE, maior vigor. Tal característica é muito importante para sementes de soja, uma vez que, a redução do tempo de exposição das sementes a fatores desfavoráveis no campo, evita uma série de problemas, como por exemplo, a competição com outras espécies por recursos como água e nutrientes (MARCOS FILHO, 2005).

As sementes com muito alto vigor apresentaram a emergência mais rápida quando foram submetidas ao T8 (0,74), resultado este que não diferiu de T1 (0,40), T4 (0,60), T5 (0,36) e T7 (0,47). Já em sementes com alto vigor, o maior IVE foi observado para a testemunha – T1 (0,64) que não diferiu de T3 (0,49). As sementes de médio vigor apresentaram o seu maior IVE quando submetidas ao T6 (0,5), onde tal tratamento não diferiu de T4 (0,37), T5 (0,35) e T7 (0, 33). Nesse sentido, a utilização de técnicas que possam acelerar e, conseqüentemente, trazer uniformidade da germinação das sementes, poderá trazer grandes benefícios para os agricultores (HEYDECKER; COOLBEAR, 1977). Contudo no trabalho em questão, não se observou efeito benéfico da técnica do osmocondicionamento + micronutrientes sobre a velocidade de emergência das plântulas. Estes resultados, portanto, demonstram que sementes oriundas de lotes de baixo vigor apresentam menor velocidade de emergência de plântulas, concordando com os resultados obtidos por Edje e Burris (1971). Os resultados obtidos por Tekrony *et al.* (1987), também, confirmam que há correlação significativa e positiva entre a emergência em campo e o vigor das sementes.

O maior período necessário para que ocorresse a emergência das plântulas de muito alto vigor, deu-se quando utilizou-se o T2 (0,08), que não diferiu de T4 (0,13) e T6 (0,20), onde as sementes com alto vigor tiveram seu menor IVE expresso pelo T5 (0,18). Já as sementes com médio vigor, obtiveram menor IVE, quando submetidas ao T2 (0,11), resultado este que diferiu de T1 (0,20), T3 (0,13) e T8 (0,13). Ao observar tais resultados, nota-se que o T2 (osmocondicionamento) foi o tratamento que gerou os menores valores de IVE para dois dos três níveis de vigor estudados, o que contraria a afirmação feita por Cardoso *et al.* (2012b). Segundo os autores, o condicionamento osmótico é uma ferramenta para a redução do tempo do processo de germinação, bem como melhorar e sincronizar a emergência das plântulas, submetendo as sementes a um controle da hidratação suficiente para

permitir os processos respiratórios essenciais à germinação, porém insuficiente para propiciar a protrusão da radícula (OLIVEIRA, et al. 2010).

O aumento do tempo necessário para emergência das plântulas de soja é capaz de provocar efeitos negativos sobre esta cultura, resultando em redução da produtividade. Tal premissa foi confirmada por Pinthus e Kimel (1979), que ao avaliarem a produtividade da soja em diferentes velocidades de emergência de plântulas, concluíram que aquelas que emergiram em quatro e cinco dias após a semeadura, apresentaram produtividade maior que as que necessitaram de mais tempo para que ocorresse a emergência.

Com relação ao comprimento de raízes (Tabela 5), importante parâmetro de avaliação de crescimento de plântulas, para as sementes de muito alto vigor, o T1 foi o responsável por originar plântulas com o maior sistema radicular (11,76 cm), não diferindo do T4 e T8, que apresentaram CR de 10,95 e 10,07 cm, respectivamente. Os demais tratamentos, no entanto, demonstraram resultados que indicam que para sementes de muito alto vigor, os mesmos provocam redução do desenvolvimento radicular das plântulas, evidenciando os possíveis sintomas de toxidez do Zn nas plantas, que é caracterizado por uma inibição do alongamento radicular (MARSCHNER, 1995). Assim, é possível relacionar os resultados de comprimento radicular descritos à resposta do excesso de Zn, onde o menor resultado foi expresso pelo T7 (8,41 cm), não diferindo do T2 (9,38 cm), T3 (8,36 cm), T5 (8,83 cm) e T6 (8,58 cm). Em sementes com alto vigor, o maior CR foi observado para a T1 (10,98 cm), onde tal resultado não apresentou diferenças significativas em relação a T2, T4, T6 e T8, que apresentaram CR de 9,14; 10,30; 8,58 e 9,71 cm, respectivamente. Para este mesmo nível de vigor, tem-se que o menor CR resultou do tratamento T7 (4,40 cm) que não diferiu significativamente de T3 (7,43 cm) e T5 (7,25 cm). Já as sementes que apresentavam médio vigor, o maior CR observado foi demonstrado pelo T8 (11,16 cm), que não apresentou diferenças significativas com T1 (10,81 cm), T2 (9,99 cm), T4 (10,16 cm), T5 (10,01 cm) e T7 (9,59 cm), no entanto, observou-se uma redução do tamanho do sistema radicular, onde o menor CR foi demonstrado pelo T3 (4,29 cm), que não diferiu de T6 (6,93 cm). Corroborando com o descrito por Huppés *et al.* (2013) que em sementes de cenoura observaram que na avaliação do comprimento de parte aérea das plântulas, foi possível verificar que um lote se destacou como superior em relação aos demais lotes, sendo que esse mesmo lote também apresentou

comportamento superior aos demais lotes na avaliação de comprimento de raiz.

Segundo Dan *et al.* (1987), sementes mais vigorosas são responsáveis por originar plântulas mais desenvolvidas, uma vez que apresentam maior capacidade de transformação e suprimento de reservas de tecidos de armazenamento e maior utilização destes pelo eixo embrionário. Assim, segundo Henning *et al.* (2010), plântulas com maior tamanho e taxa de crescimento inicial, possuem elevada capacidade competitiva, o que proporciona o fechamento mais rápido dos espaços das entrelinhas, favorecendo o controle das plantas daninhas. Nesse contexto, os menores resultados para os três níveis de vigor avaliados, apresentavam em sua constituição o micronutriente boro, onde os lotes de muito alto e alto vigor apresentaram seu menor resultado expresso pelo T7 (TS boro) enquanto que lote com médio vigor pelo T3 (osmoc. + TS boro). Estes resultados são contrários ao observado por Araújo *et al.* (2016), os quais em trabalho com algodoeiro, observaram relação direta do boro com o desenvolvimento da planta, uma vez que este controla a produção de importantes reguladores de crescimento. Assim, nas condições deste trabalho, entende-se que a dose de boro utilizada pode ter sido maior que a necessária para a cultura da soja, o que pode ter provocado fitotoxicidez, uma vez que conforme assegurado por Pessoa, Luchese e Luchese (2000), o boro é um micronutriente que se utilizado em valores minimamente superiores ao exigido pelas sementes, pode provocar fitotoxicidez, reduzindo o desempenho das sementes.

A determinação da massa seca de plântulas, segundo Nakagawa (1999), demonstra a transferência das reservas da semente para o eixo embrionário, na fase da germinação, o que dá origem a plântulas com maior peso, em função do maior acúmulo de matéria. Deste modo, o maior desenvolvimento radicular de plântulas determinado a partir da MSR (Tabela 5) das sementes de alto vigor, foi obtido quando estas foram submetidas ao T4, que originou plântulas com sistema radicular com massa de 0,23 g, resultado este que não diferiu de T1, T2, T6, T7 e T8, que apresentaram massa de 0,19; 0,16; 0,15; 0,18 e 0,13 g, respectivamente. Entretanto, as sementes que foram submetidas ao T5, apresentaram redução de massa de raízes (0,06 g), que não diferiu de T3 (0,07 g). As sementes com alto vigor apresentaram sua maior MSR para o T1 (0,16 cm), onde este tratamento não diferiu do T2 (0,13 cm), do T4 (0,13 cm) e do T8 (0,15 cm). Para as sementes com este nível de vigor, a menor MSR foi obtida quando estas foram submetidas a T7 (0,06

g), não diferindo de T3 (0,08 g), T5 (0,08 g) e T6 (0,11 g). A MSR das sementes de médio vigor, não apresentou diferenças significativas para todos os tratamentos, onde os resultados foram compreendidos entre 0,09 g (T3 e T7) e 0,15 g (T1 e T4). De modo geral, a qualidade fisiológica das sementes de soja foi influenciada estatisticamente pelos tratamentos. Entretanto, cabe ressaltar que, embora tenha-se observado melhora significativa em função do fornecimento de B e Zn em alguns tratamentos, a testemunha (T1) proporcionou sementes com qualidade semelhante. O CR e MSR permaneceram com valores adequados e estão de acordo com o reportado na literatura (SÁ; LAZARINI, 1995; BEVILAQUA *et al.*, 2002; TOLEDO *et al.*, 2012). Por outro lado, em trabalho realizado por Bevilaqua *et al.* (2002), os autores não verificaram diferença significativa na massa da matéria seca de plântulas de duas cultivares de soja em função de doses de cálcio e boro.

A condutividade elétrica é o teste no qual a qualidade das sementes é avaliada indiretamente através da determinação da quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes. Os menores valores, correspondentes à menor liberação de exsudatos, indicam alto potencial fisiológico (maior vigor), revelando menor intensidade de desorganização dos sistemas membranais das células (VIEIRA *et al.*, 1994). Assim, quanto maior o resultado obtido, maior será a desestruturação das membranas celulares e maior será a deterioração de uma semente.

Neste contexto, as sementes que demonstraram maior desestruturação de membranas celulares e conseqüentemente maior CE (Tabela 5) foram as testemunhas - T1 (423,03 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) das sementes de médio vigor, que não diferiram das sementes de alto vigor submetidas a T5 (390,60 $\mu\text{S.cma}$). A menor CE foi obtida para sementes de médio vigor submetidas a T4 (239,60 $\mu\text{S.cma}$), que não diferiram das sementes de muito alto vigor submetidas a T4 (261,55 $\mu\text{S.cma}$), das sementes de alto vigor submetidas a T2 (265,15 $\mu\text{S.cma}$) e das sementes de médio vigor submetidas a T6 (240,30 $\mu\text{S.cma}$), o que indica que estes foram os tratamentos responsáveis por provocar redução do extravasamento do conteúdo celular das sementes, ou seja, proporcionam uma melhor estruturação das membranas celulares se comparado aos demais tratamentos, incluindo as testemunhas dos três níveis de vigor.

Tabela 6 – Média das variáveis condutividade elétrica (COND $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), comprimento da parte aérea (CPA cm), massa verde da parte aérea (MVPA g), massa verde de raiz (MVR g), emergência no campo (EC %) e velocidade de emergência (VE, em dias) de sementes de soja, cultivar TMG 7262®, no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Pato Branco, 2020.

VIGOR	TRATAMENTO	COND ¹	CPA ¹	MVPA ¹	MVR ¹	EC ¹	VE ¹
Muito alto	T1	317,50 c	9,60 b	10,26 d	3,10 b	31,25 a	6,31 c
Muito alto	T2	332,28 c	10,04 b	13,79 b	5,37 a	10,42 b	15,00 c
Muito alto	T3	313,00 c	5,61 c	11,70 c	5,13 a	16,67 b	10,33 c
Muito alto	T4	261,55 e	11,51 a	14,54 b	5,91 a	33,33 a	22,30 b
Muito alto	T5	309,63 c	4,91 c	7,19 e	0,97 d	27,08 b	29,33 b
Muito alto	T6	296,33 d	8,39 b	10,79 d	4,70 a	16,67 b	9,63 c
Muito alto	T7	280,38 d	5,71 c	7,91 e	0,99 d	37,50 a	12,39 c
Muito alto	T8	284,88 d	10,72 a	7,62 e	1,63 c	52,08 a	5,47 c
Alto	T1	330,97 c	11,49 a	11,80 c	2,92 b	47,92 a	9,20 c
Alto	T2	265,15 e	10,13 b	10,84 d	2,67 b	18,75 b	11,47 c
Alto	T3	363,35 b	5,49 c	10,15 d	4,68 a	37,50 a	12,10 c
Alto	T4	329,17 c	10,56 a	14,32 b	5,16 a	22,92 b	9,39 c
Alto	T5	390,60 a	5,24 c	7,69 e	0,95 d	14,58 b	7,33 c
Alto	T6	290,00 d	5,28 c	11,06 d	4,09 a	22,22 b	41,35 a
Alto	T7	327,60 c	11,16 a	8,42 e	1,47 c	22,92 b	22,47 b
Alto	T8	278,38 d	9,73 b	10,02 d	2,15 b	36,11 a	23,08 b
Médio	T1	423,03 a	9,64 b	12,90 c	3,17 b	16,67 b	9,67 c
Médio	T2	319,13 c	8,93 b	13,50 b	5,21 a	10,42 b	11,13 c
Médio	T3	297,20 d	5,10 c	7,56 e	0,58 d	10,42 b	8,67 c
Médio	T4	239,60 e	10,98 a	15,94 a	5,46 a	29,17 a	27,50 b
Médio	T5	358,63 b	4,56 c	7,16 e	0,70 d	33,33 a	16,68 c
Médio	T6	240,30 e	4,88 c	11,99 c	4,95 a	41,67 a	21,61 b
Médio	T7	347,07 c	5,93 c	7,79 e	0,80 d	25,00 b	9,25 c
Médio	T8	317,03 c	10,78 a	10,47 d	1,87 c	10,42 b	9,00 c

* Médias não seguidas por mesma letra diferem entre si em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de

Skott-Knott; ¹variáveis com distribuição “aproximadamente” normal.

T1 = testemunha; T2 = osmocondicionamento + sem TS; T3 = osmoc. + TS boro; T4 = osmoc. + TS zinco; T5 = TS boro + TS zinco; T6 = osmoc. + TS boro + TS zinco; T7 = TS boro e T8 = TS zinco.

Em análise geral, observa-se que, todos os tratamentos causaram redução significativa na lixiviação de solutos quando comparados com a testemunha, onde os menores valores de CE foram verificados quando as sementes foram submetidas a utilização com osmocondicionamento. Tais resultados também foram observados por uma série de autores, que afirmaram em seus trabalhos que o condicionamento fisiológico pode exercer efeito sob a integridade das membranas celulares (WOODSTOK; TAO, 1981; TILDEN; WEST, 1985; DERMAN *et al.*, 1986; CHOUDHURI; BASU, 1988; ARMSTRONG W McDONALD, 1992; SUNG; CHANG, 1993). Isto ocorre, pois, a embebição controlada de água pelas sementes provocada pelo condicionamento osmótico, que promove a atividade metabólica das fases iniciais do processo de germinação (fase I e II) (PACHECO JUNIOR, 2010),

promove a reorganização e reestruturação de membranas danificadas, permitindo o sucesso das futuras divisões e expansões celulares da semente e da plântula (KHAN, 1992).

Plântulas com maior desenvolvimento de parte aérea, apresentam maior capacidade fotossintética e inicial e por isso, apresentam maiores chances de se desenvolverem adequadamente no campo, resultando em elevados tetos produtivos. Nos testes de comprimento de plântula e hipocótilo, de acordo com Krzyzanowski *et al.* (1991), o principal objetivo é estimar o vigor relativo do lote de sementes. Essas considerações são válidas, pois sementes vigorosas originam plântulas com altas taxas de crescimento e capacidade de transformação, maior suprimento de reservas dos tecidos de armazenamento, e também elevada incorporação destes pelo eixo embrionário (DAN *et al.*, 1987). Nesse sentido, as plântulas com maiores CPA (Tabela 5) foram originados de sementes de muito alto vigor submetidas a T4 (11,51 cm), onde este resultado não diferiu das sementes de muito alto vigor submetidas a T8 (10,72 cm), de alto vigor com os tratamentos T1 (11,49 cm), T4 (10,56 cm) e T7 (11,16 cm) e de médio vigor com os tratamentos T4 (10,98 cm) e T8 (10,78 cm). O menor CPA, por sua vez, foi obtido pelas sementes de médio vigor submetidas a T5, que deram origem a plântulas com CPA de 4,56 cm. Tal resultado, não diferiu das sementes de muito alto vigor submetidas a T3 (5,61 cm), T5 (4,91 cm) e T7 (5,71 cm), das sementes de alto vigor submetidas a T3 (5,49 cm), T5 (5,24 cm) e T6 (5,28 cm) e das sementes de médio vigor submetidas a T3 (5,10 cm), T6 (4,88 cm) e T7 (5,93 cm).

Assim, o zinco é considerado um micronutriente promotor de crescimento (OSHE *et al.*, 2000), onde por isso, acredita-se que o teor deste presente nas sementes, foi benéfico, uma vez que os tratamentos submetidos somente ao tratamento com Zn, foram os que obtiveram os maiores valores de CPA. Já os tratamentos onde utilizou-se B e Zn de uma só vez, não foram capazes de promover incrementos e acabaram por prejudicar a produção de parte aérea. No trabalho de Ohse *et al.* (2000) não houve diferença significativa para MSPA de plantas de arroz irrigado originadas de sementes recobertas com Zn e B, onde o mesmo foi observado nos trabalhos de Masuthi *et al.* (2009) em plantas de feijão-de-vagem e por Tavares *et al.* (2013) em plantas de trigo onde em ambos os trabalhos, as sementes foram recobertas com o micronutriente zinco.

Outro meio de avaliar o desenvolvimento de plântulas é através da MVPA,

onde para tal parâmetro, o maior resultado foi obtido para as sementes de médio vigor, submetidas a T4, com uma MVPA de 15,94 gramas. O menor resultado para este parâmetro (Tabela 5), por sua vez, foi observado em plântulas oriundas de sementes de médio vigor submetidas a T5 (7,16 cm), onde tal resultado, não difere significativamente das plântulas oriundas de sementes de muito alto vigor submetidas a T5 (7,19 g), T7 (7,91 g) e T8 (7,62 g), de alto vigor submetidas a T5 (7,69 g) e T7 (8,42 g) e de médio vigor submetidas a T3 (7,56 g) e T7 (7,79 g). Nota-se com estes resultados, que contrariamente ao esperado, a maior MVPA foi obtida por sementes de médio vigor, ou seja, pelo menor nível de vigor estudado. Tal resultado pode ter ocorrido, pois mesmo tendo-se utilizado fungicida junto com a solução de PEG 6000, para este nível de vigor, principalmente quando associado ao osmocondicionamento, observou-se uma grande presença de fungos de armazenamento, resultando assim, em plântulas mais pesadas. Segundo Maude *et al.* (1992) e Nunes *et al.* (2000), a utilização de osmocondicionamento pode gerar maior incidência de fungos, pois as sementes ficam expostas a umidade e temperatura constante por um período que permite o desenvolvimento destes agentes patogênicos, uma vez que encontram no condicionamento osmótico, condições ideais para o seu desenvolvimento.

Além disso, tanto para sementes de muito alto, quanto para sementes de alto vigor, os tratamentos T5 e T7 apresentaram valores que estiveram entre os menores resultados, onde o mesmo comportamento foi observado para a variável EA (Tabela 4). Nesse sentido, entende-se que a utilização de boro, associado ou não ao osmocondicionamento, reduz o vigor das sementes, afetando o desenvolvimento de plântulas e reduzindo a MVPA. Isso ocorre pois, segundo DAN *et al.* (1987), sementes mais vigorosas originam plântulas com maior taxa de crescimento, em função de apresentarem maior capacidade de transformação e de suprimento de reservas dos tecidos de armazenamento e da, maior incorporação destes pelo eixo embrionário. Se ocorrer a redução do vigor das sementes, conseqüentemente irá afetar o processo de transferência das reservas da semente para o eixo embrionário, originando plântulas menos pesadas, em função do menor acúmulo de matéria.

A maior MVR (Tabela 5) foi obtida para plântulas oriundas de sementes de muito alto vigor submetidas a T4 (5,91 g), onde tal resultado não diferiu das plântulas originadas de sementes de muito alto vigor submetidas a T2 (5,37 g), T3 (5,13 g) e T6 (4,70 g), de alto vigor submetidas a T3 (4,68 g) e T4 (5,16 g) e de

médio vigor submetidas a T2 (5,21 g), T4 (5,46 g) e T6 (4,95 g). Já a menor MVR foi obtida em plântulas oriundas de sementes de médio vigor que passaram pelo T5, o que resultou em uma MVR de 0,58 g, de tal modo que este resultado não apresentou diferença significativa com as plântulas provenientes de sementes de muito alto vigor submetidas aos tratamentos T5 (0,97 g) e T7 (0,99 g), de alto vigor submetidas a T5 (0,95 g) e de médio vigor submetidas aos tratamentos T5 (0,70 g) e T7 (0,80 g).

Estes resultados permitem observar que a utilização da associação de osmocondicionamento + TS zinco (T4), é responsável por aumentar o desenvolvimento radicular de plântulas de soja, independente do nível de vigor destas. Tal resultado está de acordo com o que propõe Ohse *et al.* (2000), que afirma que o zinco apresenta importante papel como promotor de crescimento, refletindo diretamente na produção de massa seca. A utilização do osmocondicionamento associado ao tratamento de sementes com zinco, faz com que a absorção deste micronutriente ocorra de forma lenta e controlada, permitindo que este desempenhe suas funções metabólicas, desencadeando alterações na síntese de carboidratos, proteínas e auxinas, promovendo ainda uma melhor estruturação de membranas celulares (OHSE *et al.*, 2012). Além disso, segundo Marengo (2007), o zinco participa da síntese de auxina, fitormônio este que participa do processo de divisão e alongamento celular, de modo que tal processo se intensifica durante o processo germinativo, acarretando plântulas mais vigorosas.

A emergência no campo é um teste que determina como uma semente irá se comportar quando semeada, de modo que este resultado indica o vigor de uma semente (MARCOS FILHO, 2015). Assim, a maior EC (Tabela 5) foi obtida com sementes de alto vigor submetidas a T8, que resultaram em 52% de EC. Este resultado, não diferiu dos tratamentos T1 (31%), T4 (33%) e T7 (38%) para sementes de muito alto vigor, T1 (48%), T3 (38%) e T8 (36%) para sementes de alto vigor e T4 (29%), T5 (33%) e T6 (42%). A menor EC, foi de 10%, resultado este obtido para o tratamento T2 para sementes de muito alto vigor e T2, T3 e T8 para sementes de médio vigor. No entanto, esse resultado não diferiu dos tratamentos T3 (17%), T5 (27%) e T6 (17%) para sementes de muito alto vigor, T2 (19%), T4 (23%), T5 (15%), T6 (22%) e T7 (23%) para sementes de alto vigor e T1 (17%) e T7 (25%) para sementes de médio vigor.

Para todos os tratamentos e níveis de vigor estudados, a EC apresentou

resultados inferiores ao mínimo necessário (60%) para que uma semente se desenvolva adequadamente no campo. Os resultados obtidos podem ser explicados pela falta de chuva nos primeiros cinco dias após instalação do experimento, uma vez que a água é fator preponderante para a emergência de sementes, já que, a fase I do processo germinativo consiste na embebição das sementes, de modo que para que uma semente de soja germine, é necessário que a mesma embeba o dobro da sua massa (BEWLEY; BLACK, 1994). Além disso, observa-se que o tratamento de sementes com zinco promoveu a maior EC mesmo em condições de estresse hídrico, o que também foi observado por Sperotto et al., (1999), onde os tratamentos com zinco, nos cultivares de feijão Carioca e FT-120, não diferiram da testemunha, ou seja, mantiveram o nível de emergência em campo. Desse modo, podemos constatar que o acúmulo de zinco na semente e, provavelmente, a posterior translocação do micronutriente para a planta não afetou o desempenho da semente, como já havia observado Melo (1990).

A VE, determinada em dias, indica o número de dias necessários para que uma semente apresente sua emergência no campo, de tal modo que, quanto o maior seu resultado, maior é o tempo necessário para que uma semente desenvolva seus processos metabólicos e origine uma plântula (ELIAS *et al.*, 2012). Neste contexto, o T6 em sementes de alto vigor foi o tratamento que necessitou do maior número de dias (41,36 dias) para que ocorresse a emergência das sementes (Tabela 5), onde este resultado diferiu dos demais tratamentos. Esse resultado indica que esse tratamento faz com que a semente e a plântula originada, não aproveitem efetivamente os recursos ambientais (luz, umidade e temperatura) disponíveis, uma vez que segundo Oliveira *et al.* (2010), quanto mais rápido uma plântula se estabelecer no campo, maior será o aproveitamento dos recursos disponíveis.

O menor resultado (6,31 dias) para a variável VE (Tabela 5), foi observada para a testemunha – T1 de sementes de muito alto vigor, de tal modo que este resultado não apresentou diferenças significativas para os tratamentos T2 (15 dias), T3 (10,33 dias), T6 (9,63 dias), T7 (12,39 dias) e T8 (5,47 dias) para sementes de muito alto vigor, T1 (9,20 dias), T2 (11,47 dias), T3 (12,10 dias) e T4 (7,33 dias) para sementes de alto vigor e T1 (9,67 dias), T2 (11,13 dias), T3 (8,67 dias), T5 (16,68 dias), T7 (9,25 dias) e T8 (9 dias) para sementes de médio vigor.

Para o índice de velocidade de emergência, apenas o tratamento T1

(testemunha) foi superior aos demais (Tabela 5). Esse resultado pode estar relacionado à maior porcentagem de água com que estas sementes iniciaram o teste. Ou seja, notou-se que os tratamentos com maior umidade foram aqueles que apresentaram menor velocidade de emergência. Isso pode estar relacionado ao fato de que a alta umidade dos tratamentos submetidos ao osmocondicionamento interferiu no desenvolvimento a campo e conseqüentemente na velocidade de emergência, atrasando o avanço no processo e conseqüentemente ao início da emergência em relação aos demais tratamentos.

A germinação de sementes é caracterizada segundo as Regras para Análise de Sementes como a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando a aptidão desta em gerar uma plântula normal diante de condições favoráveis no campo (BRASIL, 2009). As médias de GERM demonstradas na Tabela 6, indicam que a maior GERM foi observada para a testemunha – T1, que apresentou um percentual de plântulas normais de 93%, não diferindo de T2, T3, T4, T6 e T8, com GERM de 88, 88, 86, 90 e 87%, respectivamente. Já o menor percentual de GERM foi obtido para o T7 (72%), que não diferiu do T5 (77%).

Tabela 6 – Médias de germinação de sementes (GERM %) e massa seca de parte aérea (MSPA g) de sementes da cultivar TMG 7262® com diferentes níveis de vigor (muito alto, alto e médio vigor) e oito associações de osmocondicionamento + tratamento de sementes (TS) com micronutrientes, no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Pato Branco, 2020.

Osmoc. ¹ + micronutrientes	GERM		MSPA	
T1	93%	a*	1,51	b
T2	88%	a	1,45	b
T3	87%	a	1,65	a
T4	86%	a	1,53	b
T5	76,7	b	1,44	b
T6	90%	a	1,64	a
T7	72%	b	1,64	a
T8	87%	a	1,31	b

* Médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem entre si em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Skott-Knott; ¹Osmoc.= osmocondicionamento. T1 = testemunha; T2 = osmocondicionamento + sem TS; T3 = osmoc. + TS boro; T4 = osmoc. + TS zinco; T5 = TS boro + TS zinco; T6 = osmoc. + TS boro + TS zinco; T7 = TS boro e T8 = TS zinco.

Analisando a variável germinação, à medida que as combinações de B e Zn foram feitas, não houve redução significativa nas médias dos tratamentos para esta variável, mostrando que nas condições experimentais testadas, as combinações de B e Zn + osmocondicionamento não foram prejudiciais para a formação de plântulas normais em laboratório. Entretanto, o T5 e T7, tratamentos constituídos pela

aplicação de boro sem associação de osmocondicionamento, resultaram em redução do percentual de plântulas normais, de modo que Pessoa, Luchese e Luchese (2000) em trabalho envolvendo o tratamento de sementes de milho do híbrido Cargil 125, com doses crescentes de boro observaram redução, atraso e desuniformidade da germinação, conforme aumenta-se a dose de B. Segundo os mesmos autores, tais resultados podem ser associados a fitotoxidez provocada por este micronutriente, uma vez que durante a germinação, a semente não apresenta mecanismos fisiológicos eficientes de controle de entrada de solutos, permitindo o acúmulo excessivo de boro, que pode inclusive, provocar a morte do embrião.

No que diz respeito a MSPA (Tabela 6), o maior resultado foi obtido quando as sementes foram submetidas a T3 (1,65 g), resultado este que não diferiu do T6 e do T7, onde ambos apresentaram MSPA de 1,64 g. O menor resultado por sua vez, foi obtido quando realizou-se o tratamento de sementes com zinco (T8), resultando em uma MSPA de 1,31 gramas, não diferindo de T1 (1,51), T2 (1,45), T4 (1,53) e T5 (1,44). Tal resultado se deve ao fato de que, apesar de causar fitotoxidez nas sementes durante o processo de germinação, o boro quando é utilizado nas sementes associadas ao condicionamento osmótico, é embebido de forma lenta e gradual, tendo tempo para promover suas funções, que incluem o transporte de açúcar, o metabolismo de carboidratos, o metabolismo do RNA e o metabolismo do AIA (KIRKBY, ROMHELD, 2007).

5 CONCLUSÕES

O método de condicionamento osmótico pode ser utilizado em sementes de soja, desde que associado ao tratamento de sementes com micronutrientes;

O osmocondicionamento se realizado de maneira isolada, não provoca acréscimos na qualidade fisiológica de sementes;

O tratamento de sementes com zinco resultou em aumento significativo do vigor e da qualidade fisiológica de sementes de soja, independente do nível de vigor avaliado;

O tratamento de sementes com boro reduziu o vigor e a qualidade fisiológica de sementes de soja;

Sementes com níveis de vigor mais elevados apresentam qualidade fisiológica superior e resultam em plântulas com maior desempenho inicial.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do presente trabalho, entende-se que o emprego de osmocondicionamento associado ao tratamento de sementes com os micronutrientes Zn e B, representa uma alternativa eficaz de acréscimo na qualidade de sementes após a colheita, especialmente no que diz respeito ao baixo custo desta metodologia.

Além disso, nota-se que o tratamento de sementes com micronutrientes é um método que apresenta resultados positivos, mas necessita-se que a dosagem destes nutrientes seja cuidadosamente calculada, uma vez que as sementes são muito sensíveis a doses excessivas destas substâncias.

Assim, sugere-se que em próximos trabalhos, ajuste-se a dose ideal dos micronutrientes para tratamento de sementes, especialmente no que diz respeito ao boro. Ainda assim, é fundamental que se verifique a eficácia do osmocondicionamento associado ao tratamento de sementes com os micronutrientes, no campo, principalmente no que se refere produtividade das lavouras oriundas destas sementes.

REFERÊNCIAS

- LBUQUERQUE, Kenia Almeida Diniz *et al.* Armazenamento e qualidade de sementes de tomate enriquecidas com micronutrientes e reguladores de crescimento. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, p.20-28, 2010.
- APROSOJA BRASIL. **A soja**. Brasília. Disponível em: <http://aprosojabrasil.com.br/a-soja>. Acesso em: 10 mar. 2020.
- ARAÚJO, Erica de Oliveira; SILVA, Marcos A. C. da. Interação boro e zinco no crescimento, desenvolvimento e nutrição do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, p. 720-727, 2012.
- ARAUJO, Maicon Marinho Vieira; SOUSA, Janaína Rosa; CAMILI, Elisangela Clarete. Germinação de sementes de trigo tratadas com zinco e boro. **Revista de Agricultura**, v. 91, n. 3, p.274-284, 2016.
- ÁVILA, Marizangela Rizzatti *et al.* Qualidade fisiológica e produtividade das sementes de milho tratadas com micronutrientes e cultivadas no período de safrinha. **Acta Scientiae Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 535-543, 2006.
- BASAVARAJAPPA, Balapal S.; SHETTY, H. Shekar; PRAKASH, Harishchandra S. Membrane deterioration and other biochemical changes, associated with accelerated ageing of maize seeds. **Seed science and technology**, v.19, n.2, p. 279-286, 1991.
- BATAGLIA, O. C.; RAIJ, B. V. Eficiência de extratores de micronutrientes na análise do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, n. 2, p. 205-212, 1989.
- BENNETT, M.A. Determination and standardization challenges of vigor tests of vegetable seeds. **Informativo Abrates**, n. 11, p. 58-62, 2001.
- BEVILAQUA, Gilberto Antonio P.; SILVA FILHO, Pedro Moreira; POSSENTI, Jean Carlos Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, v. 32, n.1, p.31-34, 2002.
- BEWLEY, J. Derek; BLACK, Michael. **Seeds: physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BRACCINI, Alessandro de Lucca *et al.* Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, após o processo de hidratação-desidratação e envelhecimento acelerado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.6, p. 1052-1066, 1999
- BRADFORD, Kent J. *et al.* Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **HortScience**, v.21, n.5, p. 1105-1112, 1986.
- BRANCO, Samuel Murgel; CAVINATTO, Vilma Maria **Solos: A base da vida terrestre**. São Paulo: Moderna, 1999. 79 p.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003**. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e dá outras providências. Brasília, 2003.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretária de

Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ ACS, 2009. 398 p.

CAKMAK, Ismail. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. **New Phytologist** v. 146, p. 185-205, 2000.

CARDOSO, Narya da Silva N. C. *et al.* Osmocondicionamento na germinação de sementes, crescimento inicial e conteúdo de pigmentos de *Myracrodruon urundeuva* fr. Allemão. **Revista Brasileira de Biociência**, v. 10, n. 4, p. 457-461, 2012a.

CARDOSO, Rafael Brito, BINOTTI, Flávio Ferreira da Silva; CARDOSO, Elina Duarte. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 3, p. 272-278, 2012b.

CARVALHO, Nelson Moreira de; NAKAGAWA, João Carvalho. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588 p.

CHOUDHURI, Nilanjana; BASU, R. N. Maintenance of seed vigour and viability of onion (*Allium cepa* L.). **Seed Science and Technology**, v.16, n.1, p. 51-61, 1988.

CHUNG, Gyuhwa; SINGH, Ram J. Broadening the genetic base of soybean: a multidisciplinary approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 27, n. 5, p. 295–341, 2008.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim Grãos**: abril 2020. Acompanhamento da safra bras. grãos, v.7, n.7, p.1-31, 2020. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/31188_59a3ca776bb30fa3764094b3acad2b1c. Acesso em: 10 de abr. 2020.

CRUZ, Cosme Damião. GENES: software para análise de dados em estatística experimental e em genética quantitativa. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.35, n.3, p. 271-276, 2013.

DAN, E. L. *et al.* Transferência de matéria seca como método de avaliação do vigor de sementes de soja. **Rev. Bras. Sementes**, v.9, n.3, p.45-55, 1987.

DEL GIÚDICE, Marcos Paiva. **Condicionamento osmótico de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1996. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

DELOUCHE, J. C. Metodologia de pesquisa em sementes: III. Vigor, envigoramento e desempenho no campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.3, n.2, p.57-64, 1981.

DIAS, Marcos Altomani Neves; TAYLOR, A.G.T.; CICERO, Silvio Moure. Uptake of systemic seed treatments by maize evaluated with fluorescent tracers. **Seed Science and Technology**, v. 42, n.1, p.101-107, 2014;

ELIAS, Sabry G. *et al.* **Seed Testing: Principles and Practices**. Michigan:..., 2012.

EMBRAPA, Transferência de Tecnologia. **Sementes de qualidade: plantando o futuro**. Brasília: EMBRAPA, 2007, 14p.

EPSTEIN, Emanuel; BLOOM, Arnold J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2004. 400p.

FAGERIA, Nand Kumar; BARBOSA FILHO, Morel Pereira. **Identificação e correção de deficiências nutricionais na cultura do arroz**. Embrapa: Santo Antônio de

Goiás, nov. 2006.

FAROOQ, Muhammad *et al.* Boron nutripriming improves the germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Plant Nutrition**, v.34, p.1507-1515, 2011.

FERREIRA JUNIOR, J. A. *et al.* de genótipos de soja em diferentes épocas de plantio e densidade de semeadura no município de Uberaba – MG. **Fazu em Revista**, n. 07, p.13-21, 2010.

FRANÇA NETO, José de Barros. Evolução do conceito de qualidade de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 19, n. 2, p. 76-80, 2009.

FUNGUETTO, Claudete Izabel *et al.* Performance of zinc coated irrigated rice seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, p.117, 2010.

GAZZOLA NETO, Alexandre *et al.* Rastreabilidade e variabilidade espacial da qualidade fisiológica de sementes de soja em campo de produção. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, v.1, n.1, p.65-73, jul. 2017.

GONÇALVES, Rafael Gomes da Mota *et al.* Avaliação de diferentes doses e doses de boro no cultivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. In: FERTBIO, 1., 2016, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Fertbio, 2016. p. 664.

HENNING, Fernando Augusto *et al.* Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, v.69, n.3, p.727-734, 2010.

HEYDECKER, W.; COOLBEAR, P. Seed treatments for improved performance-survey and attempted prognosis. **Seed Science and Technology**, v.5, n.2. 1997.

HIPÓLITO, Jorge Luiz; Borges, Wander Luis Barbosa. Manejo nutricional e hormonal da cultura da soja para altas produtividades. In: Encontro técnico sobre as culturas da soja e do milho no noroeste paulista, 2. 2017, Araçatuba. **Anais...** Araçatuba: NUCLEUS, 2017. p.27-34.

HIRAKURI, Marcelo Hiroshi; LAZAROTTO, Joelsio José. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, jun. 2014.

HUPPES, Jonas *et al.* Vigor de sementes de cenoura e sua relação com o desempenho de plantas no campo. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.16, p. 2111-2121, 2013.

KHAN, Anwar A. Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural reviews**, 1992, v.13, n.1, p. 131-181, 1992.

KIRKBY, Ernest Arnold; ROMHELD, Volker. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **Inf. Agron.**, n.118, p.1 – 24, jun, 2007.

KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; FRANÇA NETO, José de Barros; HENNING, Ademir Assis. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, v.1, n.2, p.15-50, 1991.

KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; FRANÇA-NETO, José de Barros; HENNING, Ademar Assis. **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura**. Londrina: EMBRAPA, mai. 2018. (Documento 136).

LEMES, Elisa S. *et al.* Tratamento de sementes de soja com zinco: efeito na qualidade fisiológica e produtividade. **Colloquium Agrariae**, v.13, n.2, p.76-86, 2017.

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

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

MARCOS FILHO, Júlio, CÍCERO, Silvio Moure; SILVA, Walter Rodrigues da. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230 p.

MARCOS FILHO, Júlio. Deterioração de sementes. In: MARCOS FILHO, Júlio (ed.). **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, p. 291-352, 2005.

MARCOS FILHO, Júlio. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.

MARCOS FILHO, Júlio. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; VIEIRA, Roberval Dalton; FRANÇA NETO, José de Barros (ed). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999a.

MARENCO Ricardo A.; Lopes Neri Fernandes. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Viçosa: Editora UFV. 2005. p. 469.

MARSCHNER, Horst. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. New York: Academic Press, 1995. 889 p.

MARSCHNER, Horst; CAKMAK, Ismail. High light intensity enhances chlorosis and necrosis in leaves of zinc, potassium and magnesium deficient bean (*Phaseolus vulgaris*) plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 134, p. 308-315, 1989.

Maude, R. B. et al. Strategies for control of seed-borne *Alternaria dauci* (leaf blight) of carrots in priming and process engineering systems. **Plant pathology**, v.41, n.2, p. 204-214, 1992.

MELO, Evanisa Fátima Reginato Quevedo. **Respostas da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L) a níveis de zinco nas formas inorgânicas e orgânicas em casa de vegetação e no campo**. 1990. Dissertação (Mestrado em ciência do solo) - Curso de Pós-Graduação em ciência do solo, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1990.

MENESES, Anderson Tenório de. **Emergência e crescimento inicial de soja submetido a adubação mineral e doses crescentes de biofertilizante bovino**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

MENEZES, N.L. *et al.* Associação de tratamentos pré-germinativos em sementes de alface. **Revista Faculdade Zootecnia Veterinária Agronomia**, v.13, n.1, p.85-96, 2006.

NAKAGAWA, João *et al.* Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; VIEIRA, Roberval Dalton; FRANÇA NETO, José de Barros (ed). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

NAKAGAWA, João. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Vieira, Roberval Danton; Carvalho, N. M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.

NUNES, Ubirajara Russi *et al.* Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja submetidas ao condicionamento osmótico. **Revista Ceres**, v. 51, n. 294, p. 163-177, 2004.

OHSE Silvana *et al.* Germinação e vigor de sementes de melancia tratadas com zinco. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 2, 2012.

OHSE, Silvana *et al.* Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre. **Revista da FZVA**, v.8, n.1, 2000.

OLIVEIRA, Sandro de *et al.* Tratamento de sementes de *Avena sativa* L. com zinco: qualidade fisiológica e desempenho inicial de plantas. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v. 35 n. 3 p. 1131-1142, 2014.

OLIVEIRA, Alexandre Bosco de; GOMES FILHO, Enéas; ENÉAS FILHO, Joaquim. Condicionamento osmótico e fatores que afetam essa técnica: Envelhecimento das sementes e estresses abióticos. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n.11, p.1-18, 2010.

OLIVEIRA, Alexandre Bosco; GOMES FILHO, Enéas Efeito do condicionamento osmótico na germinação e vigor de sementes de sorgo com diferentes qualidades fisiológicas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 25-34, 2010.

OLIVEIRA, Fábio Alvarez *et al.* **Fertilidade do solo e nutrição da soja**. Londrina: Embrapa, 2007.

OLIVEIRA, Fernando Castro *et al.* Diferentes doses e épocas de aplicação de zinco na cultura da soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, p. 28-35, dez. 2017.

OLIVEIRA, R. H. *et al.* Potencial fisiológico de sementes de mamona tratadas com micronutrientes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.22, n.4, p.701-707, 2010.

PACHECO JÚNIOR, Francisco. **Temperatura e luminosidade na germinação de sementes de *Piper hispidinervum***. 2010. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), Universidade Federal do Acre. Rio Branco, 2010.

PESSOA, A. C. S. *et al.* Épocas e formas de aplicação de zinco em milho cultivado em solução nutritiva. **Ciência Agrícola**, v. 4, n. 1, p. 43-52, 1996.

PESSOA, A.C.S.; LUCHESE, E.B.; LUCHESE, A.B. Germinação e desenvolvimento inicial de plantas de milho, em resposta ao tratamento de sementes com boro. **R. Bras. Ci. Solo**, v.24, p.39-945, 2000.

PINTHUS, M.J.; KIMEL, U. Speed of germination as a criterion of seed vigor in soybeans. **Crop Sciece**, v. 19, p. 219–292, 1979.

PRADO, Renato Melo; LEAL, Renata Moreira. Desordens nutricionais por deficiência em girassol var. catissol-01. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, n.36, p.187-193, 2006.

RESENDE, Álvaro Vilela. **Adubação da soja em áreas de Cerrado: micronutrientes**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.

SÁ, Marcio Eustáquio; LAZARINI, Edson. Relação entre os valores de condutividade elétrica e níveis de emergência em sementes de diferentes genótipos de soja. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 5, n. 2, p.143, 1995.

SAGARDOY M, R. *et al.* Stomatal and mesophyll conductances to CO₂ are the main limitations to photosynthesis in sugar beet (*Beta vulgaris*) plants grown with excess zinc. **New Phytologist**, n.187, v.1, p.145-58, 2010.

SANTOS, Jacqueline Oliveira. **Deficiência e excesso de zinco em mudas de cafeeiro: metabolismo de carboidratos e respostas antioxidantes**. 2014. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2014.

SANTOS, Marcio dos. **Adubação foliar de boro em associação com cálcio na cultura da soja em sistema de plantio direto**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Universidade Federal do Santa Catarina, Curitibanos, 2016.

SANTOS, Osmar S. dos, ESTEFANEL, Valduíno. Efeito de micronutrientes e do enxofre aplicados nas sementes de soja. **Rev. Centro de Ciências Rurais**, v. 116. n. 1, p. 179-194, 1986.

SEDIYAMA-BHERING, Camilla Atsumi *et al.* Imbibition profile in polyethylene glycol 6000 osmotic solution and physiological potential of soybean seeds. **Rev. Bras. Ciênc. Agrár.**, v.10, n.3, p.376-381, 2015

SILVA, Amanda Tavares da *et al.* Épocas e formas de aplicação de boro na soja em plantio direto. In: Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG, 2. **Anais...** Pirenópolis:... out. 2015.

SINGH, M. V. Micronutrient seed treatment to nourish the crops at the critical stages of growth. **Indian Institute of Soil Science Technology Bulletin**, v.19, n.1, p.1-93, 2007.

SOUZA, Sandra Aparecida. **Efeitos da aplicação de nutrientes da produtividade e qualidade de sementes de soja**. 2008. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

SPEROTTO, Cassio Carlso I.; MENEZES, Nilson Lemes de; STORCK, Lindolfo. Desempenho de sementes e plantas de feijoeiro sob efeito do condicionamento osmótico e da aplicação de zinco. **Ciência Rural**, v. 29, n.2, ,p.253-257, 1999.

TAIZ Lincoln, ZEIGER Eduardo. **Fisiologia Vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 782p.

TALAMINI, Viviani; CARVALHO, Hélio Wilson; OLIVEIRA, Ivênio Rubens. **Qualidade sanitária de sementes de soja de diferentes cultivares introduzidos para cultivo em Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. 16p.

TAVARES, Lizandro Ciciliano *et al.* Physiological performance of wheat seeds coated with micronutrients. **Journal of Seed Science**, v.35, n.1, p.28-34, 2013.

TAVARES, L. *et al.* Qualidade de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta à adubação foliar com mangânes e zinco. **Bragantia**, v.64, n. 1, p. 83–88, 2015.

Tilden, R. L.; West, S. H. Reversal of the effects of aging in soybean seeds. **Plant Physiology**, v.77, n.3, p.584-586, 1985.

TOLEDO, Mariana Zampar; CAVARIANI, Cláudio; MARK, A. Bennet; FRANÇA NETO, José de Barros. Qualidade fisiológica de sementes de soja colhidas em duas épocas após dessecação com glyphosate. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1, p.134-142, 2012.

TUNES, Lilian Madruga *et al.* Tratamento de sementes de trigo com zinco: armazenabilidade, componentes do rendimento e teor do elemento nas sementes. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, p. 1141-1146, 2012.

USDA. United States Department of agriculture. Disponível em: www.fas.usda.gov. Acesso em: 08 mar. de 2019.

VIEIRA, Roberval Daiton. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, Roberval Daiton; CARVALHO, Nelson Moreira (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 103-132.

WOODSTOCK, L. W.; TAO, K. L. J.. Prevention of imbibitional injury in low vigor soybean embryonic axes by osmotic control of water uptake. **Physiologia plantarum**, v.51, n.1, p.133-139, 1981.