

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

DANIELA APARECIDA DALLA COSTA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E PRODUTIVIDADE DE SEMENTES DE
SOJA COM APLICAÇÃO DE ZINCO E BORO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2021

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

DANIELA APARECIDA DALLA COSTA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E PRODUTIVIDADE DE SEMENTES DE
SOJA COM APLICAÇÃO DE ZINCO E BORO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2021

DANIELA APARECIDA DALLA COSTA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E PRODUTIVIDADE DE SEMENTES DE
SOJA COM APLICAÇÃO DE ZINCO E BORO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

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

Coorientador: Dr. André Ricardo Gomes Bezerra

PATO BRANCO

2021

Dalla Costa, Daniela Aparecida

Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja com aplicação de zinco e boro / Daniela Aparecida Dalla Costa.

Pato Branco. UTFPR, 2020

57 f. : il. ; 30 cm

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

**Coorientador: Dr. André Ricardo Gomes Bezerra
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2018.**

Bibliografia: f. 49 – 55

1. Agronomia. 2. *Glycine max*. 3. Vigor. 4. Viabilidade econômica. I. Rodrigues, Adriana Paula D'Agostini Contreiras, orient. II. Bezerra, André Ricardo Gomes, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Título.

CDD: 630



TERMO DE APROVAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja com aplicação de zinco e boro

Por

Daniela Aparecida Dalla Costa

Monografia defendida em sessão pública às 14 horas do dia 12 de agosto 2021 como requisito parcial, para conclusão do Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos Membros abaixo-assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o Trabalho de Conclusão de Curso, em sua forma final, pela Coordenação do Curso de Agronomia foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

Dr. Fernando Panison – COOPERTRADIÇÃO

Prof. Dr. Luiz César Cassol – UTFPR *Campus* Pato Branco

Dr. André Ricardo Gomes Bezerra – Fundação MS – Coorientador

Prof^ª. Dr^ª. Adriana Paula D'Agostini Contreiras Rodrigues – UTFPR *Campus* Pato Branco – Orientadora

Prof. Dr. Jorge Jamhour – Professor responsável TCC 2

A “Ata de Defesa” e o decorrente “Termo de Aprovação” encontram-se assinados e devidamente depositados no SEI-UTFPR da Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR *Campus* Pato Branco, após a entrega da versão corrigida do trabalho, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

Dedico este trabalho a minha mãe Laudete (*in memorian*), ao meu pai João e aos meus irmãos Diogo e Daiara.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por abençoar e guiar cada segundo da minha vida;

A minha mãe Laudete (*in memorian*), por ser meu maior exemplo de coragem, determinação e força;

Ao meu pai João e ao meu irmão Diogo, por todo apoio e incentivo;

A minha irmã Daiara por ser minha melhor amiga e companheira, por me apoiar incondicionalmente, por me ajudar em cada segundo da minha vida, por ter paciência e por ser a contadora de sementes mais rápida da história;

A minha orientadora Adriana, por ser um grande exemplo de pessoa e profissional e por ter me acompanhado e apoiado durante toda a graduação;

Ao meu coorientador André, por todo o auxílio e orientação;

A minha coorientadora Betânia, por toda assistência neste e em tantos outros trabalhos;

A Fundação MS, por meio da equipe Fitotecnia Soja, em especial a Isamara Nicoletti, Thiago Romeiro e Leomar Gadenz;

A Coopertradição, em especial a João Ernesto Hoppen e a Luciano Tonus;

A Microquímica, especialmente a Elias Salvalaggio;

A Sementes Guerra, em especial a Renita Bernardi;

A minha grande amiga e Mestre sementeira, Izabella C. Colognese, por todo o apoio, incentivo e auxílio;

E a meus amigos e colegas Caroline Mariott e Bruno M. de Carvalho, por toda a ajuda na avaliação deste e de outros experimentos.

“Todo grande progresso da ciência resultou de uma nova audácia da imaginação”.

John Dewey.

RESUMO

DALLA COSTA, Daniela Aparecida. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja com aplicação de zinco e boro. 57 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2021.

Objetivou-se avaliar se a aplicação dos micronutrientes zinco e boro via foliar e tratamento de sementes, proporcionam melhoria na qualidade fisiológica de sementes, acréscimo na produtividade e na viabilidade econômica da soja. Sementes da cultivar NA 5909 RG foram semeadas nos municípios de Pato Branco – PR e Maracaju – MS na safra agrícola de 2019/20. O delineamento experimental adotado foi o DBC, com quatro repetições e sete tratamentos (T1 – sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar; T2 – com tratamento de sementes com B + sem aplicação foliar de B; T3 – sem tratamento de sementes com B + com aplicação foliar de B; T4 – com tratamento de sementes com B + com aplicação foliar de B; T5 – com tratamento de sementes Zn + sem aplicação foliar de Zn; T6 - sem tratamento de sementes com Zn + com aplicação foliar de Zn; T7 - com tratamento de sementes com Zn + com aplicação foliar de Zn). Para a aplicação dos micronutrientes, utilizaram-se os produtos comerciais Ager Boro® e Maxi Zinc® em dosagens de 46 e 87,5 ml/ 100 kg de sementes, respectivamente, para o tratamento de sementes, e 80 e 70 ml ha⁻¹, respectivamente, para a aplicação foliar. Avaliaram-se os seguintes parâmetros: ALTP, AI1V, NR, NNHP, NV, NGV, PMS, PROD, GERM, EA CE, EC, IVE, VE, CPA, CR, MSPA e MSR, além de determinar-se a viabilidade econômica de cada tratamento. Os dados de NNHP foram transformados através da fórmula Y_{ij}^2 e os de AI1V, através de $\sqrt{Y_{ij}}$. As variáveis NR, NV, NGV, EC, IVE, VE, CR e CE foram submetidas a análise de variância conjunta e em esquema fatorial 2x7 ($\alpha=5\%$). Em caso de efeito significativo da interação e dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha=5\%$). O efeito significativo de local foi avaliado via teste F da anova. A qualidade fisiológica de sementes de soja cultivar NA 5909 RG, não é influenciada pelo local de cultivo, entretanto, a produção de sementes de soja em Pato Branco – PR, resulta em sementes que dão origem a plântulas com maior comprimento de raiz. A utilização de boro via tratamento de sementes e de zinco via tratamento de sementes associado com a aplicação foliar, provoca acréscimos no percentual de EC e no IVE, tanto de sementes produzidas em Pato Branco quanto em Maracaju. A aplicação de zinco e boro via foliar e tratamento de sementes na cultivar de soja NA 5909 RG, não resulta em diferenças significativas de PROD, além de que, a utilização de boro via tratamento de sementes associado com a aplicação foliar e o tratamento de sementes com zinco, não são economicamente viáveis.

Palavras-chave: Agronomia. *Glycine max*. Vigor. Micronutrientes.

ABSTRACT

DALLA COSTA, Daniela Aparecida. Physiological quality and yield of soybean seeds with zinc and boron application. 57 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology – Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2020.

The objective of this study was to evaluate whether the application of micronutrients zinc and boron via foliar and seed treatment improve the physiological quality of seeds, increase productivity and economic viability of soybean. Seeds of cultivar NA 5909 RG were sown in the municipalities of Pato Branco – PR and Maracaju – MS in the 2019/20 agricultural harvest. The experimental design adopted was the DBC, with four replications and seven treatments (T1 – without seed treatment + without foliar application; T2 – with seed treatment with B + without foliar application of B; T3 – without seed treatment with B + with foliar application of B; T4 - with seed treatment with B + with foliar application of B; T5 - with seed treatment Zn + without foliar application of Zn; T6 - without seed treatment with Zn + with foliar application of Zn; T7 - with seed treatment with Zn + with foliar application of Zn). For the application of micronutrients, the commercial products Ager Boro® and Maxi Zinc® were used in dosages of 46 and 87.5 ml/100 kg of seeds, respectively, for seed treatment, and 80 and 70 ml ha⁻¹, respectively, for foliar application. The following parameters were evaluated: ALTP, AI1V, NR, NNHP, NV, NGV, PMS, PROD, GERM, EA CE, EC, IVE, VE, CPA, CR, MSPA and MSR, in addition to determining the economic viability of each treatment. NNHP data were transformed using the Yij² formula and AI1V data using . The variables NR, NV, NGV, EC, IVE, VE, CR and EC were subjected to joint analysis of variance and in a 2x7 factorial scheme ($\alpha=5\%$). In case of significant effect of interaction and treatments, the means were compared by Tukey test ($\alpha=5\%$). The significant effect of location was assessed via the F anova test. The physiological quality of soybean seeds, cultivar NA 5909 RG, is not influenced by the place of cultivation, however, the production of soybean seeds in Pato Branco – PR, results in seeds that give rise to seedlings with longer root length. The use of boron via seed treatment and zinc via seed treatment associated with foliar application causes increases in the percentage of EC and IVE, both in seeds produced in Pato Branco and in Maracaju. The application of zinc and boron via foliar and seed treatment in soybean cultivar NA 5909 RG does not result in significant differences in PROD, in addition to the use of boron via seed treatment associated with foliar application and seed treatment with zinc are not economically viable.

Keywords: Agronomy. *Glycine max*. Vigour. Micronutrients.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Croqui utilizado no município de Pato Branco, Paraná, com o objetivo de avaliar se a aplicação dos micronutrientes zinco e boro via foliar e tratamento de sementes proporcionam melhoria na qualidade fisiológica de sementes de soja e na produtividade da cultura..... 31
- Figura 2 – Croqui utilizado no município de Maracaju, Mato Grosso do Sul, com o objetivo de avaliar se a aplicação dos micronutrientes zinco e boro via foliar e tratamento de sementes proporcionam melhoria na qualidade fisiológica de sementes de soja e na produtividade da cultura..... 32

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Análise química e física do solo da área experimental da Cooperativa Agrícola Tradição – Coopertradição, localizada no município de Pato Branco, Paraná. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020..... 28
- Tabela 2 – Análise química e física do solo da unidade experimental da Fundação MS, Fazenda Alegria, localizada no município de Maracaju, Mato Grosso do Sul. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020..... 29
- Tabela 3 – Tratamentos utilizados em um experimento com o objetivo de avaliar se a aplicação dos micronutrientes zinco e boro via foliar e tratamento de sementes proporcionam melhoria na qualidade fisiológica de sementes de soja e na produtividade da cultura. UTFPR, Pato Branco - PR, 2020..... 29
- Tabela 4 – Resumo da análise de variância conjunta de um experimento fatorial – dois locais (Pato Branco – PR e Maracaju – MS) x sete tratamentos de sementes (T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes B (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de B, T3 – sem tratamento de sementes B + com aplicação foliar de B (50 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes B (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de B (50 ml ha⁻¹), T5 – com tratamento de sementes Zn (0.875 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de Zn, T6 – Sem tratamento de sementes Zn + com aplicação foliar de Zn (80 ml ha⁻¹), T7 – com tratamento de sementes Zn (0.875 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de Zn (80 ml ha⁻¹), conduzido em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, para as variáveis Número de ramos (NR), Número de vagens (NV), Número de grãos por vagem (NGV), Emergência no campo (EC - %), Índice de velocidade de emergência (IVE), Velocidade de emergência (VE – dias), Comprimento de raiz (CR – cm) e Condutividade elétrica (CE – $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) da cultivar de soja NA 5909 RG na safra agrícola 2019/2020.....37
- Tabela 5 – Médias de emergência no campo (EC - %) e Índice de velocidade de emergência (IVE) de um experimento fatorial – dois locais (Pato Branco-PR, Maracaju-MS) x sete tratamentos com aplicação de Zn e B, conduzido em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, da cultivar de soja NA 5909 RG na safra agrícola 2019/2020.....38
- Tabela 6 – Médias de número de grãos por vagem (NGV) e comprimento de raiz (CR, em cm) em dois locais (Pato Branco – PR, Maracaju – MS), de um experimento fatorial, dois locais x sete tratamentos de sementes (T1 – sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes B (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de B, T3 – sem tratamento de sementes B + com aplicação foliar de B (50 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes B (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de B (50 ml ha⁻¹), T5 – com tratamento de sementes Zn (0.875 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de Zn, T6 – sem tratamento de sementes Zn + com aplicação foliar de Zn (80 ml/ha), T7 – com tratamento de sementes Zn (0.875 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de Zn (80 ml ha⁻¹) conduzido em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, da cultivar de soja NA 5909 RG na safra agrícola 2019/2020.....40
- Tabela 7 – Resumo da análise de variância de um experimento com avaliação de sete tratamentos de sementes (T1 – sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes B (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de B, T3 – sem tratamento de sementes B + com aplicação foliar de B (50 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes B (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de B (50 ml ha⁻¹), T5 – com tratamento de sementes Zn (0.875 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de Zn, T6 – sem tratamento de sementes Zn + com aplicação foliar de Zn (80 ml ha⁻¹), T7 – com tratamento de sementes Zn (0.875 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de Zn (80 ml ha⁻¹), conduzido em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições, para as variáveis número de nós da haste principal (NNHP), altura de planta (ALTP, em cm), altura de inserção da primeira vagem (AI1V, em cm) e produtividade (PROD, em Kg ha⁻¹) da cultivar NA 5909 de soja, em dois locais (Pato Branco – PR Maracaju – MS) na safra agrícola 2019/2020.....41

- Tabela 8 – Resumo da análise de variância de um experimento com avaliação de sete tratamentos com aplicação de Zn e B (T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes B (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de B, T3 – sem tratamento de sementes B + com aplicação foliar de B (50 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes B (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de B (50 ml ha⁻¹), T5 – com tratamento de sementes Zn (0.875 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de Zn, T6 – sem tratamento de sementes Zn + com aplicação foliar de Zn (80 ml ha⁻¹), T7 – com tratamento de sementes Zn (0.875 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de Zn (80 ml ha⁻¹), conduzido em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições, para as variáveis peso de mil sementes (PMG, em g), germinação (GERM, em %), comprimento de parte aérea (CPA, em cm), massa seca de parte aérea (MSPA, em g), massa seca de raiz (g) da cultivar de soja NA 5909 RG, em dois locais (Pato Branco – PR Maracaju – MS) na safra agrícola 2019/2020.....42
- Tabela 9 – Médias de altura de inserção da primeira vagem (AI1V, em cm) e Germinação (GERM, em %) de sete tratamentos com aplicação de Zn e B, conduzido em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições, em Pato Branco-PR da cultivar de soja NA 5909 RG na safra agrícola 2019/2020..... 43
- Tabela 10 – Produtividade média obtida na safra agrícola de 2019/2020 pela cultivar de soja NA 5909 RG semeada nos municípios de Pato Branco – PR e Maracaju – MS e submetida a sete tratamentos com aplicação dos micronutrientes Zn e B, de um experimento conduzido em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições.....44
- Tabela 11 – Lucro líquido (em R\$) em relação a testemunha obtidos pelos tratamentos T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes B (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de B, T3 – sem tratamento de sementes B + com aplicação foliar de B (50 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes B (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de B (50 ml ha⁻¹), T5 – com tratamento de sementes Zn (0.875 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de Zn, T6 – Sem tratamento de sementes Zn + com aplicação foliar de Zn (80 ml ha⁻¹), T7 – com tratamento de sementes Zn (0.875 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de Zn (80 ml/ há)], realizados em sementes de soja cultivar NA 5909 RG semeada nos municípios de Pato Branco – PR e Maracaju – MS na safra agrícola de 2019/20, em um experimento conduzido em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições.....45

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

AIA	Ácido indolacético
B	Boro
Ca	Cálcio
COOPERTRADIÇÃO	Cooperativa Agropecuária Tradição
CTC	Capacidade de troca de cátions
Cu	Cobre
DNA	Ácido desoxirribonucleico
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
Fe	Ferro
K	Potássio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
N	Nitrogênio
NA	Nidera
NPK	Nitrogênio, fósforo e potássio
P	Fósforo
RNA	Ácido ribonucleico
S	Enxofre
Zn	Zinco

LISTA DE ABREVIATURAS eSÍMBOLOS

p.c	Produto comercial
%	Porcentagem
R\$	Reais
°C	Graus Celsius
μS	Microsiemens

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	18
2.1 GERAL.....	18
2.2 ESPECÍFICOS.....	18
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
3.1 A CULTURA DA SOJA.....	19
3.2 NUTRIENTES.....	20
3.2.1 Boro.....	21
3.2.1 Zinco.....	22
3.3 INFLUÊNCIA DO SOLO NA ABSORÇÃO DE ZINCO E BORO.....	23
3.4 FORMAS DE APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NA CULTURA DA SOJA.....	24
3.4 QUALIDADE DE SEMENTES.....	26
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
4.1 LOCAL.....	28
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	29
4.3 TRATAMENTO DE SEMENTES E APLICAÇÃO FOLIAR.....	29
4.4 INSTALAÇÃO, CONDUÇÃO e colheita.....	30
4.4.1 PATO BRANCO – PR.....	30
4.4.2 MARACAJU – MS.....	31
4.5 DETERMINAÇÃO DOS COMPONENTES DE RENDIMENTO e de características morfológicas.....	32
4.6 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA.....	34
4.7 VIABILIDADE ECONÔMICA.....	35
4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
6 CONCLUSÕES.....	46
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
REFERÊNCIAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a cultura agrícola de maior importância mundial, uma vez que é a oleaginosa mais cultivada e consumida em todo planeta. Seu grande valor econômico se deve principalmente à grande demanda da China pelo grão, bem como a sua ampla utilização pela indústria química, farmacêutica e agroindustrial (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Segundo Espindola e Cunha (2015), a cadeia produtiva dessa espécie é o carro-chefe da agricultura de grande escala no Brasil. Dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO (2015), apontam que em 1964 o Brasil produziu 304,9 mil toneladas de soja. Já na safra de 2020/21, este valor saltou para 135,409 milhões de toneladas, que foram colhidas em uma área de 38,502 milhões de hectares (EMBRAPA, 2021).

Deuner *et al.* (2017), Hipólito e Borges (2017) e Lemes *et al.* (2017), afirmam que este grande aumento da capacidade produtiva da soja brasileira, foi alcançada devido aos avanços científicos, à disponibilidade de tecnologias para o setor produtivo e a eficiência do manejo. O mesmo é comentado por Resende (2004), que aponta fatores como a obtenção de variedades com alto potencial produtivo, a mecanização, o aperfeiçoamento das práticas de manejo do solo e os métodos de controle fitossanitário, como outros responsáveis pelos grandes índices de rendimento da soja.

Outro fator capaz de alavancar a produtividade da soja e que representa a base da pirâmide produtiva do grão, é a utilização de sementes de qualidade comprovada (GAZZOLA NETO *et al.*, 2017), grande desafio para o setor sementeiro, principalmente em regiões tropicais e subtropicais (FRANÇA NETO *et al.*, 2016). Talamini, Carvalho e Oliveira (2012), ressaltam que a produção de sementes de soja com qualidade é de extrema importância, uma vez que essa espécie é propagada exclusivamente por meio de sementes. Além disso, Krzyzanowski (2004) afirma que a utilização de sementes de alta qualidade, culmina com o estabelecimento da população de plantas requeridas pelas cultivares, aspecto fundamental para que sejam alcançados altos níveis produtivos.

Neste contexto, o sucesso da produção da cultura está diretamente relacionado com o adequado suprimento de nutrientes (SILVA *et al.*, 2018), onde a disponibilidade dos micronutrientes boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn), está entre as condições fundamentais para a produtividade das culturas (RESENDE, 2004). Caracterizados por serem absorvidos em pequenas quantidades, Souza (2008) afirma que estes minerais exercem diversas funções importantes nas plantas, sendo uma das mais relatadas, a participação como ativadores de algumas enzimas que promovem a permeabilidade das membranas e o crescimento vegetal.

Santos *et al.* (2018) enfatizam que a absorção de nutrientes e o acúmulo dos mesmos nas plantas, apresenta influência de diversos elementos, sendo um deles a textura do solo. A presença de matéria orgânica e o pH do solo, cujo aumento reduz a disponibilidade de cobre, manganês e zinco, devido a competição destes nutrientes com as hidroxilas do solo, também são aspectos capazes de interferir no processo de absorção destes minerais. Nesse sentido, as respostas ao uso de micronutrientes tem sido mais efetivas quando sua utilização se dá no Cerrado, enquanto no sul do Brasil, a resposta positiva a micronutrientes na produtividade depende muito da combinação de uma série de fatores não bem compreendidos (CERETTA *et al.*, 2005). Outrossim, para Oliveira *et al.* (2017), o zinco e o boro são os micronutrientes que mais frequentemente provocam deficiência nas culturas em solos de regiões tropicais.

Uma das formas mais conhecidas de aplicação de micronutrientes na soja visando suplementar as necessidades nutricionais das plantas é via foliar, método que tem crescido tanto no Brasil como em outras partes do mundo (SILVA *et al.*, 2017a) e que segundo Martini *et al.* (2016), é uma prática conhecida a mais de 100 anos. Esse tipo de aplicação fundamenta-se na premissa de que as folhas das plantas são capazes de absorver nutrientes, em que a absorção foliar consiste na entrada do nutriente na célula e no transporte e movimento do local de absorção, para os outros órgãos da planta (SILVA *et al.*, 2018).

Outro meio de aplicação de micronutrientes muito utilizado pelos agricultores é o tratamento de sementes, que conforme assegura Lemes *et al.* (2017) apresenta benefícios como redução de custos de aplicação, melhor

uniformidade na distribuição, redução das perdas, além de racionalização no uso de reservas naturais não renováveis. Somado a isto, esta forma de utilização dos micronutrientes tem possibilitado o aumento da produtividade, especialmente nas regiões com deficiência destes minerais e que demandam altos níveis de tecnologia de manejo das culturas (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Segundo Krzyzanowski, França-Neto e Henning (2018), uma semente difere-se de um grão pela presença de atributos de qualidade genética, física, fisiológica e sanitária, que lhe conferem a certeza de elevado desempenho agrônômico. Nesse sentido, quando refere-se a qualidade das sementes, os micronutrientes estão diretamente relacionados, especialmente o zinco e o boro, uma vez que ambos são constituintes das membranas celulares (KIRKBY; ROMHELD, 2007). Sementes de soja com membranas celulares mal desenvolvidas e pouco resistentes são mais suscetíveis a danos, afetando assim a integridade física destas, que é requisito fundamental para o pleno desempenho da semente no campo.

Quando trata-se da qualidade fisiológica, Souza (2008) aponta que a nutrição das plantas progenitoras pode interferir no rendimento de grãos e também na qualidade fisiológica das sementes, uma vez que a disponibilidade de nutrientes está diretamente relacionadas com a formação do embrião e dos cotilédones e com o acúmulo dos componentes de reserva.

Desta forma, objetivou-se no presente trabalho avaliar se a aplicação dos micronutrientes zinco e boro via foliar e tratamento de sementes em dois locais, proporcionam melhoria na qualidade fisiológica de sementes, acréscimo na produtividade e na viabilidade econômica da soja.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar se a aplicação dos micronutrientes zinco e boro via foliar e tratamento de sementes, proporcionam melhoria na qualidade fisiológica de sementes, acréscimo na produtividade e na viabilidade econômica da soja.

2.2 ESPECÍFICOS

Identificar se a produtividade da cultura da soja é influenciada pela absorção de zinco e boro aplicado via foliar;

Identificar se a produtividade da cultura da soja é influenciada pela absorção de zinco e boro aplicado via tratamento de sementes;

Identificar se a qualidade fisiológica das sementes de soja é influenciada pela absorção de zinco e boro aplicado via foliar;

Identificar se a qualidade fisiológica das sementes de soja é influenciada pela absorção de zinco e boro via tratamento de sementes;

Avaliar a viabilidade econômica da aplicação de zinco via foliar e tratamento de sementes na cultura da soja;

Avaliar a viabilidade econômica da aplicação de boro via foliar e tratamento de sementes na cultura da soja.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A CULTURA DA SOJA

Originária da costa leste da China, em uma região conhecida como Manchúria, a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) conhecida como ela é hoje, é muito diferente de sua planta ancestral que possuía crescimento prostrado ou rasteiro. Sua evolução teve início pelo cruzamento natural entre as espécies de soja selvagem que ao longo do tempo foram modificadas para atender diferentes necessidades (FARIAS *et al.*, 2007; EMBRAPA, 2019a). A disseminação dessa cultura para outras partes do mundo se deu pelas navegações, inicialmente para o continente Europeu e depois para as Américas (CHUNG; SINGH, 2008).

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 a região Sul do país, onde começou a ser cultivada principalmente no estado do Rio Grande do Sul (SEDIYAMA, 2009; MENESES, 2017).

A soja cultivada pertence a família Fabaceae (leguminosa). Seu sistema radicular é do tipo pivotante, ou seja, apresenta uma raiz principal bem desenvolvida que penetra verticalmente no solo, e raízes de absorção, que possuem nódulos e associação de bactérias que auxiliam na fixação do nitrogênio da atmosfera vivendo em simbiose com as raízes da soja. Seu caule é herbáceo e apresenta folhas trifolioladas (FERRARI *et al.*, 2015; MENESES, 2017).

Em 1970, a produção mundial de soja era de 44 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2019b). Atualmente, dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (EMBRAPA, 2021), apontam que em todo o planeta são produzidos 362,947 milhões de toneladas do grão. No Brasil, a produtividade média da cultura para a safra 2020/2021 foi de 3517 kg ha⁻¹, resultando em uma produtividade total de 135,409 milhões de toneladas.

A grande produção de soja em nível nacional, deve-se principalmente à sua ampla utilização. O grão dessa espécie é componente fundamental na fabricação de rações animais e na alimentação humana (FERREIRA JUNIOR *et al.*, 2010) sendo utilizada na fabricação de produtos como chocolate, temperos prontos,

massas, misturas para bebidas, papinhas para bebês e alimentos dietéticos (APROSOJA BRASIL, 2018). Na indústria, a soja também pode ser utilizada para a produção de energia, cápsulas de remédios e produtos de beleza (SANTOS, 2016).

3.2 NUTRIENTES

No que diz respeito à nutrição de espécies vegetais, existem 17 nutrientes que são essenciais ao desenvolvimento de plantas e que são classificados em macronutrientes e micronutrientes, conforme a quantidade extraída pela planta. Sabe-se que qualquer alteração no nível ou no equilíbrio destes nutrientes implica na alteração do metabolismo vegetal, onde a deficiência dos mesmos pode acarretar distúrbios fisiológicos que impedem o adequado desenvolvimento das plantas que acabam não sintetizando proteínas e açúcares, resultando em baixa resistência a pragas e doenças, o que por consequência, gera menor produtividade e diminuição dos lucros ao produtor (SANTOS, 2016).

A nutrição com macro e micronutrientes, associado aos fatores climáticos, são importantes aspectos capazes de afetar a produtividade da soja (SILVA *et al.*, 2017a). Esta cultura é muito exigente em termos nutricionais e bastante eficiente em absorver e translocar nutrientes, principalmente nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg) e enxofre (S). O N, o K, o S e o P, são os nutrientes exportados pela cultura em maior quantidade, de maneira que o período em que as maiores quantias de nutrientes são absorvidas, corresponde à fase de desenvolvimento da planta, desde o V2, quando a folha trifoliolada está desenvolvida até o R5, que compreende o início do enchimento de grão. Além disso, sabe-se que a velocidade de absorção aumenta durante o período de floração e o início de enchimento de grãos (MARTINI *et al.*, 2016).

Os micronutrientes são aqueles nutrientes exigidos em menor quantidade pelas plantas, sendo eles boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn). Esses nutrientes são fundamentais para o crescimento e o desenvolvimento das espécies vegetais, uma vez que agem como constituintes das paredes celulares, das membranas celulares e das enzimas, atuando ainda como ativadores de enzimas. Além disso, estão particularmente

envolvidos na fase reprodutiva e no crescimento das plantas, determinando a produtividade e qualidade da cultura e conferindo resistência a estresses bióticos e abióticos (KIRKBY; ROMHELD, 2007; TAVARES *et al.*, 2015).

3.2.1 Boro

Segundo Silva *et al.* (2017b), o boro é um micronutriente que se destaca por desempenhar nas plantas funções diretamente ligadas a produção. Possui participação importante no mecanismo fisiológico, onde sabe-se que ele é responsável pela síntese da membrana celular, de ácidos nucleicos (DNA e RNA), de fitohormônios, além de participar do metabolismo e transporte de açúcares (SFREDO; BORKERT, 2004; TAVARES *et al.*, 2015). Na deficiência deste micronutriente, a planta poderá se desenvolver de forma 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 das vagens e grãos, levando a perdas de produtividade (SANTOS, 2016). Dechen e Nachtigall (2006), também ressaltam que plantas com deficiência de B apresentam paredes celulares menos resistentes que aquelas sem deficiência deste micronutriente.

A utilização de boro na cultura da soja tem gerado resultados muito positivos. Manfredini (2008) em estudo com soja perene, observou um incremento no número de folhas, na massa seca de raízes e na área foliar em função da aplicação de diferentes doses deste micronutriente. Aumento nas concentrações de ácido galacturônico, ácido glucurônico, ácidos urônicos totais, raminose e celulose nas folhas, também foram observados, evidenciando a importância do boro nos constituintes da parede celular. Estes resultados estão de acordo com o defendido por Silva *et al.* (2015a), que diz que o boro está diretamente relacionado com a síntese e a estabilização da parede celular, com a integridade da membrana plasmática, com a lignificação e com a diferenciação do xilema.

Kirkby e Romheld (2007), por sua vez, destacam que é extremamente fácil induzir deficiência de boro nas plantas e os sintomas aparecem rapidamente, junto com mudanças distintas na atividade metabólica. Para a cultura da soja, a

concentração desse elemento é considerada normal na faixa de 20 a 100 mg kg⁻¹ e, a zona de transição de valores entre a deficiência e o nível adequado, está entre 16 a 20 mg kg⁻¹. Em caso de deficiência, os primeiros sintomas aparecem nos meristemas, região de crescimento e de maior exigência, uma vez que o boro é um mineral relativamente imóvel na planta e não se distribui pelo floema (MASCARENHAS *et al.*, 2014).

3.2.1 Zinco

O Zn é um dos micronutrientes mais importantes para as plantas, pois participa de processos como fotossíntese, respiração, controle hormonal, síntese de aminoácidos e de proteínas, redução do nitrato e desintoxicação de radicais livres, além de atuar no crescimento meristemático e na formação de auxinas, RNA e ribossomos (INOCÊNCIO, 2010; MARSCHNER, 2012; SILVA, 2015b). Tavares *et al.* (2015), afirmam ainda, que o zinco tem grande influência na permeabilidade da membrana celular, atuando como um estabilizador de compostos celulares.

Silva (2015b) e Lemes *et al.* (2017) salientam que, dentre as funções do zinco, uma das mais importantes é como ativador e constituinte de enzimas nas plantas, dentre as quais, estão anidrase carbônica, a desidrogenase alcoólica, o superóxido dismutase, a aldolase e a sintetase do triptofano. Esta última, é uma enzima de grande importância, uma vez que é a responsável pela produção do ácido indolacético (AIA) que atua no crescimento apical e na expansão celular. Por isso, a deficiência de zinco causa encurtamento dos internódios, com produção de folhas pequenas, cloróticas e lanceoladas, onde as folhas mais novas apresentam clorose internerval de coloração amarelo-ouro e nervuras com cor verde escura (TAVARES *et al.*, 2015).

Considerando que a soja tem uma capacidade média de resposta ao Zn, a acumulação deste micronutriente para esta cultura é lenta nos primeiros 30 dias após semeadura, com máximo acúmulo observado entre os 60 e 90 dias, acarretando em distintas respostas quando o Zn é aplicado em diferentes épocas de desenvolvimento (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Apesar de sua grande importância para as plantas, os solos brasileiros apresentam teores insuficientes de Zn, levando a necessidade de aplicação deste micronutriente nas culturas. Inocêncio *et al.* (2012) verificaram aumento na produtividade da soja quando se realizou fertilização com Zn. Já Garcia *et al.* (2009) em trabalho com aplicação foliar de cobre e zinco, observaram que tanto a aplicação de Zn no tratamento de sementes, quanto a aplicação foliar com cobre e zinco proporcionaram melhor desenvolvimento e maior produtividade da soja.

3.3 INFLUÊNCIA DO SOLO NA ABSORÇÃO DE ZINCO E BORO

O equilíbrio nutricional de macro e micronutrientes é um importante condicionador de ganhos adicionais na cultura da soja, especialmente quando refere-se a tetos produtivos mais elevados (RESENDE, 2004). Nesse sentido, Sfredo e Oliveira (2010) afirmam que o aumento da produção de soja, fruto do uso intensivo de práticas modernas da agricultura, vem promovendo uma retirada crescente de micronutrientes no solo, sem que se estabeleça uma reposição adequada. Assim, a obtenção de altas produtividades da cultura passa necessariamente, pelo emprego de práticas de manejo que melhore a disponibilidade destes micronutrientes no solo (STEINER *et al.*, 2011).

Segundo Ceretta *et al.* (2005) e Martini *et al.* (2016), as respostas a micronutrientes tem sido melhores observadas em ambientes de cerrado, onde os solos são mais ácidos e mais intemperizados, enquanto que na região sul do Brasil, às respostas a estes micronutrientes dependem de uma série de fatores. Estas informações fizeram com que a partir de 1990, a utilização de insumos com o objetivo de suprir a necessidade de micronutrientes, em especial o zinco e o boro, tenha se tornado uma prática de manejo habitual no cerrado brasileiro (RESENDE, 2004).

Pegoraro *et al.* (2006) e Steiner *et al.* (2011) afirmam que, em solos altamente intemperizados, como é o caso de grande parte do território brasileiro, a fertilidade natural do solo é baixa. Além disso, os micronutrientes catiônicos, como é o caso do zinco, apresentam alta afinidade pelos colóides do solo. A associação desses dois aspectos levam à baixa disponibilidade destes elementos na solução do

solo. Santos *et al.* (2008), ressalta que em solos mais intemperizados com maior poder tampão de P (TPR) e teores semelhantes de P-lábil, ocorrem menores concentrações de zinco na solução, resultando em diminuição na taxa de absorção desses nutrientes pelas plantas.

Além disso, solos pobres em matéria orgânica e solos arenosos, como é o caso do cerrado brasileiro, são mais propensos às deficiências de micronutrientes, além de não contarem com uma importante fonte destes nutrientes, que é a matéria orgânica, a lixiviação nesses solos é facilitada pela falta de cargas elétricas que permitiriam a retenção dos micronutrientes adicionados via adubação (SILVA, 2015a). Essa característica é um dos fatores que geram deficiência de boro em solos nessas condições, como apontado por Silva *et al.* (2015b), que diz que este micronutriente é solúvel e encontrado principalmente nas camadas superficiais dos solos bem drenados, ligados à matéria orgânica. Em solos arenosos pode sofrer lixiviação, enquanto que em solos mais argilosos, sua mobilidade é praticamente nula. Em períodos de seca ou em condições de solo com calagem excessiva a absorção deste nutriente pelas plantas é dificultada (SILVA *et al.*, 2015a).

Outro fator que determina a absorção de micronutrientes, especialmente em solos do cerrado, é o pH, índice que indica o grau de acidez ou alcalinidade do solo, e que é de fundamental importância, pois determina a disponibilidade dos nutrientes contidos no solo ou a ele adicionados e também a assimilação dos nutrientes pelas plantas. Considerando-se que a maioria dos solos brasileiros apresentam acidez média a alta, a sua correção, ou seja, a calagem, é um fator decisivo na eficiência das adubações, diminuindo assim a disponibilidade de alguns micronutrientes presentes no solo, como Fe, Cu, Mn e Zn, e aumentando a disponibilidade de Mo (SILVA, 2015a).

3.4 FORMAS DE APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NA CULTURA DA SOJA

Diversos são os meios que os produtores de soja podem lançar mão para aplicação de micronutrientes, porém, dois dos mais utilizados são a aplicação via tratamento de sementes e foliar. Silva *et al.* (2018) evidencia que apesar de

serem dois processos diferentes, podem acontecer ao mesmo tempo, de modo que a aplicação de nutrientes via semente e foliar em diferentes épocas pode promover aumento de produtividade da cultura.

O tratamento de sementes com nutrientes se tem mostrado um forte aliado no incremento da produtividade de diversas culturas (PESKE *et al.*, 2009; TUNES *et al.*, 2012). Segundo Farooq, Washida e Siddique (2012), este método objetiva fornecer condições adequadas de micronutrientes para as plantas, especificamente em situações em que a presença dos elementos no solo é insuficiente para suprir as exigências das plantas. Deste modo, o tratamento de sementes com zinco e boro, pode ser uma eficiente alternativa para a correta distribuição destes micronutrientes, em quantidades exatas para suprir as exigências nutricionais nos estádios iniciais das plantas (TAVARES *et al.*, 2015).

Freitas (2016) e Silva (2015a) ressaltam que o tratamento de sementes com micronutrientes, torna o elemento disponível para as plantas nos estádios iniciais de desenvolvimento, pela maior aproximação da zona de absorção da raiz, tendo vantagens em relação a aplicação foliar ou via solo, tais como a melhor distribuição do elemento no solo, menores custos de aplicação e aumento no aproveitamento pelas plantas. No entanto, a eficácia deste procedimento depende em grande parte da dose do produto utilizado de modo que a dose de micronutriente recomendada para ser aplicada na semente é feita com base na necessidade da cultura por hectare, normalmente em ml ha^{-1} (LEE *et al.*, 2010; ZHANG *et al.*, 2015).

A aplicação de micronutrientes via foliar, por sua vez, fundamenta-se na premissa que as folhas das plantas podem absorver nutrientes, onde a absorção foliar consiste na entrada do nutriente na célula, e o transporte e movimento do nutriente do local de absorção para os outros órgãos dos vegetais (SILVA *et al.*, 2018).

A maneira como as soluções nutritivas penetram nas folhas pode ser controlada por alguns fatores, tais como condições ambientais e práticas comuns de manejo da fertilidade do solo (FERNANDEZ *et al.*, 2013). Esses fatores podem interagir para alterar a absorção e translocação de nutrientes aplicados foliares, já que os nutrientes aplicados as folhas das culturas apresentam uma resposta mais rápida em relação ao solo, uma vez que entram diretamente nos processos

metabólicos. A aplicação foliar de micronutrientes é de 6 a 20 vezes mais eficaz em relação a aplicação no solo, além de melhorar a nutrição vegetal (LIRA *et al.*, 2018).

Várias pesquisas analisando a aplicação de nutrientes via tratamento de sementes e via foliar, têm apresentado resultados controversos no que tange aos componentes de rendimento, produtividade e qualidade fisiológica das sementes produzidas em distintas culturas e sob diferentes condições nutricionais (DEUNER *et al.*, 2017).

Entretanto, diversas pesquisas mostram resultados positivos a respeito dessas aplicações. Silva *et al.* (2018), ao avaliar a aplicação dos nutrientes Co, Mo, Ca e N nas sementes em associação à aplicação foliar de Ca e B, em diferentes épocas, constatou um aumento na formação de vagens, bem como uma melhora no desenvolvimento e na produtividade de vagens de amendoim. Já para Singh (2007), o tratamento de sementes com zinco, em doses variando de 6 a 10 mL kg⁻¹ de sementes, melhorou o desempenho das culturas de milho, trigo, soja, girassol, amendoim e mostarda.

3.4 QUALIDADE DE SEMENTES

Segundo França Neto (2009) uma semente para ser considerada boa deve apresentar qualidade física, fisiológica, genética e sanitária. Krzyzanowski, França Neto e Henning (2018), salientam que esses atributos são responsáveis por diferenciar um grão de uma semente, além de que, são eles que determinam o sucesso de uma lavoura tecnicamente bem instalada.

Uma semente de soja para ser considerada de alta qualidade, deve apresentar altas taxas de vigor, germinação e sanidade, bem como garantias de pureza física e varietal (genética) e não conter sementes de plantas daninhas (KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO; HENNING, 2018). Esses fatores respondem pelo desempenho da semente no campo, culminando com o estabelecimento da população de plantas requerida pela cultivar, aspecto fundamental, que contribui para que sejam alcançados altos níveis de produtividade (KRZYZANOWSKI, 2004).

A qualidade fisiológica da sementes está relacionada com a capacidade da mesma em desempenhar suas funções vitais (KAPPES *et al.*, 2012;

CARDOSO *et al.*, 2012). Segundo Dias *et al.* (2010), essa característica é um dos principais atributos que devem ser considerados na implantação de uma lavoura, e que pode ser representado pela germinação e pelo vigor, parâmetro este que determina a capacidade de uma semente em produzir uma plântula normal. Dessa forma, o uso de sementes de alto vigor é justificado em todas as culturas para assegurar adequada população de plantas sobre uma ampla variação de condições ambientais de campo através de uma emergência rápida e uniforme.

Vários fatores afetam a qualidade fisiológica das sementes, dentre os quais destaca-se o estado nutricional das plantas, uma vez que a disponibilidade de nutrientes influencia a formação do eixo embrionário e dos cotilédones, bem como o acúmulo dos componentes de reserva (TEIXEIRA *et al.*, 2005; SOUZA, 2008). Além disso, a qualidade fisiológica das sementes pode ser reduzida pela deterioração decorrente de fatores climáticos associados às mudanças bioquímicas e fisiológicas, que provocam alterações na viabilidade e decréscimo na capacidade germinativa, causados pela desestruturação dos sistemas de membranas celulares, resultando num aumento de permeabilidade celular (BARBOSA, 2017).

Desta forma, os micronutrientes boro e zinco, por serem constituintes das membranas celulares (KIRKBY; ROMHELD, 2007), são de extrema importância para a qualidade de sementes de soja, de modo que a deficiência destes minerais é responsável pela produção de sementes com maior grau de danificação, afetando a qualidade fisiológica das mesmas.

Nesse sentido, apesar de alguns resultados controversos, como o obtido por Lemes *et al.* (2017) que concluiu que o tratamento das sementes de soja com zinco não influencia a qualidade fisiológica das sementes produzidas, diversos autores têm obtido resultados positivos em relação a qualidade de sementes, quando utiliza-se nutrientes, especialmente os micronutrientes. Mann *et al.* (2002), em experimento com aplicação de Mn, observou que a utilização deste micronutriente, aumenta a produtividade de grãos, a germinação, a condutividade elétrica, o índice de velocidade de emergência e os teores de proteína e óleo de soja.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL

O presente experimento foi instalado na safra agrícola de 2019/20, nos municípios de Pato Branco, no estado do Paraná e Maracaju, no Mato Grosso do Sul.

Em Pato Branco, o experimento foi desenvolvido na área experimental da Cooperativa Agropecuária Tradição – COOPERTRADIÇÃO, cujas coordenadas geográficas são 26° 10' 21,718''S e 52° 42' 1,811''O. O local pertence a macrorregião sojícola 1, microrregião 103 (KASTER; FARIAS, 2011), possui clima do tipo Cfb (KOPPEN, 1931) e solo classificado como Latossolo Vermelho com Textura Argilosa. A análise física e química do solo deste local, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise química e física do solo da área experimental da Cooperativa Agrícola Tradição – Coopertradição, localizada no município de Pato Branco, Paraná. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Prof (cm)	pH		MO g dm ⁻³	P Mehlich I	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V %	
	CaCl ₂	H ₂ O											
0-10	5,3	5,9	45,7	25,4	0,79	9,05	2,18	0,15	5,31	12,02	17,33	69,5	
10-20	4,7	5,4	45,4	14,7	0,43	6,37	1,73	0,22	7,93	8,53	16,46	52,0	
20-40	4,3	5,1	43,7	2,2	0,26	3,35	1,22	0,43	10,07	5,34	14,90	32,6	
Prof (cm)	S	Zn	B	Cu	Mn	Fe	Relação Ca/Mg	K	Ca	Mg	H	Al	Argila %
0-10	6,9	8,1	0,78	6,9	22,8	94,5	7,41	4,56	52,22	12,58	29,77	0,00	80
10-20	11,4	5,1	0,57	4,7	18,7	110,5	3,68	2,62	38,7	10,51	46,84	0,00	80
20-40	8,9	2,6	0,30	3,7	6,6	114,5	2,74	1,74	22,48	8,19	64,70	0,00	-

No município de Maracaju, o ensaio foi desenvolvido na unidade experimental da Fundação MS, Fazenda Alegria, com coordenadas geográficas 21° 38' 23,010''S e 55° 6' 28,230''O. O local pertence a macrorregião sojícola 2, microrregião 204 (KASTER; FARIAS, 2011), possui clima do tipo Aw (KOPPEN, 1931) e solo caracterizado como Latossolo Vermelho com Textura Argilosa. A análise física e química do solo, estão expostas na Tabela 2.

Tabela 2 – Análise química e física do solo da unidade experimental da Fundação MS, Fazenda Alegria, localizada no município de Maracaju, Mato Grosso do Sul. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Prof (cm)	pH		MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	
	CaCl ₂	H ₂ O	g dm ⁻³	Mehlich I				cmol _c dm ⁻³				%	
0-20	5,0	5,6	36,3	19,4	0,46	7,25	1,10	0,0	5,77	8,81	14,58	60,4	
20-40	4,8	5,4	24,3	1,6	0,20	3,65	0,85	0,15	5,04	4,70	9,74	48,2	
Prof (cm)	S	Zn	B	Cu	Mn	Fe	Relação Ca/Mg	K	Ca	Mg	H	Al	Argila
			mg dm ⁻³						% da CTC				%
0-20	6,2	5,6	0,46	7,6	144,2	38,7	6,59	3,1	49,7	7,5	39,6	0,0	50
20-40	41,2	3,3	0,30	7,3	59,3	74,8	4,29	2,0	37,5	8,7	50,2	0,0	45,0

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições e sete tratamentos (Tabela 3), totalizando 28 unidades experimentais em cada município. A cultivar utilizada em ambas as áreas foi a NA 5909 RG, adquirida em uma empresa multiplicadora de Pato Branco – PR.

Tabela 3 – Tratamentos utilizados em um experimento com o objetivo de avaliar se a aplicação dos micronutrientes zinco e boro via foliar e tratamento de sementes proporcionam melhoria na qualidade fisiológica de sementes de soja e na produtividade da cultura. UTFPR, Pato Branco - PR, 2020.

TRATAMENTO	DESCRIÇÃO
T1	Sem TS ¹ + sem AF ²
T2	Com TS boro + sem AF boro
T3	Sem TS boro + com AF boro
T4	Com TS boro + com AF boro
T5	Com TS zinco + sem AF zinco
T6	Sem TS zinco + com AF zinco
T7	Com TS zinco + com AF zinco

¹TS= tratamento de sementes; ²AF= aplicação foliar.

4.3 TRATAMENTO DE SEMENTES E APLICAÇÃO FOLIAR

Em um primeiro momento, as sementes foram tratadas com Standak Top®, em dose de 2 ml kg⁻¹ de sementes. Após secas, as sementes cujos tratamentos eram constituídos pela aplicação via sementes de zinco e boro, foram tratadas com os produtos comerciais Maxi Zinc® [100% Zn (ZnSO₄)] na dose de 87,5 mL por 100 kg⁻¹ de sementes e Ager Boro® [10% B (H₃BO₃) + 10% N] na dose

de 46 mL por 100 kg⁻¹ de sementes. As sementes foram dispostas em sacos de polietileno, onde adicionou-se 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.

A aplicação foliar, por sua vez, foi realizada nos dois locais quando a cultura encontrava-se em estágio fenológico de R1. Para tal, o Ager boro® foi aplicado em dose de 80 ml ha⁻¹ e o Maxi Zinc® em dose de 70 ml ha⁻¹. Para ambos os micronutrientes, utilizou-se um volume de calda de 100 L ha⁻¹.

Em Pato Branco, a aplicação foliar foi realizada com auxílio de um pulverizador costal pressurizado, com capacidade para 20 litros contendo uma barra com bico do tipo leque, enquanto que em Maracaju, tal procedimento foi realizado com um pulverizador pressurizado de CO₂, equipado com uma barra de 2,5 metros, contendo 5 bicos com espaçamento entre si de 0,5 metro.

4.4 INSTALAÇÃO, CONDUÇÃO E COLHEITA

4.4.1 PATO BRANCO – PR

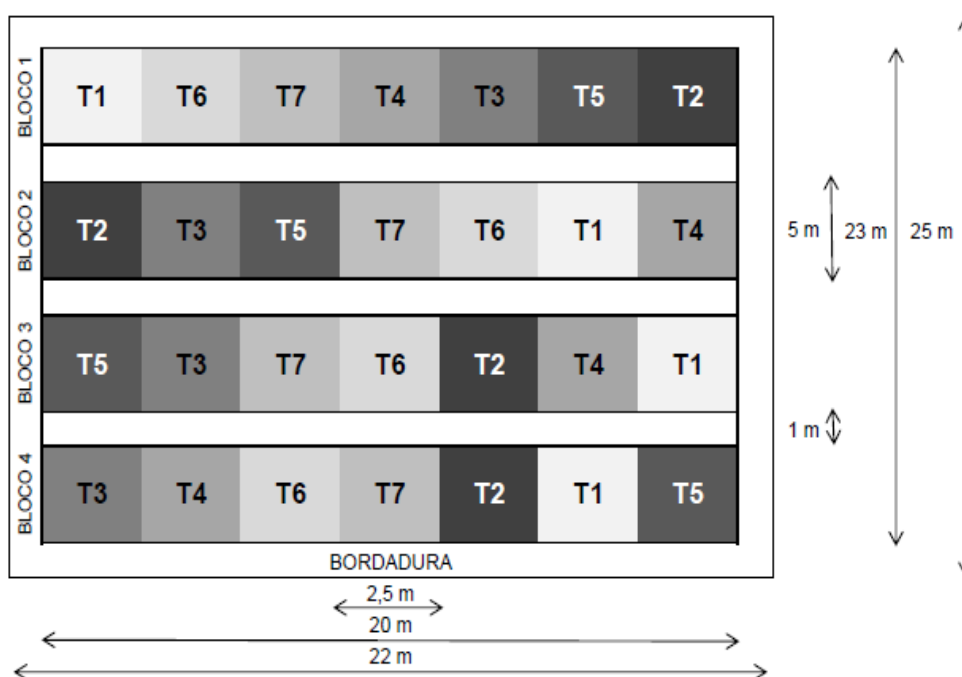
Em Pato Branco, o experimento foi semeado em 27 de setembro de 2019. Cada parcela experimental possuía 5,0 m de comprimento por 2,5 m de largura, onde destacaram-se 0,5 m de cada lateral como bordadura, totalizando uma área útil de 7,5 m² por parcela. O espaçamento entrelinhas utilizado foi de 0,5 m, com 5 linhas em cada parcela, onde foram semeadas 12 sementes por metro, totalizando 240 mil plantas por hectare (Figura 1).

A semeadura foi realizada manualmente, com auxílio de uma matraca, onde foram aplicados 312,5 kg ha⁻¹ de NPK (06-16-16) no momento da semeadura.

Os tratos culturais foram realizados de acordo com o necessário, de modo que as plantas daninhas foram controladas por meio de capina e arranque manual. Para controle de vaquinha (*Diabrotica speciosa* Germar), no início do desenvolvimento da cultura, realizou-se a aplicação de 200 ml ha⁻¹ p.c. de cipermetrina + 300 ml ha⁻¹ p.c. de imidacloprido + beta-ciflutina. Já para a prevenção

e controle de oídio e ferrugem, realizou-se duas aplicações de 400 ml ha⁻¹ p.c. de trifloxistrobina + 50 ml p.c. 100 L⁻¹ de calda de protioconazol, quando as plantas encontravam-se em V8 e R2.

Figura 1 – Croqui utilizado no município de Pato Branco, Paraná, com o objetivo de avaliar se a aplicação dos micronutrientes zinco e boro via foliar e tratamento de sementes proporcionam melhoria na qualidade fisiológica de sementes de soja e na produtividade da cultura.

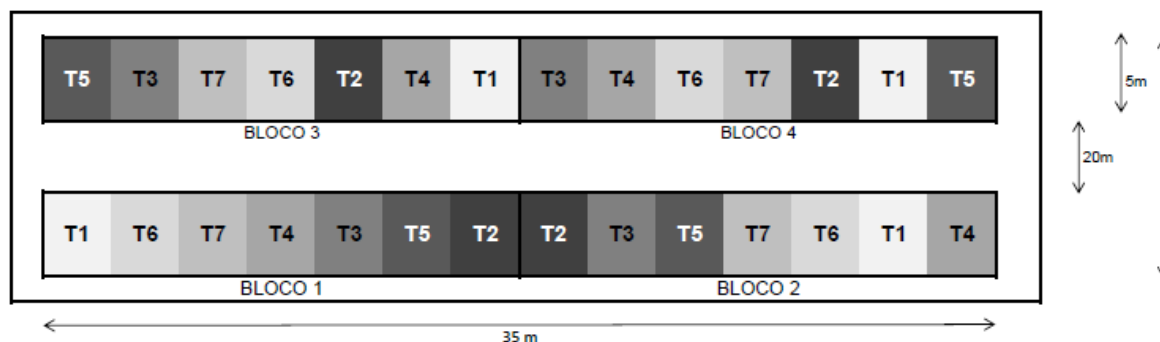


A colheita neste local, foi realizada em três de março de 2020, quando as sementes apresentavam aproximadamente 13% de umidade, de modo que as plantas das três linhas centrais foram arrancadas manualmente e debulhadas com auxílio de um batedor mecanizado.

4.4.2 MARACAJU – MS

A semeadura em Maracaju, foi realizada em 25 de outubro de 2019, onde as unidades experimentais apresentavam as mesmas dimensões que as instaladas em Pato Branco (Figura 2). Foram semeadas 17 sementes por metro, totalizando 340 mil plantas por hectare.

Figura 2 – Croqui utilizado no município de Maracaju, Mato Grosso do Sul, com o objetivo de avaliar se a aplicação dos micronutrientes zinco e boro via foliar e tratamento de sementes proporcionam melhoria na qualidade fisiológica de sementes de soja e na produtividade da cultura.



Neste local, a semeadura foi realizada com auxílio de uma plantadeira pneumática, onde na linha de semeadura, foram aplicados 330 kg ha^{-1} de NPK (02-20-20).

Os tratamentos culturais foram realizados conforme a necessidade da cultura, de tal modo que realizaram-se quatro aplicações de agroquímicos. No início do desenvolvimento da soja, realizou-se uma pulverização preventiva para ferrugem asiática onde utilizou-se $0,58 \text{ L ha}^{-1}$ p.c. de metominostrobin + tebuconazol. Em um segundo momento, utilizou-se $0,35 \text{ L ha}^{-1}$ p.c. de fluxapiraxade + piraclostrobina, e posteriormente fez-se a aplicação de epoxiconazol + fluxapiraxade + piraclostrobina ($0,8 \text{ L ha}^{-1}$) associado a mancozeb ($1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ p.c.). A última aplicação foi realizada utilizando-se picoxistrobina + ciproconazol ($0,30 \text{ L ha}^{-1}$ p.c.) + mancozeb ($1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ p.c.).

A colheita neste município, deu-se em 17 de fevereiro de 2020, quando as sementes apresentavam entre 13 e 14% de umidade, onde para tal as três linhas centrais de cada parcela foram colhidas com uma colhedeira de parcelas.

4.5 DETERMINAÇÃO DOS COMPONENTES DE RENDIMENTO E DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Para determinação dos parâmetros de produtividade foram avaliadas a altura de planta, a altura de inserção da primeira vagem, o número de ramos, o

número de nós da haste principal, o número de vagens, o número de grãos por vagem e o peso de mil sementes, além do rendimento de grãos.

Altura de plantas (AP – cm): obtida através da medição da distância entre a superfície do solo e a extremidade apical da haste principal, de três plantas escolhidas aleatoriamente na linha central de cada parcela, com auxílio de uma trena milimetrada;

Altura de inserção da primeira vagem (AI1V – cm): obtida através da medição da distância entre a superfície do solo e a inserção da primeira vagem da haste principal de três plantas aleatórias da linha central de cada parcela, com auxílio de uma trena milimetrada;

Número de ramos (NR): determinado através da contagem de todos os ramos de cinco plantas escolhidas aleatoriamente em cada parcela;

Número de nós da haste principal (NNHP): determinado a partir da contagem do número de nós formados na haste principal, iniciando-se no nó de inserção das folhas unifolioladas até o último nó da extremidade principal de cinco plantas escolhidas aleatoriamente de cada parcela;

Número de vagens (NV): obtido através da média da contagem de todas as vagens de cinco plantas escolhidas aleatoriamente em cada parcela;

Número de grãos por vagem (NGV): determinado através da contagem de todas as vagens com um, dois, três e quatro grãos em cinco plantas de cada parcela;

Peso de mil sementes (PMS – g): obtido através da contagem ao acaso de oito repetições de 100 sementes de cada parcela, que foram pesadas em balança de precisão. Calculou-se a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação, de modo que quando este último excedeu 4%, outras oito repetições de 100 sementes foram contadas, pesadas e o desvio padrão das 16 repetições foi novamente calculado, onde as repetições com o dobro da média do desvio padrão foram descartadas. O resultado final foi determinado conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Rendimento de grãos (PROD – kg ha⁻¹): a determinação do rendimento de grãos foi realizada através da pesagem das sementes colhidas nas

três linhas centrais de cada parcela, onde estes resultados foram transformados em kg ha^{-1} e corrigidos para 13% de umidade.

4.6 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA

A avaliação da qualidade fisiológica de sementes, foi realizada no Laboratório Didático de Análise de Sementes, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco. Para tal, realizaram-se os testes de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, comprimento, massa verde e seca de parte aérea e raiz, índice de velocidade de emergência, velocidade de emergência, emergência no campo e teor de boro e zinco.

Germinação (GERM - %): quatro repetições de 50 sementes foram acondicionadas em rolos de papel Germitest umedecidos com 2,5 vezes o peso do papel seco e mantidas em germinador do tipo Mangelsdorf por oito dias à 25 °C. As avaliações deram-se através da contagem de plântulas normais aos cinco e oito dias após sementeira, seguindo os critérios determinados pelas Regras para Análise de Sementes, com resultado expresso em porcentagem (BRASIL, 2009);

Envelhecimento acelerado (EA - %): o EA foi realizado com 200 sementes acondicionadas sob tela em caixas do tipo gerbox, contendo 40 ml de água e mantidas em câmara de envelhecimento por 48 horas a 41°C. Em seguida, com estas sementes foram montados 4 rolos de papel Germitest umedecidos com 2,5 vezes o peso do papel seco, contendo 50 sementes cada. Os rolos foram mantidos em germinador Mangelsdorf por 5 dias (MARCOS FILHO, 1999), quando deu-se a contagem de plântulas normais conforme os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes – RAS, com resultado expresso em porcentagem (BRASIL, 2009);

Condutividade elétrica (CE – $\mu\text{S.cm}^{-1} \text{g}^{-1}$): a CE foi realizada com quatro repetições de 25 sementes de cada parcela, que foram pesadas em balança de precisão, colocadas em copos plásticos contendo 75 ml de água deionizada e mantidas à 25 °C, por 24 horas, quando deu-se a leitura da CE em condutímetro digital. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S.cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ (MARCOS FILHO; CÍCERO; SILVA, 1987);

Emergência no campo (EC - %): quatro subamostras de 25 sementes de cada amostra, foram semeadas em uma área agrícola localizada no município de Pato Branco – Paraná, em sulcos de dois metros, com profundidade de 3 cm e espaçamento entre sulcos de 0,5 metro. A contagem de plântulas emergidas foi realizada aos 15 dias após semeadura, conforme os critérios de plântulas normais definidos pelas RAS (BRASIL, 2009);

Índice de velocidade de emergência (IVE) e velocidade de emergência (VE – dias): concomitante a EC, avaliou-se o IVE e o VE, onde foram realizadas contagens diárias até o décimo quinto dia após a semeadura, do número de plantas emergidas em cada parcela. Os resultados foram obtidos segundo a metodologia proposta por Nakagawa (1999);

Comprimento de parte aérea (CPA – cm) e de raiz (CR – cm): 15 dias após a semeadura da EC, 10 plântulas de cada parcela foram coletadas aleatoriamente, lavadas e a parte aérea e raiz foram separadas e medidas com auxílio de uma régua milimetrada;

Massa seca de parte aérea (MSPA – g) e de raiz (MSR – g): após a avaliação de CPA e R, as mesmas amostras foram colocadas em sacos de papel kraft e secas em estufa de circulação forçada por 48 horas a 60°C, quando procedeu-se a pesagem das mesmas em balança de precisão.

4.7 VIABILIDADE ECONÔMICA

Para a avaliação da viabilidade econômica de cada tratamento e determinação do lucro líquido obtido por hectare, procedeu-se o cálculo utilizando-se as cotações da soja de cada local na data da colheita do experimento na safra agrícola de 2019/20 e um ano após, na safra de 2020/21.

Para tal, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$LL = [(PTRA - PT) * CKG] - CAH$$

Onde:

LL = lucro líquido, em reais por hectare;

PTRAT = produtividade do tratamento, em kg ha⁻¹;

PT = produtividade da testemunha, em kg ha⁻¹;

CKG = cotação por quilograma de soja, em reais;

CAH = custo de aplicação do tratamento, em reais.

4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Procedeu-se a verificação dos pressupostos de normalidade dos erros e homogeneidade de variâncias utilizando os testes de Lilliefors e de Bartlett respectivamente. Os dados de NNHP foram transformados através da fórmula Y_{ij}^2 e os de AI1V, através de $\sqrt{Y_{ij}}$.

As variáveis número de ramos (NR), número de vagens (NV), número de grãos por vagem (NGV), emergência no campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVER), velocidade de emergência (VE), comprimento de raiz (CR) e condutividade elétrica (CE) foram submetidas a análise de variância conjunta em esquema fatorial 2 x 7 (dois locais X sete tratamentos de sementes) ($\alpha=5\%$). Em caso de efeito significativo da interação e dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha=5\%$). O efeito significativo de local foi avaliado via teste F da anova.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4 observa-se o resumo da análise de variância para as variáveis número de ramos (NR), número de vagens (NV), número de grãos por vagens (NGV), emergência no campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE), velocidade de emergência (VE) e condutividade elétrica (CE) em função de locais de semeadura e aplicações de zinco e boro na cultura da soja. De acordo com tais resultados, nota-se que as variáveis NR, NV, VE e CE não apresentaram resultados significativos em nível de 5% de probabilidade de erro, nem para os fatores isolados (locais e tratamentos) nem para a interação entre estes, o que permite inferir que estas características não apresentam disparidades quando a soja é cultivada em ambientes distintos e nem quando é submetida a tratamentos com zinco e boro.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância conjunta de um experimento fatorial – dois locais (Pato Branco – PR e Maracaju – MS) x sete tratamentos de sementes (T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes B (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de B, T3 – sem tratamento de sementes B + com aplicação foliar de B (50 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes B (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de B (50 ml ha⁻¹), T5 – com tratamento de sementes Zn (0.875 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de Zn, T6 – Sem tratamento de sementes Zn + com aplicação foliar de Zn (80 ml ha⁻¹), T7 – com tratamento de sementes Zn (0.875 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de Zn (80 ml ha⁻¹), conduzido em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, para as variáveis Número de ramos (NR), Número de vagens (NV), Número de grãos por vagem (NGV), Emergência no campo (EC - %), Índice de velocidade de emergência (IVE), Velocidade de emergência (VE – dias), Comprimento de raiz (CR – cm) e Condutividade elétrica (CE – $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) da cultivar de soja NA 5909 RG na safra agrícola 2019/2020.

Causas de variação	G								
	L	NR	NV	NGV	EC	IVE	VE	CR	CE
						5,344			
Blocos/Locais	6	0,83	212,28	0,02	120,80	2	0,35	0,04	94,89
Tratamentos	6	0,81 ^{ns}	249,76 ^{ns}	0,01 ^{ns}	47,02 ^{ns}	1,68 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,37 ^{ns}	950,80 ^{ns}
Locais	1	0,32 ^{ns}	861,14 ^{ns}	0,49*	228,02 ^{ns}	22,29 ^{ns}	0,61 ^{ns}	1,29*	157,99 ^{ns}
Trat x Locais	6	0,29 ^{ns}	450,18 ^{ns}	0,01 ^{ns}	239,10*	11,64*	0,86 ^{ns}	0,53 ^{ns}	161,38 ^{ns}
Erro médio	36	0,82	296,85	0,02	96,01	4,30	0,77	0,31	513,38
Média		3,58	62,36	2,49	69,77	11,03	7,24	3,55	96,72
CV (%)		25,34	27,63	5,39	14,04	18,81	12,15	15,71	23,43

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

Por outro lado, NGV e CR apresentaram diferenças significativas para o fator locais, o que demonstra que a cultivar de soja NA 5909 RG, quando cultivada em ambientes produtivos distintos, resulta em vagens que diferem na quantidade

média de grãos e origina sementes que são capazes de emitir plântulas com CR variáveis. Além disso, ao analisar a interação entre os fatores tratamentos x locais, nota-se que as variáveis EC e IVE apresentaram diferenças significativas, ou seja, o comportamento das sementes é influenciado pelo local de cultivo e pelo tratamento utilizado.

A emergência no campo é uma variável capaz de expressar o vigor de uma semente, isto é, de demonstrar a capacidade desta em emergir e resultar em plântulas normais mesmo sob ampla variação de condições ambientais (KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO, 2001). Neste cenário, a EC (Tabela 5) não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos para ambos os municípios, onde as maiores ECs, foram obtidas pelo T7 (79%) em Pato Branco e pelo T4 (74%) em Maracaju, enquanto que as menores, foram observadas com a utilização do T2 (63%) em Pato Branco e do T7 (58%) em Maracaju.

Tabela 5 – Médias de emergência no campo (EC - %) e Índice de velocidade de emergência (IVE) de um experimento fatorial – dois locais (Pato Branco-PR, Maracaju-MS) x sete tratamentos com aplicação de Zn e B, conduzido em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, da cultivar de soja NA 5909 RG na safra agrícola 2019/2020.

Tratamento	EC						IVE					
	Pato Branco			Maracaju			Pato Branco			Maracaju		
T1 - Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar	76	A	a	70	A	a	13,09	A	a	10,04	B	a
T2 - Com tratamento de sementes B + sem aplicação foliar de B	63	A	a	73	A	a	10,05	A	a	11,18	A	a
T3 - Sem tratamento de sementes B + com aplicação foliar de B	76	A	a	60	B	a	12,39	A	a	9,15	B	a
T4 - Com tratamento de sementes B + com aplicação foliar de B	73	A	a	74	A	a	10,90	A	a	10,92	A	a
T5 - Com tratamento de sementes Zn + sem aplicação foliar de Zn	71	A	a	71	A	a	11,20	A	a	11,65	A	a
T6 - Sem tratamento de sementes Zn + com aplicação foliar de Zn	66	A	a	69	A	a	10,04	A	a	10,81	A	a
T7 - Com tratamento de sementes Zn + com aplicação foliar de Zn	79	A	a	58	B	a	13,93	A	a	9,01	B	a

* Médias não seguidas por mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey.

Outro indicador utilizado para avaliar o vigor de sementes de soja, é o IVE, parâmetro que demonstra a velocidade com que uma semente emerge, de modo que, quanto maior o IVE, maior o vigor da semente. Assim, os resultados dispostos na Tabela 5 para esta variável são muito similares ao obtido para a EC, uma vez que não se constataram diferenças significativas entre os tratamentos para

ambos os locais avaliados, onde a maior IVE (13,93) foi expressa em Pato Branco pelo T7 e a menor (10,04), em Maracaju pelo T1.

Os resultados descritos para EC e IVE, estão de acordo com o visualizado por Nakao *et al.* (2018) que concluíram em trabalho utilizando diferentes associações de zinco e boro, que a aplicação destes micronutrientes no estágio fenológico de V6 na cultivar de soja NS 7000 IPRO, não resultaram em melhoria da qualidade fisiológica de sementes. O mesmo foi descrito por Kappes *et al.* (2008) ao avaliar doses e épocas de aplicação de B via foliar na cultivar de soja M 8411 e por Lemes *et al.* (2017) ao realizar o tratamento de sementes da cultivar V-Max RR com zinco.

Em relação aos locais de cultivos, para a variável EC os únicos tratamentos que diferiram entre os municípios de Pato Branco e Maracaju, foram o T3 e o T7, onde para ambos, as maiores EC foram expressas pelo primeiro local, resultando em porcentagens de EC de 76 e 79%, respectivamente. Por outro lado, as menores EC foram obtidas a partir de sementes cultivadas em Maracaju, uma vez que o T3 apresentou 60% de EC e o T7, 58%.

Já para o IVE, observou-se diferença significativa entre os valores obtidos em ambos os locais para os tratamentos 1, 3 e 7, onde do mesmo modo que para EC, Pato Branco originou sementes com maior velocidade de emergência (13,09; 12,39 e 13,93, respectivamente), se comparado as sementes provenientes de Maracaju, que apresentaram IVEs de 10,04; 9,15 e 9,01, respectivamente.

Partindo-se destes resultados, entende-se que a utilização de B via foliar e a associação de tratamento de sementes e aplicação foliar de Zn, em lavouras conduzidas no município de Pato Branco, são capazes de originar sementes que garantem adequado estabelecimento inicial da cultura no campo. Isto se deve ao fato de que, ao aumentar os percentuais de EC, estes tratamentos resultam em um melhor estabelecimento inicial da cultura, que é requisito fundamental para a obtenção de lavouras tecnicamente bem instaladas e com alto potencial produtivo (KRZYZANOWSKI, 2004). Outrossim, as sementes apresentam maior velocidade de germinação e por isso, possuem maior capacidade de aproveitamento dos recursos disponíveis no ambiente – luz, umidade e temperatura (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

De acordo com os resultados dispostos na Tabela 6, o maior NGV foi obtido a partir de plantas cultivadas em Maracaju, onde constatou-se uma média de 2,58 grãos por vagem, enquanto que as plantas de Pato Branco, apresentaram uma NGV média de 2,4. Contrário a isto, as plântulas originárias de sementes provenientes de Pato Branco, demonstraram uma maior capacidade de desenvolvimento inicial que foi refletido pelo maior CR, uma vez que a CR média foi de 3,70 cm.

Tabela 6 – Médias de número de grãos por vagem (NGV) e comprimento de raiz (CR, em cm) em dois locais (Pato Branco – PR, Maracaju – MS), de um experimento fatorial, dois locais x sete tratamentos de sementes (T1 – sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes B (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de B, T3 – sem tratamento de sementes B + com aplicação foliar de B (50 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes B (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de B (50 ml ha⁻¹), T5 – com tratamento de sementes Zn (0.875 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de Zn, T6 – sem tratamento de sementes Zn + com aplicação foliar de Zn (80 ml/ha), T7 – com tratamento de sementes Zn (0.875 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de Zn (80 ml ha⁻¹) conduzido em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, da cultivar de soja NA 5909 RG na safra agrícola 2019/2020.

Local	NGV	CR
Pato Branco – PR	2,40 b	3,70 a
Maracaju – MS	2,58 a	3,40 b

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

A realização dos testes de comprimentos de plântulas, tem como principal objetivo, estimar o vigor do lote de sementes, uma vez que sementes vigorosas originam plântulas com elevadas taxas de crescimento e capacidade de transformação, maior suprimento de reservas dos tecidos de armazenamento e elevada incorporação destes pelo eixo embrionário (DAN *et al.*, 1987). Assim, o CR é um fator que além de indicar o vigor de uma semente, demonstra a capacidade de uma plântula em se desenvolver no campo. Deste modo, as sementes provenientes de Pato Branco, por apresentarem maior CR, mostram-se mais capazes de extrair água e nutrientes necessários para o bom desenvolvimento das plantas, de modo que sistemas radiculares mais desenvolvidos resultam em lavouras com maior potencial produtivo (LYNCH, 1995; RAVEN *et al.*, 1996).

O teste de Hartley ou teste do F máximo, é uma metodologia utilizada para avaliar a homogeneidade de variâncias (HARTLEY, 1950). Deste modo, ao realizar tal análise para as variáveis NNHP, ALTP, AI1V, PROD, PMS, GERM, CPA, MSPA e MSR obteve-se resultados significativos, o que indica que os locais

avaliados neste experimento, possuem variâncias heterogêneas, e por isso, não é aconselhável que se realize a análise conjunta para estas variáveis. Assim, nas Tabelas 7 e 8 observam-se a análise de variância individual de cada local para as referidas variáveis.

Tabela 7 – Resumo da análise de variância de um experimento com avaliação de sete tratamentos de sementes (T1 – sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes B (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de B, T3 – sem tratamento de sementes B + com aplicação foliar de B (50 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes B (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de B (50 ml ha⁻¹), T5 – com tratamento de sementes Zn (0.875 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de Zn, T6 – sem tratamento de sementes Zn + com aplicação foliar de Zn (80 ml ha⁻¹), T7 – com tratamento de sementes Zn (0.875 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de Zn (80 ml ha⁻¹), conduzido em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições, para as variáveis número de nós da haste principal (NNHP), altura de planta (ALTP, em cm), altura de inserção da primeira vagem (AI1V, em cm) e produtividade (PROD, em Kg ha⁻¹) da cultivar NA 5909 de soja, em dois locais (Pato Branco – PR Maracaju – MS) na safra agrícola 2019/2020.

Pato Branco					
Causas de variação	GL	NNHP ¹	ALTP	AI1V ²	PROD
Blocos	3	6591,59	470,51	0,96	1746183,78
Trat.	6	4613,40 ^{ns}	720,49 ^{ns}	7,22*	405963,94 ^{ns}
Resíduo	18	5020,72	605,90	1,16	1171632,51
Média		18,24	132,61	24,82	4347,56
CV (%)		33,93	18,56	22,79	24,90
Maracaju					
Causas de variação	GL	NNHP	ALTP	AI1V	PROD
Blocos	3	0,70	33,24	5,24	380490,21
Trat.	6	0,95 ^{ns}	37,64 ^{ns}	1,98 ^{ns}	73511,08 ^{ns}
Resíduo	18	0,59	29,96	2,52	32028,40
Média		19,25	108,57	11,57	4504,77
CV (%)		4,01	5,04	13,71	3,97
Fmáximo ³		6,56	20,22	73,31	36,58
p-valor (Teste de Hartley) ¹		0,002	2 ^{E-06}	7E-11	2,05 ^{E-08}

^{ns}Não significativo pelo teste F em nível de 5% de probabilidade de erro. *Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. ³ Os valores significativos do teste de Hartley indicam que os locais possuem variâncias heterogêneas, desta forma não é aconselhável efetuar a análise conjunta para as referidas variáveis, por isso foi feita análise individual.¹Transformação Y_{ij}^2 . Transformação raiz quadrada.

Em Pato Branco, as variáveis NNHP, ALTP, PROD, PMS, GERM, CPA e MSPA não demonstraram diferenças significativas para os tratamentos avaliados neste experimento, o que permite inferir que estas variáveis nas condições de condução do experimento neste local, não são influenciadas pela utilização de zinco e boro. Por outro lado, a AI1V e a MSR diferiram significativamente em nível de 5%

de probabilidade de erro demonstrando que estes parâmetros são afetados pela aplicação dos micronutrientes.

Tabela 8 – Resumo da análise de variância de um experimento com avaliação de sete tratamentos com aplicação de Zn e B (T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes B (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de B, T3 – sem tratamento de sementes B + com aplicação foliar de B (50 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes B (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de B (50 ml ha⁻¹), T5 – com tratamento de sementes Zn (0.875 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de Zn, T6 – sem tratamento de sementes Zn + com aplicação foliar de Zn (80 ml ha⁻¹), T7 – com tratamento de sementes Zn (0.875 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de Zn (80 ml ha⁻¹), conduzido em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições, para as variáveis peso de mil sementes (PMG, em g), germinação (GERM, em %), comprimento de parte aérea (CPA, em cm), massa seca de parte aérea (MSPA, em g), massa seca de raiz (g) da cultivar de soja NA 5909 RG, em dois locais (Pato Branco – PR Maracaju – MS) na safra agrícola 2019/2020.

Pato Branco						
Causas de variação	GL	PMS	GERM*	CPA	MSPA	MSR
Blocos	3	99,635	41,49	0,11	0,01	0,01
Trat.	6	59,45 ^{ns}	34,46 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,02*
Resíduo	18	35,88	11,09	0,47	0,03	0,01
Média		184,72	75,39	8,86	1,81	0,33
CV (%)		3,24	4,42	7,75	8,98	19,17
Maracaju						
Causas de variação	GL	PMS	GERM	CPA	MSPA	MSR
Blocos	3	85,63	58,87	226,63	0,13	21,81
Trat.	6	382,03 ^{ns}	108,14 ^{ns}	236,244 ^{ns}	0,11 ^{ns}	21,77 ^{ns}
Resíduo	18	160,02	46,32	234,59	0,08	21,87
Média		136,96	69,55	11,44	1,71	1,16
CV (%)		9,24	9,78	133,83	16,63	404,81
Fmáximo ³		4,46	4,18	496,70	3,04	5335,15
p-valor (Teste de Hartley) ¹		0,01	0,01	4 ^{E-18}	0,0	2 ^{E-27}

^{ns}Não significativo pelo teste F em nível de 5% de probabilidade de erro. *Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. ³ Os valores significativos do teste de Hartley indicam que os locais possuem variâncias heterogêneas, desta forma não é aconselhável efetuar a análise conjunta para as referidas variáveis, por isso foi feita análise individual.¹Transformação Y_{ij}^2 . Transformação raiz quadrada.

Já em Maracaju, a análise de variância não constatou significância para nenhum dos caracteres avaliados neste experimento, e por isso, entende-se que para este ambiente de cultivo, a aplicação de Zn e B tanto via tratamento de sementes quanto foliar, não resulta em alterações no desenvolvimento da cultura da soja.

Na Tabela 9, tem-se a comparação de médias para as variáveis AI1V e GERM entre os sete tratamentos propostos neste estudo, para o município de Pato

Branco. A maior AI1V foi demonstrada quando a soja foi submetida ao T7, ou seja, quando realizou-se o tratamento de sementes e a aplicação foliar com Zn, resultando em vagens inseridas a uma média de 58,8 cm que diferiu de todos os outros tratamentos.

Tabela 9 – Médias de altura de inserção da primeira vagem (AI1V, em cm) e Germinação (GERM, em %) de sete tratamentos com aplicação de Zn e B, conduzido em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições, em Pato Branco-PR da cultivar de soja NA 5909 RG na safra agrícola 2019/2020.

Tratamento	AI1V	GERM
T1 - Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar	21,5b	80,1a
T2 - Com tratamento de sementes B + sem aplicação foliar de B	24,5b	75,8ab
T3 - Sem tratamento de sementes B + com aplicação foliar de B	17,5b	70,6b
T4 - Com tratamento de sementes B + com aplicação foliar de B	21,8b	75,8ab
T5 - Com tratamento de sementes Zn + sem aplicação foliar de Zn	19,5b	74,6ab
T6 - Sem tratamento de sementes Zn + com aplicação foliar de Zn	10,3b	77,1ab
T7 - Com tratamento de sementes Zn + com aplicação foliar de Zn	58,8a	73,8ab

Ressalta-se que apesar de o T7 ter expressado a maior AI1V, todos os tratamentos apresentaram valores muito elevados para esta variável, o que se justifica pelo elevado teor de nitrogênio presente na área em que o experimento foi instalado. De acordo com Chapin (1980), o N é um nutriente que atua diretamente na divisão e expansão celular e por isso, plantas cultivadas em áreas com elevados teores deste macronutriente, apresentam crescimento elevado.

O maior percentual de GERM (80,1%) foi demonstrada pela testemunha (T1) sem aplicação dos micronutrientes, que não se diferiu dos tratamentos 2, 4, 5, 6 e 7. No entanto, ressalta-se que somente o tratamento 1 foi capaz de resultar em percentual de GERM superior a 80% e que segundo a Instrução Normativa número 45, de 17 de setembro de 2013 (MAPA, 2013) é o valor mínimo exigido para comercialização de sementes de soja no Brasil.

Na Tabela 10, é possível observar a média de produtividade da cultura da soja para todos os tratamentos avaliados em ambos os municípios.

Tanto em Pato Branco quanto em Maracaju, a maior produtividade foi obtida com a utilização do tratamento 2, ou seja, quando realizou-se o tratamento de sementes com B. Sabe-se que este é um micronutriente praticamente imóvel no floema das plantas, uma vez que suas maiores concentrações são observadas nas partes mais velhas dos vegetais (MALAVOLTA, 1985; BASTOS; CARVALHO, 2004)

e cujo transporte dá-se por fluxo de massa (PEREZ *et al.*, 2007). A pronta disponibilidade desta substância nos estádios iniciais de desenvolvimento, devido a maior aproximação da zona de absorção da raiz, faz com que esta seja uma forma mais eficiente de disponibilização de B para a cultura da soja, resultando em aumento numérico da produtividade final da cultura.

Tabela 10 – Produtividade média obtida na safra agrícola de 2019/2020 pela cultivar de soja NA 5909 RG semeada nos municípios de Pato Branco – PR e Maracaju – MS e submetida a sete tratamentos com aplicação dos micronutrientes Zn e B, de um experimento conduzido em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições.

Tratamento	Pato Branco	Maracaju
	Kg ha ⁻¹	
T1 - Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar	4320,66	4437,88
T2 - Com tratamento de sementes B + sem aplicação foliar de B	4739,25	4476,01
T3 - Sem tratamento de sementes B + com aplicação foliar de B	4606,57	4457,64
T4 - Com tratamento de sementes B + com aplicação foliar de B	3796,14	4426,33
T5 - Com tratamento de sementes Zn + sem aplicação foliar de Zn	4169,05	4351,82
T6 - Sem tratamento de sementes Zn + com aplicação foliar de Zn	4552,55	4731,85
T7 - Com tratamento de sementes Zn + com aplicação foliar de Zn	4248,74	4651,84

Por outro lado, ao realizar-se a associação do tratamento de sementes e da aplicação foliar com boro (T4) observou-se uma diferença numérica de produtividade em relação a testemunha para ambos os locais de cultivos, com maior expressividade no município de Pato Branco, onde observou-se uma redução de 524,52 kg ha⁻¹. Tal resultado, explica-se pelo fato de que a exigência nutricional das plantas por boro é muito baixa, e por isso, valores minimamente superiores ao exigido, podem provocar fitotoxicidez (PESSOA *et al.*, 2000). Assim, entende-se que nas condições deste experimento, a quantidade utilizada ao realizar-se o tratamento de sementes associado a aplicação foliar, foi superior ao exigido pela cultura e por isso, provocou fitotoxicidez, reduzindo a capacidade produtiva da mesma.

Apesar da PROD da cultura da soja tanto em Pato Branco quanto em Maracaju, não ter apresentado diferenças significativas entre os tratamentos avaliados neste experimento, diante do atual cenário comercial da cultura, entende-se que numericamente é possível que a aplicação de zinco e boro gere retornos econômicos positivos aos agricultores. Na Tabela 11, observa-se a comparação entre o retorno econômico obtido com comercialização das sementes nas safras 2019/20 e 2020/21.

Tabela 11 – Lucro líquido (em R\$) em relação a testemunha obtidos pelos tratamentos T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes B (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de B, T3 – sem tratamento de sementes B + com aplicação foliar de B (50 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes B (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de B (50 ml ha⁻¹), T5 – com tratamento de sementes Zn (0.875 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de Zn, T6 – Sem tratamento de sementes Zn + com aplicação foliar de Zn (80 ml ha⁻¹), T7 – com tratamento de sementes Zn (0.875 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de Zn (80 ml/ há)], realizados em sementes de soja cultivar NA 5909 RG semeada nos municípios de Pato Branco – PR e Maracaju – MS na safra agrícola de 2019/20, em um experimento conduzido em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições.

Tratamento	Pato Branco		Maracaju	
	2020 ¹	2021 ²	2020 ³	2021 ⁴
	R\$			
T1	0,00	0,00	0,00	0,00
T2	578,67	1101,91	47,15	94,49
T3	394,28	751,67	23,40	47,93
T4	-724,19	-1382,84	-16,01	-30,35
T5	-216,58	-406,09	-114,15	-221,02
T6	310,64	600,51	356,33	721,34
T7	-116,49	-206,39	249,73	515,40

¹cotação da soja no município de Pato Branco – PR em 03/03/2020: R\$83,00; ²cotação da soja no município de Pato Branco – PR em 03/03/2021: R\$158,00; ³cotação da soja no município de Maracaju – MS em 17/02/2020: R\$74,80; ⁴cotação da soja no município de Maracaju – MS em 17/02/2021: R\$149,30.

Em ambas as localidades, os tratamentos 4 e 5 resultaram em prejuízos econômicos consideráveis ao produtor, especialmente na safra 2020/21, quando a cultura alcançou cotações de R\$158,00 em Pato Branco e R\$ 149,30 em Maracaju na mesma data em que realizou-se a colheita do experimento na safra anterior. Por outro lado, os demais tratamentos apresentaram retornos econômicos positivos e muito expressivos, com destaque para os tratamentos 2 e 3 em Pato Branco e 6 e 7 em Maracaju.

6 CONCLUSÕES

A aplicação de zinco e boro via foliar e tratamento de sementes na cultivar de soja NA 5909 RG, não resultou em diferenças significativas de produtividade;

A qualidade fisiológica de sementes de soja cultivar NA 5909 RG, não foi influenciada pelo local de cultivo;

A produção de sementes de soja em Pato Branco – PR, resultou em sementes que dão origem a plântulas com maior CR;

A utilização de boro via tratamento de sementes e de zinco via tratamento de sementes associado com a aplicação foliar, provocou acréscimos no percentual de emergência no campo e no índice de velocidade de emergência tanto de sementes de soja produzidas em Pato Branco quanto em Maracaju;

A utilização de boro via tratamento de sementes associado com a aplicação foliar e o tratamento de sementes com zinco, não foram economicamente viáveis para a cultura da soja.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade fisiológica de sementes, é sem dúvidas, um dos mais importantes aspectos a serem considerados visando a condução de lavouras tecnicamente bem instaladas e com elevado potencial produtivo. Assim, conhecer os fatores capazes de afetar a obtenção de sementes com qualidade, é um dos principais desafios do setor sementeiro, especialmente quando trata-se da produção de sementes de soja.

A nutrição vegetal dentre todos os pontos necessários para a produção de sementes merece atenção especial, uma vez que plantas bem nutridas apresentam maior potencial produtivo e sementes com maior qualidade. No entanto, o crescente mercado de fertilizantes, principalmente os foliares a base de micronutrientes, exigem que os profissionais do agronegócio e principalmente os agricultores, compreendam como estes devem ser utilizados e em que momento.

Neste cenário, a pesquisa agrícola é uma das principais aliadas dos produtores rurais, uma vez que ao estudar as diferentes variáveis envolvidas no processo produtivo e na nutrição de plantas, os pesquisadores conseguem indicar quais os caminhos mais adequados para a utilização destas substâncias nas culturas agrícolas, visando a obtenção de sementes com qualidade e elevadas produtividades.

Exemplo disto é visualizado neste trabalho, onde entende-se que os resultados do mesmo são de grande valia para os produtores de sementes de soja, uma vez que apesar de não ter-se obtido incremento significativo na qualidade fisiológica das sementes da cultivar NA 5909 RG, a utilização da maior parte dos tratamentos com zinco e boro avaliados neste estudo, aumentam numericamente a produtividade da cultura e são economicamente viáveis, especialmente quando trata-se do atual cenário comercial da soja.

Diante dos fatos constatados no presente estudo, sugere-se então que novos trabalhos avaliem diferentes fontes e doses de zinco e boro, visando sanar os problemas aqui observados, como por exemplo a fitotoxicidade provocada pelo excesso de B. Outrossim, entende-se que identificar o correto posicionamento e a forma de aplicação nos diferentes estádios fenológicos da cultura da soja, é passo

fundamental para que a utilização destas substâncias seja realizada da forma mais eficiente possível, resultando em respostas positivas e principalmente, em retorno financeiro para o produtor.

REFERÊNCIAS

APROSOJA BRASIL, Associação Brasileira dos Produtores de Soja. **Uso da soja**. 2018. Disponível em: <http://aprosojabrasil.com.br/2014/sobre-a-soja/uso-da-soja/>. Acesso em: 15 mar. 2019.

BARBOSA, Robsodre Guimarães. **Tratamento químico de sementes de soja: reflexos no desenvolvimento inicial de plantas**. Dissertação (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes) — Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

BASTOS, A. R. R.; CARVALHO, J. G. de. Absorção radicular e distribuição do boro pelas plantas e seu papel na parede celular. **Revista Universidade Rural**, v. 24, n. 2, p. 47-66, 2004.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009. 395 p.

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

CERETTA, Carlos Alberto *et al.* Micronutrientes na soja: produtividade e análise econômica. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 576–581, 2005.

CHAPIN, F.S. Ecological aspects of planta mineral nutrition. *In*: TINKER, B.; LAUCHLI, A. (Ed.). **Advances in plant nutrition**, Nova Iorque: Praeger, 1990. p.161-191.

CHUNG, Gyuhwa; SINGH, Ram J. Broadening the genetic base of soybean: a multidisciplinary approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 27, n. 5, p. 295–301, 2008.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. *In*: FACHIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: UFV, 2006. 360-375p.

DEUNER, Cristiane *et al.* Rendimento e qualidade de sementes de soja produzidas sob diferentes manejos nutricionais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 357–365, 2017.

DIAS, Marcos Antoinio Neves; MONDO, Vitor Henrique Vaz; CICERO, Sílvio Moure. Vigor de sementes de milho associado à mato-competição. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 93–101, 2010.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **História da soja**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/historia>. Acesso em: 30 mai. 2019a.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soja em números (safra 2020/21)**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em 01 ago. 2021.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja**. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/producaosoja/sojanobrasil>. Acesso em: 30 mai. 2019b.

ESPINDOLA, Carlos José.; CUNHA, Roberto César Costa. A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva da soja no Brasil e no mundo. **GeoTextos**, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2015.

FARIAS, José Renato B. *et al.* **Ecofisiologia da Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 9p.

FAROOQ, M.; WAHIDA, A.; SIDDIQUE, K. Micronutrient application through seed treatments – a review. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 12, n.1, p. 125–142, 2012.

FERRARI, Elisângela; PAZ, Adriano da; SILVA, Andréa Carvalho da. Déficit hídrico e altas temperaturas no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas. **Nativa**, v. 3, n. 1, p. 67–77, 2015.

FERREIRA JUNIOR, J. A. *et al.* Avaliação de genótipos de soja em diferentes épocas de plantio e densidade de semeadura no município de Uberaba – MG. **Fazu em Revista**, v.1, n. 7, p. 13–21, 2010.

MARCOS FILHO, Julio. **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: Abrates, 1999. 60p.

FRANÇA NETO, José de Barros *et al.* **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82p.

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

FREITAS, Marcella Nunes. **Tratamento de sementes de milho com zinco: avaliações do potencial fisiológico das sementes, do rendimento e do valor nutricional dos grãos**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) — Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2016.

GARCIA, Genilson Guintter; SILVA, Tiago Roque Benetolli; SECCO, Deonir. Épocas de aplicação e doses de fertilizante a base de cobre e zinco no rendimento de grãos de soja. **Cultivando o Saber**, v. 2, n. 4, p. 18–25, 2009.

GAZZOLA NETO, A. *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, 2017.

- HARTLEY, H. O. The use of range in analysis of variance. **Biometrika**, v. 37, n. 1, p. 271-280, 1950.
- HIPÓLITO, José Luiz; BORGES, Wander Luiz 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. **Anais...** Nucleus: Araçatuba, 2017.
- KAPPES, Claudinei *et al.* Qualidade fisiológica de sementes e crescimento de plântulas de feijoeiro, em função de aplicações de paraquat em pré-colheita. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 1, p. 9–18, 2012.
- STEINER, Fabio *et al.* Disponibilidade de micronutrientes no sistema plantio direto, na presença e ausência de plantas de cobertura submetido a diferentes fontes de fertilizantes. **Global Science and Technology**, v. 4, n. 1, p.28 – 37, abril. 2011.
- KAPPES, Claudinei; GOLO, André Luis; CARVALHO, Marco Antônio Camillo. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agrônômicas e na qualidade de sementes de soja. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 3, p. 291-297, 2008.
- KIRKBY, Ernest Arnold; ROMHELD, Volker. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **International Plant Nutrition Institute**, n.118, v.1, p.1-24, 2007.
- KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos. Desafios tecnológicos para produção de semente de soja na região tropical brasileira. *In*: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE ATUALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE SEMENTES DE SOJA E TRIGO: REGIÃO LONDRINA. **Anais...** Foz do Iguaçu: [...], 2004. p. 1324–1335.
- KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; FRANÇA NETO, José de Barros; HENNING, Ademir Assis. **A alta qualidade da semente de soja**: fator importante para a produção da cultura. Londrina: Embrapa Soja, 2018.
- KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; FRANÇA NETO, José de Barros. Vigor de sementes. **Informático ABRATES**, v. 11, n. 3, p. 81-84, 2001.
- LEE, C. *et al.* Developmental phytotoxicity of metal oxide nanoparticles to *arabidopsis thaliana*. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 29, n.1, p. 669–675, 2010.
- LEMES, Elisa *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.
- LIRA, Maikon Vinicius da Silva. **Adubação de plantio e foliar com micronutrientes na produção da cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual Paulista, Dracena, 2018.

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

LYNCH, J. Root architecture and plant productivity. **Plant Physiology**, v. 109, n. 1, p. 7-13, 1995.

MALAVOLTA, E. Nutrição de plantas. *In*: FERRI, M.G. (Org.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EDUSP, 1985. 400p.

MANFREDINI, Daniel. **Cálcio e boro para soja-perene**: características anatômicas e agronômicas e concentração de nutrientes. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.

MANN, Eliseu Norberto *et al.* Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1757–1764, 2002.

MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa número 45, de 17 de setembro de 2013**. 2013. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/copy_of_INN45de17desetembrode2013.pdf. Acesso em: 01 ago. 2021.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S. M.; SILVA, W. R. de **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: ESALQ, 1987. 230 p.

MARSCHNER, Horst. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. Oxford: Academic Press, 2012. 643 p.

MASCARENHAS, Hipólito Assunção Antonio *et al.* Micronutrientes em soja no estado de São Paulo. **Nucleus**, v. 11, n. 1, p. 179-198, 2014.

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

OLIVEIRA, Fernando Castro de *et al.* Diferentes doses e épocas de aplicação de zinco na cultura da soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n.1, p. 28–35, 2017.

OLIVEIRA, Sandro de *et al.* Tratamento de semente de soja com silício: efeitos na qualidade fisiológica e nas características agronômicas. **Revista Cultivando o Saber**, v. 8, n. 2, p. 215–230, 2015.

NAKAGAWA, João. Testes de vigor baseados na avaliação de plântulas. *In*: KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; VIEIRA, Roberval Dias; FRANÇA NETO, José

de Barros (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1- 2.21.

PEGORARO, Rodinei Facco *et al.* Fluxo ifusivo e biodisponibilidade de zinco, cobre, ferro e manganês no solo: influência da calagem, textura do solo e resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n.1, p. 859–868, 2006.

PEREZ, Julien *et al.* Use of grafting to prevent *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepdoptera: Pyralidae) damage to new world meliaceae species. **Neotropical Entomology**, v. 39, n.1, p. 618-625, 2007.

PESKE, Fabricio Becker; BAUDET, Leopoldo; PESKE, Silmar Teichert. Produtividade de plantas de soja provenientes de sementes tratadas com fósforo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 95–101, 2009.

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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 39-45, 2000.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; CURTS, H. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1996. 728p.

RESENDE, Álvaro Vilela. **Adubação da soja em áreas de Cerrado**: micronutrientes. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 27p.

SANTOS, Flávia Cristina *et al.* Produtividade e aspectos nutricionais de plantas de soja cultivadas em solos de cerrado com diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 2015–2025, 2008.

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

SEDIYAMA, Tuneo. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenias, 2009. 314 p.

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science**. Berlin: Walter de Gruyter, 1931. 388p.

KASTER, Milton; FARIAS, José Renato Bouças. Regionalização dos testes de Valor de Cultivo e Uso e da indicação de cultivares de soja – Segunda Aproximação. *In*: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 32. **Anais....** Londrina: Embrapa Soja, 2011. p. 87-93.

SFREDO, Gedi Jorge; BORKERT, Clóvis Manuel. **Deficiências e toxicidades de nutrientes em plantas de soja**: descrição dos sintomas e ilustração com fotos. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 44 p.

SFREDO, Gedi Jorge; OLIVEIRA, Maria Cristina Neves de. **Soja: molibdênio e cobalto**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 36p.

SILVA A. T.; COSTA, A. P. A. P. G. Épocas e formas de aplicação de boro na soja em plantio direto. *In*: CONGRESSO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UEG, 2. **Anais...** Pirenópolis: UEG, 2015a. p. 20–22.

SILVA, N. *et al.* Manejo fisiológico na fase de enchimento de grãos da cultura da soja com fertilizante foliar. **Gl. Sci Technol**, v. 10, n. 3, p. 54–65, 2017a.

SILVA, Renan Cesar Dias *et al.* Nutrição com boro na soja em função da disponibilidade de água no solo. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 4, p. 155–165, 2017b.

SILVA, Romário Lemes da. **Doses de micronutrientes aplicadas no tratamento de sementes de milho (*Zea mays*) e seus efeitos no rendimento de grãos**. Monografia (Curso de Agronomia) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015b.

SILVA, Raphaela Maceio da *et al.* Eficiência da aplicação de nutrientes via semente e foliar na cultura do amendoim. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 2, p. 97–101, 2018.

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 de. **Efeitos da aplicação de nutrientes da produtividade e qualidade de sementes de soja**. 56 p. Tese (Doutorado) — Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

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

TAVARES, L. 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.

FERNÁNDEZ, V.; SOTIROPOULOS, T.; BROWN, P. H. **Foliar Fertilization: principles and practices**. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2013.

TUNES, L. M. *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.

ZHANG, Ruichang *et al.* Phytotoxicity of zno nanoparticles and the released zn(ii) ion to com (*Zea mays* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) during germination. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 2, n. 1, p. 24-29, 2015.