



Potencial fisiológico de sementes de soja proveniente de manejos da adubação e tratamento de sementes

Gean Charles Monteiro ^{1,*}, Elvis Felipe Elli ², Felipe Schwerz ³, Elder Eloy ⁴, Denise Schmidt ⁴ e Bráulio Otomar Caron ⁴

¹ Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Campus de Botucatu, Botucatu (SP), Brasil; gean.monteiro@yahoo.com.br

² Universidade de São Paulo (USP), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba (SP), Brasil; elvisfelipeelli@yahoo.com

³ Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras (MG), Brasil; felipe_schwerz@hotmail.com

⁴ Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Frederico Westphalen (RS), Brasil; eloyelder@yahoo.com.br, denise@ufsm.br, otomarcaron@yahoo.com.br

* Autor correspondente: gean.monteiro@yahoo.com.br

Recebido: 03/04/2022; Aceito: 21/07/2022

Resumo: A cultura da soja sofre contínua evolução com elevados investimentos em tecnologia, motivada pela grande importância comercial no mundo. Assim, investimentos na qualidade das sementes em aspectos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitário, podem contribuir para um elevado desempenho agrônomico. O trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da adubação de base, com a aplicação de macro e micronutrientes via solo e em aplicações foliares em diferentes estágios de crescimento, visando melhorar a qualidade fisiológica das sementes de soja, com ou sem a utilização de tratamento de sementes. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 23 x 2 (manejos de adubação (aplicação de base e foliar) x tratamento de semente). Os tratamentos de sementes utilizados foram: com (carbendozim + thiram + fipronil) e testemunha sem aplicação (água destilada). A adubação mineral de macro e micronutrientes no sulco de plantio (momento do plantio), não é eficiente em relação à qualidade fisiológica da semente, sendo os melhores resultados encontrados utilizando uma composição completa de macro e micronutrientes via foliar em estágio V₆ e R₁. O uso do tratamento de sementes reduz o número de plântulas anormais no estande e contribui para o desenvolvimento da parte aérea e da raiz, mas acrescenta um ligeiro decréscimo no fator de germinação.

Palavras-chave: macronutrientes; micronutrientes; qualidade da semente; aplicação foliar.

Physiological potential of soybean germination from fertilization management and seed treatment

Abstract: The soybean crop is constantly evolving with high investments in technology, motivated by the great commercial importance in the world. Thus, investments in seed quality in genetic, physical, physiological and sanitary aspects can contribute to a high agronomic performance. The objective of this work was to evaluate the effects of basic fertilization with the application of macro and micronutrients via soil and in foliar applications at different stages of growth, aiming at the physiological quality of soybean seeds, with or without the use of treatment of seeds. The experimental design was a completely randomized design, in a 23 x 2 factorial scheme (fertilization management (base and leaf application) x seed treatment). The seed treatments used were with (carbendozim + thiram + fipronil) and without (distilled water). The mineral fertilization of macro and micronutrients in the planting groove (time of planting) is not efficient in relation to the physiological quality of the grain, being the best results found using a complete composition of macro and micronutrients via stage V₆ and R₁. The use of seed treatment reduces the number of abnormal seedlings in the stand and contributes to the development of shoot and root, but adds a slight decrease in the germination factor.

Key-words: macronutrients; micronutrients; seed quality; leaf application.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* [L.] Merrill) tem apresentado contínua evolução com elevados investimentos em tecnologia, por causa da sua grande importância alimentícia e alta lucratividade no agronegócio. De acordo com a FAO, a produção mundial de soja em 2019 foi de aproximadamente 333,7 milhões de toneladas, sendo o Brasil o segundo maior produtor, com 114,3 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2021).

Contudo, sementes para o mercado consumidor necessitam ter alta qualidade genética, física, fisiológica e sanitária, o que garantirá elevada performance no campo. Sendo assim, é de fundamental importância o conhecimento da qualidade fisiológica, germinação e do vigor, contribuindo principalmente na germinação uniforme e crescimento vigoroso, fatores essenciais para manter o máximo potencial produtivo geneticamente contido nas sementes (PEREIRA et al., 2018; TROYJACK et al., 2018). Em contraposto, em sementes com baixo vigor pode ocasionar reduções na velocidade de emergência, na produção de biomassa seca e nas taxas de crescimento das plantas, podendo afetar o estabelecimento da cultura, seu desempenho ao longo do ciclo e produtividade final (MANN et al., 2002; NAKAO et al., 2018).

A nutrição adequada e condições climáticas são fatores que podem proporcionar a produção de sementes de melhor qualidade (SAFAR-NOORI et al., 2018; BERGHETTI et al., 2020), influenciando na sua composição química e, conseqüentemente, no seu metabolismo e vigor (TAIZ et al., 2017). O fornecimento adequado de nutrientes favorece o desenvolvimento das plantas, condicionando-as a produzirem metabólitos necessários ao desenvolvimento de seus frutos e sementes. Onde, é necessário que o acúmulo de reservas seja feito adequadamente, uma vez que o desenvolvimento inicial das plântulas depende dessas substâncias absorvidas (VEIGA et al., 2010).

Portanto, o manejo de adubação deve ser realizado de tal forma que proporcione as melhores condições possíveis para planta. Por esse motivo, os nutrientes mais consumidos como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) são os mais estudados, entretanto, os minerais de menores proporções requeridos pelas plantas também devem ser proporcionalmente adequados e aplicados em momentos certos, uma vez que cada elemento tem sua função na planta, influenciando assim, na estrutura, composição e bioquímica das sementes (VEIGA et al., 2010; CARVALHO et al., 2014; ZHU et al., 2018), além de, a carência causar redução no desenvolvimento da planta (MONTEIRO et al., 2018; MUNGUAMBE et al., 2020) e, por conseqüência, no acúmulo de carboidratos nas sementes.

Contudo, esses elementos podem ser responsáveis por uma resposta mais rápida (KANSOMJET et al., 2017; SAFAR-NOORI et al., 2018; TROYJACK et al., 2018) ou não (NAKAO et al., 2018; TAVARES et al., 2018; ZUFFO et al., 2018) da semente no momento da condição ótima para germinação e desenvolvimento do vegetal. Dessa forma, qualquer pequena modificação na quantidade ou forma de aplicação (via solo e/ou foliar) desses minerais, são decisivos quando se pensa no potencial máximo da espécie.

Entre as diferentes formas de adubação, principalmente em relação aos micronutrientes, que são aplicados via solo e foliar, o segundo modo de aplicação possibilita aplicações mais uniformes por unidade de área e respostas relativamente mais rápidas, principalmente quando as lavouras se encontram em estádios avançados do seu desenvolvimento, podendo corrigir eventuais deficiências em curto prazo (BINDRABAN et al., 2015).

O tratamento de sementes é outra prática que pode influenciar na germinação e vigor das sementes, pois confere à planta condições de defesa, possibilitando maior potencial para o desenvolvimento inicial da cultura e contribuindo para a obtenção do estande desejado (CONCEIÇÃO et al., 2014; ELLI et al., 2016), no entanto, em alguns casos pode prejudicar (PICCININ et al., 2013; PEREIRA et al., 2018).

Devido a importância do momento da adubação e nutriente, ligados a absorção (via foliar e raiz) e período em que o elemento é necessário para o desenvolvimento do grão, além da utilização de tratamento de sementes, objetivou-se avaliar os efeitos da adubação de base (NPK), com a aplicação de macro e micronutrientes via solo e em aplicações foliares em diferentes estágios de crescimento, visando a qualidade fisiológica das sementes da cultura de soja, com ou sem a utilização de tratamento de sementes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido à campo e no Laboratório de Agroclimatologia (LAGRO), do Departamento de Ciências Agrônomicas e Ambientais, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) – Frederico Westphalen, em junho de 2014.

As sementes de soja foram obtidas do experimento conduzido no município de Engenho Velho - RS, situado a 27° 43' S 52° 55' W e altitude de 518 m, no ano agrícola de 2013/2014, descrito abaixo. O clima conforme classificação de Köppen é do tipo Cfa, subtropical. De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (DOS SANTOS et al., 2018) o solo é do tipo LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico.

Primeiramente foi realizada a coleta de amostra de solo na profundidade de 0 - 10 cm, os resultados da análise estão dispostos na Tabela 1. Foi efetuada a aplicação de calcário com 10 dias de antecedência da semeadura, na dose de 1500 kg ha⁻¹, com PRNT de 85% para corrigir o pH do solo (6,0), com aplicação superficial.

Tabela 1. Caracterização da composição química do solo, no momento da implantação do experimento no ano agrícola 2013/2014, na profundidade de 0 a 10 cm.

Argila	pH-H ₂ O	Índice	P ¹	K	M.O.	Al	Ca	Mg	CTC	H + Al
%	01:01	SMP mg L ⁻¹	%cmol _c L ⁻¹					
40	5,2	5,8	8,2	94,5	3,1	0,2	5,5	2,2	12,2	4,3
Classe3	Baixo		Médio	Alto	Médio		Alto	Alto	Médio	
Sat. da CTC %	S	Zn	Cu	B	Mn Relações				
Bases	Almg L ⁻¹					Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	
65,0	2,5	6,6	12,0	7,1	0,3	63,0	2,5	22,8	9,1	
Médio	Baixo	Alto	Alto	Alto	Médio	Alto	Alto	Alto	Médio	

¹ Teor de fósforo extraído pelo método de Méhlich-1 conforme o teor de argila.

Realizou-se o controle das plantas daninhas antes e após 30 dias da semeadura com 2,0 L ha⁻¹ “glyphosate” (Roundup Original®, 480 g ia L⁻¹) em 150 litros de calda por ha⁻¹. Os tratamentos fitossanitários constituíram-se de aplicação de acaricida, inseticida para o controle de lagartas e percevejos e fungicida para o controle de doenças.

A semeadura foi realizada no dia 05 de novembro de 2013, mecanicamente utilizando-se o espaçamento de 0,45 m entre linhas, densidade de 12 sementes metro linear, com seis linhas de 3,0 m de comprimento, contando com uma área útil de quatro linhas de 2,0 m lineares, desprezando uma linha de cada lado da unidade experimental e 0,5 m de cada extremidade das linhas. O sistema de semeadura foi plantio direto, utilizando a cultivar BMX Energia RR, com hábito de crescimento indeterminado e exigência em fertilidade alta e alto potencial produtivo, cultivada sobre palhada de trigo. A adubação de base foi efetuada conforme a recomendação de adubação e calagem da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (CQFS, 2004), onde, aplicaram-se 300 kg ha⁻¹ da fórmula 3-14-14 na semeadura, mais 100 kg de KCl ha⁻¹ a lanço para todos os tratamentos, conforme a análise química do solo (Tabela 1).

O experimento foi conduzido com 46 tratamentos, ou seja, adubações diferentes x tratamento de sementes. Os 23 níveis da aplicação de adubação foram distribuídos da seguinte maneira:

- T1: testemunha que recebeu somente adubação de base com NPK,
- T2: adubação de base + macro e micronutrientes na formulação, contendo Ca (134,0 g ha⁻¹), Mg (89,6 g ha⁻¹), S (187,5 g ha⁻¹), B (13,4 g ha⁻¹), Mn (130,0 g ha⁻¹), Zn (97,5 g ha⁻¹), Cu (27,95 g ha⁻¹), Co (1,7%) e Mo (17%), sendo que o Co e Mo foram alocados no tratamento de sementes (100 mL ha⁻¹) via produto comercial (Speedlux®) e os demais via adubação mineral.

Em aplicação foliar, sendo os seguintes tratamentos de fases fenológicas de aplicação:

- T3 e T4: Mn 10% (130,0 g L⁻¹), em V₆ e R₁
- T5 e T6: B 1% (13,4 g L⁻¹), em V₆ e R₁
- T7 e T8: Mo 14% (190,4 g L⁻¹), em V₆ e R₁
- T9 e T10: Ca 10% (134,0 g L⁻¹), em V₆ e R₁
- T11 e T12: Zn 7,5% (97,5 g L⁻¹), em V₆ e R₁
- T13 e T14: Mg 8% (89,6 g L⁻¹), em V₆ e R₁
- T15 e T16: S 10% (187,5 g L⁻¹), em V₆ e R₁
- T17 e T18: Cu 2,4% (27,95 g L⁻¹), em V₆ e R₁
- T19 e T20: Fe 10% (125,0 g L⁻¹), em V₆ e R₁
- T21 e T22: S 10% (187,5 g L⁻¹), B 1% (13,4 g L⁻¹), Cu 2,4% (27,95 g L⁻¹), Mn 10% (130,0 g L⁻¹), Zn 7,5% (97,5 g L⁻¹), em V₆ e R₁
- T23 (= T21 e T22): aplicação foliar em V₆ + R₁.

Todos tratamentos foliares foram diluídos em água e aplicados na proporção de 1 litro por hectare com 150 litros de calda por ha⁻¹.

Foram escolhidos os estádios V₆ e R₁ para as aplicações foliares seguindo o raciocínio de que no estágio V₆ a planta encontra-se com área foliar suficiente para que ocorra uma boa captação e absorção da calda de pulverização

e conseqüentemente absorção e translocação dos nutrientes, além de estar em pleno desenvolvimento vegetativo, apresentando o pico de absorção e consumo de nutrientes para a fase vegetativa. Para o estágio R₁, seguiu-se o raciocínio que a planta necessita de nutrição desde o início da fase reprodutiva para que os processos reprodutivos sejam supridos de nutrientes, proporcionando melhor pegamento de flor, formação e enchimento de grãos. Os manejos de adubações dos diferentes nutrientes foram realizados conforme recomendação de diferentes produtos e estudos para comparação com a adubação de base (NPK). A colheita foi realizada no dia 05 março de 2014, em 10 plantas.

Após colheita, foi realizado para todos os tratamentos testes para verificar a qualidade fisiológica das sementes em câmara de germinação do tipo B.O.D. (Biochemical oxygen demand), em regime de 12 horas com luz (período diurno) e 12 horas sem luz (período noturno), com condições de temperatura constante à 25 °C. Os tratamentos realizados à campo foram submetidos também a tratamentos de sementes, ou seja, com (carbendozim + thiram + fipronil = Derosal Plus® + Standak®) e sem (umedecido a sementes com água destilada) aplicação.

A primeira contagem de germinação foi realizada aos 5 dias e aos 8 dias a germinação final, junto com a contagem de plântulas anormais, conforme recomendação da RAS - Regra de Análises de Sementes (BRASIL, 2009). Onde, a primeira contagem de germinação e germinação final foi considerado qualquer parte (raiz primária ou epicótilo ou ambos) tenha se desenvolvido e plântulas anormais somente uma parte (raiz primária ou epicótilo). O comprimento de raiz primária (CR) e epicótilo (CPA), em cm, foi determinado com o auxílio de paquímetro digital e a massa fresca e seca (MMSP), em g, com uma balança analítica. Para tanto, foram utilizadas quatro repetições de 10 plântulas de cada tratamento. Após as determinações, as plântulas foram levadas para secagem em estufa com ventilação forçada, a uma temperatura de 55 °C ± 2 °C, até atingirem massa constante.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 23 x 2 (manejos de adubação x tratamento de semente), em quatro repetições de 100 sementes. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística, sendo realizada a análise de variância e teste Tukey, utilizando o software SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2019). As análises de componentes principais (PCA) e correlação de Pearson foram realizadas com software XLSTAT versão 2020.1 (Addinsoft, Paris, França). As análises foram realizadas com a mesma probabilidade ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, pôde-se observar diferença significativa na interação entre tratamento de sementes e diferentes tipos de manejo de adubação, onde somente para a variável matéria seca de plântulas (MMSP) não se observou diferença para ambos fatores e interação entre eles.

As sementes de soja apresentaram comportamento diferenciado na germinação e no vigor em relação a aplicação ou não de tratamento de sementes e aos diferentes tipos de manejo de adubação. A importância na obtenção de sementes vigorosas é de grande importância para o desenvolvimento posterior das lavouras, pois conforme Tavares et al. (2013), plantas de soja oriundas de sementes de alto vigor apresentam maior altura de planta, diâmetro do caule, índice de colheita aparente e rendimento biológico aparente, que plantas originadas de sementes de baixo vigor, proporcionando aumento de até 20% na produtividade.

Verificou-se que, o uso do tratamento de semente para as variáveis 1ª contagem e germinação, que apresentam correlação positiva ($r = 0,81$), houve uma diminuição no seu potencial germinativo (desenvolvimento da raiz primária ou epicótilo ou ambas partes). No entanto, para a variável plântulas anormais (desenvolvimento da raiz primária ou epicótilo) observou-se uma melhoria comparada à sem aplicação, assim, demonstrando que o tratamento de sementes melhora e/ou proporciona o desenvolvimento de ambas partes (raiz primária e epicótilo). Já para as mesmas variáveis em relação às diferentes adubações, foi encontrado influência significativa, onde os melhores resultados foram encontrados nos tratamentos T3, T4, T11, T14, T18 e T23 (Mn 10% em V₆, Mn 10% em R₁, Zn 7,5% em V₆, Mg 8% em R₁, Cu 2,4% em R₁ e completo V₆ e R₁, respectivamente), e os inferiores em T2, T5 e T6 (NPK + macro e micronutrientes na formulação, B 1% em V₆ e B 1% em R₁, respectivamente) (Tabela 2).

Entretanto, quando se observa o tratamento T2 individualmente, que se realizou à adubação de macro e micronutrientes completa concedida no momento do plantio, nota-se uma possível baixa eficiência de distribuição ao longo do ciclo da cultura que, não contribuiu para o aumento no potencial fisiológico da semente quando comparado a adubação foliar com quantidades semelhantes de nutrientes (T23), onde 1ª contagem e germinação com tratamentos de sementes e anormais (com ou sem) foram superiores. Os nutrientes iônicos são capazes de se ligar a colóides de matéria orgânica, argila, além outros complexos minerais, isso pode torná-los indisponíveis para o vegetal, neste sentido, a aplicação via foliar de macro e micronutrientes é uma estratégia eficaz na diminuição do contato dos nutrientes iônicos com os colóides (BINDRABAN et al., 2015).

Tabela 2. Desdobramento da interação entre adubação x tratamento de sementes para primeira contagem, teste de germinação e plântulas anormais em função de diferentes adubações e tratamento de sementes.

Adubação	Variáveis					
	1ª contagem (%)		Germinação (%)		Anormais (%)	
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
T1	87,0 abcA*	88,8 abA	92,8 aA	93,0 abA	3,8 bA	4,3 bcdA
T2	74,8 cB	92,8 abA	76,0 bB	94,3 abA	15,0 abA	5,8 bcdB
T3	96,0 aA	97,0 aA	96,8 aA	98,5 aA	2,0 bB	7,8 abcdA
T4	88,5 abA	92,0 abA	94,5 aA	95,3 aA	5,5 bA	4,0 bcdA
T5	81,0 bcA	90,8 abA	86,8 abB	93,8 abA	6,8 bA	6,0 bcdA
T6	86,8 abcA	81,5 bA	88,8 abA	82,5 bA	6,5 bB	14,8 abA
T7	86,5 abcA	92,3 abA	89,8 abA	93,8 abA	7,8 abA	3,3 cdA
T8	83,0 abcB	93,0 abA	89,0 abA	93,3 abA	7,5 abA	6,5 abcdA
T9	92,3 abA	92,5 abA	92,5 aA	93,5 abA	2,8 bB	8,5 abcdA
T10	84,5 abcA	89,3 abA	89,5 abA	93,8 abA	2,8 bB	8,8 abcdA
T11	91,5 abA	95,3 aA	94,3 aA	96,3 aA	3,5 bA	2,5 dA
T12	90,0 abA	87,0 abA	94,0 aA	88,8 abA	3,8 bB	9,0 abcdA
T13	88,5 abA	89,0 abA	87,5 abA	92,0 abA	7,8 abA	7,5 abcdA
T14	93,5 abA	96,8 aA	94,3 aA	95,3 aA	3,0 bA	4,5 bcdA
T15	90,8 abA	89,0 abA	94,3 aA	89,3 abA	4,5 bA	3,3 cdA
T16	84,3 abcB	90,8 abA	90,5 abA	93,0 abA	6,8 bA	7,5 abcdA
T17	88,3 abA	88,0 abA	89,8 abA	93,0 abA	5,0 bA	5,8 bcdA
T18	91,0 abA	95,8 aA	94,5 aA	96,5 aA	5,8 bA	6,8 abcdA
T19	91,3 abA	90,3 abA	82,3 abB	90,8 abA	4,3 bB	17,3 aA
T20	86,8 abcA	89,5 abA	91,8 abA	90,8 abA	4,3 bB	14,0 abcA
T21	91,3 abA	90,0 abA	92,5 aA	89,5 abA	4,3 bB	9,3 abcdA
T22	88,3 abA	92,8 abA	90,5 abA	94,3 abA	6,5 bA	6,3 abcdA
T23	91,5 abA	94,8 aA	95,3 aA	96,8 aA	3,3 bB	10,3 abcdA

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Pesquisas indicam que adubações realizadas no momento do plantio são essenciais para maior produtividade, mas que não necessariamente afetam a qualidade fisiológica das sementes (VEIGA et al., 2010; KANSOMJET et al., 2017). Entretanto, outros trabalhos mostram que aplicações via foliar ao longo do ciclo do vegetal (vegetativo e reprodutivo) é o momento adequado de aplicação desses minerais menos consumidos pelas plantas (MANN et al., 2002; CARVALHO et al., 2014). E também não se pode descartar a aplicação balanceada e estádio de crescimento adequado, pois a realização da adubação equivocada pode alterar o metabolismo negativamente, principalmente na atividade de enzimas e conteúdo de reservas (carboidratos e minerais) que proporcionaram uma melhor germinação (MANN et al., 2002; VEIGA et al., 2010; CARVALHO et al., 2014; ZHU et al., 2018).

Os resultados podem indicar que o momento do plantio não é o período mais adequado para a aplicação desses macros (Ca, Mg e S) e micronutrientes (Mn, B, Mo, Zn, Cu e Fe) se a pretensão é obter maior qualidade da semente. Tendo como hipótese os problemas de retenção dos minerais pelos colóides, a planta requerer quantidades de nutrientes nos estágios mais avançados (estádio reprodutivo) e localizados em regiões distantes das raízes (folhas e gemas jovens, flores, etc.).

Já para T5 e T6 (aplicação via foliar de boro a 1% em V₆ e R₁, respectivamente), apresentaram resultados inferiores junto ao T2, sendo que o B é um micronutriente pouco móvel nas plantas, esse também necessitaria de aplicações em diferentes estádios, onde somente uma aplicação em todo ciclo não atribuiria a melhorias em aspecto fisiológico para semente. Outra possibilidade também é o aumento do pegamento das inflorescências, que por consequência aumenta a competição pelos drenos (sementes) da planta. Conforme Tavares et al. (2018), doses muito elevadas de B também podem ocasionar queda nos atributos da germinação, por mais que esse micronutriente ter importância na migração e no metabolismo dos carboidratos. Nakao et al. (2018) buscando o equilíbrio na adubação de B (0-400 g ha⁻¹) e Zn (0-800 g ha⁻¹) na soja, também concluíram que diferentes combinações e dosagens em estádio vegetativo único (V₆) não auxilia nos componentes de produção e na qualidade fisiológica das sementes.

Para os tratamentos T3, T4, T11, T14, T18 e T23 (Mn 10% em V₆, Mn 10% em R₁, Zn 7,5% em V₆, Mg 8% em R₁, Cu 2,4% em R₁ e completo em V₆ e R₁, respectivamente) o resultado pode ter sido ocasionado pelo fato do nutriente individualmente ou em conjunto ser aplicado no momento em que a planta requisitava tal nutriente para a formação do grão.

Pesquisas sobre adubação de Mn na soja foram realizadas e verificaram que o Mn induziu aumento na produtividade e na qualidade fisiológica das sementes (germinação e vigor), atribuído ao maior teor de proteínas, óleo e Mn nas sementes, favorecido principalmente quando houve aplicação foliar (MANN et al., 2002, CARVALHO et al., 2014). Esses trabalhos indicam que somente uma aplicação pode ser uma boa opção se aplicado no momento certo, no entanto, aumentos de doses impróprias podem levar a efeitos negativos na qualidade fisiológica da semente.

Esses macro e micronutrientes que terão influência nos aspectos germinativos quando aplicados via foliar em diferentes estágios de crescimento, como o manganês (Mn), zinco (Zn), magnésio (Mg) e cobre (Cu), conforme Taiz et al. (2017), são minerais que estão interligados a funções específicas nas plantas, sendo divididos em grupos de acordo com as suas funções bioquímicas, onde: Mn e Mg pertencem ao grupo 3, os mesmos permanecem na forma iônica, requeridos como cofatores de enzimas e são constituinte da molécula de clorofila, já o Zn e Cu nutrientes do grupo 4, estão envolvidos em reações redox, além de ser constituintes de várias enzimas. Observou-se que o único micronutriente que contribui para uma maior germinação nos estágios V₆ e R₁ foi o Mn, atribui-se a esse micronutriente uma importância para obtenção de sementes de alta qualidade.

Para os resultados encontrados para as variáveis de comprimento da parte aérea e da raiz, que apresentam correlação (r = 0,73), verificou-se que, o uso do tratamento de semente aumentou o seu potencial em relação à sem aplicação. Já para as mesmas variáveis em relação à adubação pode-se dizer que as melhores foram a T21 e T23 (completo em V₆ e completo em V₆ e R₁, respectivamente) e as inferiores T2, T13, T16 e T19 (NPK + macro e micronutrientes na formulação, Mg 8% em V₆, S 10% em R₁ e Fe 10% em V₆, respectivamente) (Tabela 3).

Tabela 3. Interação entre adubação x tratamento de sementes para massa da matéria seca de plântulas (MMSP), comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento da raiz (CR).

Adubação	Variáveis					
	MMSP (g)		CPA (cm)		CR (cm)	
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
T1	1,3 aA*	1,1 aA	9,0 abcdA	8,0 abcdB	8,1 bcdefgA	6,9 cdefB
T2	1,2 aA	1,1 aA	5,9 hB	8,7 abA	3,8 iB	8,9 abA
T3	1,1 aA	1,2 aA	8,0 cdefA	8,0 abcdA	10,9 aA	7,7 abcdeB
T4	1,3 aA	1,3 aA	7,5 efgA	7,8 abcdeA	9,0 abcdA	8,6 abA
T5	1,3 aA	1,2 aA	6,9 fghB	8,0 abcdA	8,1 bcdefgA	8,9 aA
T6	1,3 aA	1,3 aA	8,9 abcdA	4,8 gB	7,9 cdefgA	6,6 defgB
T7	1,3 aA	1,3 aA	5,9 hB	7,5 abcdeA	6,1 fghiB	7,8 abcdA
T8	1,4 aA	1,2 aA	7,5 efgA	6,7 bcdefgA	7,0 defghA	6,9 cdefA
T9	1,2 aA	1,2 aA	7,9 cdefA	6,5 cdefgB	6,5 efghA	6,5 defgA
T10	1,1 aA	1,2 aA	8,7 bcdeA	6,6 bcdefgB	9,7 abcA	6,3 defgB
T11	1,2 aA	1,2 aA	8,1 cdefA	7,8 abcdeA	8,7 abcdeA	7,7 abcdA
T12	1,3 aA	1,2 aA	9,2 abcA	5,4 fgB	8,5 bcdefA	6,1 efgB
T13	1,3 aA	1,2 aA	6,0 hA	6,5 defgA	5,4 hiB	7,4 abcdeA
T14	1,1 aA	1,3 aA	9,0 abcdA	7,4 abcdefB	9,9 abA	7,7 abcdB
T15	1,1 aA	1,1 aA	8,6 cdeA	7,8 abcdeA	9,7 abcA	8,5 abcB
T16	1,3 aA	1,3 aA	7,8 defgA	4,9 gB	6,5 efghA	5,9 fgA
T17	1,2 aA	1,2 aA	8,1 cdefA	6,5 cdefgB	8,3 bcdefgA	6,8 defgB
T18	1,0 aA	1,1 aA	8,5 cdeA	8,6 abdA	8,8 abcdeA	8,5 abcA
T19	1,3 aA	1,1 aA	6,6 ghA	6,1 defgA	4,9 hiA	5,2 gA
T20	1,2 aA	1,2 aA	8,7 bcdeA	5,7 efgB	8,6 abcdeA	6,5 defgB
T21	1,1 aA	1,2 aA	10,0 aA	6,7 bcdefgB	9,0 abcdA	7,3 bcdefB
T22	1,2 aA	1,1 aA	7,5 efgA	8,2 abcdA	5,9 ghiB	7,6 abcdeA
T23	1,3 aA	1,2 aA	10,1 aA	7,1 abcdefB	9,6 abcA	8,9 abA

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre sí, pelo teste Tukey (p < 0,05).

Implicações em tratamentos das sementes são relatados na literatura, esses podendo ser positivos para qualidade fisiológica da semente: redução da incidência do fungo, aumento significativo na germinação e vigor (CONCEIÇÃO et al., 2014; ELLI et al., 2016), ou negativos pela toxidez dessas substâncias: diminuição da germinação e vigor, com ou sem a aplicação de micronutrientes (PICCININ et al., 2013; PEREIRA et al., 2018). Como pode-se notar, os resultados na literatura se divergem quanto a fitotoxidez desses produtos (carbendazim, thiram e fipronil), com adição de fertilizantes à campo ou não. Nesse trabalho o resultado foi positivo, proporcionando aumento no número de plântulas normais no estande e maior desenvolvimento da parte aérea e raiz, no entanto, ocasionou uma leve diminuição na germinação (Tabelas 2 e 3).

Em relação à adubação com macro e micronutriente na base (T2), observou-se que não foi eficiente no plantio para obter melhorias nas variáveis de germinação, comprimento da parte aérea e da raiz, contribuindo para os resultados encontrados anteriormente na tabela 2, para os tratamentos T13, T16 e T19 (Mg a 8% em V₆, S 10% em R₁ e Fe 10% em V₆, respectivamente) podem não ter sido o melhor momento de aplicação, como pode ser notado nos tratamentos com as mesmas doses em estágio diferente (T14, T15 e T20), no entanto, também não apresentaram os melhores resultados. Para os tratamentos T21 e T23 (completo em V₆ e completo em V₆ e R₁, respectivamente) o resultado positivo pode ter sido ocasionado pelo fato do macro e micronutrientes serem aplicados no momento em que a planta necessitava e principalmente pelo motivo do conjunto de nutrientes aplicados, contribuindo para uma nutrição equilibrada nos estádios de maior requerimento nutricional.

Para estabelecer um modelo descritivo com base nos dados significativos do teste de germinação da soja (Tabela 2 e 3), foi realizada análise de componentes principais (PCA). Os dados explicam 84,00% da variação dos dados (PC1: 63,98% e PC2: 20,02%) (Figura 1). Os tratamentos sem aplicação (PC2-) de tratamentos de sementes diferencia-se da maioria dos tratamentos com aplicação (PC2+), com exceção dos tratamentos sem T1, T5, T6, T15 (PC2+), sendo que, quanto maior o número de anormais, menor foi o desenvolvimento da raiz primária (CR) e epicótilo (CPA). A diminuição de plântulas anormais e aumento do comprimento da raiz primária e parte aérea (epicótilo) com a aplicação de tratamento de sementes é confirmado na correlação negativa das plântulas anormais com CPA e CR ($r = -0,68$ e $-0,61$, respectivamente), demonstrando que plântulas anormais estão ligadas a plantas com baixo desenvolvimento e/ou vigor. No entanto, plântulas sem aplicação de tratamento de sementes tendem a ter maior germinação e 1ª contagem (PC2-), pois a raiz primária ou epicótilo se desenvolvem, por outro lado, a aplicação de tratamento de sementes favorece o crescimento de ambas partes (Tabela 2). Em relação as diferentes adubações, nota-se que tratamentos como T3, T4, T11, T14, T15, T18 e T23 apresentam menor influência ao tratamento de sementes, impedindo principalmente a germinação de plântulas anormais e logo, maior relação com as variáveis que indicam vigor (CPA, CR, 1ª contagem e germinação) (PC1+), inversamente ao encontrado nos tratamentos T6 (B em R₁), T8 (Mo em R₁), T16 (S em R₁) e T19 (Fe em V₆) (PC1-) que se apresentam inferior até a testemunha (T1). Esse resultado indica que possivelmente adubações foliares de alguns macros e micronutrientes específicos (Mn, Zn, Mg, Cu e S) ou adubação completa (T23) em determinados estágios de crescimento da soja (V₆ e/ou R₁), são favoráveis ao aumento do vigor das sementes de soja.

A disponibilidade de nutrientes influencia na formação do embrião e dos cotilédones, com resultados eficazes no vigor e na qualidade fisiológica, onde os nutrientes armazenados na semente irão suprir os elementos necessários para o estabelecimento da plântula em seus estádios iniciais (VEIGA et al., 2010; PEREIRA et al., 2018). Atuando na constituição das membranas, no acúmulo de carboidratos, lipídeos e proteínas, além de participar como componentes de aminoácidos que estão envolvidos na atividade antioxidante e síntese de hormônios nas plantas (BINDRABAN et al., 2015; TAIZ et al., 2017).

Para Taiz et al. (2017), o suprimento inadequado de um elemento essencial resulta em um distúrbio nutricional que se manifesta por sintomas de deficiência característicos, de modo geral, os nutrientes atuam na estrutura do vegetal, no metabolismo e na osmorregulação das células vegetais. Portanto, uma adubação com produtos que contém vários nutrientes via foliar pode ser de grande importância para que induza boa formação de grãos.

Estudos indicam que sementes de alto vigor possuem maiores reservas nutricionais, como as proteínas, amidos e açúcares, além de maior capacidade de mobilização de reservas na germinação e aminoácidos, juntamente com maior atividade de enzimas ativadas pelos minerais, resultando em plântulas com melhor desempenho inicial (SAFAR-NOORI et al., 2018; PEREIRA et al., 2018; ZHU et al., 2018).

Sementes com baixa qualidade e somadas com condições ambientais adversas na semeadura, podem resultar em menores percentagens de germinação e velocidade de emergência das plântulas. Por outro lado, germinação mais rápida e uniforme, é observada em sementes de alto vigor, além da capacidade de suportar as adversidades do local (TROYJACK et al., 2018).

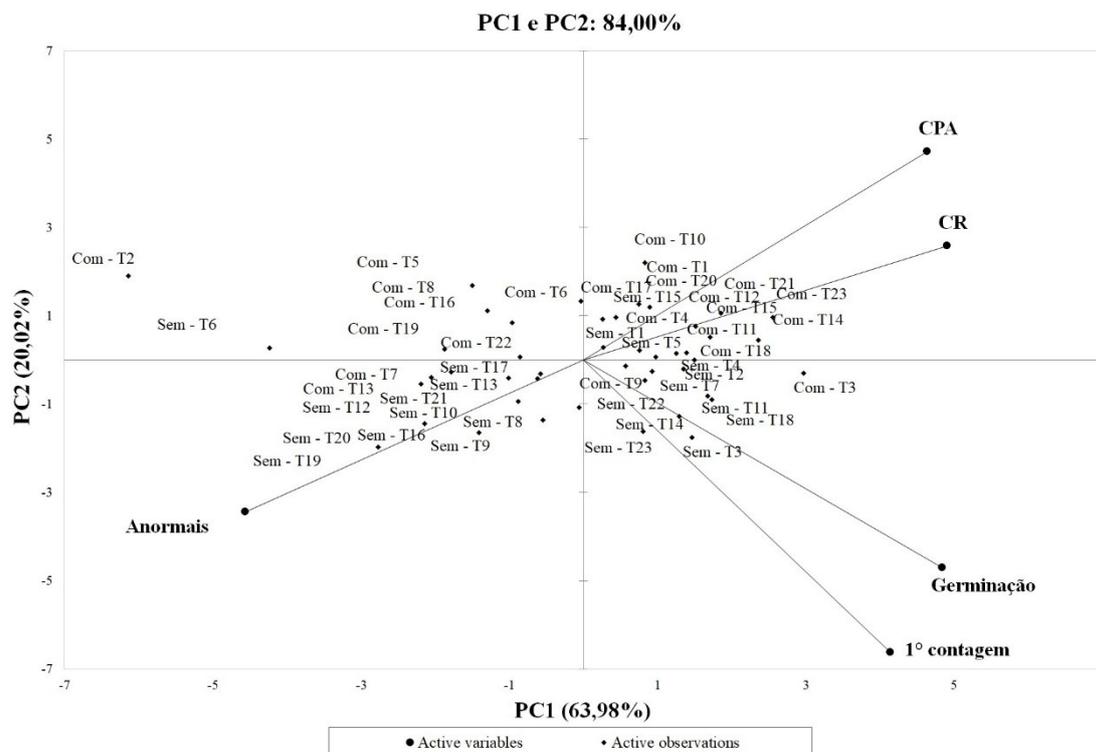


Figura 1. Análise de componentes principais (PCA) das características analisadas na germinação da soja.

Diante do exposto, os resultados indicam que a aplicação via foliar é mais eficiente na produção de sementes de soja com maior qualidade fisiológica da semente, onde a aplicação conjunta dos nutrientes nos estágios fenológicos V_6 e R_1 atribuem a um maior potencial das plântulas, se destacando o tratamento T23, com duas aplicações em momentos de maior requerimento nutricional, outros tratamentos também devem ser ainda estudados, como T3, T4, T11, T14, T15. Em relação ao tratamento de semente, pode se observar uma leve queda no poder germinativo (carbendozim + thiram + fipronil) em alguns tratamentos, no entanto, a aplicação contribuiu a um maior vigor, demonstrado pelas variáveis comprimento da parte aérea, comprimento da raiz e ao menor número de plântulas anormais.

4. CONCLUSÕES

A aplicação via foliar para que haja efeito sobre a qualidade da semente em função do seu vigor e potencial de produtividade para próxima colheita, precisa-se ser realizada no momento certo, onde pode variar conforme o nutriente aplicado.

A adubação mineral de macro e micronutrientes (T2) não é eficiente no sulco de plantio em relação à qualidade fisiológica do grão, apresentando os menores resultados em todas as variáveis, sendo os melhores resultados encontrados utilizando uma composição completa de macro e micronutrientes via foliar em estágio V_6 e R_1 (T23).

A aplicação de macro e micronutrientes via foliar e na formulação não influencia na matéria seca das plântulas de soja.

O uso de tratamento de sementes diminui o número de plântulas anormais no estande e contribui para o desenvolvimento da parte aérea e raiz, mas agrega um leve decréscimo no fator germinação.

5. AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) por oferecer as condições necessárias para o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERGHETTI, J.; CASA, R.T.; COELHO, A.E.; SANGOI, L.; DA SILVA, F.N.; SCHEIDT, B.T.; MARTINS F.C.; LUDWIG, A. H. Grain quality of maize hybrids submitted to different sowing times and nitrogen rates.

- Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.19, n.1, p.26-34, 2020. <https://doi.org/10.5965/223811711912020026>
- BINDRABAN, P.S.; DIMKPA, C.; NAGARAJAN, L.; ROY, A.; RABBINGE, R. Revisiting fertilisers and fertilisation strategies for improved nutrient uptake by plants. **Biology and Fertility of Soils**, v. 51, n. 8, p. 897-911, 2015. <https://doi.org/10.1007/s00374-015-1039-7>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- CARVALHO, E.R.; OLIVEIRA, J.A.; VON PINHO, É.V D.R.; COSTA NETO, J. Enzyme activity in soybean seeds produced under foliar application of manganese. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.4, p.317-327, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000400001>
- CONCEIÇÃO, G.M.; BARBIERI, A.P.P.; DAL LÚCIO, A.; MARTIN, T.N.; MERTZ, L.M.; MATTIONI, N.M.; LORENTZ, L.H. Desempenho de plântulas e produtividade de soja submetida a diferentes tratamentos químicos nas sementes. **Bioscience Journal**, v.30, n.6, 2014.
- CQFS. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2004. 400 p.
- DOS SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; DOS ANJOS, L.H.C.; DE OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; DE ALMEIDA, J.A.; DE ARAUJO FILHO, J.C.; DE OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 355 p.
- ELLI, E.F.; CARON, B.O.; DE SOUZA, V.Q.; MONTEIRO, G.C.; ELOY, E.; KORCELSKI, C. Effect of the phytosanitary treatment of seeds on the initial growth of upland rice. **Científica**, v.44, n.4, p.568-574, 2016. <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n4p568-574>
- FAOSTAT. Food and Agricultural Organization of United Nations database. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 05 jan. 2021.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, n.4, p.529-535, 2019. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>
- KANSOMJET, P.; THOBUNLUEPOP, P.; LERTMONGKOL, S.; SAROBOL, E.; KAEWSUWAN, P.; JUNHAENG, P.; PIPATTANAWONG, N.; IVAN, M.T. Response of physiological characteristics, seed yield and seed quality of quinoa under difference of nitrogen fertilizer management. **American Journal of Plant Physiology**, v.12, p.20-27, 2017. <https://doi.org/10.3923/ajpp.217.20.27>
- MANN, E.N.; RESENDE, P.M.D.; MANN, R.S.; CARVALHO, J.G.D.; VON PINHO, É.V.D.R. Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.12, p.1757-1764, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002001200012>
- MONTEIRO, G.C.; CARON, B.O.; ELLI, E.F.; SCHWERZ, F.; ELOY, E. Fertilizante nitrogenado de liberação lenta e culturas antecessoras sobre aspectos morfológicos e produtivos do azevém. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.16, n.2, p.108-115, 2018. <https://doi.org/10.5327/Z1677-606220191911>
- MUNGUAMBE, J.F.; DAS CHAGAS SILVA, O.M.; CHELENE, I.S.; COMÉ, M.J.; DA SILVA, D.S.N.; VENTURIN, N. Quality of Indian cedar seedlings grown under micronutrient omission. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v.63, 2020.
- NAKAO, A.H.; COSTA, N.R.; ANDREOTTI, M.; SOUZA, M.F.P.; DICKMANN, L.; CENTENO, D.C.; CATALANI, G.C. Características agrônomicas e qualidade fisiológica de sementes de soja em função da adubação foliar com boro e zinco. **Cultura Agrônômica**, v.27, n.3, p.312-327, 2018.
- PEREIRA, L.C.; GARCIA, M.M.; BRACCINI, A.L.; FERRI, G.C.; SUZUKAWA, A. K.; MARTELI, D.C.V.; MATERA, T.C.; PEREIRA, R.C.; CORREIA, L.V. Physiological potential of soybean seeds over storage after industrial treatment. **Journal of Seed Science**, v.40, n.3, p.272-280, 2018. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v40n3185104>
- PICCININ, G.G.; BRACCINI, A.L.; DE MORAIS DAN, L.G.; BAZO, G.L.; DA SILVA LIMA, L.H. Influência do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas Influence of storage on the physiological quality of soybean seeds treated with insecticides. **Ambiência**, v.9, n.2, p.289-298, 2013. <https://doi.org/10.5777/ambiencia.2013.02.04>
- SAFAR-NOORI, M.; DONG, Q.; SANEOKA, H. Improvement of Grain Yield, Nutritional and Antinutritional Quality, and Seed Physiological Performance of Wheat by NPK Fertilization. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v.20, n.7, p.1467-1477, 2018.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I.M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6.ed. Porto Alegre: ARTMED. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2017. 888 p.

- TAVARES, L.C.; DE ARAUJO RUFINO, C.; DE TUNES, L.M.; BARROS, C.S.A. Rendimento e qualidade de sementes de soja de alto e baixo vigor submetidas ao déficit hídrico. **Interciência**, v.38, n.1, p.73-80, 2013.
- TAVARES, L.C.; LEMES, E.S.; BRUNES, A.P.; DE OLIVEIRA, S.; DE MENDONÇA, A.O.; VILLELA, F.A. Suplementação de boro na semeadura e no perfilhamento em cevada. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v.61, 2018. <https://doi.org/10.22491/rca.2018.2648>
- TROYJACK, C.; PIMENTEL, J.R.; PADILHA, Í.T.D.; ESCALERA, R.A.V.; JAQUES, L.B.A.; KOCH, F.; MONTEIRO, M.A.; DEMARI, G.H.; SZARESKI, V.J.; CARVALHO, I.R.; SCHUCH, L.O.B.; AUMONDE, T.Z.; PEDÓ, T. Nitrogen fertilization on maize sowing: Plant growth and seed vigor. **American Journal of Plant Sciences**, v.9, n.1, p.83-97, 2018. <https://doi.org/10.4236/ajps.2018.91008>
- VEIGA, A.D.; PINHO, É.V.D.R.V.; VEIGA, A.D.; PEREIRA, P.H.D.A.R.; OLIVEIRA, K.C.D.; PINHO, R.G.V. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.4, p.953-960, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000400022>
- ZHU, Y.; WANG, M.; YAN, H.; MAO, C.; MAO, P. Influence of nitrogen and phosphorus fertilization on quality and germination potential of Smooth Bromegrass seed. **International Journal of Agriculture and Biology**, v.20, n.2, p.361-368, 2018. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0499>
- ZUFFO, A.M.; STEINER, F.; BUSCH, A.; ZUFFO JÚNIOR, J.M.; MENDES, A.E.S.; OLIVEIRA, N.T.D.; ZAMBIAZZI, E.V. Quality of soybean seeds in response to nitrogen fertilization and inoculation with *Bradyrhizobium japonicum*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.48, n.3, p.261-270, 2018. <https://doi.org/10.1590/1983-40632018v4851638>