



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO
EM FUNÇÃO DE PERÍODOS DE NUTRI-PRIMING**

OSMANNY FRANCISCO PEREIRA DE MELO

MESTRADO

**Ipameri-GO
2021**

OSMANNY FRANCISCO PEREIRA DE MELO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES
DE FEIJÃO EM FUNÇÃO DE PERÍODOS DE NUTRI-PRIMING**

Orientadora: Prof. Dra. Katiane Santiago Silva Benett

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

Ipameri - GO
2021

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

M528a Melo, Osmany Francisco Pereira de
 Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de
 feijão em função de períodos de nutri-priming / Osmany
 Francisco Pereira de Melo; orientador Katiane Santiago
 Silva Benett. -- Ipameri, 2021.
 37 p.

 Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
 Mestrado Acadêmico em Produção Vegetal) -- Unidade de
 Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, 2021.

 1. Phaseolus vulgaris L.. 2. nutri-priming. 3.
 qualidade fisiológica. 4. embebição. I. Benett, Katiane
 Santiago Silva , orient. II. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO EM FUNÇÃO DE PERÍODOS DE NUTRI-PRIMING"

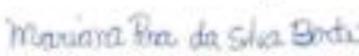
AUTOR(A): Osmanny Francisco Pereira de Melo

ORIENTADOR(A): Katiane Santiago Silva Benett

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


Prof.ª Dr.ª Katiane Santiago Silva Benett (Orientadora)
Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri-GO


Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão
Instituto Federal Goiano Campus Urutai


Prof.ª Dr.ª Mariana Pina da Silva Berti
Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri-GO

Registro de Declaração

Número: 081

Livro: R-01 Folhas: 2

Data: 25/02/2021



Data da realização: 25 de fevereiro de 2021

DEDICATÓRIA

A Márcia Rosania Pereira, mãe.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, Márcia Rosania Pereira pelo o incentivo, ensinamento e amor.

Aos meus amigos e colegas de grupo de estudos Westefann Santos, Ane Gabriele, Pedro Henrique, Thiago Campos e Layanara Faria, pelo o apoio incondicional durante todo o período em que estivemos juntos. Foi muito bom conhecer vocês, vocês foram fundamentais para minha formação.

Aos meus amigos Eliene Matos, Valdivino Junior e Roberta Padilha, por ouvir minhas lamentações, me apoiar, me falar verdades mesmo eu não querendo ouvir kk, vocês foram pessoas especiais que Deus colocou em minha vida, muito obrigado por tudo!

A Dr^a Katiane Benett, pela orientação durante a dissertação.

A todos os funcionários da UEG – Unu Ipameri, em especial as assistentes de laboratório Karla e Joseliana que não mediram esforços para viabilizar os meus projetos de pesquisas.

A todos os membros da banca, obrigado por aceitarem e contribuírem para o meu crescimento.

SUMÁRIO

RESUMO.....	VI
ABSTRACT.....	VII
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO.....	5
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
3.1. LOCAL DO EXPERIMENTO	6
3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	6
3.3. PARÂMETROS PARA AVALIAR A EMBEBIÇÃO DAS SEMENTES:	6
3.4. PARÂMETROS PARA AVALIAR O POTENCIAL FISIOLÓGICO DAS SEMENTES TRATADAS:.....	6
3.5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	7
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
5. CONCLUSÃO.....	23
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de feijão do mundo. Os solos brasileiros são pobres em alguns micronutrientes, o que pode diminuir o desenvolvimento da cultura do feijoeiro desde os estágios iniciais até a colheita. O nutri-priming é uma das opções de fornecimento de micronutrientes às sementes pois apresenta baixo custo e alta eficácia. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade fisiológica de sementes de feijão cultivar Pérola, submetidas a soluções nutritivas contendo molibdênio, cobalto e zinco, de forma combinada e isolada em função de diferentes tempos de embebição. O experimento foi desenvolvido em laboratório e casa de vegetação da Universidade Estadual de Goiás – UnU Ipameri, utilizando o delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo oito tratamentos com micronutrientes (T1. Testemunha; T2. Mo; T3. Zn; T4. Co; T5. Mo + Co; T6. Mo + Zn; T7. Zn + Co; T8. Mo + Co + Zn) em seis períodos de embebição (6; 8; 12; 16; 20 e 24 horas) utilizando doses de 10g de sulfato de zinco/10 kg de sementes; 5g de molibdato de sódio/10 kg de sementes e 2g de sulfato de cobalto/ 10 kg de sementes, com quatro repetições de 50 sementes cada, as variáveis analisadas foram: embebição das sementes; teste de germinação; plântulas anormais; sementes mortas; primeira contagem de germinação; envelhecimento acelerado; sementes mortas do envelhecimento acelerado; emergência de plântulas; índice de velocidade de emergência; comprimento da parte aérea, raiz e total; massa fresca da parte aérea, raiz e total; massa seca da parte aérea, raiz e biomassa. Todos os resultados dos parâmetros avaliados foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA) e posteriormente pelo teste de comparação de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para os tratamentos com micronutrientes e regressão para os períodos de embebição quando significativo e Tukey para quando não significativo. De maneira geral, os micronutrientes proporcionaram aumento da qualidade germinativa dos lotes de sementes avaliados, por outro lado, foi possível afirmar que tempos superiores a quatro horas de embebição provocaram redução na capacidade germinativa das sementes. Conclui-se que o nutri-priming para a cultura do feijoeiro foi benéfico somente para o tempo de quatro horas.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L.; nutri-priming; qualidade fisiológica; embebição.

ABSTRACT

Brazil is one of the largest producers and consumers of beans in the world. Brazilian soils are poor in some micronutrients, which can decrease the development of the bean crop from the initial stages until harvest. Nutrient-priming is one of the options to supply micronutrients to seeds because it presents low cost and high efficiency. Thus, the present work aimed to evaluate the physiological quality of bean seeds cultivar Pérola, submitted to nutrient solutions containing molybdenum, cobalt and zinc, combined and isolated, as a function of different soaking times. The experiment was developed in the laboratory and greenhouse of the Universidade Estadual de Goiás - UnU Ipameri, using the experimental design entirely randomized, with eight treatments with micronutrients (T1. Witness; T2. Mo; T3. Zn; T4. Co; T5. Mo + Co; T6. Mo + Zn; T7. Zn + Co; T8. Mo + Co + Zn) in six imbibition periods (6; 8; 12; 16; 20 and 24 hours) using doses of 10g zinc sulfate/10 kg seeds; 5g sodium molybdate/10 kg seeds and 2g cobalt sulfate/ 10 kg seeds, with four repetitions of 50 seeds each, the variables analyzed were: seed imbibition; germination test; abnormal seedlings; dead seeds; first germination count; accelerated aging; dead seeds from accelerated aging; seedling emergence; emergence speed index; length of aerial part, root and total; fresh mass of aerial part, root and total; dry mass of aerial part, root and biomass. All results of the parameters evaluated were analyzed by analysis of variance (ANOVA) and then by Tukey's test for comparison of means at 5% probability level for treatments with micronutrients and regression for imbibition periods when significant and Tukey for when not significant. In general, the micronutrients provided an increase in the germination quality of the lots of seeds evaluated, on the other hand, it was possible to state that imbibition times greater than four hours caused a reduction in the germination capacity of the seeds. It can be concluded that nutri-priming for the bean crop was beneficial only for the time of four hours.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.; nutri-priming; physiological quality; imbibition.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de feijão (*Phaseolus vulgaris*). Na América do Sul o país se mantém como maior produtor e consumidor do grão, produzindo em 2020 aproximadamente 3,23 milhões de toneladas do produto. Para a safra de 2019/2020 o Brasil destinou ao cultivo de feijão uma área de 3.069.622 ha com rendimento médio de 1.085 toneladas ha⁻¹, destacando-se os estados do Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e Bahia. A região centro-oeste é a maior produtora do grão, até então, o maior produtor era a região sul do país. O Estado de Goiás apresenta produção com rendimento médio superior à média nacional totalizando 2.305 kg ha⁻¹ evidenciando o potencial produtivo que o Estado representa no cenário regional e nacional (IBGE, 2020; CONAB, 2020).

O feijão é um alimento muito importante para as populações de baixa renda, sobretudo aquelas que vivem na zona rural nordestina, sendo importante fonte energética, com baixo teor de gordura (FAOSAT, 2019). Nos grandes empreendimentos destinados a produção a larga escala, os bons resultados na produção de feijão podem estar atrelados a uma enorme quantidade de trabalhos que buscam aprimorar técnicas de cultivo do grão, como, plantio direto, cultivo mínimo, produção integrada, escolha de variedades que se adaptem a região e a qualidade na produção e tratamento de sementes (BRASIL, 2018).

A semente de qualidade é importante na implantação de qualquer lavoura, pois proporciona um padrão de estande adequado às plantas (HAESBAERT et al., 2017) porém, diversos fatores podem influenciar na qualidade de sementes, dentre eles pode-se citar a nutrição adequada das plantas durante o manejo das culturas. Plantas mal nutridas produzem sementes de qualidade inferior alterando a qualidade fisiológica e o vigor das sementes e consequentemente interferindo na formação do embrião e cotilédones (TEIXEIRA et al., 2005).

Os solos do cerrado geralmente apresentam características de deficiência nutricional o que demanda grande investimento em calagem e adubação que na maioria das vezes é restrita somente ao uso de N-P-K, fazendo com que o uso de micronutrientes muitas vezes sejam negligenciados pelos produtores e profissionais da área (ERNANI et al., 2002). Os micronutrientes são de extrema importância no crescimento e na qualidade das culturas, sua deficiência pode trazer danos severos às plantas. Na maioria dos solos a absorção de micronutrientes pode ser afetada pela baixa disponibilidade de matéria orgânica ou por uma alta taxa de aplicação de adubação fosfatada, além de fatores como pH, textura do solo, teor de óxido de ferro, alumínio, manganês, concentração e espécie dos constituintes na solução do solo e sua velocidade de percolação (SAFYAN, et al. 2012).

De acordo com Bernard et al. (2015) os métodos utilizados para o fornecimento de nutrientes às plantas precisam ser aprimorados para que haja maior aproveitamento do nutriente aplicado e redução de custos para o produtor. O tratamento de semente com micronutrientes é uma alternativa viável para proporcionar a redução de custos almejada, pois apresenta maior eficiência do que a aplicação do nutriente diretamente no solo, devido a uniformidade que a aplicação do nutriente na semente consegue promover, desse modo, há maior área de contato do nutriente com a semente, diminuindo custos de compra de insumos, transporte e aplicação (PARDUCCI et al., 1989). Os benefícios do tratamento de sementes são ainda maiores quando se trata de qualidade fisiológica das sementes, para Farooq (2012) o tratamento de sementes com micronutrientes além de suprir a demanda nutricional das culturas, melhora a emergência de plântulas, estabelecimento, produtividade e enriquecimento dos grãos produzidos, tornando-os mais nutritivos.

Dentre os micronutrientes, o molibdênio (Mo) é o menos encontrado no solo e também o menos requerido pelas culturas (MALAVOLTA, 2006), porém, é um elemento muito importante, pois faz parte das enzimas nitrato redutase e da nitrogenase, a deficiência de molibdênio é evidenciada em condições de falta de nitrogênio, onde as folhas velhas podem apresentar amarelecimento e necroses na margem foliar (KERBAUY, 2013), além de ter efeito negativo no conteúdo da clorofila, atividade respiratória e formação do ácido ascórbico (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

Na cultura do feijão a aplicação de molibdênio é indispensável para a eficiência da fixação biológica de nitrogênio (FBN), podendo ser aplicado entre 12 a 25 g de Mo ha⁻¹ via pulverização ou tratamento de semente (SFREDO & OLIVEIRA, 2010). Sementes tratadas com Mo aumentam a atividade de nitrogenase no estágio vegetativo da planta e conseqüentemente a FBN (CHAGAS et al., 2010; ALMEIDA, ARAUJO e ALVES, 2013).

Em relação a qualidade fisiológica das sementes, alguns estudos têm mostrado que a aplicação de Mo por via foliar no estágio R8 pode diminuir a qualidade fisiológica das sementes se aplicadas doses superiores a 200g ha⁻¹ (VIEIRA et al., 2015). Leite et al. (2009) observaram que nas cultivares de feijão Novo Jalo e Meia Noite o fornecimento de Mo via semente influenciou na qualidade fisiológica, onde altas doses de Mo retardaram, porém não inibiram a germinação. Em sementes de soja (*Glycine max*) a aplicação de molibdênio na semente promoveu aumento na massa seca da parte aérea e da raiz de plântulas originadas das sementes produzidas, evidenciando a importância da aplicação do nutriente diretamente na semente, além de proporcionar aumento linear na altura da planta e no peso de mil grãos (GEWEHR et al., 2019).

Outro micronutriente muito importante no cultivo de leguminosas é o cobalto (Co) que atua na fixação de N₂ assim como o Mo, sendo componente da vitamina B12, que age na formação da cobamida que é indispensável no processo de fixação biológica de nitrogênio (KLIEWER & EVANS,

1963). Logicamente a deficiência de Co afeta diretamente a função e atividade dos nódulos sendo de extrema importância o oferecimento deste nutriente à cultura do feijão e demais leguminosas (KORNDORFER, 2006). De acordo Sfredo & Oliveira (2010) a deficiência de Co pode também intensificar a deficiência de N na cultura da soja, por conta da baixa fixação de N₂. Em experimento realizado por Meschede et al. (2004) avaliando sementes com e sem tratamento de Co e Mo, observaram que o uso desses nutrientes aumentou o teor de proteína em grãos de soja.

Na produção de leguminosas a utilização de Co em conjunto com o Mo via aplicação na semente tem proporcionado aumento na produtividade em 7% (MESCHEDÉ et al., 2004) porém, a qualidade fisiológica de sementes é diminuída com a aplicação desses nutrientes (DEUNER et al., 2015). Para Marcarello et al. (2012) a aplicação de Mo e Co não influencia na melhoria da qualidade fisiológica de sementes de feijão. Muitos trabalhos relacionados a aplicação de Co em culturas de plantas leguminosas, seja por via semente ou foliar, tem mostrado que a combinação desses nutrientes tem diminuído a qualidade fisiológica das sementes, porém se faz necessário o estudo mais aprofundado da aplicação do nutriente de forma isolada na semente, visando o entendimento mais claro sobre a ação do nutriente sobre a qualidade fisiológica das sementes tratadas.

O zinco (Zn) também é um nutriente muito importante que faz parte de muitas enzimas que o requerem para completar suas atividades. O Zn influencia diretamente na síntese e conservação de auxinas e hormônios vegetais ligados ao crescimento (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). Em virtude da sua alta mobilidade no floema a deficiência de Zn é manifestada na parte nova das plantas, onde na ausência do micronutriente ocorre uma severa redução no tamanho das plantas com consequente alongamento dos entrenós. Nas folhas a deficiência se manifesta através da redução do tamanho dos folíolos que também apresentam formato de ponta de lança (ROSOLEM & MARUBAYASHI, 1994; TAIZ et al., 2017).

Segundo Dörr et al. (2018) o tratamento de semente de feijão com Zn teve efeito positivo no crescimento e produção de matéria seca de plântulas, entretanto não afeta significativamente a germinação. Na cultura da soja a aplicação de doses crescentes de Zn na semente não influenciou na qualidade fisiológica das sementes produzidas, porém aumentou o número de sementes/planta, peso de sementes/planta e número de legume/planta (LEMES et al., 2017).

De acordo com Bhowmick (2018) existem diversas formas de preparar as sementes para uma germinação com maior uniformidade e qualidade, utilizando os mecanismos próprios de embebição das sementes. A técnica do priming, que foi desenvolvida por Higgins & Turner (1975) e Heydecker & Coolbear (1977) onde, as sementes são hidratadas de forma controlada, visando preparar o metabolismo da germinação das sementes. O uso da técnica do priming com o fornecimento de

nutrientes denomina-se nutri-priming, que consiste na embebição das sementes em solução nutritiva por um determinado período de tempo antes da semeadura. Essa técnica tem demonstrado que pode aumentar o teor de nutrientes nas sementes e melhorar a germinação do lote (FAROOQ et al., 2011; SHIVAY et al., 2016).

Desse modo, o tratamento de sementes com micronutrientes pode ser muito eficaz no aumento da produção de feijão do Brasil, existem divergências na literatura em relação ao modo de aplicação dos nutrientes na semente, quanto à forma isolada ou conjunta, e quais os efeitos positivos ou negativos que o tratamento de sementes pode trazer à qualidade fisiológica das sementes além disso, em sua maioria, os trabalhos relacionados com o tema são voltados para aplicação por via foliar visando somente aumento na qualidade das sementes, tornando pesquisas nessa área extremamente importante.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de feijão submetidas à solução nutritiva (nutri-priming) contendo molibdênio, cobalto e zinco de forma isolada e combinada, em função do período de embebição.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes – LASEM e na casa de vegetação na Universidade Estadual de Goiás – Unu Ipameri, com coordenadas geográficas 17°43' latitude Sul e 48°09' longitude Oeste, com altitude média de 820m. O clima regional é classificado como Aw, com precipitação e temperatura média anual de 1750 mm e 25 °C, respectivamente. O estudo foi conduzido durante entre os meses de agosto e setembro de 2019.

3.2. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 8 x 6 com quatro repetições de 50 sementes cada. O primeiro fator refere-se às combinações de micronutrientes: T1. Testemunha; T2. Mo; T3. Zn; T4. Co; T5. Mo + Co; T6. Mo + Zn; T7. Zn + Co; T8. Mo + Co + Zn, onde foram utilizadas as doses de 10g de sulfato de zinco/10 kg de sementes; 5g de molibdato de sódio/10 kg de sementes e 2g de sulfato de cobalto/ 10 kg de sementes, de acordo com estudo realizado por Smiderle et al. (2008). O segundo fator refere-se aos períodos em que as sementes ficaram imersas nas soluções nutritivas sendo eles 4; 8; 12; 16; 20 e 24 horas. As sementes utilizadas para realização do experimento foram da cultivar Pérola, que pertence ao grupo comercial carioca.

3.3. Parâmetros para avaliar a embebição das sementes:

A avaliação da embebição foi realizada com quatro subamostras de 50 sementes totalizando 200 sementes por tratamento, imersas em 600mL de água destilada e em soluções de micronutrientes e mantidas a 25°C durante 4, 8, 12, 16, 20 e 24h. Após cada período, as sementes foram submetidas à secagem superficial, utilizando papel toalha, e à pesagem em balança digital com três casas decimais. Para avaliação da quantidade de água absorvida pelas sementes, considerou-se o grau de umidade e o peso inicial da amostra, com base no método da estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas, segundo as RAS (BRASIL, 2009), sendo os resultados expressos em porcentagem de água.

3.4. Parâmetros para avaliar o potencial fisiológico das sementes tratadas:

Teste de germinação: foi realizado com 4 repetições de 50 sementes para cada tratamento utilizando como substrato o rolo de papel (RP), que foram umedecidos com água deionizada utilizando-se 2,5

vezes a massa do papel seco, posteriormente foram mantidos em BOD a uma temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. A avaliação seguiu as recomendações de Brasil (2009) onde ao nono dia após a instalação do teste foram computados a quantidade de plântulas normais, anormais e sementes mortas, sendo os resultados expresso em porcentagem (%).

Primeira contagem de germinação: foi conduzido em conjunto com o teste de germinação, levando em consideração a porcentagem de plântulas germinadas ao quinto dia após a instalação do experimento (BRASIL, 2009).

Envelhecimento acelerado: foram utilizadas 4 repetições de 50 sementes para cada tratamento, espalhando-se as sementes na superfície de uma tela metálica fixada e suspensa no interior de caixa plástica do tipo “gerbox”, contendo 40 mL de água deionizada, mantida a 41°C , por 72 h em BOD. Posteriormente as sementes foram retiradas da câmara e postas para germinar sobre as mesmas condições do teste de germinação, onde foi avaliado as plântulas normais e sementes mortas, no quinto dia após a instalação do teste e os resultados expressos em porcentagem (%) (BRASIL, 2009).

Emergência de plântulas: para este teste utilizou-se 4 repetições de 50 sementes para cada tratamento no qual a semeadura foi feita em bandejas plásticas contendo 6 kg de substrato areia lavada, esterilizada em autoclave por 2 horas, a semeadura feita a uma profundidade de 3 cm mantendo-se a umidade do substrato a 60% da capacidade de retenção (BRASIL, 2009), as bandejas foram mantidas em casa de vegetação até o nono dia após a instalação. Os resultados foram expressos em porcentagem, determinando o número de plântulas normais emersas.

Índice de velocidade de emergência: conduzido em conjunto com o teste de emergência de plântulas, onde diariamente e no mesmo horário foram anotados o número de plântulas que apresentaram alça cotiledonar visível, ao fim do teste, foi calculado o índice de velocidade de emergência, utilizando a fórmula proposta por Maguire (1962).

Comprimento da parte aérea, raiz e total: as plântulas normais obtidas no teste de germinação foram avaliadas quanto ao comprimento da parte aérea, raiz e comprimento total com o auxílio de uma régua, sendo os resultados expressos em centímetros (NAKAGAWA, 1999).

Massa fresca, massa seca e biomassa da parte aérea e raiz: as plântulas normais de cada repetição foram pesadas para obtenção de massa fresca de parte aérea e raiz e em seguida foram postas em sacos de papel e levadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65°C durante 72h, em seguida as amostras foram postas para resfriar em dessecadores e pesadas em balança de precisão, os resultados foram expressos em mg/pl^{-1} .

3.5. Análises estatísticas

Todos os resultados dos parâmetros avaliados foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA) e posteriormente pelo teste de comparação de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para os tratamentos com micronutrientes utilizando o software SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011) e regressão para os períodos de embebição quando interação significativa e teste de Tukey quando não significativa, empregando-se o software SigmaPlot 10.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2006).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor inicial de umidade no lote de sementes foi de 9,97%, nota-se que nas primeiras 8 horas de imersão o ganho de umidade médio saltou para 52,88% (Figura 1), esse aumento está relacionado com a fase I do processo de germinação, onde há rápida absorção de água pela semente. Entre o período de 12 e 20 horas houve uma leve estabilização no processo de absorção de água, nesse momento, o grau médio de umidade das sementes foi de 59,94%, essa estabilização é caracterizada como fase II da germinação. Na fase seguinte as sementes voltaram a absorver água de forma acelerada, saltando para índices de 67,18% de umidade, tal aumento está relacionado com o início da fase III. A absorção de água pela semente é de extrema importância para germinação, pois, durante esse processo os tecidos da semente que até então estavam desidratados devido a fatores naturais da fase de produção começam a se hidratar novamente, ativando o metabolismo da semente e propiciando que a germinação aconteça (BASKIN & BASKIN 2014).

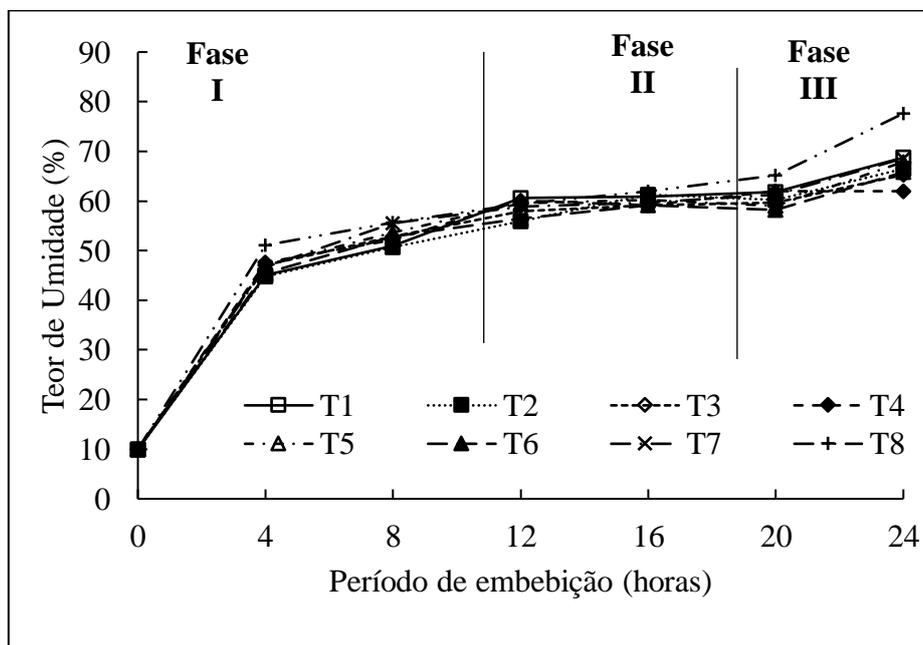


Figura 1. Curva de embebição de sementes de feijão submetidas à solução nutritiva. Ipameri, GO. 2019.

Os resultados obtidos para a embebição das sementes estão de acordo com Marcos-Filho (2015), que afirma que na primeira fase do processo de embebição as sementes que possuem reservas cotiledonares atingem teores de água acima de 45%. É possível evidenciar que nas primeiras 4 horas

de embebição as sementes de feijão em todos os tratamentos já possuíam níveis igual ou superior ao relatado pelo autor, os níveis de água seguiram aumentando até aproximadamente as 12 horas de embebição, a rápida absorção ocorre devido à diferença entre o potencial hídrico da solução e o da semente.

Na segunda fase ocorrida entre as 12 e 20 horas após o início da embebição, a velocidade de absorção de água foi reduzida, Marcos-Filho (2015) afirma que durante este período ocorre uma estabilização dos níveis de umidade da semente e uma redução drástica na respiração é também neste momento que ocorrem processos metabólicos fundamentais para a continuidade da germinação (TAIZ et al., 2017). Em experimento realizado por Smiderle et al. (2008) onde avaliaram a marcha de absorção de água em sementes de feijão cv. Pérola, os autores observaram que a fase dois também ocorreu durante o mesmo período relatado neste experimento.

A retomada da absorção de água observada após 20 horas do início do período da embebição terminaria com a protusão da raiz primária das plântulas, finalizando o processo de germinação das sementes (MARCOS-FILHO, 2015), entretanto, as sementes foram retiradas da solução nutritiva antes de acontecer a protusão. Durante a fase III os nutrientes contidos nos cotilédones tornam-se mais disponíveis para a captação dos embriões permitindo rápido estabelecimento das plântulas (ALI & ELOZEIRI, 2017). Carvalho & Nakagawa (2012) justificam a elevação da embebição pela demanda requerida no conjunto semente-plântula que neste momento do processo de germinação passam a crescer e formar novas células, sendo o sistema meristemático o que absorve maior quantidade de água. Para diversos pesquisadores, a obtenção da curva de absorção de água pelas sementes é de grande importância, pois a germinação das sementes tem início com a embebição de água e desencadeia uma série de mudanças metabólicas que levam a emergência de raiz primária, quando se refere às sementes viáveis não dormentes (LABOURIAU, 1983; BRADFORD, 1995; CARVALHO & NAKAGAWA, 2000; EIRA & CALDAS, 2000).

Os resultados da análise de variância para primeira contagem de germinação (PCG), teste de germinação (G), plântulas anormais (PA), sementes mortas (SM), envelhecimento acelerado (EA), sementes mortas do envelhecimento acelerado (SMEA), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência em campo (EC) em função de combinações de molibdênio, cobalto e zinco em diferentes períodos de embebição estão apresentados na Tabela 1. É possível observar interação dos tratamentos com micronutrientes e os períodos de embebição para todas as variáveis apresentadas, com exceção do IVE.

Tabela 1. Resumo de análise de variância para primeira contagem de germinação (PCG), teste de germinação (G), plântulas anormais (PA), sementes mortas (SM), envelhecimento acelerado (EA), sementes mortas do envelhecimento acelerado (SMEA), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência em campo (EC) em função de combinações de molibdênio, cobalto e zinco em diferentes períodos de embebição. Ipameri-GO, 2020.

FV	G. L	PCG	G	PA	SMEA	EA	SMEA	IVE	EC
Valor - P									
Tratamento (A)	7	<0,05*	ns	ns	ns	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**
Embebição (B)	5	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**
A x B	35	<0,01**	<0,01**	<0,05*	2,36**	<0,01**	<0,01**	ns	<0,01**
Erro	141								
CV (%)		3,51	3,39	37,53	18,45	13,93	16,32	13,25	12,01

*significativo a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade; ns= não significativo pelo teste F.

Para PCG os dados referentes aos períodos de embebição ajustaram-se à regressão quadrática para T1 e linear para os demais tratamentos (Figura 2), nota-se que em T1 o período de 12 horas foi o que apresentou os melhores resultados para PCG, no entanto, para os demais tratamentos os valores decresceram linearmente.

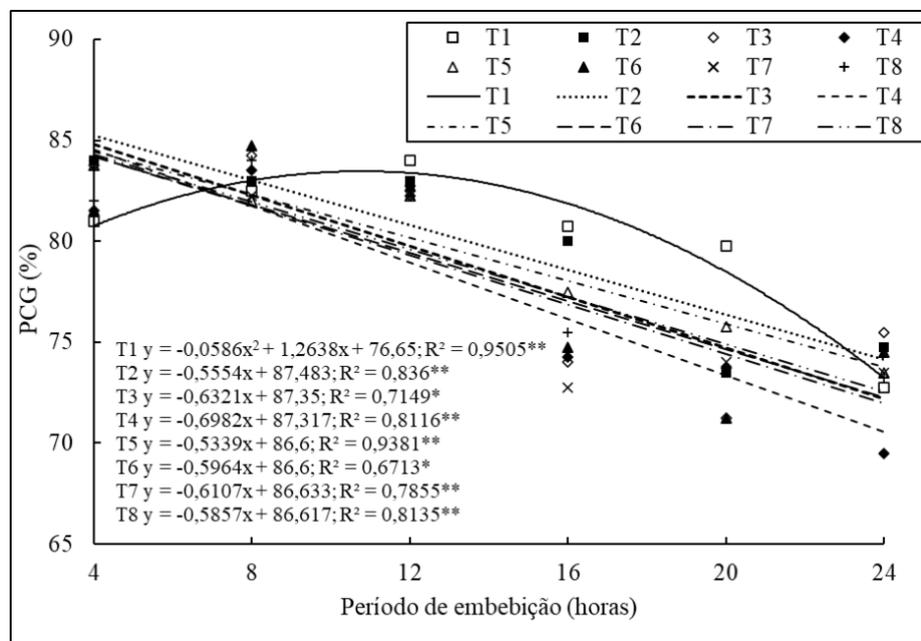


Figura 2. Primeira contagem de germinação em função de combinações de molibdênio, cobalto e zinco em diferentes períodos de embebição. Ipameri-GO, 2020. * significativo a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade.

O teste de primeira contagem de germinação (PCG) mostrou diferença significativa somente entre o tratamento controle (T1) e solução nutritiva contendo Co (T4), os demais tratamentos não diferiram entre si. A PCG é um teste realizado para estimar a porcentagem de plântulas germinadas ao quinto dia após a montagem do teste de germinação (BRASIL, 2009), lotes que apresentam maior vigor germinam mais rápido, favorecendo o estabelecimento das plântulas no solo deixando-as menos propensas à estresses abióticos (MARCOS-FILHO, 2015). Com base nos resultados para PCG, é possível notar que houve redução de 3,22% na velocidade de germinação do lote de sementes submetidas à solução nutritiva contendo Co (Figura 2).

O cobalto é um micronutriente muito importante na fixação biológica de nitrogênio (ALVES et al., 2018) e quando aplicado diretamente sobre sementes de plantas da família Fabaceae tem promovido resultados animadores na germinação de sementes (GUERRA et al., 2010). Entretanto, o mesmo resultado não foi obtido neste trabalho onde o total de plantas germinadas ao quinto dia, apresentaram-se inferiores aos do tratamento controle (T1) ratificando Smiderle et al. (2008) Golo et al. (2009) que afirmam que o cobalto não exerce grande influência no processo de germinação de sementes.

Ao se avaliar a germinação, foi possível observar interação significativa para todos os tratamentos, sendo que o modelo de regressão linear negativa foi o que melhor representou os dados, desse modo, houve redução média de 23,5% no total de plântulas normais ao final do teste de germinação (Figura 3).

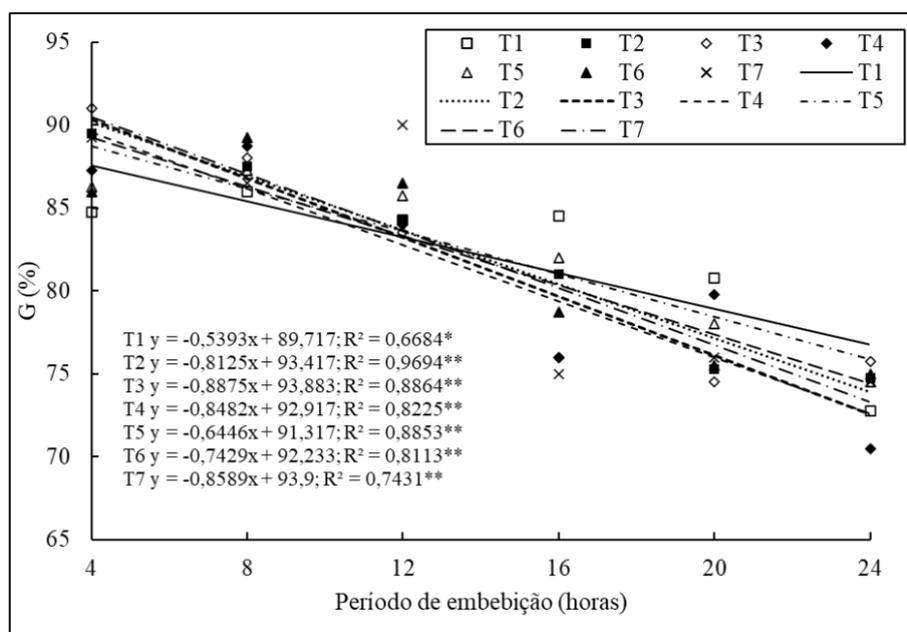


Figura 3. Germinação em função de combinações de molibdênio, cobalto e zinco em diferentes períodos de embebição. Ipameri-GO, 2020. * significativo a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade.

O aumento do período de embebição acarretou numa elevação na quantidade de plântulas anormais e sementes mortas com um aumento de 7,25% e 19% para cada variável respectivamente, conforme apresentado nas Figuras 4 e 5.

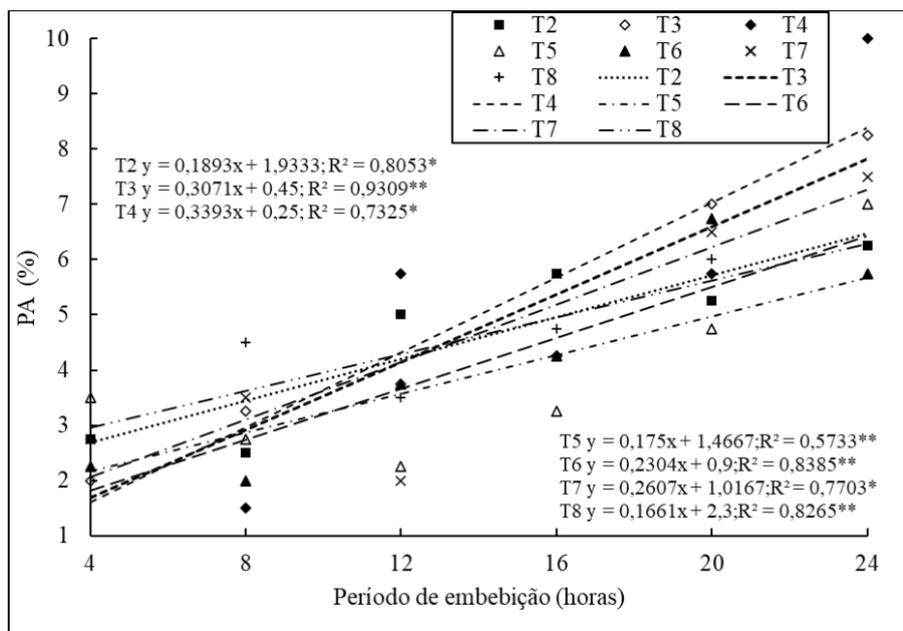


Figura 4. Plântulas anormais em função de combinações de molibdênio, cobalto e zinco em diferentes períodos de embebição. Ipameri-GO, 2020. * significativo a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade.

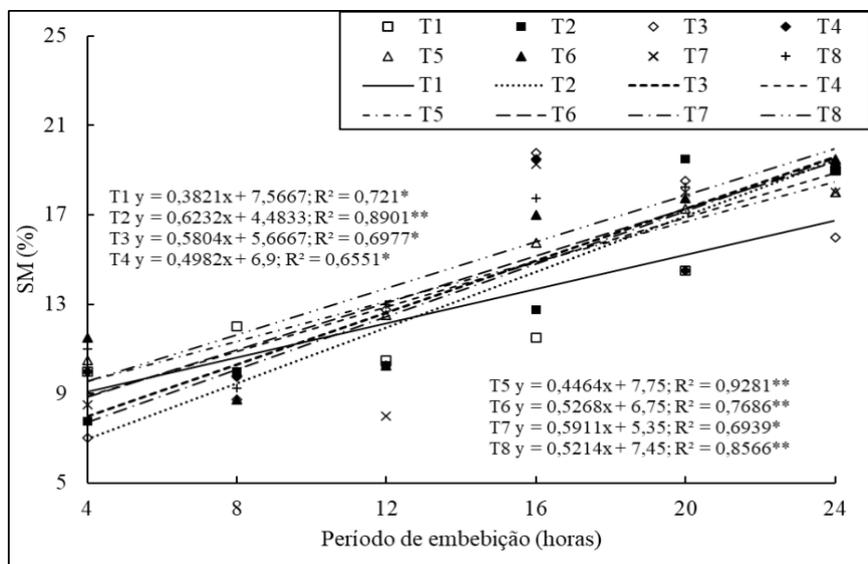


Figura 5. Sementes mortas em função de combinações de molibdênio, cobalto e zinco em diferentes períodos de embebição. Ipameri-GO, 2020. * significativo a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade.

O aumento da porcentagem de sementes mortas e conseqüente queda nos valores totais de germinação em função do período de embebição, está relacionado com a baixa tolerância das sementes de feijão a um período prolongado de embebição, em estudo realizado por Custódio et al. (2002) a imersão de sementes de feijão em água por períodos superiores a 24 horas promoveu uma elevação de 80% no número de sementes mortas.

A redução das taxas dos parâmetros avaliados para germinação e aumento da quantidade de sementes mortas e plântulas anormais pode estar relacionado com a falta de oxigênio ao qual as sementes foram submetidas por um longo tempo, causando hipóxia e transformando respiração em fermentação, dessa forma, ocorre a geração de etanol ou lactato que são substâncias tóxicas dentro do metabolismo respiratório, além de reduzir a síntese de ATP (OGAWA et al., 2016). Quando as sementes são submetidas à uma rápida embebição ocorrem danos que prejudicam a reestruturação das membranas celulares promovendo a lixiviação de conteúdos celulares que exercem importantes funções durante o processo germinativo (CASTRO & HILHORST, 2004).

Para envelhecimento acelerado (Figura 6) nota-se que houve uma redução de forma linear para germinação das sementes analisadas, acarretando em um aumento linear do número de sementes mortas (Figura 7), nota-se também, que apenas T5 se ajustou a regressão, os demais tratamentos não apresentaram linha de tendencia significativa.

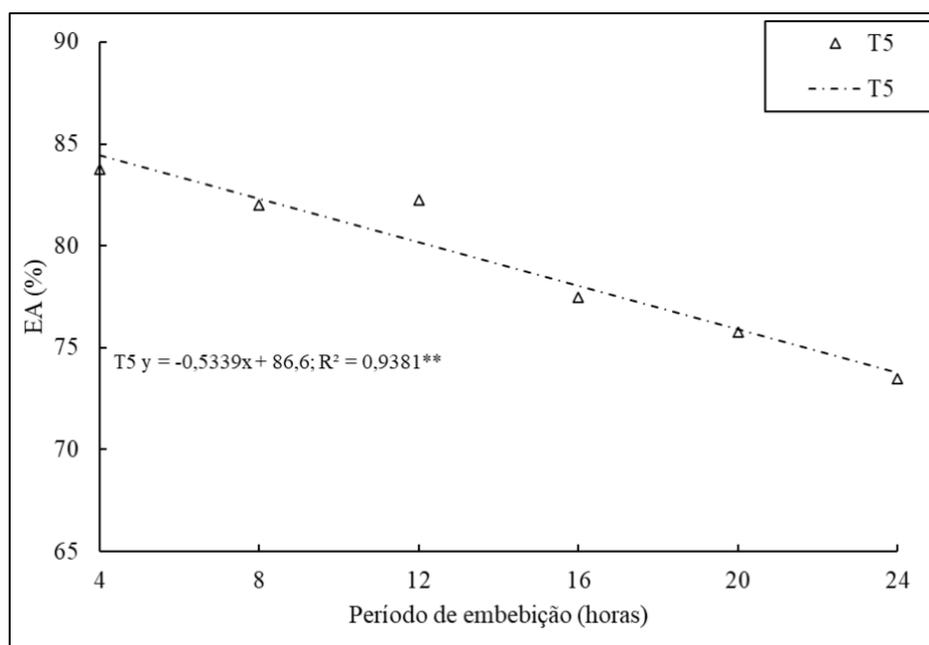


Figura 6. Envelhecimento acelerado em função de combinações de molibdênio, cobalto e zinco em diferentes períodos de embebição. Ipameri-GO, 2020. * significativo a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade.

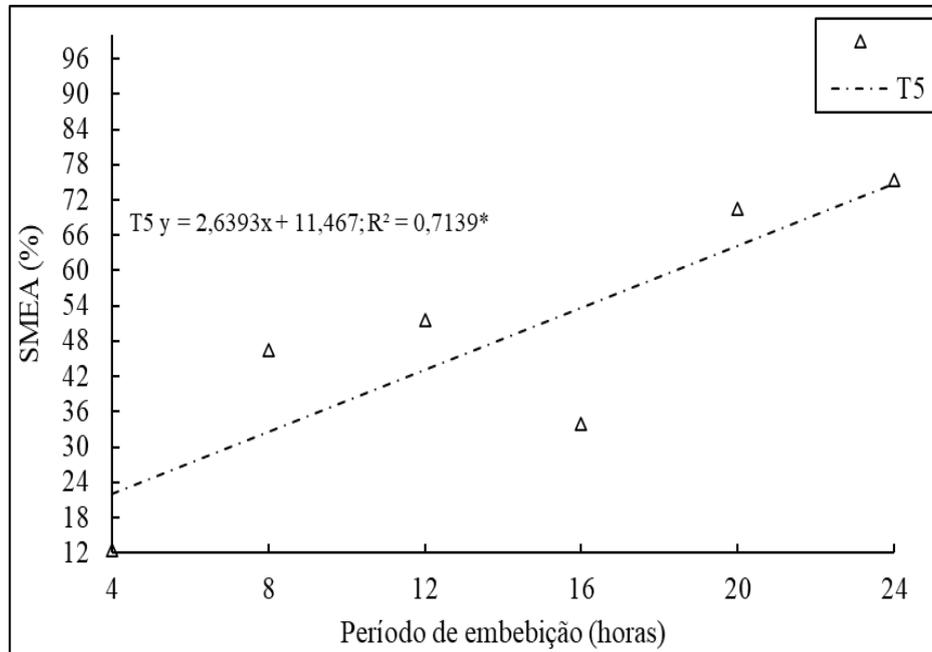


Figura 7. Sementes mortas do envelhecimento acelerado em função de combinações de molibdênio, cobalto e zinco em diferentes períodos de embebição. Ipameri-GO, 2020. * significativo a 5% de probabilidade.

O uso do teste de envelhecimento acelerado para avaliar o comportamento de um lote de sementes submetendo-as há um estresse reduz a porcentagem de germinação, neste trabalho foi possível verificar que nos períodos entre 4 e 12 horas de embebição as sementes ainda apresentaram valores de germinação acima de 80% (Figura 6) esses resultados são superiores ao encontrados por Smiderle et al. (2008) em experimento semelhante, em que a porcentagem de germinação ficou abaixo de 59%. O MAPA (2013) considera que germinação acima de 80% está dentro do padrão de comercialização de sementes.

Para IVE como não houve diferença significativa os dados foram avaliados pelo teste de Tukey tanto para tratamento quanto para o período de embebição (Tabela 2 e Tabela 3). Nota-se que para a IVE os tratamentos que apresentaram melhores resultados foram T3, T5, T6, T7 E T8, com exceção de T5, os tratamentos mencionados foram aqueles que continha na solução nutritiva Zn, o que fez com que elevassem os índices de germinação em 25% se comparadas com o tratamento controle.

Tabela 2. Valores médios índice de velocidade de emergência (IVE) em função de combinações de molibdênio, cobalto e zinco. Ipameri-GO, 2020.

Tratamento	IVE
	-
T1 (Testemunha)	4,26 d
T2 (Mo)	4,71 cd
T3 (Zn)	5,36 ab
T4 (Co)	4,85 bcd
T5 (Mo + Co)	5,57 a
T6 (Mo + Zn)	5,49 a
T7 (Zn + Co)	5,19 abc
T8 (Zn + Co + Mo)	5,74 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com Oliveira et al. (2014) sementes advindas de locais onde o solo é pobre em zinco apresentam baixos teores do nutriente na semente o que acarreta numa diminuição do vigor do lote de sementes. A aplicação do zinco via semente além de favorecer a diminuição dos custos de produção, evitando o fornecimento via foliar, ainda melhora o estabelecimento das plântulas, que nesta fase possuem sistema radicular limitado e parte aérea pouco eficiente na absorção via foliar (TUNES et al., 2012).

Além do zinco, o molibdênio também contribuiu para melhores índices de IVE e EC, o micronutriente é diretamente relacionado a diversas enzimas, dentre elas a nitrato redutase, sua deficiência pode reduzir a capacidade de fixação biológica de nitrogênio e afetar a produtividade da cultura (TAIZ et al., 2017). A aplicação de Mo em sementes de sorgo visando o aumento da qualidade fisiológica de sementes, promoveram maiores taxas de PCG e IVE, o que permite afirmar que o micronutriente é benéfico para o desenvolvimento inicial de plântulas (CUNHA et al., 2015). ARUN et al. (2017) observaram que o fornecimento de Mo via sementes também promoveram melhorias significativas nos parâmetros germinativos de feijão-caupi, corroborando com as respostas obtidas neste trabalho.

Em relação ao período de embebição, é possível verificar que para IVE o tempo de 12 horas foi o que apresentou melhor resultado para a variável (Tabela 3), o que se assemelha aos dados para PCG, onde o tempo de 12 horas para T1 apresentou melhores respostas.

Tabela 3. Valores médios índice de velocidade de emergência (IVE) em função do período de embebição. Ipameri-GO, 2020.

Período de embebição (horas)	IVE
	-
4	4,37 cd
8	4,67 cd
12	7,52 a
16	4,01 d
20	6,36 b
24	3,63 d

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

		Valor-P								
Trat. (A)	7	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**
Emb. (B)	5	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**
A x B	35	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Erro	141									
CV (%)		9,53	11,76	9,12	15,11	14,95	14,09	16,55	15,78	15,41
		Regressão								
Linear		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*significativo a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade; ns= não significativo pelo teste F.

Para as variáveis CPA, CR e CT é possível observar que houve diferença significativa para todos os tratamentos (Tabela 4). Para CPA o tratamento T4 apresentou o melhor resultado contudo sem diferir do T7 e T3, com comprimento de hipocótilo acima de 6 cm. Para o comprimento radicular das plântulas os tratamentos T7, T5 e T3 proporcionaram plântulas com comprimentos de raiz semelhantes. De modo geral, o CT seguiu a tendência das outras duas variáveis, uma vez que para a obtenção do comprimento total de plântulas é necessário que seja realizada a soma de CPA e CR.

Tabela 4. Valores médios de comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e comprimento total (CT) em função de combinações de molibdênio, cobalto e zinco. Ipameri-GO, 2020.

Tratamento	CPA (cm ⁻¹)	CR (cm ⁻¹)	CT (cm ⁻¹)
T1 (Testemunha)	5,51 cde	3,79 c	9,30 de
T2 (Mo)	5,97 bc	4,20 bc	9,99 bcd
T3 (Zn)	6,16 ab	4,29 ab	10,46 abc
T4 (Co)	6,53 a	4,21 bc	10,75 ab
T5 (Mo + Co)	5,79 bcd	4,32 ab	10,11 abcd
T6 (Mo + Zn)	5,16 e	3,89 bc	9,05 e
T7 (Zn + Co)	6,18 ab	4,71 a	10,89 a
T8 (Zn + Co + Mo)	5,47 de	4,21 bc	9,69 cde

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com Nakagawa (1999), é de extrema importância avaliar o comprimento de plântulas, haja visto que lotes que apresentam maiores comprimento de plântulas se estabelecem melhor, absorvendo maior quantidade de nutrientes e luz solar, dando origem a plantas mais vigorosas e menos propensas a competição com plantas daninhas.

As variáveis de comprimento (CPA, CR, CT) foram beneficiadas na presença de zinco e cobalto. De acordo com Rouhi et al. (2011) o fornecimento de Zn às sementes é capaz de melhorar o comprimento médio da parte aérea e das raízes das plântulas. Visto que o Zn induz a iniciação de diversas atividades metabólicas e o produto dessas atividades são utilizados na síntese de proteínas

elevando as taxas de germinação e a um estande inicial de plântulas uniformes (IMRAN; BOELT; MÜHLING, 2018).

Quanto ao Co, em estudo realizado por Marchetti et al. (2006) o fornecimento do micronutriente propiciou melhoria no arranque inicial das plântulas de soja, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho. Entretanto, diversos autores citam que este nutriente seja muito mais importante durante o processo de fixação biológica de nitrogênio, do que no processo inicial de germinação e estabelecimento de plântulas (RAIJ, 1991; MASCHNER, 1995; MARCARELLO et al., 2012).

Para as variáveis de massa fresca (MFPA, MFR e MFT) todos os tratamentos apresentaram melhores resultados em relação a testemunha, com exceção da combinação de Mo e Zn (T6), que apresentou os índices mais baixos nas variáveis avaliadas (Tabela 5). Vale ressaltar que de forma isolada, esses micronutrientes não apresentaram diferença significativa entre si, podendo esta redução nas taxas de crescimento estar relacionada com algum efeito tóxico causado pela junção dos micronutrientes. Resultados semelhantes foram obtidos para massa seca (MSPA, MSR e BIO)

Tabela 5. Valores médios de massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa fresca total (MFT), massa seca parte aérea (MSPA), massa seca raiz (MSR) e biomassa (BIO) em função de combinações de molibdênio, cobalto e zinco. Ipameri-GO, 2020.

Tratamento	MFPA (mg/pl ⁻¹)	MFR (mg/pl ⁻¹)	MFT (mg/pl ⁻¹)	MSPA (mg/pl ⁻¹)	MSR (mg/pl ⁻¹)	BIO (mg/pl ⁻¹)
T1 (Controle)	202,36 cd	141,82 bc	344,18 cd	14,67 c	9,91 d	24,59 d
T2 (Mo)	249,64 ab	167,88 a	417,53 ab	19,19 a	12,98 ab	32,17 a
T3 (Zn)	254,85 a	179,06 a	433,92 a	18,44 a	12,91 abc	31,36 ab
T4 (Co)	253,82 a	161,84 ab	415,66 ab	17,27 ab	10,56 d	27,84 bcd
T5 (Mo+Co)	216,14 c	164,92 a	381,07 bc	17,94 a	13,31 a	31,26 ab
T6 (Mo+Zn)	185,27 d	137,85 c	323,13 d	15,27 bc	11,39 bcd	26,66 cd
T7 (Zn+Co)	225,74 abc	163,95 a	389,70 abc	17,04 abc	12,22 abc	29,27 abc
T8 (Zn+Co+Mo)	221,87 bc	164,97 a	386,84 abc	14,83 bc	11,27 cd	26,10 cd

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Assim como nas variáveis de comprimento, plântulas que apresentam maiores teores de massa fresca estão menos propensas à competição com plantas infestantes. De acordo com Abrantes et al., (2011) o acúmulo de massa fresca na fase inicial pode estar relacionado com um maior número de reguladores de crescimento durante esta fase vegetativa, sobretudo na parte aérea das plântulas, o que pode ser observado neste experimento, onde verifica-se um investimento maior na parte aérea que no sistema radicular. Em relação ao sistema radicular Hartwigsen e Evans (2000) relatam que plântulas que apresentam massa fresca de raiz maior são capazes de produzir uma rizosfera maior, contribuindo para uma melhoria na absorção de água e nutrientes, deixando as plântulas menos propensas a estresses.

Dentre os micronutrientes utilizados neste experimento o Zn se mostrou um dos mais benéficos, de acordo com Sharma & Agrawal (2005) níveis adequados de zinco podem promover elevação na área fotossintética das plantas, acarretando num incremento no aumento de massa fresca e biomassa. Dörr et al., (2018) relatam que o fornecimento de Zn via semente trouxe efeitos positivos para a qualidade fisiológica de sementes de feijão, promovendo crescimento superior da parte aérea e das raízes das plântulas quando comparada a testemunha.

O Mo também apresentou resultados satisfatório quando fornecido de forma isolada ou em combinação com o Co, resultado similar foi encontrado por Santos-Moura et al., (2019), onde a aplicação de Mo foi capaz de promover incremento na biomassa de plantulas de feijão. As variáveis de massa seca de plântulas apresentam dados importantes, pois evidenciam a transferência das reservas contidas nas sementes para o eixo embrionário durante a fase de germinação, concluindo que plântulas que recebem maior quantidade de nutrientes acumulam mais biomassa.

A técnica de condicionamento fisiológico de sementes, tem sido usada largamente visando uniformizar a germinação de culturas de interesse agrícola, a imersão direta de sementes em água é uma técnica de baixo custo. Contudo, como foi visto no trabalho, trouxe impactos negativos para a germinação, sendo assim é necessário que haja outros estudos com métodos que promovam a absorção de água pela semente de forma mais lenta.

Em relação ao tempo de embebição não houve ajuste de dados a modelos para CPA, CR e CT, desse modo as variáveis foram avaliadas pelo teste de Tukey, é possível notar que o período de 4 horas de embebição foi o que apresentou os melhores resultados, com plântulas com comprimentos superiores a 13 cm^{-1} (Tabela 6).

Tabela 6. Teste de Tukey para as variáveis comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e comprimento total (CT), em função tempo de embebição. Ipameri-GO, 2020.

Período de embebição (horas)	CPA (cm^{-1})	CR (cm^{-1})	CT (cm^{-1})
4	7,69 a	6,72 a	14,01 a
8	3,78 e	2,67 e	6,39 e
12	4,96 d	3,22 d	8,19 d
16	6,43 c	4,32 c	10,76 c
20	7,04 b	5,01 b	11,68 b
24	5,17 c	3,19 d	8,36 d

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Santos-Moura et al. (2019), onde identificaram que as variáveis de comprimento apresentaram valores superiores quando as sementes foram submetidas a um período de 5 horas de embebição, entretanto, Ogawa et al. (2016) observaram

uma redução no comprimento de plântulas de feijão entre o período de duas e oito horas de embebição, com plântulas medindo entre 6 e 7,5 cm⁻¹.

É importante ressaltar que houve uma queda drástica nos valores de CPA, CR e CT durante o período de oito horas de embebição, nesse momento as sementes ainda estão na fase I do processo germinativo, a retirada das sementes da solução nutritiva pode ter impedido que as sementes produzissem níveis adequados de carboidratos, proteínas e lipídios, dessa forma, as substâncias de reservas da sementes não foram desdobradas em moléculas menores, reduzindo o fornecimento de nutrientes ao eixo embrionário (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Em relação ao período de embebição para as variáveis de massa (MFPA, MFR, MFT, MSPA, MSR e BIO) a regressão não se ajustou a nenhum modelo, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, nota-se que para todas as variáveis o melhor período de embebição foi o de quatro horas, com exceção de BIO, onde o tempo de vinte horas não apresentou diferença significativa do tempo de quatro horas (Tabela 7).

Tabela 7. Teste de Tukey para as variáveis massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa fresca total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e biomassa (BIO), em função tempo de embebição. Ipameri-GO, 2020.

Período de embebição (horas)	MFPA (mg/pl ⁻¹)	MFR (mg/pl ⁻¹)	MFT (mg/pl ⁻¹)	MSPA (mg/pl ⁻¹)	MSR (mg/pl ⁻¹)	BIO (mg/pl ⁻¹)
4	344,84 a	284,18 a	627,95 a	21,14 a	17,73 a	38,88 a
8	125,66 e	102,62 d	249,44 e	11,42 d	8,04 e	19,46 d
12	179,14 d	119,48 d	304,45 d	11,57 d	7,51 e	19,08 d
16	236,53 c	156,89 c	391,44 c	18,85 b	12,53 c	31,38 b
20	265,64 b	186,30 b	451,09 b	21,88 a	15,17 b	37,06 a
24	182,19 d	112,24 d	294,95 d	16,14 c	9,95 d	26,09 c

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com os resultados obtidos neste trabalho é possível ratificar o que foi dito por Custódio et al., (2002), onde afirma que sementes de feijão não respondem bem a um longo período de submersão, resultado semelhante foi encontrado por Dantas et al., (2000), em que foi observado que longos períodos de embebição das sementes provocaram efeitos deletérios ao desenvolvimento inicial das plântulas, entretanto, vale ressaltar, que em períodos de até cinco horas as sementes tem mostrado resultados favoráveis em suas características agrônômicas,

De acordo com Zimmer (2006) essas reduções observadas com o prolongamento do tempo de embebição pode estar relacionado com o fato da rápida absorção de água pelas sementes, os autores relatam que quando uma semente absorve água de forma abrupta não há tempo suficiente para a reestruturação da membrana, desse modo, as células não conseguem alcançar novamente um estado

de estrutura adequada, possibilitando a lixiviação de substâncias contidas nas sementes que influenciam no processo germinativo.

5. CONCLUSÃO

O fornecimento de micronutrientes via técnica de nutri-priming proporcionou aumento da qualidade fisiológica e vigor das sementes, sendo que, os tratamentos que continham Zn apresentaram os melhores resultados.

Períodos de embebição superiores a quatro horas causaram danos nas características das sementes avaliadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRANTES, F.L.; SÁ, M.E.; SOUZA, L.C. D.; SILVA, M.P.; SIMIDU H.M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; VALÉRIO FILHO, W.V.; ARRUDA, N. Uso de regulador de crescimento em cultivares de feijão de inverno. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.2, p.148-154, 2011.
- ALI, A. S.; ELOZEIRI, A. A. Metabolic Processes During Seed Germination. **Advances In Seed Biology**, [S.L.], p. 141-166, 6 dez. 2017. InTech. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.70653>.
- ALMEIDA, F. F. D.; ARAUJO, A. P.; ALVES, B. J. R. Seeds with high molybdenum concentration improved growth and nitrogen acquisition of rhizobium-inoculated and nitrogen-fertilized common bean plants. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 2, p.367-378, 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832013000200008>.
- ALVES, M. V.; VALENTINI, C. S.; VALENTINI, D. H.; MACIEL, C. G.; NAIBO, G.; NESI, C. N. Aminoácidos e micronutrientes no tratamento de sementes de soja. **Unoesc & Ciência – ACET**, Joaçaba, v. 9, n. 2, p. 99-104, 2018.
- ARUN, M. N.; HEBBAR, S. S.; BHANUPRAKAS, K.; SENTHIVEL, T. Seed priming improves irrigation water use efficiency, yield and yield components of summer cowpea under limited water conditions. **Legume Research - An International Journal**, [S.L.], n. , p. 864-871, 2017. Agricultural Research Communication Center. <http://dx.doi.org/10.18805/lr-3785>.
- BERNARD, A. C. de C.; BETTIOL, G. M.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G.; RABELLO, L. M. INAMASUS, R. Y. Ferramentas de agricultura de precisão como auxílio ao manejo de fertilidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 32, n. 1/2, p.205-221, 2015.
- BHOWMICK, M. K. Seed Priming: a low-cost technology for resource-poor farmers in improving pulse productivity. **Advances In Seed Priming**, [S.L.], p. 187-208, 2018. Springer Singapore. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-0032-5_11.
- BRADFORD, K.J. Water relations analysis of seed germination. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Decker., 1995. p.351-396.
- BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (ed.). **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília: Embrapa, 2018. 212 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. Disponível em: <www.agricultura.gov.br/assuntos/insumosagropecuarios/arquivos-publicacoes>. Acesso em: 24 mar. 2019.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 4. ed. Jaboticabal - SP: UNESP, 2000. 588p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. FUNEP: Jaboticabal, 2012. 590p.

- CASTRO, R. D.; HILHORST, H. W. M. **Embebição e reativação do metabolismo**. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Ed.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 149-162.
- CHAGAS, E.; ARAUJO, A. P.; ALVES, R. J. B.; TEIXEIRA, M. G. Seeds enriched with phosphorus and molybdenum improve the contribution of biological nitrogen fixation to common bean as estimated by ¹⁵N isotope dilution. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p.1093-1101, ago. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832010000400009>.
- CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Brasília: Conab, 2019. 149 p. V. 6 - SAFRA 2018/19- N. 6- Sexto levantamento | MARÇO 2019.
- COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**. 4. ed. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 2001. 488 p.
- CUNHA, S. G. S.; DAVID, A. M. S. S.; AMARO, H. T. R.; ALVES, D. D.; PORTO, E. M. V. Qualidade fisiológica de sementes de sorgo em resposta ao tratamento com fertilizante à base de zinco e molibdênio. **Revista Agrarian**, v. 8, n. 30, p. 351-357, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.30612/agrarian.v8i30.2979>.
- CUSTÓDIO, C. C.; MACHADO NETO, N. B.; MASSAKIITO, H.; VIVAN, M. R. Efeito da submersão em água de sementes de feijão na germinação e no vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.L.], v. 24, n. 2, p. 49-54, 2002.
- CUSTÓDIO, C. C.; MACHADO NETO, N. B.; MORENO, E. L. da C.; VUOLO, B. G. Water submersion of bean seeds in the vigour evaluation. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 3, p. 261-266, 2009.
- DANTAS, B. F.; ARAGÃO, C. A.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J.; RODRIGUES, J. D. Efeito da duração e da temperatura de alagamento na germinação e no vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Botucatu, v. 22, n. 1, p. 88-96, 2000.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, Manlio Silvestre (Ed.). *Nutrição Mineral de Plantas*. Viçosa: Sbc, 2006. Cap. 13. p. 328-352.
- DEUNER, C.; MENEGHELLO, G. E.; BORGES, C. T.; GRIEP, L.; ALMEIDA, A. S.; DEUNER, S. Rendimento e qualidade de sementes de soja produzidas sob diferentes manejos nutricionais. **Rev. de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 38, n. 3, p.357-365, 2015.
- DÖRR, C. S.; KOCH, F.; RADKE, A. K.; MIGLIORINI, P.; EBERHARDT, P. E. R.; VAHL, L. C. Qualidade fisiológica de sementes de feijão tratadas com zinco. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, [S.L.], v. 16, n. 4, p. 414-421, 8 mar. 2018. Universidade do Estado de Santa Catarina. <http://dx.doi.org/10.5965/223811711642017414>.
- EIRA, M.T.S.; CALDAS, L.S. Seed dormancy and germination as concurrent processes. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 12, p. 85-103, 2000.
- ERNANI, P. R.; BAYER, C.; MAESTRI, L. Corn yield as affected by liming and tillage system on an acid Brazilian Oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, n. 2, p. 305-309, 2002.
- FAOSTAT. **Crops**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 08 mai. 2019.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; SIDDIQUE, K. H. M. Micronutrient application through seed treatments: a review. **Journal Of Soil Science And Plant Nutrition**, [s.l.], v. 12, n. 1, p.125-142, 2012. SciELO Comision Nacional de Investigacion Cientifica Y Tecnologica (CONICYT). <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-95162012000100011>.

FAROOQ, M.; BRAMLEY, H.; PALTA, J. A.; SIDDIQUE, K. H. M. Heat Stress in Wheat during Reproductive and Grain-Filling Phases. **Critical Reviews In Plant Sciences**, [S.L.], v. 30, n. 6, p. 491-507, nov. 2011. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/07352689.2011.615687>.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

GEWEHR, E.; CORREA, O. de O.; SUNE, A. S.; DUARTE, G. B.; AMARANTE, L.; TUNES, L. V. M.; RODRIGUES, D. B. Treatment of soybean seeds with molybdenum and inoculant: nitrate reductase activity and agronomic performance. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 10, n. 1, p.186-194, 2019. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/cs.v10i1.2780>.

GOLO, A. L.; KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C. de; YAMASHITA, O. M. Qualidade das sementes de soja com a aplicação de diferentes doses de molibdênio e cobalto. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.L.], v. 31, n. 1, p. 40-49, 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-31222009000100005>.

GUERRA, M. E. C.; MEDEIROS FILHO, S.; GALLÃO, M. I. Morfologia de sementes, de plântulas e da germinação de *Copaifera langsdorfii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 4, p. 322-328, 2006.

HEYDECKER, W.; COOLBEAR, P. Seed treatments for improved performance - survey and attempted prognosis. **Ibid.** [S.L.], v. 5, p. 353-425, 1977.

HIGGINS, J.; TURNER, Y. J., 1975. Invigoration of seeds? **Seed Science and Technology** [S.l.] v. 3, p. 881-8, 1975.

HAESBAERT, F. M.; LOPES, S. J.; MERTZ, L. M. M.; LÚCIO, A. D.; HUTH, C. Tamanho de amostra para determinação da condutividade elétrica individual de sementes de girassol. **Bragantia**, v. 76, n. 1, p.54-61, 2017.

HAIDER, M. U.; HUSSAIN, M.; FAROOQ, M.; NAWAZ, A. Optimizing zinc seed priming for improving the growth, yield and grain biofortification of mungbean (*Vigna radiata* (L.) wilczek). **Journal Of Plant Nutrition**, [S.L.], v. 43, n. 10, p. 1438-1446, 2020. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2020.1730895>.

HARTWIGSEN, J.; EVANS, M.R. Humic acid seed and substrate treatments promote seedling root development. **Hortscience**, v.35, n.7, p.1231-1233, 2000.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola - Lavoura Temporária**. 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/pesquisa/14/10193>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

IMRAN, M.; BOELT, B.; MÜHLING, K.-H.. Zinc seed priming improves salt resistance in maize. **Journal Of Agronomy And Crop Science**, [S.L.], v. 204, n. 4, p. 390-399, 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jac.12272>.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2013. 431 p.

- KLIEWER, M.; EVANS, H.J. Cobamide coenzyme contents of soybean nodules and nitrogen fixing bacteria in relation to physiological conditions. **Plant Physiol.** v. 38, p. 99, 1963.
- KORNDORFER, G.H. **Elementos benéficos.** In: FERNANDES, Manlio Silvestre (Ed.). *Nutrição Mineral de Plantas.* Viçosa: Sbc, Cap. 14. p. 355-370, 2006.
- LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes.** Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.
- LEITE, U. T.; ARAUJO, G. A. de A.; MIRANDA, G. V. de.; VIEIRA, R. F.; PIRES, A. A. Influência do conteúdo de molibdênio na qualidade fisiológica da semente de feijão: cultivares Novo Jalo e Meia Noite. **Revista Ceres,** Viçosa, v. 56, n. 2, p. 225-231, 2009.
- LEMES, E. S.; MENDONÇA, A. O. de. Tratamento de sementes de soja com zinco: efeito na qualidade fisiológica e produtividade. **Colloquium Agrariae,** [s.l.], v. 13, n. 2, p.76-86, 23 ago. 2017.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science,** v. 02, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006, 638p.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 45, de 21 de setembro de 2013. Anexo XXIII - Padrões para produção e comercialização de sementes de feijão. (Phaseolus vulgaris L.).** Disponível em: http://www.lex.com.br/legis_24861657_InstruçãoNormativa_N_45_DE_17_de_setembro_de_2013.aspx. Acesso em 09/08/2020.
- MARCARELLO, A.; YANASHITA, O. M.; CARVALHO, M. A. C. de. Qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro em função da aplicação foliar de cobalto e molibdênio. **Global Science and Technology,** Rio Verde, v. 05, n. 02. P. 121 – 132, 2012.
- MARCHETTI, M. E.; GUERRA, C. A.; ROBAINA, A. D.; SOUZA, L. C. F. de; GONÇALVES, M. C.; NOVELINO, J. O. Qualidade fisiológica de sementes de soja em função da adubação com fósforo, molibdênio e cobalto. **Acta Scientiarum. Agronomy,** [S.L.], v. 28, n. 1, p. 91-97, 2006. Universidade Estadual de Maringá. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v28i1.1678>.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2.ed. London: Academic Press, 1995, 889p.
- NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas.** In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1999. p. 49-85
- OGAWA, N. S.; SENEME, A. M.; MENDONÇA, C. G.; FERRIANIA, A. P. Submersão de sementes de feijão do grupo preto e desenvolvimento inicial de plântulas. **Nucleus,** v.13, n.2, p. 283 – 289, 2016.
- OLIVEIRA, S.; TAVARES, L. C.; LEMES, E. S.; BRUNES, A. P.; DIAS, I. L.; MENEGHELLO, G. R. Tratamento de sementes de Avena sativa l. com zinco: qualidade fisiológica e desempenho inicial de plantas. **Semina: Ciências Agrárias,** v. 35, n. 3, p. 1131-1142, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n3p1131>
- PARDUCCI, S.; SANTOS, O. S.; CAMARGO, R. P. **Micronutrientes.** Biocrop. Campinas: Microquímica, 1989. 101 p.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do Solo e Adubação**. Piracicaba:Ceres: Potafós, 1991.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. **Seja o doutor do seu feijoeiro**. [S. L.]: Potafos, 1994. 7 v. Disponível em: [https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/article/BRS-3143/\\$File/Seja%20Feijoeiro.pdf](https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/article/BRS-3143/$File/Seja%20Feijoeiro.pdf). Acesso em: 28 fev. 2021.

ROUHI, H.R.; ABOUTALEBIAN, M.A.; SHARIF-ZADEH, F. Effects of hydro and osmopriming on drought stress tolerance during germination in four grass species. *International Journal of AgriScience*, v.1, p.107-114, 2011.

SÁ, M. E. **Importância da adubação na qualidade de sementes**. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. (Coord.), Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas. São Paulo: Ícone, 1994, 437p.

SAFYAN, N.; NADERIDARBAGHSHAHI, M. R.; BAHARI, B. The effect of microelementos spraying on growth, qualitative and quantitative grain corn in Iran. *Int. Res. J. Appl.* 2012. p. 2780 – 2784.

SANTOS-MOURA, S. da S.; GONÇALVES, E. P.; VIANA, J. S.; PAIVA, L. G.; MOURA, M. F. de. Potencial fisiológico de sementes de feijão tratadas com micronutrientes. *Diversitas Journal*, [S.L.], v. 4, n. 3, p. 1119-1129, 3 out. 2019. Galoa Events Proceedings. <http://dx.doi.org/10.17648/diversitas-journal-v4i3.836>.

SFREDO, G.J.; OLIVEIRA, M.C.N. de. Soja: Molibdênio e Cobalto. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 36p. (Embrapa Soja. Documentos, 322).

SHARMA, R. K.; AGRAWAL, M. “Biological effects of heavy metals: an overview.” *Journal of Environmental Biology*, v.26, n.2, p.301-313, 2005.

SHIVAY, Y. S.; SINGH, U.; PRASAD, R.; KAUR, R. Agronomic interventions for micronutrient biofortification of pulses. *Indian Journal Of Agronomy*, New Delhi, v. 61, n. 1, p. 161-172, 2016.

SYSTAT SOFTWARE, Inc. For windows, version 10.0. **SigmaPlot**, Chicago, Illinois, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TEIXEIRA, I. R.; BORÉM, A.; ARAÚJO, G. A. de A.; ANDRADE, M. J. B. de. Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta a adubação foliar com manganês e zinco. *Bragantia*, Piracicaba, v.64, n.1, p.83-88, 2005.

TUNES, L. M.; PEDROSO, D. C.; TAVARES, L. C.; BARBIERI, A. P. P.; BARROS, A. C. S. A.; MUNIZ, M. F. B. 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012000700001>

VIEIRA, R. F.; JUNIOR, T. J. P.; PRADO, A. L.; ARAUJO, R. F.; LEHNER, R. A. A aplicação foliar de molibdênio na fase de enchimento de vagens do feijão-comum pode reduzir a qualidade da semente. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 62, n. 4, p.415-419, 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201562040012>.