

Câmpus
Ipameri



Universidade
Estadual de Goiás



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

**EFEITOS DE FONTES E DOSES DE SELÊNIO NA PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DE GRÃOS DE FEIJÃO**

THIAGO FRANCISCO ROSA

MESTRADO

**Ipameri-GO
2023**

THIAGO FRANCISCO ROSA

**EFEITOS DE FONTES E DOSES DE SELÊNIO NA PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DE GRÃOS DE FEIJÃO**

Orientador: Prof. Dra. Mariana Pina da Silva Berti

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

FT422 Francisco Rosa, Thiago
e EFEITOS DE FONTES E DOSES DE SELÊNIO NA PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DE GRÃOS DE FEIJÃO / Thiago
Francisco Rosa; orientador Mariana Pina Da Silva Berti.
-- Ipameri, 2023.
51 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
Mestrado Acadêmico em Produção Vegetal) -- Unidade de
Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, 2023.

1. Ciências Agrárias. 2. Biofortificação de Plantas.
3. Phaseolus vulgaris. 4. Selênio. I. Pina Da Silva
Berti, Mariana, orient. II. Título.



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "FONTES E DOSES DE SELÊNIO NO FEIJÃO PARA BIOFORTIFICAÇÃO: EFEITOS NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE GRÃOS"

AUTOR(A): Thiago Francisco Rosa
ORIENTADOR(A): Mariana Pina Da Silva Berti

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

Prof^a. Dr^a. Mariana Pina Da Silva Berti (Orientadora)
Universidade Estadual de Goiás/ Unidade Universitária Ipameri- GO

Prof. Dr. Talles Eduardo Borges Dos Santos
Universidade Estadual de Goiás/ Unidade Universitária Ipameri- GO

Prof. Dr. Cleiton Gredson Sabin Benett
Universidade Estadual de Goiás/ Unidade Universitária Ipameri- GO

Data da realização: 28 de Abril de 2023

Registro de Declaração

Número: 198 Livro: R-01 Folhas: 03A



DEDICATÓRIA

À minha avó Maria Do Carmo De Freitas Rosa (in memoriam), que sempre falava com seu jeito meigo, “Estudo ninguém pode te tomar”, isso me ensinou que o melhor caminho para conquistar todos os meus sonhos, é a educação.

Ao meu pai Vicente Francisco Rosa, que sempre foi meu exemplo, entre erros e acertos o moderador das minhas ações, o acolhimento no desespero, a força na fraqueza, o cuidado na doença, mas principalmente meu grande apoiador e incentivador.

Dedico aos meus tios e padrinhos, Fausto Elias Rosa e Andréa Dahas Rosa, que fizeram parte da minha construção pessoal e sempre foram fundamentais para que eu continuasse com a minha busca profissional, além de oferecer todo suporte em momentos de dificuldade.

A minha prima Vitória Maria Dahas Rosa, por sempre oferecer acolento em momentos difíceis, entre os melhores conselho em longas conversas pode me proporcionar força para prosseguir na minha jornada.

Aos meus amigos de longa jornada Vinicius Marques Silva e Johnathan Elias Borba que mostraram que a amizade não é selada por contratos, mas por sentimentos que perduram pelo longo dos anos.

E por último e nao menos importante ao meu amor Nayara Coelho Rosa que atura cada surto e não me deixa cair nunca. A vocês eu dedico com todo amor!

Com muita admiração e respeito,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Se você está lendo esta página é porque eu consegui. E não foi nada fácil chegar até aqui. Desde o processo seletivo até a conclusão do Mestrado, percorri um longo caminho. Nada foi fácil, nem tampouco tranquilo. “A sola do pé conhece toda a sujeira da estrada” (provérbio africano). Agradeço a todos aqueles que sempre confiaram e acreditaram em mim.

Meu agradecimento à Universidade Estadual de Goiás pela oportunidade de crescimento tanto pessoal quanto profissional, e pela concessão de bolsa de estudos que possibilitou a realização desse projeto.

À minha orientadora, Mariana Pina Da Silva Berti que sempre me ajudou com todos meus questionamentos e me apoiou com minhas ideias, me conduziu nesta jornada contribuindo com meu crescimento, estando sempre disposta a atender as necessidades e propor soluções.

À Agrofava Sementes nos nomes de José Fava Neto, Bruno De Bittencourt Fava, Guilherme Favoreto por disponibilizar toda estrutura para que o projeto fosse devidamente conduzido.

Ao meu supervisor Engenheiro Agrônomo Rodrigo Cezar Cesco, que desde o início da minha jornada na empresa sempre trouxe importantes ensinamentos, tanto profissional quanto pessoal.

A equipe técnica de campo nos nomes de, Mario Celso de Souza, Gustavo Neves, Vivaldo Henrique, Paulo Henrique Gomes Da Silva, Franklim Caetano De Oliveira, Rodrigo Lopes, que me ajudou na condução e fez todo suporte necessário para desenvolvimento do projeto.

A equipe de laboratório que me ajudou na condução das avaliações de sementes no nome de Cleber Arnaldo Rodrigues.

Aos meus amigos Marcus Paulo Santos, Felipe Duarte Pereira, Victor Mosconi do Rosário, Matheus Rios Vaz, Thiago Royer, Rodolfo Silvério e Felipe Drummond que se solidificaram nos últimos anos desta minha jornada pessoal sendo responsáveis por me mostrar o quão importante é ter pessoas de confiança ao nosso lado.

Aos meus colegas de mestrado, em especial Taina Aparecida Alves, Tatiane Vaz Mesquita e Frederico Landim, obrigado pela boa convivência, e parcerias ao longo desse ciclo que se finaliza.

Àqueles que direta ou indiretamente torceram por mim e pela chegada desse momento.

Eu só tenho a agradecer!

“A Lei da Evolução é inexorável e fará com que todos cheguem ao destino. No entanto, cada qual viajará na exata velocidade da expansão do seu nível de consciência, que se modificará, seja por gosto ou imposição..”

[Lihat Lagi](#)

SUMÁRIO

SUMÁRIO	6
RESUMO	7
<i>Palavras-chave</i>	7
ABSTRACT	8
<i>Keywords</i>	8
1. INTRODUÇÃO	9
1.1 Revisão de literatura	12
1.1.1 <i>Cultura do Feijão (Phaseolus vulgaris L.)</i>	12
1.1.2 <i>Phaseolus vulgaris L. TAA DAMA</i>	13
1.1.3 <i>Nutrição de plantas: Selênio como elemento benéfico</i>	14
1.1.4 <i>Nutrição de plantas: Selênio no solo</i>	14
1.1.5 <i>Nutrição de plantas: Biofortificação agronomica de plantas com selênio</i>	15
2. OBJETIVO	17
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1 Delineamento experimental e tratamentos	19
3.2 Análises realizadas em campo	20
3.2.1- <i>Altura de planta após aplicação de selenio</i>	20
3.2.2- <i>Fitotoxicidade</i>	20
3.3 Análises realizadas em laboratório	20
3.3.1 <i>Produtividade</i>	20
3.3.2 <i>Classificação de peneiras</i>	21
3.3.3 <i>Peso Médio de sementes</i>	22
3.3.4 <i>Numero de Vagens e Sementes</i>	22
3.3.5 <i>Teste Tetrazolio</i>	22
3.3.6 <i>Teste de Germinação</i>	23
3.3.7 <i>Teste de Envelhecimento Acelerado</i>	23
3.3.8 <i>Teor de Selênio no grão</i>	24
3.4 Procedimentos Estatísticos	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
6. CONCLUSÃO	37
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

RESUMO

O feijão (*Phaseolus vulgaris*) é cultivado em praticamente todo o mundo e exerce uma grande importância para a população nos aspectos econômicos e culturais. Devido a crescente expansão populacional, aumento das ocorrências de estresses abióticos e bióticos é necessário o desenvolvimento de novas tecnologias de produção. A biofortificação com Se na cultura do feijão é uma estratégia que pode solucionar problemas na nutrição humana. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de fontes e doses de selênio via foliar na cultura de feijão. O estudo foi conduzido em Campo Alegre De Goiás – GO. O experimento foi instalado em delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 2x5, com quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. O primeiro fator refere-se à duas fontes de selênio (selenato de sódio – Na_2SeO_4 e selenito de sódio – Na_2SeO_3). O segundo fator as doses de selênio (0; 100; 200; 300; 400 e 500 g ha^{-1}). Foi avaliado dados referentes a altura de plantas, níveis de toxicidade, produtividade, classificação de peneiras, peso médio de sementes, número de vagens e sementes por planta, teste de viabilidade de sementes e teor de selênio no grão. Apesar dos resultados não apresentarem diferença significativa entre os tratamentos no que se refere ao número de grãos por planta, número de vagens e numero de grãos por vagem. A aplicação de Na_2SeO_4 na dose de 250 g ha^{-1} apresentou melhores resultados referentes produtividade. A aplicação tanto de Na_2SeO_4 quanto de Na_2SeO_3 proporcionou uma redução na altura das plantas de feijão e também apresentou sintomas de fitotoxicidade sendo mais intensos na fonte de Na_2SeO_3 . O melhor resultado referente a viabilidade de sementes na primeira contagem de sementes foi na dose de 330 g ha^{-1} . Foi possível aumentar o teor de Se em feijão, utilizando tanto Na_2SeO_4 quanto Na_2SeO_3 na adubação foliar. A biofortificação agronômica com Se em feijão é melhor alcançada na dose de de 414 g ha^{-1} ao se utilizar o Se na forma de Na_2SeO_4 , contudo não é a dose ideal visando a ingestão diária recomendada.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*; Selenato de Sódio; Selenito de Sódio.

ABSTRACT

Beans (*Phaseolus vulgaris*) are cultivated practically all over the world and have great importance for the population in economic and cultural aspects. Due to increasing population expansion, increased occurrences of abiotic and biotic stresses, it is necessary to develop new production technologies. Biofortification with Se in bean culture is a strategy that can solve problems in human nutrition. The objective of this work was to evaluate the effect of sources and doses of selenium via the leaves in the bean crop. The study was conducted in Campo Alegre De Goiás – GO. The experiment was set up in a randomized block experimental design in a 2x5 factorial scheme, with four replications, totaling 48 experimental plots. The first factor refers to two sources of selenium (sodium selenate – Na_2SeO_4 and sodium selenite – Na_2SeO_3). The second factor is selenium doses (0; 100; 200; 300; 400 and 500 g ha⁻¹). Data regarding plant height, toxicity levels, productivity, sieve classification, average seed weight, number of pods and seeds per plant, seed viability test and selenium content in the grain were evaluated. Although the results did not present a significant difference between the treatments regarding the number of grains per plant, number of pods and number of grains per pod. The application of Na_2SeO_4 at a dose of 250 g ha⁻¹ showed better results regarding productivity. The application of both Na_2SeO_4 and Na_2SeO_3 provided a reduction in the height of bean plants and also showed symptoms of phytotoxicity, being more intense in the source of Na_2SeO_3 . The best result regarding seed viability in the first seed count was at the dose of 330 g ha⁻¹. It was possible to increase the Se content in beans using both Na_2SeO_4 and Na_2SeO_3 in foliar fertilization. Agronomic biofortification with Se in beans is best achieved at a dose of 414 g ha⁻¹ when using Se in the form of Na_2SeO_4 , however it is not the ideal dose for the recommended daily intake.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*; Sodium Selenate; Sodium Selenite.

1. INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) é uma leguminosa cultivada em praticamente todo o mundo. De acordo com os dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), cerca de 130 países plantam o produto para abastecer o comércio interno e externo (SALVADOR, 2020). Este alimento exerce uma grande importância para a população brasileira nos aspectos econômicos e culturais, principalmente por ser um alimento que é fonte de proteína, vitaminas, ferro e sais minerais na dieta básica da população (ANJOS et al., 2017).

No Brasil, segundo dados da Conab, na safra 2022/23, o comparativo entre o fechamento dos dados do ano safra anterior com o atual, apesar de ter diminuído a área cultivada em um percentual de 1,8% alterando de 2859,3mil ha⁻¹ para 2807,1mil ha⁻¹ cultivados, obtivemos um aumento no fator produtividade de 1%, subindo de 1046 kg ha⁻¹ para 1056 kg ha⁻¹. Em Goiás a produtividade teve um aumento de 2,7% chegando a 2525 kg ha⁻¹. A justificativa para esse crescimento se deve ao fato das adequações tecnológicas permitirem melhor produção em menor quantidade de área, além disso a cultura é considerada de ciclo curto apresentando uma vantagem para o produtor, que consegue adequar o seu plantio conciliando com a produção de outros grãos ainda no mesmo ano-safra (CONAB, 2023).

Além disso devido a crescente expansão populacional, aumento da frequência de ocorrências de estresses abióticos (oscilações climáticas) e bióticos (doenças) são alguns dos fatores que vêm impulsionando o desenvolvimento de novas tecnologias de produção a serem adotadas para enfrentar os desafios da produção de alimentos e mitigar problemas inerentes à produção agrícola (BOSSOLANI et al., 2017).

Adubação correta, defensivos adequados, sementes de boa qualidade e manejo correto da irrigação podem proporcionar aumento no rendimento do feijoeiro em relação à média nacional (ROSA, 2018). De forma geral, há três tipos de adubação. A primeira é realizada diretamente no solo, como o nome indica, acontece pela adição do adubo diretamente no solo de cultivo. A segunda modalidade é a fertirrigação que consiste em uma técnica de adubação que distribui os nutrientes através da irrigação que pode ocorrer por micro irrigação (feita por gotejamento ou macro aspersão), aspersão, entre outras (MORAES, 2019).

Por fim, a terceira modalidade é a adubação foliar que é realizada através da adição de nutrientes diretamente nas folhas das plantas, por meio de pulverização, juntamente com a água de irrigação ou por pulverização aérea com aviões. O objetivo é que as folhas absorvam os nutrientes, distribuindo para o restante da planta. Essa técnica é utilizada por pequenos e grandes produtores agrícolas. A adubação foliar é uma técnica amplamente utilizada no campo na produção de grãos, em específico da cultura do feijão, principalmente para a correção imediata de deficiência (BALEN et al., 2015).

O estudo de nutrição de plantas estabelece quais são os elementos essenciais para o ciclo de vida da planta, como são absorvidos, translocados e acumulados, suas funções, exigências e

os distúrbios que causam quando em quantidades deficientes ou excessivas (CARDOSO et al., 2015). O selênio (Se) apesar de não ser um elemento essencial às plantas, constitui-se de um microelemento com papel nutricional essencial na saúde humana e animal (FAIRWEATHER-TAIT et al., 2011). A deficiência de selênio em humanos tem sido associada à disfunção da glândula tireoide, danos cerebrais irreversíveis, doenças vasculares periféricas, osteoartropatia crônica e degenerativa (doença de Kashin-Beck), resposta imunológica prejudicada a infecções virais, infertilidade masculina, pré-eclâmpsia em mulheres, doenças cardíacas e riscos mais elevados para vários tipos de câncer (RIAZ, 2012 e MEHMOOD, 2012).

O consumo de Se na dieta pode estar fortemente relacionado à disponibilidade de Se no solo (FAIRWEATHER-TAIT et al., 2011; RAYMAN, 2008), especialmente onde as populações dependem da produção local de alimentos em regiões com deficiência de Se. Existe uma recomendação de se ingerir cerca de 55 µg Se por dia, sendo o limite máximo permitido de 400 µg de Se dia. O alimento mais rico deste mineral é a castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*, família Lecythidaceae) apresentando concentrações entre 0,5 a 98 mg kg⁻¹. Ainda assim de acordo com os valores, não é possível definir uma quantidade ideal de consumo deste alimento devido à alta variabilidade de acordo com a região que for realizada a colheita (SILVA, 2016).

Alimentos como fruto do mar, carnes vermelhas, cogumelos, alho, brócolis e fígado são considerados boas fontes de selênio, e como fontes pobres em selênio pode-se considerar aves, ovos, leites (GIERUS, 2007). O Brasil é um dos maiores produtores de arroz polido, feijão, farinha de mandioca e fubá de milho, porém esses alimentos apresentam baixos teores de selênio, como foi observado em feijão e milho contribuindo muito pouco para a ingestão diária recomendada de selênio, entre 50 a 200 µg (FERREIRA et al. 2002).

No Brasil, a maioria dos solos são deficientes em Se, apresentando níveis de 0,01 a 0,2 mg kg⁻¹ (CARVALHO et al., 2019; LOPES et al., 2017; MIRLEAN et al., 2017). Essa deficiência no solo é atribuída a materiais originais pobres em Se (MATOS et al., 2017), bem como para intemperismo ativo condições que produzem solos desenvolvidos após perdas intensas por lixiviação, como nos Latossolos (LOPES & GUILHERME, 2016). A ingestão alimentar de Se pode ser aumentada por meio de biofortificação agrônômica de safras (MATHERS et al., 2017; CHILIMBA et al., 2012). A biofortificação pode ser realizada por meio do melhoramento genético convencional, ou seja, na seleção e cruzamento de plantas da mesma espécie, gerando cultivares mais nutritivos ou com aplicação de fertilizantes seja no solo ou pulverizações foliares (biofortificação agrônômica) (LOPES et al., 2017). Em particular, o sucesso da biofortificação agrônômica têm como alvo os alimentos básicos como a mandioca, o milho, a batata-doce, a abóbora, o arroz, o feijão e o trigo (CHILIMBA et al., 2014, CHILIMBA et al., 2012, BROADLEY et al., 2010).

O selênio ainda não foi classificado como um elemento essencial para as plantas, porém estudos tem mostrado efeitos benéficos deste elemento no metabolismo vegetal, pois pode promover o crescimento das plantas (BITTERLI et al., 2010), incluindo a manutenção da

estrutura e fluidez de cloroplastos e membranas plasmáticas (FILEK et al., 2010), diminuindo a genotoxicidade do metal (PRASAD et al., 2013), aumentando o rendimento da planta (JIANG et al., 2010), reduzindo o estresse oxidativo (DE ROSA et al., 2012), aumentando o potencial respiratório e protegendo as plantas de insetos, patógenos e herbívoros (FREEMAN et al., 2007). No entanto, os efeitos benéficos do selênio nas plantas existem apenas dentro de uma faixa de concentração específica (NATASHA et al., 2018). A princípio, a suplementação de Se foi constituída de 16 mg kg⁻¹ para cereais e hortaliças e de 6 mg kg⁻¹ para pastagens. Após diversas pesquisas, foi estipulado em 10 mg kg⁻¹ o teor de Se em fertilizantes (KAUR; SHARMA; NAYYAR, 2014; JEŽEK et al., 2012). Em elevadas concentrações, o Se tem desencadeado efeitos negativos nas plantas, com redução no crescimento e intensificação dos processos peroxidativos, ocasionando superprodução de espécies reativas de oxigênio- EROs (HAWRYLAK-NOWAK, 2013).

Cabe destacar que, nos programas de biofortificação com Se, deve-se levar em conta a forma de Se aplicada, uma vez que os solos intemperizados, com elevadas concentrações de óxidos de Fe e Al na fração argila, podem adsorver Na₂SeO₃ (Selenito de Sódio), o que reduz, conseqüentemente, sua disponibilidade para as plantas (ZHANG & SPARKS, 1990). Segundo Rovira et al. (2008), o Se na forma de Na₂SeO₃ pode sofrer adsorção específica com a hematita e a goethita e formar complexos de esfera-interna, o que pode torná-lo indisponível para as plantas. O mesmo não ocorre com o Se na forma de Na₂SeO₄ (Selenato de Sódio), que é estável em ambientes oxidados, muito móvel no solo e está prontamente disponível para as plantas. Além das diferenças de disponibilidade das formas de Se no solo, essas também diferem na absorção e na mobilidade do Se no interior das plantas, em que o Se do Na₂SeO₄ é mais facilmente transportado para a parte aérea, enquanto o Se do Na₂SeO₃ tende a acumular nas raízes das plantas (ZHANG et al., 2003).

Existem diferentes mecanismos de absorção e translocação do Na₂SeO₃ e Na₂SeO₄ pelos vegetais. Para a absorção do Na₂SeO₄, as plantas utilizam processos ativos, com gasto de energia; por sua vez, na absorção de Na₂SeO₃, ocorre o mecanismo de difusão, que é passivo (MATHERS et al., 2005). Estudos de Ramos et al. (2011) demonstraram que o Na₂SeO₄ é a forma indicada para a biofortificação de cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.), enquanto o Na₂SeO₃ é tóxico devido a rápida conversão em selenoaminoácidos, que depois poderão ser incorporados em proteínas de plantas (DENG et al., 2017).

Na cultura de soja a aplicação do selênio na forma de Na₂SeO₃ via foliar pode promover o acúmulo crescente deste elemento nos grãos, embora possa promover um efeito fitotóxico na planta (MARTINEZ, 2013). As plantas de soja quando pulverizadas com Na₂SeO₄ conseguem incorporar o selênio nas suas reações fisiológicas para que ele possa atuar como agente antioxidante. Esse processo ocorre em muitas outras plantas através da associação do aumento da atividade enzimática da superóxido dismutase e da glutathionaperoxidase (DJANAGUIRAMAN et al., 2005).

A biofortificação com Se na cultura do feijão é uma estratégia que pode solucionar problemas na nutrição humana. O uso da cultura do feijão como opção para biofortificação se justifica de maneira em que a oleaginosa é empregada diretamente na alimentação humana. Dessa forma, os produtos derivados do feijão enriquecido aumentariam a qualidade nutricional e, dessa forma, a biofortificação com Se em feijão, pode ser importante rota de aumentar o teor de Se nos alimentos em geral.

1.1 Revisão de literatura

1.1.1 Cultura do Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)

A espécie *Phaseolus vulgaris* é popularmente conhecido como feijão comum, é uma dentro das 55 espécies deste gênero. Originário das Américas, alguns autores defendem a idéia de que as variedades de feijões cultivados hoje em dia são resultadas de trabalhos extensos de domesticação de espécies primárias (FREITAS, 2006). O feijoeiro possui grande importância econômica, alimentícia e cultural em diversos países. O Brasil se destaca como o terceiro maior produtor mundial de feijão servindo como um dos pilares do agronegócio, o produto é cultivado em toda a extensão territorial brasileira 70% da produção total no país está concentrada nas pequenas propriedades rurais (CONAFER, 2020).

Além disso o feijão é uma leguminosa que possui importante papel na segurança alimentar, estando presente na alimentação diária dos brasileiros, sendo então a principal fonte de proteínas e nutrientes depois da proteína animal, possuindo também um bom teor de fibras, minerais e vitaminas (SGARBIERI; WHITAKER, 1982; MAPA, 2018). O teor de ferro nos grãos dessa fabaceae é semelhante ao encontrado em bovinos e também é uma boa fonte de cálcio, fósforo, potássio, magnésio, cobre e zinco (SÁMMAN et al., 1999; BARAMPAMA; SIMARD, 1993), sendo um dos alimentos mais consumidos no país.

O consumo brasileiro de feijão está em 17 kg pessoa ano e sua ingestão contribui com 28% de proteína e 12% de calorias (MAPA, 2018). Portanto, como este é um alimento básico da dieta alimentar brasileira e se apresenta como importante fonte de proteínas, o feijão pode ser viabilizado para suprir a deficiência de Se na população brasileira.

No Brasil, a semeadura do feijão-comum ocorre durante todo o ano, de acordo com as características ambientais de cada local. Vale ressaltar que, há no seu processo de produção a predominância de sistemas com baixo índice de adoção de tecnologia e insumos. A produção brasileira ocorre em três safras: na 1ª safra ou safra das águas, a semeadura é realizada entre agosto e outubro; a 2ª safra ou safra da seca, é realizada entre janeiro e abril; e a 3ª safra ou safra irrigada, a semeadura é realizada a partir de maio (CONAB, 2018)

No cultivo da 3ª safra é que ocorre o emprego de maiores tecnologias. É nessa safra também que se observa as maiores médias nacionais de produtividade. Em 2022, a 3ª safra foi responsável por ocupar uma área de aproximadamente 535,4 mil hectares, com produtividade média de 1056 kg ha⁻¹, em Goiás essa produtividade atingiu nível de 2525 kg ha⁻¹ (CONAB,

2023).

1.1.2 *Phaseolus vulgaris* L. TAA DAMA

Segundo o Registro Nacional de Cultivares (RNC), existem 372 cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. A cultivar TAA DAMA foi registrada no dia 08 de julho de 2013 no RNC sob o número de registro 31005, sob o mantenedor AGROPECUÁRIA TERRA ALTA S/S LTDA (BRASIL, 2019). Entretanto a genealogia do *Phaseolus vulgaris* L. cultivar TAA DAMA é desconhecida (RODRIGUES, 2018).

A cultivar TAA DAMA possui porte tipo III prostrado e indeterminado. A coloração da vagem na maturação de colheita é bege, a forma da semente é esférica, o brilho da semente apresenta-se opaco (Figura 1). A cor da flor é branca e ao iniciar o processo de caimento das pétalas a coloração passa a apresentar-se amarelada (Figura 2). O peso de 1000 sementes é de 283 gramas. O grupo comercial é carioca 23 e o ciclo, englobando a fase de emergência à maturação fisiológica é de 89 dias (MAPA, 2013).

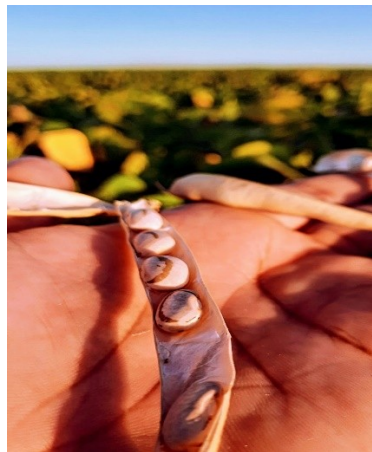


Figura 1- Sementes de feijoeiro cultivar TAA DAMA

Fonte: do proprio autor



Figura 2-Floração do feijoeiro cultivar TAA DAMA

Fonte: do proprio autor

O valor comercial da cultivar se destaca por algumas características importantes como a lentidão no escurecimento dos grãos, proporcionando maior tempo de prateleira e negociação do produto, produtividade e tempo de hidratação ideal, demandando menos tempo no preparo (RODRIGUES, 2018; SANTIS et al., 2019).

No manejo pós-colheita é imprescindível que os grãos sejam armazenados em locais protegidos da umidade e ar, pois pode ocasionar o desenvolvimento da radícula do grão, perdendo seu valor comercial. Quando armazenados incorretamente, pode ocorrer também o aparecimento de pragas e doenças no grão. (REGINATO, 2014).

1.1.3 Nutrição de plantas: Selênio como elemento benéfico.

Os registros sobre este elemento são muito antigos, sua classificação como um elemento químico, realizada pelo químico sueco Jöns Jacob Berzelius, é datada de 1817, por muito tempo, o Se foi relatado apenas como elemento tóxico, perigoso, responsável pela toxicidade nas plantas e animais e pela inviabilidade de áreas agrícolas, mas sua presença na terra é rastreada desde a origem da crosta terrestre em formação geológica específica, e as informações sobre doenças e desordens metabólicas causadas pela baixa ingestão de Se, assim como as ocorrências de intoxicações em áreas seleníferas, são datadas muito antes de sua classificação química (FARIA e KARP, 2015a).

O Se é um elemento não-metal, do grupo 6A, da família dos calcogênios. Pode ser encontrado na natureza em diversos estados de oxidação, incluindo selenato (SeO_4^{2-}), selenito (SeO_3^{2-}), selênio elementar (Se^0) e seleneto (Se^{2-}). Em solos alcalinos bem arejados é comum o Se aparecer na forma de selenato (SeO_4^{2-}), a qual é predominantemente absorvido pelas plantas. Em terras ácidas ou com pH próximo à neutralidade, o elemento frequentemente está presente como SeO_3^{2-} , podendo estar fixado ao ferro (Fe) e formar complexos com a matéria orgânica. Dependendo do pH, grau de aeração do solo e atividade microbiana, pode estar em diversos estados de oxidação. Na maior parte dos solos, seu conteúdo é baixo, sendo os solos ricos encontrados quase exclusivamente em regiões áridas, nas quais aparecem plantas acumuladoras ou seleníferas que podem acumular e tolerar altos níveis de Se (MALAVOLTA, 1980).

A estreita faixa entre teores benéficos e tóxicos de Se se mostra estreita, o que pode implicar tanto em benefícios quanto a danos à saúde humana, o que pode ter influencia na produção animal, e sua heterogênea distribuição na crosta terrestre são motivos que incentivam os estudos deste elemento e sua influência em muitas áreas da ciência. Pesquisas sobre o Se no solo e na nutrição de plantas no Brasil têm aumentado recentemente em resposta à necessidade de conhecimento sobre a atuação deste elemento nas culturas e nas condições edafoclimáticas brasileiras, ou seja, os teores nos solos brasileiros, a dinâmica desse elemento nos solos predominantemente intemperizados e, principalmente, a sua influência na produtividade e qualidade das culturas comerciais (FARIA & KARP, 2015b).

1.1.4 Nutrição de plantas: Selênio no solo.

A distribuição geográfica do Se na crosta terrestre não é uniforme, variando de áreas com elevados teores, conhecidas como regiões seleníferas, até áreas com teores muito baixos, sendo essa discrepância uma consequência da formação geológica, na qual se sabe que os maiores teores são encontrados em rochas, minerais, combustíveis fósseis e resíduos vulcânicos (COMINETTI, COZZOLINO, 2009a). A variação no teor de Se nos solos está entre 0,01 e 2,0 mg dm³, sendo que, geralmente, as áreas litorâneas possuem solos mais ricos, e as rochas mais pobres em Se são aquelas que possuem quantidades elevadas de basalto e granito. Há relatos de solos com até 500 mgdm³, no entanto, os elevados teores de Se impedem a exploração agrícola, limitam as espécies vegetais e podem causar danos aos animais silvestres ou domésticos que venham a pastear nessas áreas denominadas seleníferas (SILVA, et al. 2012).

Em contraste às áreas seleníferas, em áreas com solos contendo baixos teores de Se se observam desde baixos índices de produtividade até incidência de doenças em animais e seres humanos, como a doença do músculo branco em bovinos. Em humanos, a ausência ou baixa ingestão do mineral pode causar a doença de Keshan, como já comprovado na China, em regiões com solos contendo baixos teores de Se (COMINETTI, COZZOLINO, 2009).

Áreas com elevado teor de Se no solo, independentemente da causa, seja natural (origem geológica), seja por contaminação antropogênica (combustão de carvão, lodo de esgoto, cinzas, rejeito de minas, irrigação em áreas seleníferas). Solos com teores de Se acima de 5 mgdm³ representam riscos potenciais à saúde de animais selvagens que consomem a vegetação local, e às áreas adjacentes, que também podem ser afetadas pelo transporte do Se superficial por meio da água ou do vento (ZHAO, et.al. 2005). O consumo de alimentos com 1 a 5 mgkg de Se na matéria seca pode causar toxicidade em animais, conhecida como selenose, variando de crônica à aguda (WHITE, 2007).

Existem similaridades químicas entre Selênio (Se) e o Enxofre (S) que refletem em interações antagônicas no solo assim, recomendam a aplicação de materiais contendo S, tais como sulfato de amônio ou gesso, para redução dos níveis de Se na forragem (ROGERS, et.al. 1990).

O método de fitorremediação pode ser utilizado para amenizar os efeitos indesejados do excesso de Se no solo. A fitorremediação nada mais é do que o uso de plantas para extrair ou reduzir a presença de substâncias não desejadas, como metais pesados, agrodefensivos e óleos de um local, amenizando ou até eliminando o seu efeito poluente. Em vista da necessidade de reduzir os problemas com intoxicação animal, assim como o risco de contaminação antropogênica e estabelecer o usufruto de áreas improdutivas, devido aos elevados teores naturais de Se no solo, são necessárias mais pesquisas para fornecer subsídios para a redução da periculosidade das áreas seleníferas (FARIA, 2009).

1.1.5 Nutrição de plantas: Biofortificação agronomica de plantas com selênio.

A biofortificação agrônômica com a aplicação de Se via fertilizantes, visando o aumento de seu teor e biodisponibilidade nos alimentos, tem sido estudada como potencial forma de remediar os seus baixos teores nos solos (FARIA, 2015).

Estima-se que 15% da população mundial apresente deficiência de Se devido ao consumo de alimentos produzidos em áreas com baixos teores de Se no solo (WHITE, et.al 2007). A exigência do Se na nutrição animal e humana e os baixos teores nos solos agrícolas estimularam países como Finlândia, Austrália, Nova Zelândia e Estados Unidos a avançar no desenvolvimento de tecnologias de fertilizantes. O governo Finlandês exige, desde 1984, a adubação com formulações contendo Se, sendo 16 gramas para cereais e 6 gramas para forragens por tonelada de adubo.

Embora as respostas em produção não sejam empolgantes para o agricultor, deve-se considerar as consequências benéficas da biofortificação com Se, como ganhos em qualidade, resultando em incrementos do elemento nos alimentos, o que é refletido na saúde dos consumidores finais. No Brasil, o Se não está presente nas formulações de adubos minerais, embora na década de 90 uma empresa nacional tenha feito a tentativa frustrada de registrar este elemento como micronutriente junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. No entanto, a aplicação de Se via fertilizante no Brasil exigiria mudanças na legislação, que atualmente não inclui este elemento (BRASIL, 1982).

2. OBJETIVO

Avaliar o efeito de fontes e doses de selênio via foliar na cultura de feijão afim de biofortificação e influenciar nos componentes de produtividade e qualidade de sementes.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar componentes morfofisiológicos, nutricionais, produtividade e teor de selenio em grão de feijão sob associação de doses de selênio com duas fontes diferentes;
- Determinar níveis de toxicidade na planta, bem como influencia na altura e influência na germinação e vigor das sementes produzidas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido na safra de inverno no ano de 2022 em uma área irrigada por pivo central na fazenda Cothema (Figura 3) pertencente a sementes Agrofava, localizado na Rodovia BR 050, KM 179, S/N, Zona Rural, Campo Alegre de Goiás - GO, CEP 75795-000 e coordenadas geográficas: Latitude: -17,434884, Longitude: -47,748983, com altitude de aproximadamente 950 m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é definido como tropical úmido, apresentando temperaturas elevadas com chuvas no verão e seca no inverno, com temperatura média de 20°C (CARDOSO et al., 2014). O cultivo da área possui um histórico de cultivos de milho, soja, feijão destinados para venda de grãos e semente.

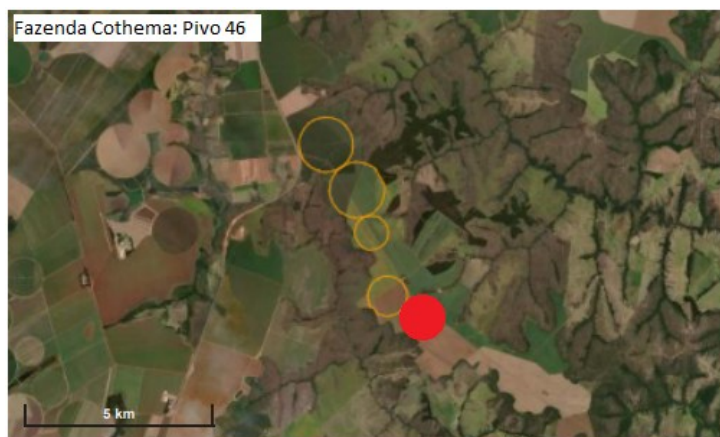


Figura 3- Imagem satélite Fazenda Cothema Pivo 46

Fonte: Google Maps . <https://goo.gl/maps/wYzv4QrvDJu>

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho ácrico (EMBRAPA, 2018). Antes da instalação do experimento, foi realizada análise química do solo sendo considerado a área do pivô de 79,74 hectares, na profundidade 0-20 centímetros. O laboratório realizou as análises seguindo o Manual de métodos de análise de solo (TEIXEIRA, 2017).

A amostragem foi feita com antecedência à adubação, com a possibilidade de fazer possíveis correções necessárias e de acordo com os resultados foi definida quanto a utilização de calcário. A adubação de semeadura para o feijão foi realizada de acordo com o Boletim CERRADO (SOUSA e LOBATO et al., 2004) para uma produção de 4t/ha.

A variedade de feijão utilizada foi o carioca TAA DAMA que possui ciclo que varia de 85 a 95 dias, seu porte é prostrado, atingindo uma altura da planta de 50 centímetros, quanto a forma do grão é considerada oblonga, com coloração bege claro e estrias claras. O peso de 1.000 grãos é de 280 gramas, e sua população final pode variar entre 180 a 220 mil plantas por hectare. Em relação à sua tolerância a doenças, é considerado susceptível a *Colletotrichum lindemuthianum* (Antracnose), moderadamente resistente a *Uromyces phaseoli* (ferrugem), moderadamente susceptível à *Phaeoisariopsis griseola* (Mancha Angular), moderadamente

resistente à *Erysiphe polygoni* (Oídio), moderadamente resistente à *Phaseolus vulgaris* (Bacteriose ou crestamento bacteriano).

A plantadeira foi regulada para obter 11 sementes por metro, tendo como resultado final o stand de 10 plantas por metro, conseqüentemente uma população de 200mil plantas por hectare. As sementes utilizadas foram adquiridas pela empresa SEPROTEC de Ribeirão Preto-SP, sendo previamente testadas em laboratório tendo obtido como resultado os valores de 95% germinação e 92% de vigor, além disso foi realizado o tratamento industrial das mesmas utilizando produtos químicos e biológicos.

O manejo de irrigação foi feito com base no percentual de umidade do solo mantendo se na faixa de 30%, seguindo as especificações do pivo, ao total contabilizando início ao fim da cultura tendo utilizado 328,19mm total (DOORENBOS e KASSAM, 1979).

Apartir dos levantamentos de populações de plantas daninhas infestantes o controle foi realizado de acordo com manejo de plantas daninhas na cultura do feijoeiro (COBUCCI, 2004).

As doenças por fitopatógenos que podem provocar danos na parte aérea, nas raízes, nos grãos e/ou sementes e podem contaminar o solo da área (FERREIRA et al., 2013). O controle de doenças foi executado com base no Manual de identificação das principais doenças do feijoeiro-comum (WENDLAND, 2018).

3.1 Delineamento experimental e tratamentos

Após o plantio o experimento foi instalado em delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 2x6, com quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. O primeiro fator refere-se à duas fontes de selênio (selenato de sódio – Na_2SeO_4 e selenito de sódio – Na_2SeO_3). O segundo fator serão seis doses de selênio (0; 100; 200; 300; 400 e 500 g ha^{-1}).

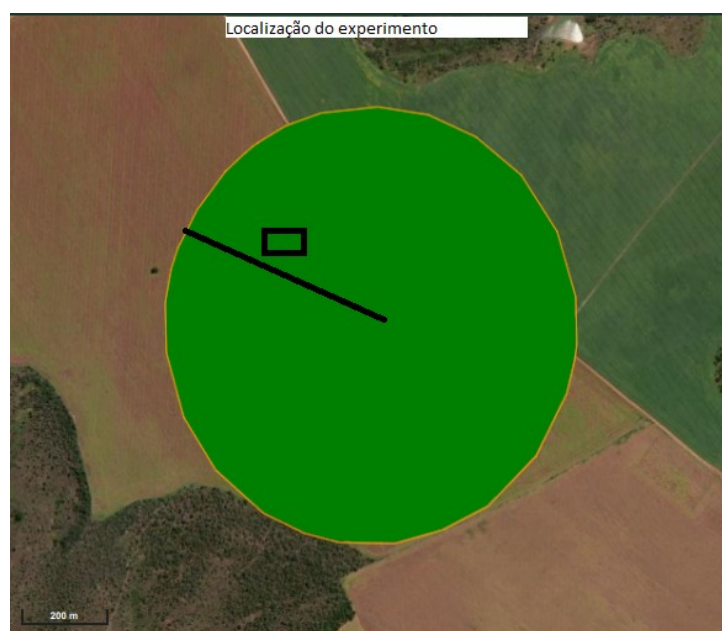


Figura 4- Fazenda cothema pivo 46- localização do experimento.

Fonte: Google Maps . <https://goo.gl/maps/wYzv4QrvDJu>

A unidade experimental foi constituída por seis linhas de 5 m, com espaçamento entre linhas de semeadura de 0,5 m. A área útil considerada foram as três fileiras centrais, desprezando 0,5 metros nas duas extremidades da parcela. Os tratamentos foram aplicados em apenas uma época distinta, que é durante o estágio vegetativo v4, tendo sido realizado na data 30 de abril de 2022. A aplicação de Se via foliar foi realizada utilizando-se pulverizador manual de pressão constante.

A colheita da área útil das parcelas foi realizada manualmente no dia 18/07/2022, posteriormente trilhada utilizando trilhadeira experimental estacionária. Foram separadas cinco plantas laterais de cada parcela.

3.2 Análises realizadas em campo

3.2.1-Altura de planta após aplicação de selenio

No dia 24/06/2022 foi realizada a medição de cinco plantas aleatorias de cada parcela, do solo até a ultima folha, utilizando uma trena métrica.

3.2.2-Fitotoxicidade

A fitotoxicidade foi avaliada por meio da observação visual, com atribuição de notas de acordo com os sintomas apresentados pelas plantas 21 dias após aplicação. As notas representaram a média de quatro repetições e foram atribuídas com base na escala de notas da European Weed Research Council (EWRC), conforme Melhorança (1984): 0- sem dano 1: sem dano; 2: pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em algumas plantas; 3: pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em muitas plantas; 4: forte descoloração (amarelecimento) ou razoável deformação, sem contudo, ocorrer necrose (morte do tecido); 5: necrose (queima) de algumas folhas, em especial nas margens, acompanhadas de deformação em folhas e brotos; 6: mais de 50% das folhas e brotos apresentando necrose (deformação); 7: mais de 80% das folhas e brotos destruídos; 8: danos extremamente graves, sobrando apenas pequenas áreas verdes nas plantas; 9: morte da planta.

3.3 Análises realizadas em laboratório

3.3.1 Produtividade

Para definir a produtividade em sacos/hectare e considerando cada saco de 60kg, foi considerado as 3 linhas centrais da parcela descartando 0,5 metros nas extremidades, portanto a area ficou sendo de 4 x 1,5 metros, posteriormente convertidos para hectares. Após trilhagem cada parcela foi devidamente pesada utilizando uma balança semianalítica de precisao da marca GEHAKA, modelo BK 4000 (figura 5), seguido do procedimento de determinação de umidade utilizando o aparelho da marca GEHAKA modelo G939 (figura 5).

O primeiro passo foi calcular a quebra de umidade pela fórmula:

$$QU = \left(\frac{100 - U_{mi}}{100 - U_{mf}} \right)$$

QU= Quebra de Umidade

Umi= Umidade Inicial

Umf=Umidade Final ou desejada

Posteriormente foi convertido o peso total da amostra para 15% de umidade em todas as parcelas utilizando a fórmula:

$$\text{Peso convertido} = P_{\text{total}} * QU$$

O passo seguinte foi definir a produtividade primeiramente em kilos por hectare e depois em sacos de 60 kilos por hectare, utilizando as fórmulas:

$$\text{Produtividade} = \left(\frac{P_{\text{conv}}}{1000} \right) * \left(\frac{1 \text{ ha}}{\text{Area}} \right) / 60$$



Figura 5- Medidor de umidade; balança de precisão

Fonte: do proprio autor

3.3.2 Classificação de peneiras

A classificação de peneiras foi realizada de acordo com a instrução normativa N°12 de março de 2008, seguindo Manual de Classificação de Feijão (KNABBEN & COSTA, 2012). Foi realizada a medição do peso de cada peneira, ou seja, 10 (4x22mm); 11 (4,25x22) e 12 (4,75x22mm) e também dos grãos quebrados e impurezas. Posteriormente convertidos em percentuais.

Foi retirado uma fração de duzentas gramas de cada parcela, posteriormente os grãos colhidos em cada parcela foram classificados em peneiras com furos oblongos de número 10 (4,75 x22 mm), 11 (4,25 x 22 mm), 12 (4,00 x 22 mm), para determinação da produção de grãos retidos em cada peneira. Com o objetivo de obter uma classificação de cada parcela para posterior comparação, a massa dos grãos retidos em cada peneira foi convertida para percentual da amostra total. Essas medidas foram estabelecidas em razão da exigência da indústria

empacotadora e do mercado consumidor (CARBONELL et al., 2010).

3.3.3 Peso Médio de sementes

O calculo do peso médio de sementes (PMS) foi obtido pela seguinte forma:

O primeiro passo foi calcular a quebra de umidade pela fórmula:

$$QU = \left(\frac{100 - U_{mi}}{100 - U_{mf}} \right)$$

QU= Quebra de Umidade

U_{mi}= Umidade Inicial

U_{mf}=Umidade Final ou desejada

E posteriormente, foi pesado 100 grãos de cada parcela na balança de semianalitica de precisão, feito esta etapa foi convertido o peso para 15% de umidade, pela fórmula:

$$\text{Peso convertido} = P_{total} * QU$$

3.3.4 Numero de Vagens e Sementes:

Número de vagens por planta (NVP): foram coletadas dez plantas ao acaso da área útil. O número de vagens por planta foi obtido pela relação entre o número total de vagens e o número de plantas coletadas de cada parcela;

- Número de grãos por plantas (NGP): foi obtido pela relação entre o número total de grãos e as dez plantas coletadas da área útil de cada parcela.

3.3.5 Teste Tetrazolio

Para realização deste teste foi utilizado o laboratório de sementes pertecente ao grupo Agrofava. Entre os testes de para determinação de germinação e vigor das sementes de feijão, um deles foi o teste tetrazolio que foi obtido seguindo Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de feijão (DIAS, 1999).

No teste de tetrazólio, as sementes foram embebidas em uma solução incolor de 2,3,5 trifenil cloreto de tetrazólio, usada como um indicador para revelar o processo de redução do oxigênio que acontece dentro das células vivas. Por meio desta reação foi estimado o vigor, viabilidade, e também foi diagnosticado danos causados por insetos e por umidade além de detectar danos mecânicos de colheita e/ou beneficiamento das sementes. Neste processo, os íons de H⁺ liberados durante a respiração dos tecidos interagem com o tetrazólio, o qual é reduzido a um composto vermelho, estável e não difusível chamado de trifenil formazan. Como esta reação se processa no interior das células vivas e o composto não se difunde, há nítida separação dos tecidos vivos e coloridos que respiram, daqueles mortos que não colorem.

No teste de tetrazólio, as sementes foram classificadas de acordo com as porcentagens de danos mecânicos, deterioração por umidade e danos causados por percevejos. Uma vez que as

porcentagens de danos nestas classes indicam a porcentagem de perda de viabilidade, as porcentagens de danos podem ser consideradas sem restrição quando inferiores a 6%, com problema sério quando entre 7% e 10% e com problema muito sério quando superiores a 10% (FRANÇA NETO et al., 1998).



Figura 6- Teste tetrazólio em sementes de feijão.

Fonte: Fonte: do proprio autor.

3.3.6 Teste de Germinação

Os testes foram instalados com cinco repetições de 50 sementes por lote, em rolos de papel umedecidos com água deionizada, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, à temperatura de 25°C. As contagens foram feitas aos 4 e 7 dias (BRASIL, 1992).

O germinador utilizado foi uma câmara vertical, tipo B.O.D., contendo 10 prateleiras removíveis de arame, controle de temperatura, circulador de ar, através de ventoinha contínua e difusor vertical, com água na cuba superior e inferior. Durante a realização do experimento, todas as prateleiras do germinador foram ocupadas pelos sacos plásticos dispostos na posição horizontal.



Figura 7- Teste rolo de papel em sementes de feijão.

Fonte: do proprio autor

3.3.7 Teste de Envelhecimento Acelerado

O teste de envelhecimento acelerado foi conduzido de acordo com o método tradicional, utilizando-se 40 mL de água destilada como citado em Association of Official Seed

(ANALYSTS, 1983). Cada amostra de sementes (45 gramas) foi distribuída, formando cama única, sobre a superfície de tela metálica, suspensa no interior de caixa de plástico transparente (11 x 11 x 3 cm), contendo 40 mL de água destilada. As caixas foram mantidas em incubadoras tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) reguladas a 42 °C, por 48 horas (DUTRA; TEÓFILO, 2007). Após o envelhecimento, as sementes foram submetidas ao teste de germinação. As avaliações das plântulas normais foram realizadas no quinto dia após a semeadura (BRASIL, 2009).

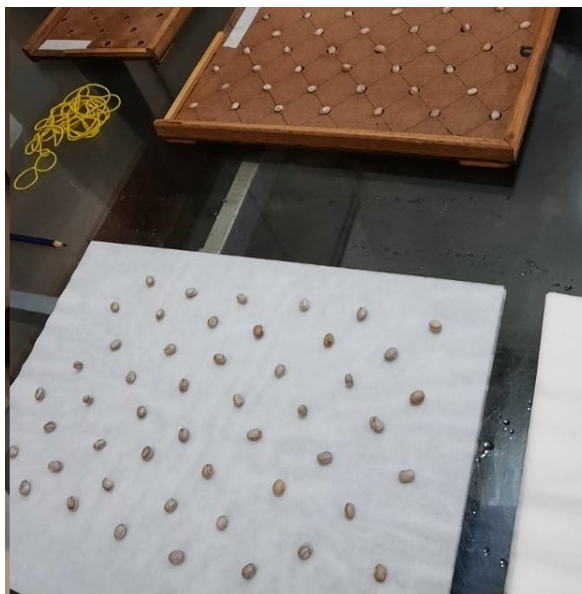


Figura 8- Separação de sementes de feijão para teste de envelhecimento acelerado.

Fonte: do proprio autor

3.3.8 Teor de Selênio no grão

Foi retirado amostras de cada parcela experimental e enviadas para o laboratório pertencente a empresa Soloquimica no municipio de Brasilia-DF, para determinação da quantidade de selenio no grão foi obtida usando um espectrômetro de emissão óptica com plasma induzido por micro-ondas (MP-AES 4200, Agilent Technologies) equipado com um sistema de introdução de amostra multimodal (MSIS), configurado para geração de hidretos. A otimização das condições de operação do equipamento foi realizada com padrão de Se a 10 µg/L. O software MP Expert realiza a otimização da pressão de nebulização e a altura de visualização do plasma automaticamente para o analito (AGILENT TECHNOLOGIES, 2014).



Figura 9- Espectrômetro de emissão óptica MP-AES 4200, Agilent Technologies

Fonte: <https://www.agilent.com/cs/library/specifications/public/5991-3445PTBR.pdf>

3.4 Procedimentos Estatísticos

Todos os dados foram submetidos à análise de variância, sendo o fator quantitativo (doses de Se) submetido a ajuste de regressão polinomial (modelos linear e quadrático) e o fator qualitativo (fontes de Se) a comparação de médias pelo teste de Tukey. Todas as análises serão realizadas com auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1, verifica-se que não obteve diferença significativa para as características analisadas número de grãos/ planta, número de vagens/ planta e número de sementes/ vagem, efeitos semelhantes foram constatados por Martinez (2009) na cultura de soja, indicando estar correlacionados, contudo quando observamos a massa de cem grãos e a produtividade em sacos por hectare, obtivemos diferenças significativas para interação dose x fonte de aplicação, sendo possível inferir que a produtividade foi afetada pela massa de cem grãos, e não pelos demais fatores analisados. Resultados semelhantes já foram obtidos por Corbo (2014), os quais na cultura de feijão o mesmo não obteve diferença significativa em relação ao número de grãos por planta.

Tabela 1. Número de grãos/ planta, número de vagens/planta, número de sementes/ vagem, massa de 100 grãos e produtividade em sacos/ hectare de feijão cultivada na safra de “inverno” em função de doses e fonte de aplicação de selênio. Agrofava, Campo Alegre -GO (safra 2022/2023).

Dose de Selênio (g/ha)	Número de grãos/ planta	Número de vagens/planta	Número de sementes/ vagem	Massa de 100 grãos (gramas)	Produtividade (sacos/hectare)
0	88,6	16,27	5,42	24,91	51,22
100	83,62	15,9	5,24	25,58	54,25
200	78,77	14,57	5,32	25,79	52,87
300	70,1	14,36	4,86	23,53	48,84
400	75,5	15,32	4,91	22,41	45,77
500	77,58	15,5	5,01	22,01	41,14
Fonte de Aplicação					
Na ₂ SeO ₄	84,57	16,24	5,20	25,81	55,74
Na ₂ SeO ₃	73,45	14,4	5,06	22,26	42,29
CV(%)	19,36	15,5	8,22	4,57	12,54
Dose	1,41 ^{ns}	0,77 ^{ns}	2,38 ^{ns}	17,52 ^{**}	5,07 ^{**}
Fonte	6,29 ^{ns}	7,20 ^{ns}	1,23 ^{ns}	125,64 ^{**}	57,58 ^{**}
Dose*Fonte	1,27 ^{ns}	1,66 ^{ns}	0,28 ^{ns}	7,75 ^{**}	4,24 ^{**}

* e ** Significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente, e ^{ns} - Não significativo. CV%: coeficiente de variação.

As Figuras 10 e 11 nos indica que aplicação de Se na fonte de Na₂SeO₃ influenciou negativamente a massa de 100 grãos e a produção de grãos do feijoeiro em estudo. Verificou-se que com aumento das doses aplicadas, houve diminuição da massa de 100 grãos (Figura 10) e da produção de grãos da cultura (Figura 11). Essa redução na produção de grãos pode estar relacionada a substituição do enxofre (S) por Se nos aminoácidos cisteína e metionina, formando

os análogos selenocisteína e selenometionina. Essa substituição ocorre pelo fato do Se ser facilmente absorvido pelas plantas através dos transportadores de sulfato devido a suas semelhanças químicas e altera a síntese e função de aminoácidos e proteínas nos tecidos vegetais (ZHU et al., 2009).

Azpilcueta-Pérez(2022), por outro lado já obteve resultados na cultura os quais foram significativos em relação ao peso médio de grãos.

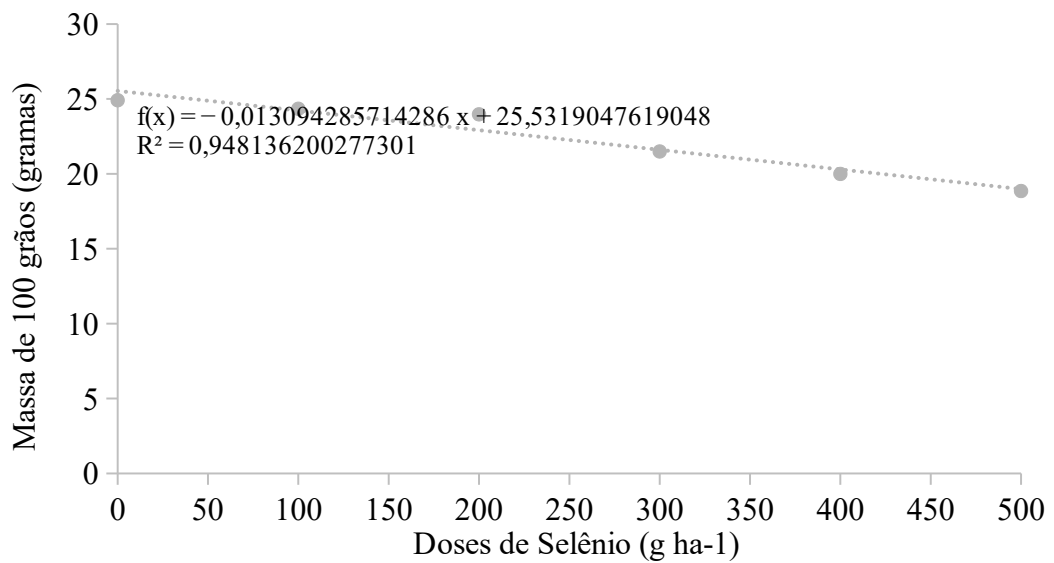


Figura 10. Efeito do Se na variação da massa de 100 grãos em gramas em função das doses de aplicação de selênio. Agrofava, Campo Alegre -GO (safra 2022/2023).

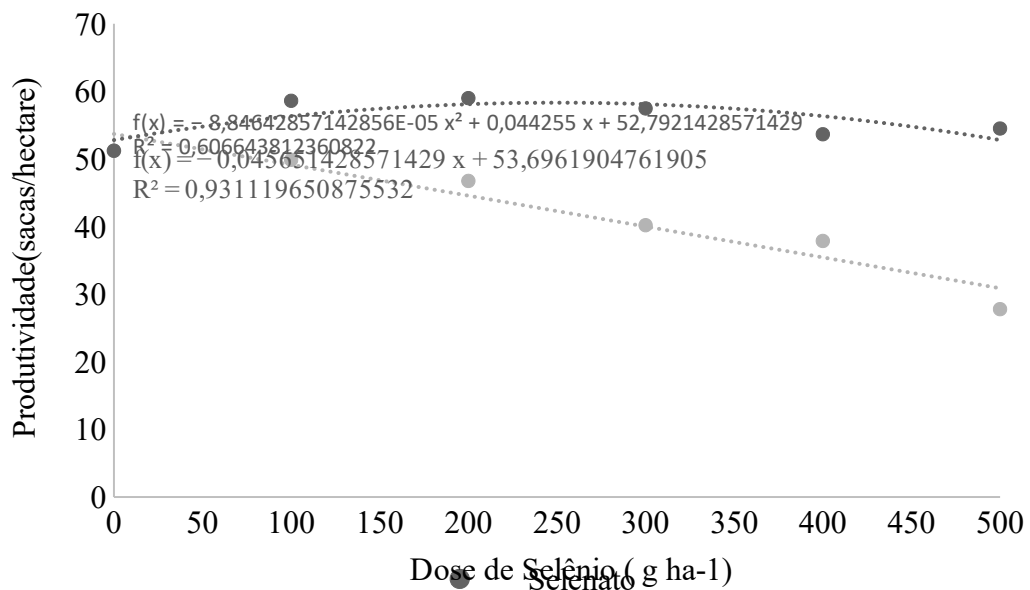


Figura 11. Produtividade em função das doses de selênio para a fonte Na₂SeO₄ e Na₂SeO₃. Agrofava, Campo Alegre -GO (safra 2022/2023).

Verifica-se na Figura 11 que a produtividade apresentou resposta crescente até a dose de 250g ha⁻¹, a qual proporcionou aumento de quanto aplicou o Na₂SeO₄. Esse fato deve-se, possivelmente, a maior eficiência em redistribuir esse elemento para os grãos, ao se utilizar na forma de Na₂SeO₄.

Esses resultados corroboram com os obtidos por BOLDRIN (2011) para arroz, RAMOS et al. (2011) para alface, REZENDE et al. (2011) para soja, e LANZA (2019) para feijão caúpi, os quais relataram aumento da produção de grãos com o aumento de Se na forma Na₂SeO₄.

A aplicação de Na₂SeO₄ também foi benéfico para a produção de trigo, e foi relacionado com a redução do estresse oxidativo (AHMAD et. al., 2015). Outros autores também demonstram que o aumento do teor de carboidratos e a maior eficiência dos compostos nitrogenados refletem no aumento da produtividade (NAWAZ et al., 2014).

Segundo TURAKAINEN et al. (2005) a utilização de selênio em baixas concentrações aumenta a atividade antioxidante das plantas, levando assim a uma maior produção vegetal. Houve divergências com os outros estudos relacionados a dose, pois houve diminuição da produtividade para a cultura do feijão nas doses de Se a partir de 250 g ha⁻¹.

De acordo com a Tabela 2, verifica-se que houve diferenças significativas para interação dose x fonte de aplicação para a classificação dos grãos nas peneiras 12, 11 e 10. Já para os quebrados houve efeito significativo somente para fonte de aplicação.

Tabela 2. Classificação de grãos de feijão por peneira. Feijão cultivada na safra de “inverno” em função de doses e fonte de aplicação de selênio. Agrofava, Campo Alegre -GO (safra 2022/2023).

Dose de Selênio (g/ha)	Peneira 12 (%)	Peneira 11 (%)	Peneira 10 (%)	Quebrados (%)
0	80,64	10,41	1,41	7,52
100	80,33	8,78	2,25	8,62
200	81,50	8,52	2,32	7,63
300	81,17	7,41	2,26	9,14
400	80,85	8,29	2,37	8,47
500	77,59	9,69	2,90	9,80
Fonte de Aplicação				
Na ₂ SeO ₄	81,42	8,73	2,14	7,69b
Na ₂ SeO ₃	79,28	8,97	2,36	9,37 ^a
CV(%)	3,85	18,01	33,04	26,29
Dose	1,66 ^{ns}	3,55 ^{**}	3,33 [*]	1,21 ^{ns}
Fonte	5,73 [*]	0,28 ^{ns}	1,03 ^{ns}	6,69 [*]
Dose*Fonte	4,81 ^{**}	4,83 ^{**}	3 [*]	2,49 ^{ns}

Médias seguidas por letras iguais e sem letras, na coluna, dentro de cada parâmetro não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. * e ** Significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente, e ^{ns} - Não significativo.

De acordo com a Figura 12, obtém-se resultado decrescente sob efeito do Na_2SeO_3 , a medida que se aumenta as doses os grãos retidos nas peneiras que indicam melhor qualidade (peneira 12) diminuíram. Estes resultados se relacionam com os estudos de MARTINEZ et. al (2013) que detectou redução da produtividade de grãos de soja com a aplicação de Se na forma Na_2SeO_3 , o que possivelmente pode ter ocorrido devido diminuição do diâmetro do grão.

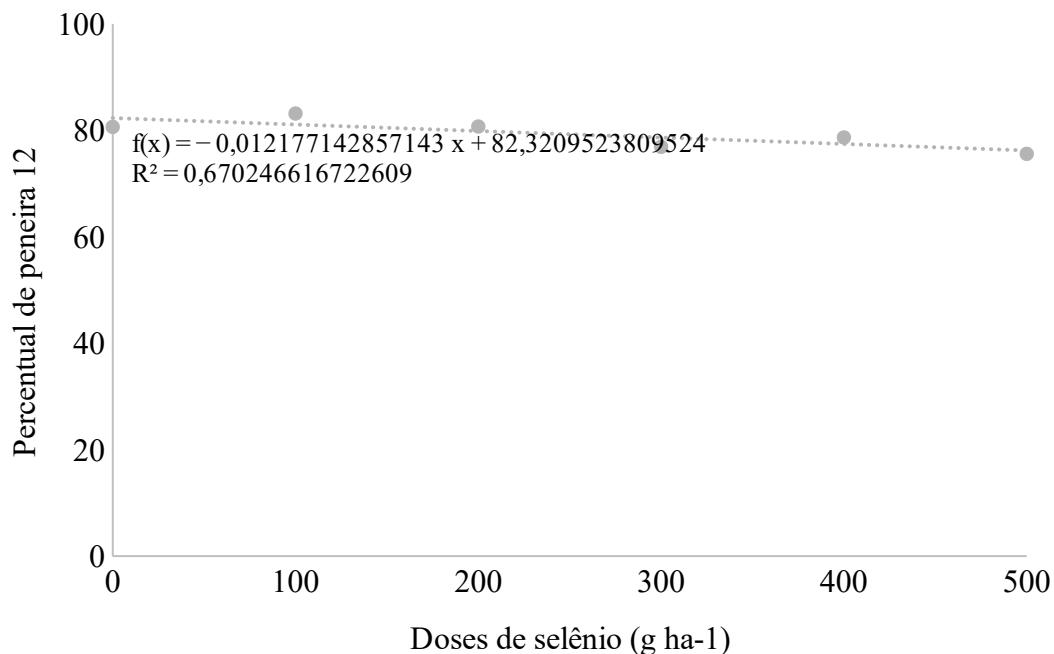


Figura 12- Efeito de diferentes fontes de Se no percentual de peneira 12 em função das doses. Agrofava, Campo Alegre -GO (safra 2022/2023).

Quando observamos a Figura 13, ao contrário dos outros gráficos foi necessário calcular o ponto de mínimo do gráfico obtendo o resultado de 297 g ha⁻¹, indicando que até este ponto o Na_2SeO_4 tem efeito de diminuição da peneira 11, porém após aumentar a dose teremos um efeito crescente. Tal fato se relaciona analisando a peneira 10 (Figura 14) que aumentou seu nível percentual indicando diminuição na qualidade de grãos, ou seja a medida que aumenta o percentual de peneira 10, diminui-se o percentual de peneira 11, conforme Figuras 13 e 14.

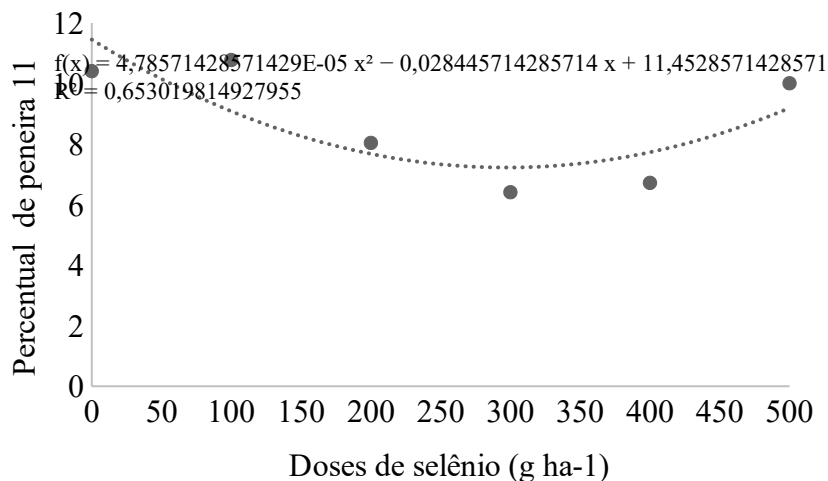


Figura 13- Efeito de diferentes fontes de Se no percentual de peneira 11 em função das doses.

Agrofava, Campo Alegre -GO (safra 2022/2023).

Na Figura 14, quando observamos o efeito do Na_2SeO_3 no percentual de peneira 10, obtivemos um efeito crescente e após calcular o ponto máximo, obteve-se o resultado de 472 g ha^{-1} até este ponto, posteriormente o gráfico se torna decrescente, diminuindo o percentual desta peneira, visto que tivemos menor volume de peneira 12 e também aumenta o volume da peneira de menor qualidade (peneira 10) e também o número percentual de grãos quebrados, tal fato pode ser explicado pelo fato da diminuição da largura e diâmetro e conseqüentemente perda na qualidade de sementes segundo (CARBONELL ET AL., 2008, 2010).

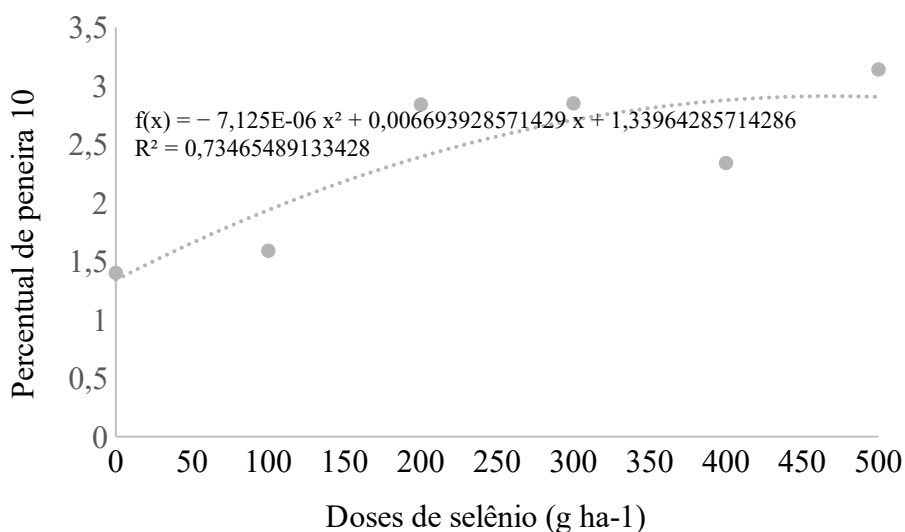


Figura 14- Efeito de diferentes fontes de Se no percentual de peneira 10 em função das doses. Agrofava, Campo Alegre -GO (safra 2022/2023).

De acordo com a tabela 3, verifica-se que não obteve diferença significativa para a característica analisada altura de plantas antes da aplicação de selênio, contudo quando observamos a altura de plantas 21 dias após a aplicação de selênio e as notas visuais de fitotoxicidade, verificamos diferenças significativas para interação dose x fonte de aplicação (Figura 15 e 16).

Tabela 3. Altura de plantas antes e após aplicação de selênio e notas de fitotoxicidade. Feijão cultivada na safra de “inverno” em função de doses e fonte de aplicação de selênio. Campo Alegre/GO. 2022.

Dose de Selênio (g/ha)	Altura de plantas 21 dias após a aplicação de selênio (cm)	Notas visuais de Fitotoxicidade
0	53,82	0
100	49,1	2,31
200	46,2	2,50

300	45,38	3,80
400	41,21	5,06
500	38,83	5,28
Fonte de Aplicação		
Na ₂ SeO ₄	46,76	1,12
Na ₂ SeO ₃	41,75	5,19
CV(%)	8,1	24,7
Dose	16,92**	51,64**
Fonte	56,13**	326,39**
Dose*Fonte	5,3**	20,11**

* e ** Significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente, e ^{ns} - Não significativo.

Quando analisamos a figura 15, podemos verificar que temos um gráfico linear com uma linha de tendencia decrescente, ou seja independente da fonte a medida que se aumenta a dose, as plantas de feijão diminuem seu tamanho, sendo mais afetada na fonte de Na₂SeO₃.

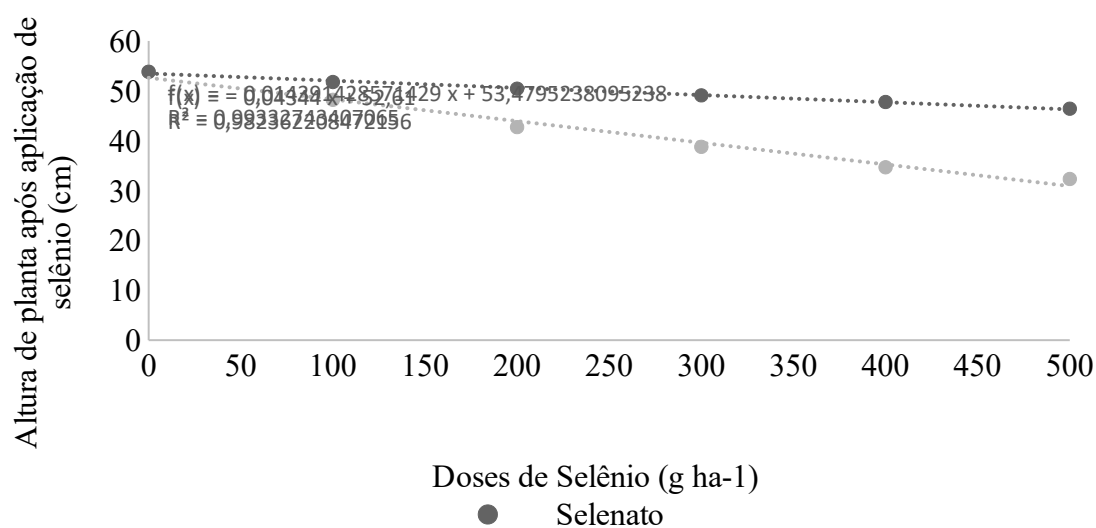


Figura 15. Altura de plantas 21 dias após aplicação de selênio em função das doses de selênio para a fonte Na₂SeO₄ e Na₂SeO₃. Agrofava, Campo Alegre -GO (safra 2022/2023).

Na figura 16, também temos um gráfico linear, porém com linha de tendencia ascendente, isso porque quanto maior o valor da nota de fitotoxicidade, indica que a planta está com evidentes sinais de clorose das folhas que sob altas concentrações de selênio aplicados na forma de Na₂SeO₄, isso ocorre devido à inativação da atividade da porfobilinogênio sintase, a inibição desta enzima implica em alterações patológicas decorrentes da inibição da rota de biossíntese heme e ainda resultar no acúmulo do substrato ALA (ácido delta-aminolevulinico), o qual pode ter atividade pró oxidante por estar envolvido na produção de espécies ativas de oxigênio (PADMAJA et al., 1989). Segundo TURAKAINEN et al., (2005), altas concentrações de selênio nas plantas causam toxidez foliar e ativam reações oxidativas, além de aumentar a peroxidação lipídica.

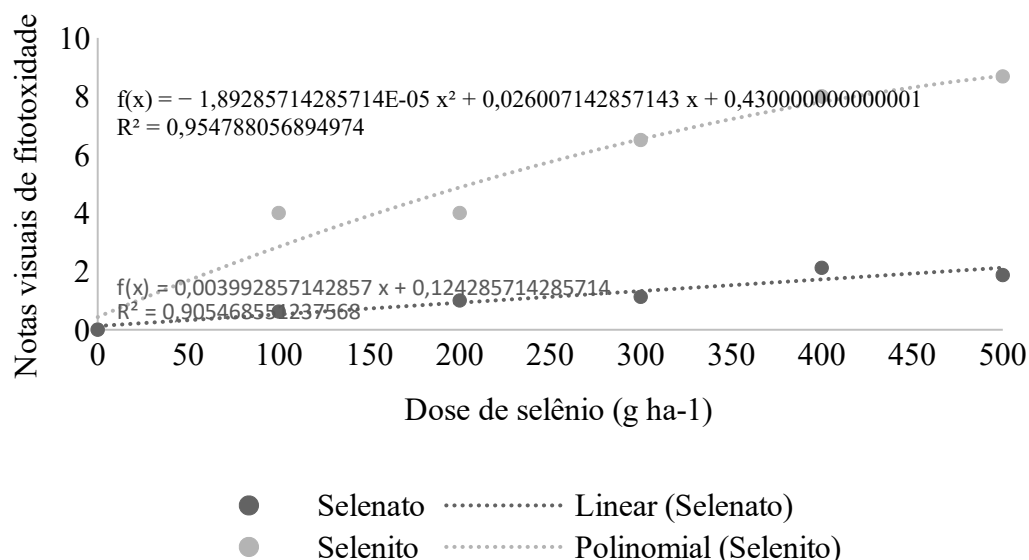


Figura 16. Notas visuais de fitotoxicidade 21 dias após aplicação de selênio em função das doses de selênio para a fonte Na₂SeO₄ e Na₂SeO₃. Agrofava, Campo Alegre -GO (safra 2022/2023).

A justificativa para níveis de fitotoxicidade e alteração na altura de plantas pode ser compreendida pelo fato do selênio ser quimicamente semelhante ao enxofre (S) (NAZ et al., 2015). Portanto, ambos os elementos compartilham uma via metabólica comum pelas plantas durante o processo de translocação por meio de transportadores de sulfato na membrana plasmática (ZHANG et al., 2003; SORS et al., 2005 ; LI et al., 2008).

A substituição do S pelo Se pode resultar na inativação da proteína ou enzima causando sintomas de toxidez como: redução do crescimento, clorose das folhas e decréscimo da síntese proteica e a morte prematura da planta. Outro ponto a considerar é que as plantas não acumuladoras de Se, não apresentam capacidade de sintetizar o Se em aminoácidos solúveis (menos fitotóxicos), provocando assim toxidez e ativação das reações oxidativas (MACEDO e MORRIL, 2008).

De acordo com a Tabela 4, verifica-se que houve diferenças significativas para interação fonte*dose, somente para a primeira contagem de germinação, uma vez que para os demais testes não foi observado diferença significativa entre os tratamentos, a diferença para os outros testes pode ser justificada pelo fato de estar relacionado a viabilidade de sementes enquanto que a primeira contagem está correlacionada à germinação.

Efeitos semelhantes foram encontrados por CORBO (2014), que relatou efeito fitotóxico na aplicação do selênio via solo na semeadura causando a não germinação e morte prematura das plântulas, e afetando assim o desenvolvimento da cultura. Essa baixa produtividade e crescimento das plantas podem ser devido à da dose aplicada ou a forma de aplicação.

Tabela 4- Teste tetrazolio; primeira contagem de germinação, germinação total e envelhecimento acelerado. Feijão cultivada na safra de “inverno” em função de doses e fonte de aplicação de selênio. Campo Alegre/GO. 2022.

Dose de Selênio (g/ha)	Teste tetrazolio (%)	Primeira contagem de germinação (%)	Germinação total (%)	Envelhecimento Acelerado (%)
0	82,75	80,50	100	100
100	84,87	80	100	100
200	85,12	88,87	100	100
300	85,25	90,75	100	100
400	83,37	88,37	100	100
500	89,37	87,87	100	100
Fonte de Aplicação				
Na ₂ SeO ₄	83,45	83,37	100	100
Na ₂ SeO ₃	86,79	88,75	100	100
CV(%)	6,75	4,42	0	0
Dose	1,303 ^{ns}	11,73**	1.0E+0009 ^{ns}	1.0E+0009 ^{ns}
Fonte	4,04 ^{ns}	23,93**	1.0E+0009 ^{ns}	1.0E+0009 ^{ns}
Dose*Fonte	3,65 ^{ns}	7,82**	1.0E+0009 ^{ns}	1.0E+0009 ^{ns}

* e ** Significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente, e ^{ns} - Não significativo.

Na figura 17, quando observamos o efeito do Na₂SeO₃ no percentual de primeira contagem de germinação, obtivemos um efeito crescente e após calcular o ponto máximo, obteve-se o resultado de 330 g/ha até este ponto, posteriormente o gráfico se torna decrescente, diminuindo o percentual de germinação.

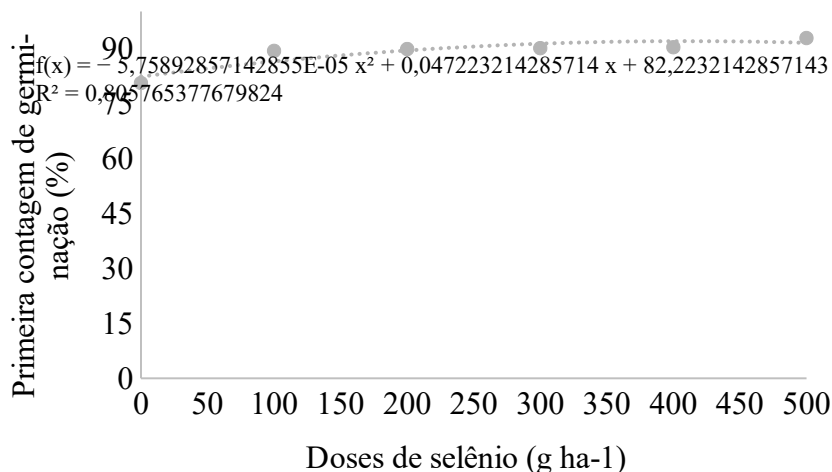


Figura 17. Efeito do Na₂SeO₃ na primeira contagem de germinação em função das doses de

selênio. Agrofava, Campo Alegre -GO (safra 2022/2023).

Tais resultados corroboram com estudos de Martinez (2013) que observou que doses e fontes de selênio influenciaram a porcentagem de germinação de sementes de soja. Altas doses (20 e 40 g ha⁻¹ de Se) influenciam negativamente a porcentagem de germinação de sementes de soja. Além das variáveis testadas neste trabalho, Martinez (2013) também testou diferentes cultivares, concluindo também que cada cultivar tem diferentes níveis de tolerância para doses e fontes de selênio na germinação.

De acordo com a Tabela 5, verifica-se que houve efeito significativo para dose e fonte isolados, porém quando é analisado a relação fonte x dose não se obtém valores significativos em relação aos teores de selenio no grão de feijão. Os resultados encontrados neste estudo demonstram que a aplicação de doses crescentes de Se tanto Na₂SeO₄ quanto Na₂SeO₃, podem causar aumento significativo da concentração de Se no grão, embora a aplicação de Na₂SeO₄ se mostrou superior em relação aos teores nos grãos, indicando que é possível se realizar a biofortificação do feijão por meio da aplicação de selênio via foliar independente das fontes estudada, resultado este que corrobora com os encontrados em outros estudos realizados por Ducsay et al., (2009) e Broadley et al., (2010).

Tabela 5- Teor de selênio no grão de feijão cultivado na safra de “inverno” em função de doses e fonte de aplicação de selênio. Campo Alegre/GO. 2022.

Dose de Selênio (g ha ⁻¹)	Teor de selênio no grão (mg kg ⁻¹)
0	0
100	7,36
200	8,72
300	9,07
400	9,38
500	10,65
Fonte de Aplicação	
Na ₂ SeO ₄	9,30a
Na ₂ SeO ₃	5,76b
CV(%)	28,19
Dose	26,17**
Fonte	33,18**
Dose*Fonte	0,08 ^{ns}

Médias seguidas por letras iguais e sem letras, na coluna, dentro de cada parâmetro não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. * e ** Significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente, e ^{ns} - Não significativo.

Na Figura 18, quando observamos o efeito da aplicação de selênio no teor do elemento no

grão, obtivemos um efeito crescente e após calcular o ponto máximo, obteve-se o resultado de 414 g ha⁻¹ até este ponto, posteriormente o gráfico se torna decrescente, diminuindo o percentual de germinação. Tais efeitos corroboram com outros estudo que indicaram que a aplicação no solo ou foliar de fertilizantes contendo Se pode aumentar a sua concentração nas partes comestíveis das plantas (OLIVEIRA et al., 2019; REIS et al., 2019; REIS et al., 2020).

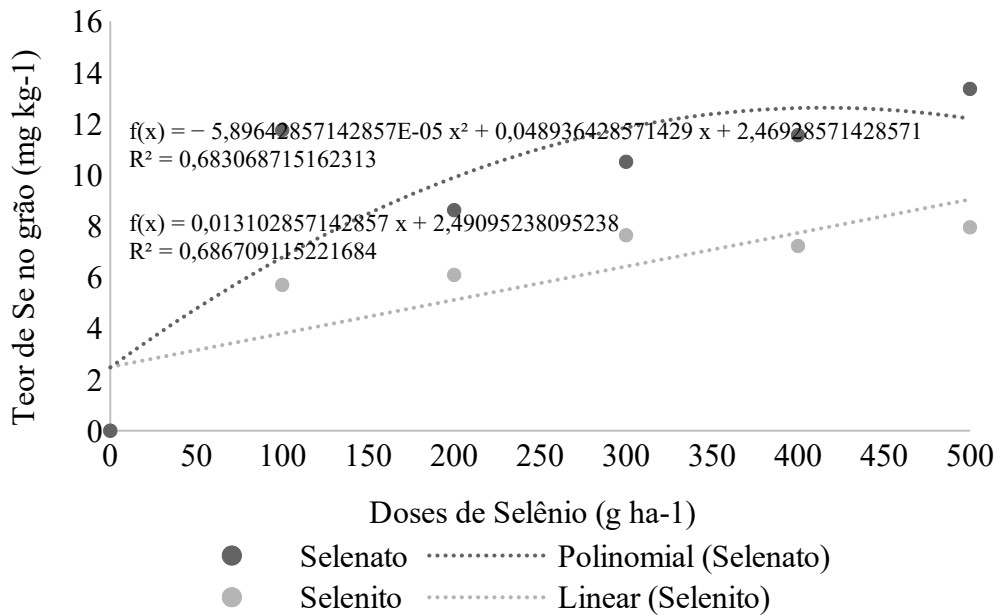


Figura 18- Teor de Se no grão (mg kg⁻¹) em função das doses de selênio. Agrofava, Campo Alegre -GO (safra 2022/2023).

CHILIMBA et al. (2009) obtiveram resultados significativos quando aplicaram Se no solo para a cultura do milho, na dose de 100 g ha⁻¹ na forma de Na₂SeO₄ no solo obtiveram aumentos de até 1,6 mg/kg de Se nos grãos. BOLDRIN (2011) trabalhando com arroz adubado (*Oryza sativa* L. cultivar BRSMG Relâmpago) com duas fontes de Se Na₂SeO₃ e Na₂SeO₄) em doses variando de 0 a 6 mg kg⁻¹ em vasos preenchidos com Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, conseguiram aumentos de até 59 mg kg⁻¹ de Se nos grãos.

Estudos feitos por Corbo (2014) demonstraram que a aplicação do Se apresenta comportamento linear crescente no que se refere a concentração de Se nos grãos, chegando a um total de 0,69 mg kg⁻¹ de Se na dose de 500 g ha⁻¹. Esse comportamento pode ser explicado pela menor conversão do Na₂SeO₄ em formas orgânicas de Se nas raízes, permitindo sua mobilidade no xilema e, a maior translocação do Se para a parte aérea, facilitando a chegada desse elemento aos grãos. BOLDRIN (2011) ao estudar o comportamento das formas de Se na absorção pelas plantas, verificou que sempre foi maior a translocação do Se na forma de Na₂SeO₄ do que na forma de Na₂SeO₃. Esse fato está relacionado ao Na₂SeO₃ ser adsorvido pelos óxidos de Fe e Al presentes no solo, diminuindo sua disponibilidade para as plantas (ZHANG e SPARKS, 1990).

Ressalta-se que mesmo ocorrendo aumento de Se na parte comestível das plantas, a biofortificação apenas será viável se o teor de Se no tecido vegetal não ultrapassar o limite máximo de 0,3 mg kg⁻¹ admitido pelo Codex Alimentarius, órgão das Nações Unidas,

Organização para Alimentos e Agricultura e Organização Mundial da Saúde (ONU/FAO/OMS), que visa promover a segurança e qualidade na alimentação da população. Ainda, para efeito de biofortificação, o fornecimento de Se também não deve causar desequilíbrio nos demais nutrientes absorvidos pela planta e não reduzir a produtividade (LONGCHAMP; ANGELI; CASTREC-ROUELLE, 2016).

De acordo com o último Censo Agropecuário realizado em 2017 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2017), tendo como base o ano safra 2016/2017, o consumo alimentar médio de feijão por pessoa no Brasil é de 142,2 g dia⁻¹ e segundo a FAO (Food and Agriculture Organization), a recomendação diária de Se para adultos é de se ingerir cerca de 55 microgramas de selênio (mcg) por dia, sendo o limite máximo permitido de 400 mcg de Se/dia e relacionando-se esses valores com os resultados obtidos no presente estudo, estima-se que a semente biofortificada na dose máxima econômica causou um aumento no teor de selênio para 12,62 mg/kg, estando muito acima da ingestão diária recomendada (IDR) para esse elemento.

Calculando-se a dose a ser aplicada com finalidade de se obter o produto final dentro dos parâmetros da IDR, obtivemos o resultado de 30 gramas de Na₂SeO₄ por hectare, contudo são necessários mais estudos envolvendo a biofortificação agrônômica com Se no feijão no sentido de adequarem as doses a serem aplicadas visando maior segurança alimentar.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2012), o consumo alimentar médio de feijão por pessoa no Brasil é 41 g dia⁻¹ e, segundo a FAO (Food and Agriculture Organization), a recomendação diária de Se para adultos é de 55 µg dia⁻¹. Dessa forma, relacionando-se esses valores com os resultados obtidos no presente estudo, estima-se que a semente biofortificada aumentou em 50% o teor de Se e contribuiu para o aumento de 1,7 µg dia⁻¹ para 3,4 µg dia⁻¹, ou seja um incremento de 3% na ingestão diária recomendada (IDR) para esse elemento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. A biofortificação agrônômica com Se em feijão é melhor alcançada na dose de 414 g ha⁻¹ ao se utilizar o Se na forma de Na₂SeO₄, contudo não é a dose ideal visando a ingestão diária recomendada. Foi possível aumentar o teor de Se em feijão, utilizando tanto Na₂SeO₄ quanto Na₂SeO₃ na adubação foliar.
2. Apesar de os resultados não apresentarem diferença significativa entre os tratamentos no que se refere ao número de grãos por planta, número de vagens e número de grãos por vagem. A aplicação de Na₂SeO₄ de Sódio na dose de 250 g ha⁻¹ apresentou melhores resultados referentes produtividade.
3. A aplicação tanto de Na₂SeO₄ de sódio quanto de Na₂SeO₃ proporcionou uma redução na altura das plantas de feijão e também apresentou sintomas de fitotoxicidade sendo mais intensos na fonte de Na₂SeO₃.

4. O melhor resultado referente a viabilidade de sementes na primeira contagem de sementes foi na dose de 330 g ha^{-1} .

6. CONCLUSÃO

Foi possível aumentar o teor de Se em feijão, utilizando tanto Na_2SeO_4 quanto Na_2SeO_3 na adubação foliar. A biofortificação agronômica com Se em feijão é melhor alcançada na dose de 414 g ha^{-1} ao se utilizar o Se na forma de Na_2SeO_4 , contudo não é a dose ideal visando a ingestão diária recomendada.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGILENT TECHNOLOGIES. MP-AES Agilent 4200. Agilent Technologies, Inc. 2014.

AHMAD, R.; WARAICH, E.A.; NAWAZ, F.; ASHRAF, M.Y.; KHALID, M. Selenium (Se) improves drought tolerance in crop plants– a myth or fact ?. **Journal of the science of food and agriculture**, v.96, p. 372-380, 2015.

ANALYSTS. Association Of Official Seed Analysts. **Seed vigor testing handbook:** Contribution No. 32 to the Handbook on Seed Testing, 1983.

ANJOS, D. D. N.; MENDES, H. T. A.; VASCONCELOS, R. C.; MOREIRA, P. M.; CANGUSSU, A. C. V.; PIRES, E. S. Avaliação do feijoeiro comum em função dos bioestimulantes, NPK e micronutrientes em Vitória da Conquista – BA. **Revista Agrarian**, Dourados, v.10, n.35, p. 1-9, 2017.

AZPILCUETA, P. M. E.; PEDROZA, S. A.; SÁNCHEZ, C. I.; TREJO, C. R.; JACOBO, S. M. R.. Effect of Selenium supply on some attributes and mineral content in bean seed (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Bio Ciencias**, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.15741/revbio.09.e1270>>. Acesso em 23 de março de 2023.

BALEN, A. B.; LANGE, A.; CAVALLI, E.; SANTOS, P. H. DOS; CAVALLI, C. Aplicação de Fertilizante Foliar na Cultura da Soja. **XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. 2015. Disponível em:<https://www.sbcs.org.br/cbcs2015/anais/index_int0782.html>. Acesso em: 24 de set. 2021.

BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R. E. Effects of soaking, cooking and fermentation on composition, in-vitro starch digestibility and nutritive value of common beans. **Plant Foods for Human Nutrition**, Alemanha, v. 48, n. 4, p. 349-365, 1995

BITTERLI, C. GS BANUELOS, G.S.; SCHULIN R. Use of transfer factors to characterize uptake of selenium by plants. **Journal Of Geochemical Exploration**,

v.107, e.2, p. 206-216, 2010.

BOLDRIN, P. F. **Biofortificação agronômica com selênio em arroz**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, p.63, 2011.

BOSSOLANI, J. W.; SÁ, M. E.; MERLOTI, L. F.; BETTIOL, J. V. T.; OLIVEIRA, G. R. F.; PEREIRA, D. S. Bioestimulante vegetal associado a indutor de resistência nos componentes da produção de feijoeiro. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 11, n. 4, p. 307-314, 2017.

BRASIL. Decreto lei n. 86.955, de 18 de fevereiro de 1982. Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, S.1 p. 3241, 24 fev. 1982.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília:SNDA/DNDV/CLAV, p.365, 1992.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, 2019.

BROADLEY, M.R.; ALCOCK, J.; ALFORD, J.; CARTWRIGHT, P.; FOOT, I.; FAIRWEATHER-TAIT, S.J.; HART, D.J.; HURST, R.; KNOTT, P.; MCGRATH, S.P.; MEACHAM, M.C.; NORMAN, K.; MOWAT, H.; SCOTT, P.; STROUD, J.L.; TOVEY, M.; TUCKER, M.; WHITE, P.J.; YOUNG, S.D. & ZHAO, F.J. Selenium biofortification of highyielding winter wheat (*Triticum aestivum* L.) by liquid or granular Se fertilisation. **Plant Soil**, v.332, p.5-18, 2010.

CARBONELL, S. A. M. AUGUSTO, S. CHIORATO, A. ITO, M. PERINA, E.;

GUILHERME, J.; GONÇALVES, R.; SOUZA, P.; GALLO, P. TICELLI, M.; COLOMBO, C.; ADELINO, J.; AZEVEDO, J. F. IAC-Alvorada and IAC-Diplomata: new common bean cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.8, p.163-166, 2008.

CARBONELL S. A. M. CHIORATO, A. F.; GONÇALVES, J. G. R. G; PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, v.10, p.2067-2073, 2010.

CARDOSO, B.R.; ROBERTS, B.R. ;BUSH, A.I. ;HARE, D.J. Selenium, selenoproteins and neurodegenerative diseases. **Metallomics**, v.7, p.1213-1228, 2015.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**. Boa Vista, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014.

CARVALHO, G.S., OLIVEIRA, J.R., CURI, N., SCHULZE, D.G., MARQUES, J.J. Selenium and mercury in Brazilian Cerrado soils and their relationships with physical and chemical soil characteristics. **Chemosphere**.v. 218, p. 412–415, 2019.

CHILIMBA, A. D. C.; BLACK, C. R.; LAMMEL, J. MEACHAM, M. C.; YOUNG, S. D.; BROADLEY, M. R. Agronomic biofortification of maize (*Zea mays* L.) with selenium in Malawi. **In: Selenium Deficiency Toxicity and Biofortification for Human Health**. Suzhou, China, p.77-78. 2009.

CHILIMBA, A. D. C.; YOUNG, S. D.; BLACK, C. R.; MEACHAM, M. C. Biofortificação agrônômica de milho com selênio (Se) no Malawi. **Field Crops**, v. 125, p. 118 – 128, 2012.

CHILIMBA, A.D.C.; YOUNG, S.D.; ALEGRIA, E.J.M. **Biofortificação agrônômica de milho, soja e amendoim com selênio em sistemas consorciados e monocultivos**. African Journal of Agricultural Research, v.9, p.3620-3626, 2014.

COBUCCI, T.; VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Manejo e controle de plantas daninhas em feijão. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho**. p. 453-480, 2004.

COMINETTI C.; COZZOLINO S. M. F. Selênio. In: Funções plenamente reconhecidas de nutrientes. São Paulo: **Faculdade de Ciências Farmacêuticas**, Universidade de São Paulo; 2009.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileiro – grãos: Quinto levantamento, janeiro 2018– safra 2017/2018. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília, 2018.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileiro – grãos: Quinto levantamento, janeiro 2023 – safra 2022/2023. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília, 2023.

CONAFER. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE AGRICULTORES FAMILIARES E EMPREENDEDORES FAMILIARES RURAIS. Feijão, O Alimento Mais Brasileiro Mostra A Força Da Agricultura Familiar, Brasília, 2020.

CORBO, J. Z. F. Biofortificação do feijão e do milho com selênio. **Dissertação de Mestrado (Agricultura Tropical e Subtropical) do Instituto Agronômico de Campinas**, Campinas, 2014.

DE ROSA, A. Research fields in social representations: Snapshot views from a meta-theoretical analysis. **Social Representations in the 'Social Arena'**. Sao Paulo, v.89, p.124, 2012.

DENG, X. F.; LIU, K. Z.; LI, M. F.; ZHANG W.; ZHAO X. H.; ZHAO Z.Q.; LIU X.W. Difference of selenium uptake and distribution in the plant and 547 selenium form in the grains of rice with foliar spray of selenite or selenate at different 548 stages. **Field Crops**. Research, Amsterdam, v. 211, n. 3, p. 165-171, 2017.

DIAS, M. C. L. L.; BARROS A. S. R.; KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de milho. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, v.8, n.4, p.1-10, 1999.

DJANAGUIRAMAN, M.; DEVI, D. D.; SHANKER, A. K. Selênio - um protetor antioxidante na soja durante a senescência. **Plant Soil**, p. 77–86, 2005.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. **FAO Irrigation and Drainage**, v.15, 1979.

DUCSAY, L., LOZEK, O., MARCEK, M., VARENYIOVA, M., HOZLAR, P., LOSAK, T. Possibility of selenium biofortification of winter wheat grain. **Plant Soil Environ**, v. 62, p. 379–383, 2016.

DUTRA, A. S.; TEÓFILO, E. M. Envelhecimento acelerado para avaliar o vigor de sementes de feijão caupi. **Revista brasileira de sementes**, v. 29, p. 193-197, 2007.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), NOVA. T.B. **Manejo correto garante a qualidade do feijão – Pesquisa Desenvolvimento e Inovação**, 2019.

FAIRWEATHER-TAIT, S. J.; BAO, Y.; BROADLEY, M.R.; COLLINGS, R.; FORD, D. HESKETH, J.E.; HURST, R. Selenium in human health and disease. **Antioxid Redox Signal**. doi: 10.1089/ars.2010.3275. Epub 2011 Jan 6. PMID: 20812787, 2011.

FARIA, L. A. Aplicação de fontes de enxofre para correção de solos com excesso de selênio. **Relatório de Bolsa Auxílio à Pesquisa**. MAPFRE-USP, 2009.

FARIA, L. A.; KARP, F. H. S.; Selênio: um elemento essencial ao homem e aos animais e benéfico às plantas, **Informações Agrônômicas**, v. 144, p.17-22, 2015.

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.

FERREIRA, K. S.; GOMES, J. C.; BELLATO, C. R.; JORDÃO, C. P. Concentrações de selênio em alimentos consumidos no Brasil. **Revista Panamericana de Salud Pública**. v. 11, n. 3, p. 172-177, 2002.

FERREIRA, E. P. de B.; DIDONET, A. D.; WENDLAND, A. Desempenho do feijoeiro comum em primeira safra e severidade de doenças em sistema agroecológico no Cerrado goiano. **Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão**. 6 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 209). Disponível em ><http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/956895><. 2013.

FILEK, M.; ZEMBALA, M.; KORNAS, A.; WALAS, S.; MROWIEC, H.; HARTIKAINEN, H. The uptake and translocation of macro- and microelements in rape and wheat seedlings as affected by selenium supply level. **Plant and Soil**, v. 336, p. 303-312, 2010.

FARIA, L. A. Levantamento sobre selênio em solos e plantas do Estado de São Paulo e sua aplicação em plantas forrageiras. **Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal)** – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, p. 75, 2009.

FRANÇA NETO, J. B.; KRYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. da. O teste de tetrazólio em sementes de soja. **EMBRAPA-CNPSO. Documentos**, 11. Londrina: EMBRAPA CNPSO, p.72, 1998.

FREEMAN, JL, ADENIYI, A., BANERJEE, R., DALLAIRE, S., MAGUIRE, SF, CHI, J., NG, BL, ZEPEDA, C., SCOTT, CE, HUMPHRAY, S., ROGERS, J. , ZHOU, Y., ZON, LI, CARTER, NP, YANG, F. E LEE, C. Definição do genoma do peixe-zebra usando citometria de fluxo e mapeamento citogenético. **BMC Genomics**, v.8 p.195, 2007.

FREITAS, F. DE O. Evidências genético-arqueológicas sobre a origem do feijão comum no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2006.

GALEAS, M.L.; ZHANG, L.H.; FREEMAN, J.L.; WEGNER M. PILON-SMITS, E.A.H. Seasonal fluctuations of selenium and sulfur accumulation in selenium hyperaccumulators and related nonaccumulators. **New Phytol**, v. 173, n.3, p.517-525, 2007.

GIERUS, M. Fontes orgânicas e inorgânicas de selênio na nutrição de vacas leiteiras: digestão, absorção, metabolismo e exigências. **Ciência Rural [online]**. v. 37, n. 4, p. 1212-1220, 2007.

HAWRYLAK-NOWAK, B. Comparative effects of selenite and selenate on growth and selenium accumulation in lettuce plants under hydroponic conditions. **Plant Growth Regulation**. Dordrecht, v. 70, n.2, p. 149–157, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Agropecuário 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html>. Acesso em: 01 jun. 2023.

JEZEK, P.; SKARPA, P.; LOSAK, T.; HLUSEK, J.; JUZL, M.; ELZNER, P. Selenium – An Important Antioxidant in Crops Biofortification. **Antioxidant Enzyme**, 2012.

JIANG, Q.; LIU, D.; SUN, S.; HU, J.; TAN, L.; WANG, Y.; GUI, Y.; YU, M.; E SONG, H. Papel crítico de conexina43 em hematopoiese primitiva tardia e definitiva do peixe-zebra. **Fisiologia e bioquímica dos peixes**, v.36, n.4, p.945-951, 2010.

KAUR, N.; SHARMA, S.; NAYYAR, H. Selenium in Agriculture: A Nutrient or Toxin for Crops? **Archives of Agronomy and Soil Science**. London, v. 60, n. 12, p. 1593-1624, 2014.

KNABBEN, C. C.; COSTA, J. S. Manual de classificação do feijão. **Instrução normativa nº 12 de 28 de Março de 2008: Embrapa arroz e feijão**. Brasília, 2012.

LANZA, M. G. D. B; REIS, A. R. Análise do metabolismo de ureídeos e compostos nitrogenados em plantas de feijão-caupi em resposta a aplicação de selênio e relações

com a qualidade nutricional do grão. **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo**. Tupã, SP, v.164, p.27-43, 2019.

LI, H. F.; MCGRATH, S. P.; ZHAO, F. J. Selenium uptake, translocation and speciation in wheat supplied with selenate or selenite. **New Phytologist**, Cambridge, v. 178, n.1, p. 92–102, 2008.

LONGCHAMP, M.; ANGELI, N, CASTREC-ROUELLE, M. Effects on the accumulation of calcium, magnesium, iron, manganese, copper and zinc of adding the two inorganic forms of selenium to solution cultures of *Zea mays*. **Plant Physiol Biochem**. 2016 Jan;98:128-37. doi: 10.1016/j.plaphy.2015.11.013. Epub 2015 Nov 22. PMID: 26686285.

LOPES, A.S., GUILHERME, L.R.G. A career perspective on soil management in the Cerrado region of Brazil. **Advances in Agronomy**. v. 137, p. 1–72, 2016.

LOPES, A., ÁVILA, F.W., GUILHERME, L.R.G. Selenium behavior in the soil environment and its implication for human health. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 41, n. 6, p. 605–615, 2017.

MACÊDO, L. S.; MORRIL, W. B. B. Origem e Comportamento dos Metais Fitotóxicos: Revisão da Literatura. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.2, p.29-38, 2008.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. **Agronômica Ceres**. São Paulo, p. 254, 1980.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa N°39, 2018.

MAPA -MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Secretaria de Defesa Agropecuária - Registro Nacional de Cultivares - RNC TAA DAMA - Phaseolus vulgaris L.** Disponível em: file:///C:/Users/Gabriel/Downloads/document.pdf. Acesso em: 20.jan.2023.

MARTINEZ, R. A. S. Biofortificação agronômica da soja com selênio. **Tese (Doutorado em Produção Vegetal)-Universidade Federal de Lavras**. Lavras, p. 113, 2013.

MARTINEZ, R. A. S.; REZENDE, P. M. DE.; ALVARENGA, A. A. DE .; ANDRADE, M. J. B. DE .; PASSOS, A. M. A. DOS. Doses e formas de aplicação de selênio na cultura da soja. **Ciência E Agrotecnologia**, v.33, p.698–704, 2009.

MATHERS, A.; YOUNG, S.; MCGRATH, S.; ZHAO, F.J.; CROUT, N.; BAILEY, E. Determining the fate of selenium in wheat biofortification: an isotopically labelled field trial study. **Plant and Soil**, v.42, p. 61-77, 2017.

MATHERS, A.; STRONG, K.; LEEDER, S.; BEAGLEHOLE, R. Preventing chronic diseases: how many lives can we save? **Lancet**. doi: 10.1016/S0140-6736(05)67341-2. PMID: 16257345, v.366 p.1578-1582, 2005.

MATOS, R.P., LIMA, V.M., WINDMEOLLER, C.C., NASCENTES, C.C. Correlation between the natural levels of selenium and soil physicochemical characteristics from the Jequitinhonha Valley (MG), Brazil. **Journal Geochemical Exploration**, v. 172, p. 195–202, 2017.

MELHORANÇA, A. L. Efeito dos herbicidas pós-emergentes no desenvolvimento e na produção de grãos de soja. **Embrapa-CNPSO. Documentos**, 7. Londrina-PR: Embrapa-CNPSO, p. 1078, 1984.

MIRLEAN, N., SEUS-ARRACHE, E.R., VLASOVA, O. Selenium deficiency in subtropical littoral pampas: environmental and dietary aspects. **Geochem Health**, v. 40, n. 1, p. 543–556, 2017.

MEHMOOD, N.; AFSHAN, S.; SOBIA, I.; KAMRAN, A. Impact of training on employee performance: A study of telecommunication sector in Pakistan. **Interdisciplinary Journal Of Contemporary Research In Business**, v.4, p. 646-661, 2012.

MORAES, L. C. Potencial hídrico no xilema como ferramenta de manejo de irrigação do feijoeiro comum. **Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia**. Uberlândia.f. 34, 2019.

NATASHA, N. A critical review of selenium biogeochemical behavior in soil-plant system with an inference to human health. **Environmental Pollution**. SP, e. 934, v. 234, p. 915-934, 2018.

NAWAZ, F.; ASHRAF, M.Y.; AHMAD, R.; WARAICH, E.A. Selenium (Se) seed priming induced growth and biochemical changes in wheat under water deficit conditions. **Biological Trace Element Research**, v.151 p. 284–293, 2014.

NAZ, F. S., YUSUF, M., KHAN, T. A., FARIDUDDIN, Q., & AHMAD, A. Low level of selenium increases the efficacy of 24-epibrassinolide through altered physiological and biochemical traits of Brassica juncea plants. **Food chemistry**, v.185, p.441-448, 2015.

OLIVEIRA, V.C., FAQUIN, V., GUIMARAES, K.C., ANDRADE, F.R., PEREIRA, J., GUILHERME, L.R.G. Agronomic biofortification of carrot with selenium. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 42, p. 138–147, 2018.

PADMAJA, K.; PRASAD, D. D. K.; PRASAD, A. R. K. Effect of selenium on chlorophyll biosynthesis in mung bean seedlings. **Phytochemistry**, v.28, n.12, p.3321-3324, 1989.

PRASAD, V.; VANDROSS, A.; TOOMEY, C.; CHEUNG, M.; RHO, J.; QUINN, S.; CHACKO, S.J.; BORKAR, D.; GALL, V.; SELVARAJ, S.; HO, N., CIFU, A. A decade of reversal: an analysis of 146 contradicted medical practices. **Mayo Clin Proc**. Aug;88(8):790-8. doi: 10.1016/j.mayocp.2013.05.012. Epub 2013 Jul 18. PMID: 23871230, 2013.

RAMOS, S.J.; RUTZKE, M.A.; HAYNES, R.J.; FAQUIN, V.; GUILHERME, L.R.G.; LI, L. Selenium accumulation in lettuce germplasm. **Planta**. v. 233, p. 649-660, 2011.

RAYMAN, P. M.. Food-chain selenium and human health: emphasis on intake. **British Journal of Nutrition**, 100(2), pp. 254-268, 2008.

REGINATO, M. P.; ENSINAS, S. C.; RIZZATO, M. C. O.; SANTOS, M. K. K.; PRADO, E. A. **Boas práticas de armazenamento de grãos**. 8º ENEPE UFGD – 5º EPEX UEMS, 2014.

REIS, H. P. G., DE QUEIROZ BARCELOS, J. P., JUNIOR, E. F., SANTOS, E. F., SILVA, V. M., MORAES, M. F., ... & DOS REIS, A. R. Agronomic biofortification of upland rice with selenium and nitrogen and its relation to grain quality. **Journal of cereal science**, v.79, p.508-515, 2018.

REIS, H. P. G., DE QUEIROZ BARCELOS, J. P., JUNIOR, E. F., SANTOS, E. F., SILVA, V. M., MORAES, M. F., ... & DOS REIS, A. R. Caracterização de sintomas fitotóxicos de selênio e biofortificação agrônômica com Selenio e Zinco em arroz de terras altas. **Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)** - Universidade Estadual Paulista, 2020. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/202366/gouveia_gcc_dr_ilha_par.pdf?sequence=4&isAllowed=y. Acesso em: 01 de junho de 2023.

REZENDE, P. M.; MARTINEZ, R. A. S.; PASSOS, A. M. A.; BALIZA, D. P.; CARVALHO, E. R.; ÁVILA, F. W. Doses e formas de aplicação de selênio na produtividade e outras características agrônômicas da soja. **Global science and technology**. v.4, n.3, p. 83-91, 2011.

RIAZ, M.; MEHMOOD, K. T. Selenium in human health and disease: A review. **Journal of Postgraduate Medical Institute**, v.26, n.2, p.120-133, 2012.

RODRIGUES, L. L. Controle genético do escurecimento dos grãos de feijão com diferentes tipos de grão e origens. **Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)** - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/8952>. Acesso em: 23 de março de 2023.

ROGERS, P. A. M.; ARORA, S. P.; FLEMING, G. A.; CRINION, R. A. P., AND MCLAUGHLIN, J. G. Selenium toxicity in farm animals: treatment and prevention. **Irish Veterinary Journal, Dublin**, v. 43, p. 151-153, 1990.

ROSA, M. E. Efeito da adubação verde e doses de estimulantes em plantio direto: no desenvolvimento, produtividade e qualidade fisiológica das sementes de feijão no cerrado Sul-Mato-Grossense. **Tese (Doutorado em Sistema de produção) – Universidade Estadual Paulista**. Ilha Solteira, f. 98, 2018.

ROVIRA, M.; GIMÉNEZ, J.; MARTÍNEZ, M.; MARTÍNEZ-LLADÓ, X.; PABLO, J.; MARTÍ, V.; DURO, L. Sorption of selenium (IV) and selenium (VI) onto natural iron oxides: goethite and hematite. **Journal of Hazardous Materials**, v.150, p.279-284, 2008.

SALVADOR, C.A. Divisão de Conjuntura Agropecuária. Departamento de Economia Rural – DERAL. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2021-01/Feijao_2021.pdf> . Acesso em 23 out.2021.

SAMMÁN, N.; MALDONADO, S.; ALFARO, M.E.; FAR-FÁN, N.; GUTIERREZ, J. Composition of different bean varieties (*Phaseolus vulgaris*) of northwestern Argentina (region NOA): cultivation zone influence. **Journal Agricultural and Food Chemistry**. v. 47, n. 7, p. 2.685-2.689, 1999.

SANTIS, F.P.; NETO, A.S.; CAVALCANTE, A.G.; FILLA, V.A.; MINGOTTE, F.L.C.; LEMOS, L.B. Componentes de produção, produtividade e atributos tecnológicos de cultivares de feijoeiro do grupo comercial carioca. **Revista Colloquium Agrariae**, v. 15, n.6, p. 21-30, Nov-Dez, 2019.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). Sistema brasileiro de classificação de solos. **Embrapa Solos**. Rio de Janeiro, e.2, p.306, 2006.

SGARBIERI, V. C.; WHITAKER, J. R. Propriedades físicas, químicas e nutricionais de proteínas do feijão comum (*Phaseolus*). **Advance Food Research**, Orlando, v.28, n.1, p.93-166, 1982.

SILVA, J. da; BRUSTOLINE, C. R.; FERREIRA, V. de P.; SANTOS JUNIOR, L. dos; MELLO, J. W. V. de; MICHEREFF FILHO, M. Teor natural de selênio em solos do estado de Minas Gerais. **Embrapa Hortaliças**, 2012.

SILVA, E. C. Selênio na castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) e em solos da região Amazônica Brasileira. **Dissertação (mestrado acadêmico) –Universidade Federal de Lavras**. Lavras: UFLA, 2016.

SORS, T. G.; ELLIS, D. R.; SALT, D. E. Selenium uptake, translocation, assimilation and metabolic fate in plants. **Photosynthesis Research**, Dordrecht, v. 86, n. 3, p. 373–389, 2005.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. **Cerrado: correção do solo e adubação. Embrapa Informação Tecnológica**, Brasília, 2. ed. p. 147-168, 2004.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A. Manual de métodos de análise de solo. **EMBRAPA**, 2017.

TURAKAINEN, M.; HARTIKAINEN, H.; SEPPÄNEN, M. Selênio na nutrição de plantas. **Agrifood Research Reports**. Finlândia, v. 69, 2005.

WENDLAND, A.; LOBO JUNIOR, M.; FARIA. Manual de identificação das principais doenças do feijoeiro-comum. **Embrapa**, 2018 Disponível em:< <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1102266/manual-de-identificacao-das-principais-doencas-do-feijoeiro-comum>>. Acesso em 25 de outubro de 2021.

WHITE, P. J. Extraordinarily high leaf selenium to sulfur ratios define “Se-accumulator” plants. **Annals of Botany**, Oxford, v. 100, n. 1, p. 111–118, May 2007.

ZHANG, P. C.; SPARKS, D. L. Kinetics of selenate and selenite adsorption/ desorption at the goethite/ water interface. **Environmental Science & Technology**, Easton, v. 24, n.12, p.1848-1856, 1990.

ZHANG, Y. L.; PAN, G. X.; CHEN, J.; HU, Q. Uptake and transport of selenite and selenate by soybean seedlings of two genotypes. **Plant and Soil**, v.253, p.437-443, 2003.

ZHANG, M., TANG, S., HUANG, X., ZHANG, F., PANG, Y., HUANG, Q., Yi, Q. Selenium uptake, dynamic changes in selenium content and its influence on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in rice (*Oryza sativa* L.). **Environ. Exp. Bot.**, v. 107, p. 39–45, 2014.

ZHAO, R., HOLMGREN, A. A novel antioxidant mechanism of ebselen involving ebselen diselenide, a substrate of mammalian thioredoxin and thioredoxin reductase. **J Biol Chem.** 277, 39456-39462, 2005.

ZHU, Y.G.; PILON-SMITS, E.A.H.; ZHAO, F.J.; WILLIAMS, P.N. & MEHARG, A.A. Selenium in higher plants: Understanding mechanisms for biofortification and phytoremediation. **Trends Plant Sci.**, v.14 p.436-442, 2009.