



**LILIAN FERREIRA DE SOUSA**

**USO DE SELÊNIO VISANDO A MELHORIA NA  
QUALIDADE DE MORANGUEIRO**

**LAVRAS – MG  
2022**

**LILIAN FERREIRA DE SOUSA**

**USO DE SELÊNIO VISANDO A MELHORIA NA QUALIDADE DE  
MORANGUEIRO**

Monografia apresentada à  
Universidade Federal de Lavras, como parte  
das exigências do Curso de Agronomia, para  
a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Filipe Almendagna Rodrigues  
Orientador

Me. Vytória Piscitelli Cavalcanti  
Coorientadora

**LAVRAS – MG  
2022**

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pois tudo que tenho e sou vem dEle.

Ao meu esposo Nathan, que trilhou junto a mim essa caminhada com amor e paciência. Você sempre terá todo meu amor.

Aos meus pais, que com amor, zelo e muitas orações fizeram de mim que sou hoje. Vocês são a razão pela qual sempre quero ser melhor, eu os amo incondicionalmente.

Aos meus irmãos que sempre me apoiaram e incentivaram. Meus sobrinhos que só trouxeram alegria aos meus dias.

Aos meus sogros por sempre se orgulharem de mim. Minha cunhada Priscila por acreditar em mim e me apoiar dia após dia, você é um presente.

As amigas que fiz na UFLA e foram a prova do generoso cuidado de Deus com minha vida, em especial Maria Clara, Ana Luíza, Wyara, Ana Karla e Graziella. As amigas genuínas que me acompanham por mais de 10 anos, Antônia e Jéssica, vocês são meu porto seguro e minhas maiores incentivadoras.

Aos técnicos do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais, Vantuil e Celso, em especial ao Van que sempre me faz querer pensar fora da caixinha! Aos demais colegas e amigos que tanto me ajudaram para que esse trabalho fosse realizado e me apoiaram durante todos esses anos, em especial Ivan, Arthur, Altino e Kamille. Conhecer vocês foi um enorme privilégio.

A minha banca avaliadora Dr. Filipe Almendagna Rodrigues, Me. Vytória Piscitelli Cavalcanti e Dr<sup>a</sup>. Mariane Ap. Rodrigues. Não conseguiria expressar a gratidão e admiração que tenho por vocês que com tanto carinho me instruíram e ensinaram tanto durante toda graduação. Vocês são meu exemplo de ética e profissionalismo.

Aos professores Dr. Moacir Pasqual e Dr<sup>a</sup>. Joyce Dória que com tanto carinho me receberam no Laboratório de Cultura de Tecidos e muito me ensinaram.

Aos servidores da UFLA (técnicos e professores) que contribuíram para que eu tivesse uma educação de qualidade e me tornasse uma profissional excepcional.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa ao longo da graduação.

*“Só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis a nós mesmos.”*

*Friedrich Nietzsche*

## RESUMO

O morango apresenta bom perfil nutricional, principalmente em relação ao conteúdo de vitaminas e minerais. O consumo de selênio (Se) auxilia na prevenção de diversos tipos de câncer, pois participam diretamente de reações antioxidantes. Nos últimos anos, algumas técnicas têm sido eficientes para o aumento da concentração de Se nos alimentos, destacando-se a biofortificação agrônômica. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de selênio na biofortificação de frutos de morangueiro e a influência desse elemento na qualidade desses frutos. O experimento foi instalado em casa de vegetação da Universidade Federal de Lavras. Mudanças de morangueiro variedade PRA Estiva foram transferidas para vasos com volume de 4 L, contendo substrato comercial Tropstrato® para hortaliças. O delineamento experimental foi inteiramente casualizados (DIC). A aplicação do tratamento foi feita utilizando 50 mL de soluções de selenato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ ) nas concentrações de 10 e 20  $\mu\text{M}$ . A aplicação foi feita borrifando a solução nas folhas e/ou adicionando a solução ao substrato, onde as formas de aplicação e dosagens foram combinadas entre si. Os frutos foram colhidos semanalmente, após atingirem 75% de sua coloração vermelho-escuro, durante 12 semanas. Após colhidos os frutos foram contabilizados e pesados. Ao final do experimento, foram determinados nos frutos, quantificação de Se, macro e micro nutrientes, número e massa de frutos por tratamento, teor de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total. Verificou-se que a concentração de Se à 10  $\mu\text{M}$  aplicado na folha, proporcionou aumento nos teores de K, B e Mn. Maiores teores de Se foram encontrados na dosagem de 20  $\mu\text{M}$  aplicado no substrato. A aplicação de Se promoveu a biofortificação dos frutos de morango e proporcionou o aumento de potássio, boro e manganês, indicando melhora na qualidade dos mesmos sem causar prejuízos à produção.

**Palavras-chave:** biofortificação; morango; elemento benéfico; selenato de sódio;

## SUMÁRIO

<b>1 Introdução</b> .....	<b>6</b>
<b>2 Referencial Teórico</b> .....	<b>7</b>
2.1 Morangueiro .....	7
2.2 Importância da cultura e qualidade nutricional .....	8
2.3 Biofortificação e seus aspectos.....	8
2.4 Importância e atuação do selênio .....	11
2.4.1 Biodisponibilidade de Selênio .....	10
2.4.2 Atuação do Selênio nas plantas .....	11
<b>3 Material e Métodos</b> .....	<b>12</b>
3.1 Material vegetal e implantação do experimento.....	12
3.2 Condições de cultivo e clima .....	12
3.3 Tratamentos .....	13
3.4 Análises .....	14
3.4.1 Análises Fitotécnicas .....	14
3.4.2 Quantificação de Selênio e análise química .....	15
3.4.3 Análises Fisiológica .....	16
3.5 Delineamento experimental e estatística .....	16
<b>4 Resultado e Discussão</b> .....	<b>16</b>
4.1 Análises Fitotécnicas .....	16
4.2 Análises Fisiológica .....	17
4.3 Macronutrientes no fruto .....	18
4.3.1 Fósforo .....	18
4.3.2 Magnésio .....	19
4.3.3 Cálcio .....	19
4.3.4 Potássio .....	20
2.4.1 Enxofre.....	21
4.4 Micronutrientes no fruto .....	22
4.4.1 Selênio .....	22
4.4.2 Zinco .....	24
4.4.3 Ferro.....	25
4.4.4 Manganês .....	25
4.3.1 Boro .....	26
<b>5 Conclusão</b> .....	<b>27</b>
<b>6 Considerações Finais</b> .....	<b>27</b>
<b>7 Referências</b> .....	<b>28</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O morangueiro (*Fragaria* × *ananassa* Duch.), é um pseudofruto pertencente à família Rosaceae e possui grande relevância no cenário agrícola mundial. Na América do Sul, os principais países produtores de morango são Brasil, Chile, Peru e Argentina. O morango é um fruto de grande aceitação no mercado consumidor pela cor atrativa, além de sabor adocicado com leve acidez e aroma agradável. O sabor característico é proveniente do equilíbrio entre ácidos cítrico, málico, além dos açúcares e substâncias aromáticas especiais (ROCHA et al., 2008).

O fruto possui um bom perfil nutricional, principalmente em relação ao conteúdo de vitaminas (A, C, E, K, B6, B12, riboflavina, tiamina e niacina) e minerais (cálcio, ferro, zinco, magnésio e fósforo) (NUNES; NOVELLO, 2020). Diversos estudos mostram que a Vitamina C, uma das componentes do fruto do morangueiro, potencializa a absorção e aumenta a disponibilidade de zinco (Zn), cálcio (Ca) e ferro (Fe) para o homem por meio de sua alimentação (LOPES et al., 2005).

Na alimentação humana são necessários cerca de 60 elementos minerais, permitindo que mantenha seu ótimo estado de saúde. Dentre os microminerais destacam-se ferro (Fe), cobre (Cu), iodo (I), manganês (Mn), zinco (Zn), molibdênio (Mo), cromo (Cr), selênio (Se) e flúor (F).

A adição de alguns elementos como o Se, elemento que, apesar de não ser essencial para as plantas, pode melhorar significativamente a produção de diversas lavouras, conforme apresentado por CORBO (2014). Simultaneamente, ao absorver e acumular esses elementos em outras partes comestíveis como os frutos, essas plantas tornam-se importante fonte de nutrientes aos humanos e animais. Ressalta-se que o consumo de Se auxilia na prevenção de diversos tipos de câncer (RAYMAN, 2012)

O Se tem como principal função biológica a síntese de selenocisteína, selenometionina, e glutatona e na formação de diversas outras proteínas (denominada de selenoproteínas) (VIARO et al, 2001), que participam diretamente de reações antioxidantes a partir da remoção de peróxidos de hidrogênio e outros hidroperóxidos orgânicos.

Nos últimos anos, algumas técnicas tem sido eficientes para o aumento da concentração de Se nos alimentos, destacando-se a biofortificação agrônômica (GRAHAM et al., 2007). No Brasil, a biofortificação tem sido uma ferramenta eficaz em várias culturas, como batata-doce, mandioca, abóbora, arroz, feijão caupi, feijão, milho e trigo, sendo desenvolvidas

principalmente pela Embrapa. Desse modo, a técnica permite que alimentos de menor custo de aquisição forneça uma quantidade adequada de nutrientes importantes para a população.

Neste contexto o presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de selênio na biofortificação de frutos de morangueiro e a influência desse elemento na qualidade desses frutos.

## **2. REFERÊNCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Morangueiro**

O morango cultivado atualmente (*Fragaria x ananassa*) originou-se na Europa, da hibridização entre as espécies americanas *F. chiloensis* Mill. e *F. virginiana* Duch (ANTUNES; JÚNIOR; SCHWENGBE, 2016). É possível que tal hibridização tenha ocorrido na França e não nas américas, isso porque essas espécies eram cultivadas lado a lado, os frutos resultantes desse cruzamento possuíam características bem semelhantes ao que vemos atualmente, como poupa bem vermelha e sabor agradável.

O morango foi trazido para o Brasil por volta de 1930 por imigrantes italianos, e estima-se que implantação ocorreu no interior de São Paulo, na cidade de Jundiaí (CARVALHO, 2011).

Após décadas de experiências acumuladas durante os muitos anos de cultivo pode-se observar diversas mudanças nessa prática. O cultivo que outrora era feito apenas a céu aberto sob casca de arroz ou outras palhadas vegetais, agora pode ser visto sob mulching, em hidroponia ou semi-hidroponia, cultivo protegido ou cultivo orgânico.

Atualmente cerca de 8 estados brasileiros se destacam na produção, sendo os principais produtores Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná. Estima-se que o cultivo no maior estado produtor do país -Minas Gerais- teve início no final da década de 80 na cidade de Estiva, mais especificamente na comunidade de Ribeirão das Pedras (ANTUNES; JÚNIOR; SCHWENGBE, 2016). O cultivo do morangueiro em Minas Gerais se expandiu para cidades ou comunidades rurais com características climáticas semelhantes e que eram próximas as principais rodovias que davam acesso aos principais polos comerciais – São Paulo e Rio de Janeiro-, como a Rodovia Fernão Dias e a 040.

O cultivo de morangos em todas as regiões produtoras, mostram expressiva necessidade de mão-de-obra, o que garante a geração de diversos empregos e mantém o mercado aquecido nesse sentido, isso porque a exigência por manutenção, tratos culturais e colheita é feita em

grande parte de forma manual, sendo resultado tanto de cultivos em pequenas áreas, quanto das características mais sensíveis da própria cultura/fruto.

A produção brasileira de morango cresceu, no período de 2006 a 2010, 6,23% na área cultivada e 33,40% na produção (ANTUNES; JÚNIOR; SCHWENGBE, 2016) e, graças aos esforços de diversos pesquisadores ao longo dos anos que puderam contribuir significativamente para o avanço do melhoramento genético na cultura do morangueiro, atingindo em 2010 o patamar de 3,7 mil hectares e 133,40 mil toneladas.

Brasil ocupa a 17<sup>o</sup> posição entre os maiores produtores de morango, sendo relatada uma área de 4.500 ha, com produção anual de 165.440 toneladas, segundo o Anuário de HF 2021 (ANTUNES; BONOW, 2021), apresentando um aumento de quase 25% em relação a 2010.

## **2.2 Importância da cultura e qualidade nutricional**

O morango é um fruto que apresenta baixo valor calórico, contudo é rico em flavonóides como antocianinas, flavonóis, flavanóis, vitamina C e ácidos fenólicos (NUNES et al., 2020). Esses compostos, individualmente ou combinados, são responsáveis por vários benefícios para a saúde, tal como prevenção de distúrbios inflamatórios, doenças cardiovasculares, ou efeitos protetores para diminuir o risco de vários tipos de câncer (SKROVANKOVA et al., 2015). Dentre os minerais essenciais necessário para o desenvolvimento humano, encontram-se presente no fruto de morango o cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn) e cobre (Cu). Tais minerais desempenham papéis fundamentais para o metabolismo como produção de energia, manutenção de órgãos e músculos, regulação hormonal, síntese enzimática, transporte de oxigênio e muitos outros.

## **2.3 Biofortificação e seus aspectos**

A biofortificação trata-se de uma técnica específica, a qual tem como objetivo principal o aumento no teor de nutrientes dos alimentos e a biodisponibilidade para as pessoas. A técnica pode ser feita de forma tradicional, ou seja, através do melhoramento genético, a partir da seleção genes ou genótipos mais eficientes para absorção de nutrientes com maiores tendências para absorção do máximo de nutrientes do solo. Outra opção é a biofortificação agrônômica, a qual o nutriente desejado é incorporado à planta através do manejo de adubação, seja ele via solo e/ou aplicação foliar (DCOM, 2019).

A biofortificação agrônômica tem se destacado como alternativa que otimiza tempo e recursos financeiros, pois elimina o processo de melhoramento convencional, não sendo

necessária a seleção de genótipos superiores. Tal alternativa busca alavancar na produção de fertilizantes enriquecidos com fontes desses nutrientes, aliando não somente o aporte nutricional ao crescimento das plantas, como também o fornecimento de maiores teores de nutrientes para os alimentos, tornando-os alimentos tidos como funcionais. Os alimentos funcionais oferecem outros benefícios à saúde, além daqueles já oferecidos pela nutrição básica, inerentes à sua composição química (VIEIRA, 2003).

Os alimentos biofortificados se apresentam como solução às inseguranças alimentares e deficiências nutricionais que acometem grande parte da população, já que nas partes comestíveis desses alimentos são encontrados maiores teores de macro e micronutrientes, quando comparados à mesma espécie não biofortificada.

Tanto a desnutrição quanto a fome oculta afetam milhões de adultos e crianças todos os anos, dentre elas, 200 milhões de crianças menores de 5 anos têm problemas de desenvolvimento causados pela desnutrição, enquanto outras 340 milhões, são afetadas pela fome oculta (UNICEF, 2019).

A desnutrição ocorre quando o indivíduo não recebe alimento suficiente, tanto de forma qualitativa (falta de nutrientes necessários como vitaminas, minerais, lipídios, outros), quanto quantitativos (falta do próprio alimento), prejudicando funções biológicas básicas do organismo (SAWAYA, 2006). Os grupos mais vulneráveis a esse tipo de doença são mulheres grávidas ou lactantes, crianças e idosos, podendo ser apresentada de diferentes formas, como anemias e deficiências do sistema imune, por exemplo, o que dependerá da faixa etária do indivíduo acometido e do grau de deficiência.

A fome oculta consiste na falta de ingestão de nutrientes, geralmente devido a má alimentação, tendo como consequência a ausência de vitaminas e minerais importantes para o desenvolvimento humano. Geralmente essas vitaminas e minerais são ingeridos por meio do consumo de frutas e vegetais (verduras e legumes), que frequentemente não é consumido por pessoas que tem acesso diário à comida, todavia essa alimentação não é variada.

A ocorrência da fome oculta nem sempre afetará diretamente as funções biológicas básicas do organismo. A persistência dessa deficiência a longo prazo pode interferir no funcionamento de alguns órgãos, aumentar a susceptibilidade a inflamações, infecções, doenças cardiovasculares e diabetes (FUNDAÇÃO CARGILL, 2020).

No Brasil, a Rede BioFORT é um conjunto de projetos coordenado pela Embrapa, e tem como objetivo a biofortificação de alimentos bases como arroz, feijão, feijão-caupi, mandioca, batata-doce, milho, abóbora e trigo (EMBRAPA, 2015). Esses alimentos tem sido

biofortificados com zinco, selênio, ferro e vitamina A, na tentativa de garantir maior segurança alimentar nutricional. A Rede BioFORT tem suporte do programa HarvestPlus, um consórcio de pesquisa que atua na América Latina, África e Ásia com recursos financeiros da Fundação Bill e Melinda Gates, Banco Mundial e agências internacionais de desenvolvimento.

## **2.4 Importância e atuação do selênio**

O selênio elemento pertence ao grupo 16 da tabela periódica, estando localizado entre o telúrio e enxofre, o que os semelha em propriedades químicas e físicas, todavia o Se apresenta maiores semelhanças com o enxofre e menores com o telúrio (SEIXAS; KEHRIG, 2007).

O Se está envolvido em diversos processos metabólicos e desempenha funções variadas. As principais funções incluem a capacidade antioxidante, a participação no metabolismo da tireóide (transformação do T4 em T3), a proteção contra a ação nociva de metais pesados e xenobióticos, a redução dos riscos de doenças crônicas não transmissíveis e o aumento da resistência do sistema imunológico (PACHECO, 2014).

Há três tipos de formas de Se encontrados, os compostos orgânicos (selenometionina, selenocisteína e selenocistina), os compostos inorgânicos (selenato, seleneto e selenito) e os compostos voláteis de selênio (como o dimetilseleneto obtido partir da metabolização do selênio) (ROLO, 2015).

O composto mais conhecido como fonte de selênio para o uso de suplementos minerais ou animais é o selenito de sódio ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ), podendo ser encontrado também o selenato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ ) ou selenato de bário ( $\text{BaSeO}_4$ ). O  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$  é a forma mais comum de selênio nas formulações de fertilizantes destinados à adubação de solos ou para a aplicação foliar em regiões em que os solos apresentam deficiência de Se (PRAUCHNER, 2014).

### **2.4.1 Biodisponibilidade de Selênio**

As plantas absorvem o selênio inorgânico do solo e posteriormente os convertem em selênio orgânico (selenoaminoácidos), como a selenometionina e selenocisteína, que serão incorporadas em proteínas (MELO et al., 2013).

As principais formas absorvidas pela planta são selenito e selenato. O selenito é absorvido de forma passiva, por meio de difusão, enquanto o selenato requer um gasto de energia pela planta. Todavia o selenato é a principal forma translocada, já o selenito precisa ser previamente convertido em selenato e/ou compostos orgânicos (selenoaminoácidos) (MORAES, 2008).

O Se é incorporado a proteínas geralmente através da substituição do enxofre (S) dos aminoácidos cisteína e metionina por Se inorgânico, sendo a sua forma mais disponível para absorção pelo organismo humano a selenocisteína.

Em humanos sua absorção ocorre em maior proporção no intestino delgado, e pelo aparelho respiratório ou pele, porém os dois últimos ocorrem com menos frequência. Durante a gravidez consegue passar pela placenta e é possível observar a sua presença no leite materno (NÓBREGA, 2015).

A transformação do selênio ingerido por meio da dieta em compostos que apresentem atividade biológica como exemplo dos selenoaminiácidos) toma lugar no fígado. O fígado é o local de onde ocorre o processo de detoxificação, onde o excesso de selênio é transformado em compostos que possam ser eliminados através das fezes, da urina ou do ar expirado (PRAUCHNER, 2014).

#### **2.4.2 Atuação do Selênio nas plantas**

Em menores concentrações, a adição do Se nos cultivos agrícolas, permite que ao ser absorvido pelas plantas, desempenhe um papel importante diminuindo a peroxidação lipídica da célula e melhora o desempenho de mecanismos enzimáticos e não enzimáticos, no intuito de minimizar os danos causados pelo estresse oxidativo causados pelas Espécies Reativas de Oxigênio (ERO) (DUTRA, 2017).

As plantas são classificadas em três grupos de acordo com sua capacidade de acumular Se, são elas plantas acumuladoras, plantas não acumuladoras e plantas indicadoras de Se. As plantas não acumuladoras de Se são aquelas que contêm menos de  $25 \mu\text{g Se g}^{-1}$ , representada pela maioria das plantas, não tolerando altos níveis de Se no ambiente, ocorrendo fitotoxicidade em níveis de Se que variam de  $10\text{-}100 \mu\text{g Se g}^{-1}$  na matéria seca. As plantas indicadoras de Se crescem adequadamente em locais que possuem alta concentração de Se, podendo conter até  $1000 \mu\text{g Se g}^{-1}$  de matéria seca sem que essa concentração acarrete prejuízos. Plantas que podem acumular em seu tecido cerca de  $20\text{-}40 \text{mg Se g}^{-1}$  de matéria seca são consideradas acumuladoras (WHITE et al., 2004).

As plantas utilizadas no cultivo agrícola, são em sua maioria não acumuladoras, o que as torna sensíveis a altas concentrações de Se, variando de acordo com a espécie, podendo ocasionar atraso no crescimento desenvolvimento e clorose nas folhas (Malavolta, 1998)

Em baixas concentrações, o Se tende a exercer efeito benéfico em relação a tolerância ao estresse e crescimento dos vegetais (DE ALMEIDA; DUTRA e FILHO 2016), enquanto em altas concentrações promove fitotoxidade.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Material e vegetal e implantação do experimento**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais da Universidade Federal de Lavras (UFLA) situado no Departamento de Agricultura, na cidade de Lavras – MG, Brasil, latitude 21°14' 00''S, longitude 44°59'00'' W, altitude 919 m e clima Cwa.

Mudas de morangueiro da cultivar PRA Estiva adquiridas na empresa Multiplanta Tecnologia Vegetal foram transferidas para vasos com volume de 4L contendo substrato comercial Tropstrato® para hortaliças e mantidos em casa de vegetação de cobertura tipo clarite (**Figura 1**).

**Figura 1.** Estrutura de casa de vegetação coberta por clarite.



Fonte: Do autor (2022)

#### **3.2 Condições de Cultivo e Clima**

O morangueiro é uma espécie considerada perene, podendo ser cultivada o ano todo, quando plantadas cultivares de dias neutros, ou seja, que não dependem de fotoperíodo para produzirem. É uma planta de boa adaptabilidade ao clima temperado, subtropical ou tropical em virtude da quantidade de cultivares que podem ser plantadas em diferentes condições de temperatura (SENAR, 2019), contudo o clima mais favorável é o clima subtropical ou

temperado, pois seu desenvolvimento ocorre melhor em temperaturas que variam sua amplitude de 15 °C à 28°C (LOPES et al., 2019).

De acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (INMET, 2021), para Lavras-MG no período de condução do experimento, a temperatura mais alta foi registrada no mês de setembro, com 36,4°C, enquanto a temperatura mais baixa foi registrada em julho, sendo 4,3°C.

**Figura 2.** Dados climatológicos para região de Lavras-MG no período de 22/07/2021 à 28/09/2021, registrando a temperatura média, máxima e mínima (°C); umidade relativa média (%); insolação (h); quantidade total de chuva (mm).

	Umi. (%)	Insolacao (h)	Temp. Méd. (h)	Temp. Max. (h)	Temp. Min. (h)	Chuva (mm)
Julho	59,3	8,6	23,9	26,8	4,3	0,0
Agosto	57,8	8,7	27,7	31,6	8,7	4,3
Setembro	55,5	7,9	32,0	36,4	10,9	8,8

Diante disso, vale ressaltar que, devido as condições principalmente de fotoperíodo (menores que 10h), para a cidade de Lavras – MG é indicado o plantio de cultivares de dias neutros (DN), as quais são indiferentes à duração do dia e, teoricamente, podem ser cultivadas em qualquer época do ano, como é o caso da cultivar PRA Estiva.

### 3.3 Tratamentos

Os tratamentos consistiram em duas dosagens de Selênio (fonte de Se: selenato de sódio – Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>) nas concentrações 10 e 20 µM (Tabela 1), contendo três repetições. A aplicação foi feita na forma de adubação via foliar e via substrato com ambas dosagens de Se. As concentrações foram aplicadas em plantas adultas na fase vegetativa, sendo feita em 22 de junho de 2021.

As plantas da testemunha receberam 50 mL de água no substrato e nas folhas, enquanto os demais tratamentos recebiam as concentrações diluídas em um volume total de 50 mL e aplicadas via substrato e/ou foliar (**Tabela 1**).

**Tabela 1.** Descrição dos tratamentos e suas formas de aplicação e dosagem de Se, sendo T0 – testemunha; T1 – aplicação de Se via foliar na concentração de 10 µM; T2 – aplicação de Se

via substrato na concentração de 10  $\mu\text{M}$  ; T3 – aplicação de Se via foliar na concentração de 20  $\mu\text{M}$ ; T4 – aplicação de Se via substrato na concentração de 20  $\mu\text{M}$ .

<b>Tratamento</b>	<b>Aplicação</b>	<b>Dose Se</b>
T0	Controle	0 $\mu\text{M}$
T1	Folha	10 $\mu\text{M}$
T2	Substrato	10 $\mu\text{M}$
T3	Folha	20 $\mu\text{M}$
T4	Substrato	20 $\mu\text{M}$

As plantas que receberam aplicação foliar tiveram a solução borrifada, enquanto para aplicação no substrato a foi feita vertendo a solução na base das plantas. Todos os tratamentos receberam 50mL da solução em aplicação única e, as aplicações foliares foram feitas somente após isolamento do substrato com plástico, evitando assim o contato da solução com o solo.

### 3.4 Análises

Ao final do experimento, foram determinados nos frutos quantificação de Se, análise química (macro e micronutrientes), número frutos e massa por tratamento, além de teor de clorofila a, b e total nas plantas.

#### 3.4.1 Análises fitotécnicas

Os frutos foram colhidos semanalmente, após atingirem 75% de sua coloração vermelho-escuro conforme indicado por Filho (2017), durante 12 semanas (**Figura 2**).

**Figura 2.** Frutos com coloração vermelha-vermelho escuro, prontos para serem colhidos.



Fonte: Acervo pessoal Filipe Almendagna Rodriguês (2021)

Após colhidos, os frutos foram contabilizados e pesados (**Figura 3**).

**Figura 3.** Frutos pesados em balança de precisão após colheita.



Fonte: Do autor (2022)

### 3.4.2 Quantificação química

A quantificação de selênio e demais análises químicas de nutrientes foram realizadas em laboratório de Geoquímica do Departamento de Ciência dos Solos/UFLA.

Cerca de 100 mg de massa fresca foram utilizadas formando extratos após digestão ácida, executada por meio de HNO<sub>3</sub> concentrado e vasos fechados em forno de micro-ondas, de acordo com o método 3051A da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos - USEPA (USEPA, 2007). Esse método é recomendado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Para medição do conteúdo químico de nutrientes e selênio nas soluções utilizou-se espectrômetro de absorção atômica em forno de grafite (Espectrometria de Absorção Atômica com correção de fundo de Zeeman e lâmpada de EDL para Se; AAnalyst™ 800 AAS, Perkin Elmer). A curva de calibração para a medição de Se foi obtida a partir de solução padrão com 1 g kg<sup>-1</sup> de Se (≥ 98% de pureza, Fluka, Buchs, Suíça).

### 3.4.3 Análise fisiológica

A determinação dos teores de clorofila a, b e total foi realizada de forma indireta através da leitura com o equipamento portátil eletrônico ClorofiLOG Falker® modelo CFL1030. A leitura

foi feita em três plantas de cada tratamento, sendo realizadas uma leitura por planta na terceira folha totalmente expandida.

### 3.5 Delineamento experimental e estatística

O experimento foi disposto em delineamento inteiramente casualizado. Os vasos foram dispostos de forma aleatória em casa de vegetação de cobertura tipo clarite e mantidos durante 14 semanas sob irrigação por gotejamento.

Os dados foram submetidos a análise variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2019).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análises fitotécnicas

As variáveis analisadas número de frutos, peso médio e total de frutos não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos.

A aplicação de Se tem como principal finalidade efetuar a biofortificação dos frutos, podendo trazer ou não incrementos a produção. No presente trabalho não foi possível observar acréscimo nos parâmetros de peso de frutos e produção (**Tabela 2**)

**Tabela 2.** Tabela de médias de número de frutos (Nº FRUTOS), peso total de frutos (PESO DE FRUTOS), peso médio de frutos (PESO MED. FRUTOS).

TRATAMENTOS	Nº FRUTOS	PESO DE FRUTOS	PESO MED. DE FRUTOS
T0	26 a	325,03 a	11,24 a
T1	26 a	347,27 a	11,29 a
T2	24 a	345,97 a	15,97 a
T3	38 a	505,24 a	16,09 a
T4	25 a	353,67 a	13,71 a
CV	27.69	21.37	19.20

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. T0 – testemunha; T1 – aplicação de Se via foliar na concentração de 10 µM; T2 – aplicação de Se via substrato na concentração de 10 µM; T3 – aplicação de Se via foliar na concentração de 20 µM; T4 – aplicação de Se via substrato na concentração de 20 µM.

Resultados semelhantes foram descritos por Santiago (SANTIAGO et al., 2019), onde as dosagens de Se utilizadas foram capazes de aumentar os teores de Se no fruto, contudo não ocorreu benefícios ou prejuízos para a planta. Apesar da ausência de incrementos, as plantas

que receberam aplicação de Se não foram prejudicadas, o que se apresenta como resultado satisfatório, apontando ausência de fitoxidez às plantas.

## 4.2 Análises Fisiológicas

Não foram observadas diferenças significativas nos pigmentos fotossintéticos de clorofila *a*, *b* e total entre os tratamentos, indicando a ausência de fitotoxicidade de Se às plantas (Tabela 3).

**Tabela 3.** Tabela de médias de clorofila *a* (CLOR. A), clorofila *b* (CLOR. B) e clorofila total (CLOR. TOTAL) de frutos de morangueiro.

TRATAMENTOS	CLOR. A	CLOR. B	CLOR. TOTAL
T0	35,13 a	16,17 a	25,15 a
T1	33,37 a	14,63 a	24,00 a
T2	35,27 a	17,03 a	26,15 a
T3	35,40 a	16,53 a	25,97 a
T4	33,87 a	16,20 a	25,03 a
CV	7.39	11.56	7.60

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. T0 – testemunha; T1 – aplicação de Se via foliar na concentração de 10 µM; T2 – aplicação de Se via substrato na concentração de 10 µM; T3 – aplicação de Se via foliar na concentração de 20 µM; T4 – aplicação de Se via substrato na concentração de 20 µM.

Doses elevadas de Se podem causar fitotoxidez e comprometer o aparelho fotossintético das plantas, conforme observado por Mateus (2020) em plantas de café, que tiveram a clorofila total negativamente afetadas quando aplicadas 1 mmol L<sup>-1</sup> de Se, possivelmente devido ao efeito pró-oxidante desencadeado à célula pelo Se.

Nesse contexto, as doses de Se aplicadas às plantas de morangueiro no presente estudo não proporcionaram danos a planta, podendo ser visto como característica positiva pois, ainda que não ocorra incrementos à outros parâmetros influenciados pelos pigmentos, como por exemplo a produção, a aplicação dessas dosagens a cultura do morangueiro não acarreta nenhum prejuízo.

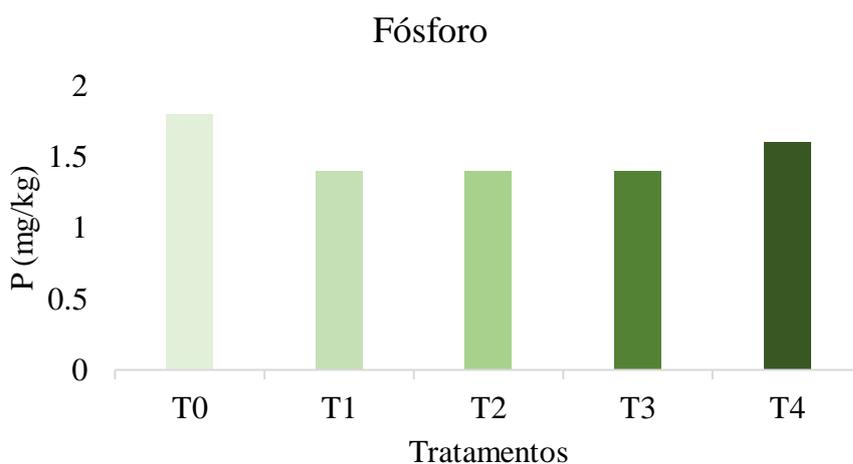
## 4.3 Macronutrientes no fruto

### 4.3.1 Fósforo

A testemunha apresentou maiores teores de P. Os tratamentos aplicando 10µM via foliar e substrato e 20µM via foliar (T1, T2 e T3 respectivamente) não apresentaram variação entre

si, sendo inferiores a testemunha aproximadamente 23%. O T4 se apresentou mais próximo a testemunha, com variação de somente 12% menor em relação a testemunha (**Figura 4**).

**Figura 4.** Comportamento do macronutriente P em frutos de morangueiro com aplicação de Se. T0 – testemunha; T1 – aplicação de Se via foliar na concentração de 10  $\mu\text{M}$ ; T2 – aplicação de Se via substrato na concentração de 10  $\mu\text{M}$ ; T3 – aplicação de Se via foliar na concentração de 20  $\mu\text{M}$ ; T4 – aplicação de Se via substrato na concentração de 20  $\mu\text{M}$ .

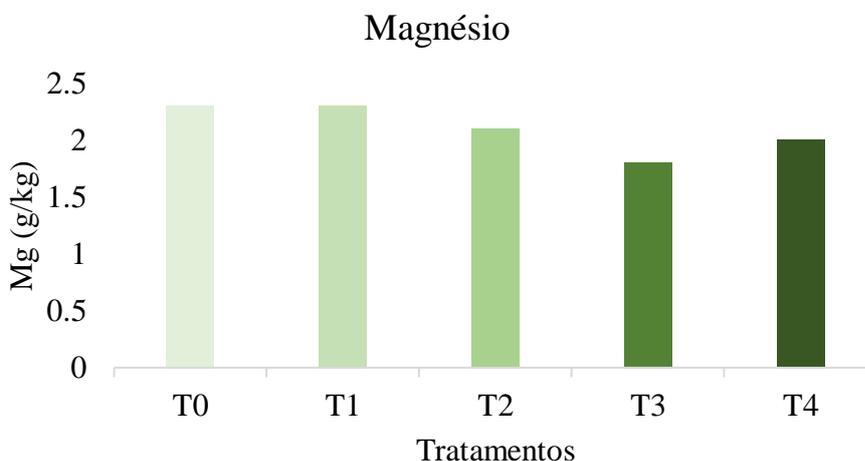


DUTRA (2017) observou que, couve-flor em cultivo hidropônico, sob baixas concentrações de Se ( $\leq 5 \mu\text{mol L}^{-1}$ ) os teores de P foram semelhantes ao encontrado no controle. Ainda nesse sentido, NASSER (2015) constatou que a aplicação de Se, independente da forma de aplicação (solo ou foliar) e dose utilizada em sua pesquisa, não apresentou efeito significativo quanto aos teores de P, em tubérculos de batata. Dessa forma, pode-se dizer que a absorção de P pela planta não é afetada quando aplicado Se nas plantas, independente da via de aplicação.

#### 4.3.2 Magnésio

A testemunha e o tratamento aplicando-se Se na dose de 10 $\mu\text{M}$  via foliar (T1) não apresentaram diferença entre si quanto aos teores de Mg. Menores teores foram observados no tratamento aplicando 10 $\mu\text{M}$  via substrato (T2), seguido do tratamento contendo 20 $\mu\text{M}$  de Se aplicados via substrato e via solo, respectivamente (T4 e T3), com diferença de 9%, 14% e 22%, respectivamente, a menos em relação a testemunha (**Figura5**).

**Figura 5.** Comportamento do macronutriente Mg em frutos de morangueiro com aplicação de Se. T0 – testemunha; T1 – aplicação de Se via foliar na concentração de 10  $\mu$ M; T2 – aplicação de Se via substrato na concentração de 10  $\mu$ M; T3 – aplicação de Se via foliar na concentração de 20  $\mu$ M; T4 – aplicação de Se via substrato na concentração de 20  $\mu$ M.



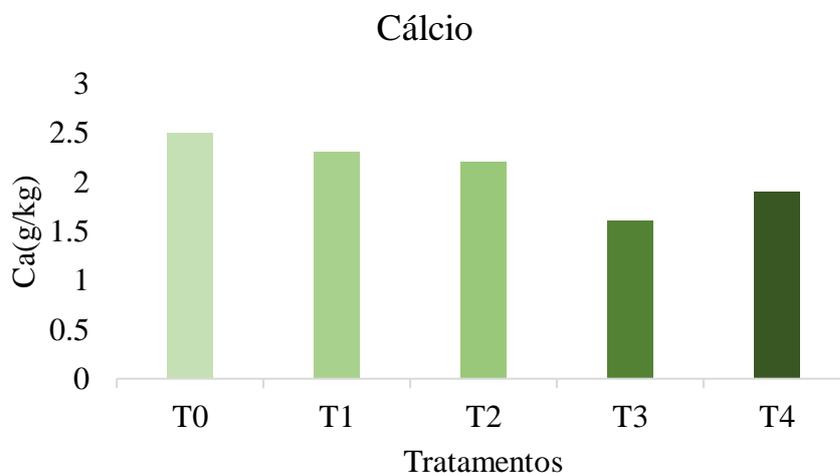
NASSER (2015) observou comportamento semelhante quando aplicado Se em batata, onde, independente da forma de aplicação (solo ou foliar) e dosagem utilizada em sua pesquisa, os teores de Mg não apresentaram diferenças significativas. Em contrapartida, ao aplicar Se em mudas de cafeeiro, Mateus (2020) observou a ocorrência de maior acúmulo de Mg nas raízes de três, dos quatro genótipos de café utilizados.

#### 4.3.3 Cálcio

A testemunha apresentou a maior teor de Ca. Foi possível observar que a maior concentração aplicada (20 $\mu$ M de Se) afetou negativamente o teor de Ca, principalmente quando aplicada via foliar. Os tratamentos contendo 10 $\mu$ M de Se aplicados via foliar e via substrato (T2 e T3) foram 8% e 12% respectivamente, menores que a testemunha, não sendo considerando uma diferença muito expressiva. As aplicações de Se na dose de 20 $\mu$ M via foliar e via substrato (T3 e T4) apresentaram teores de Ca 36% e 24%, respectivamente, inferiores a testemunha (**Figura 6**).

**Figura 6.** Comportamento do macronutriente Ca em frutos de morangueiro com aplicação de Se. T0 – testemunha; T1 – aplicação de Se via foliar na concentração de 10  $\mu$ M; T2 – aplicação

de Se via substrato na concentração de 10  $\mu\text{M}$ ; T3 – aplicação de Se via foliar na concentração de 20  $\mu\text{M}$ ; T4 – aplicação de Se via substrato na concentração de 20  $\mu\text{M}$ .

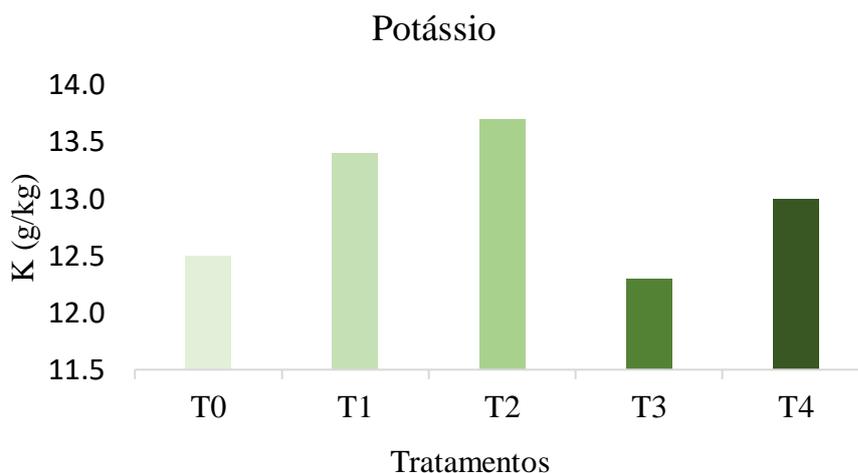


A aplicação de selenato de sódio ( $1,0 \text{ mmol L}^{-1}$ ) resultou em maior acúmulo de Ca nas raízes das mudas de café utilizadas por MATEUS (2020). Em contrapartida, quando aplicado Se em batata, onde, independente da forma de aplicação (solo ou foliar) e dosagem utilizada em sua pesquisa, os teores de Mg não apresentaram diferenças significativas (NASSER, 2015), o que, apresenta comportamento semelhante ao que foi observado neste trabalho.

#### 4.3.4 Potássio

O tratamento com a aplicação de 20  $\mu\text{M}$  de Se via foliar (T3) apresentou menor acúmulo de K, seguido da testemunha. Maiores médias nos teores de K foram observadas na aplicação via substrato de 10  $\mu\text{M}$  de Se (T2), seguida da mesma dosagem aplicada via foliar (T1) (**Figura 7**).

**Figura 7.** Comportamento do macronutriente K em frutos de morangueiro com aplicação de Se. T0 – testemunha; T1 – aplicação de Se via foliar na concentração de 10  $\mu\text{M}$ ; T2 – aplicação de Se via substrato na concentração de 10  $\mu\text{M}$ ; T3 – aplicação de Se via foliar na concentração de 20  $\mu\text{M}$ ; T4 – aplicação de Se via substrato na concentração de 20  $\mu\text{M}$ .



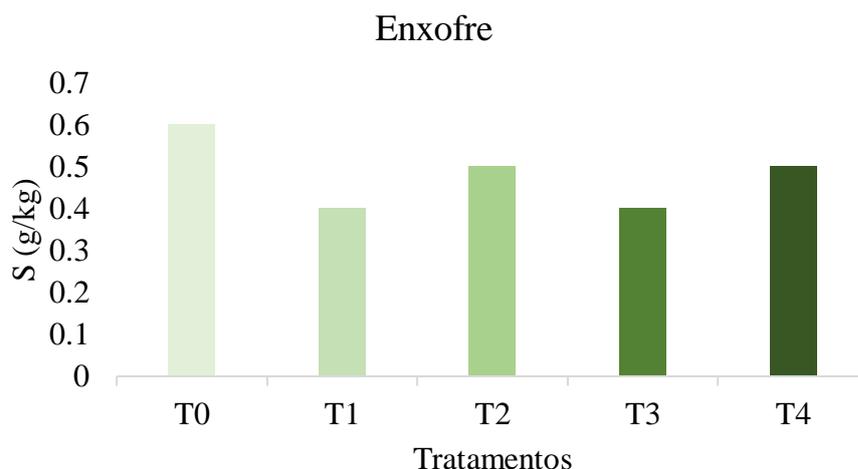
O tratamento T1 e T2 apresentaram superioridade em relação a testemunha de aproximadamente 7% e 9%, respectivamente, enquanto o tratamento T4 apresentou média de 4% a mais, para o teor de K.

DUTRA (2017), ao biofortificar plantas de couve-flor com Se não constatou diferença significativa no teor de K acumulado nas inflorescências, em cultivo hidropônico.

#### 4.3.5 Enxofre

Maiores teores de S foram observados na testemunha. A dose de Se aplicada não influenciou no teor de S, isto é, dosagens de Se diferentes aplicadas do mesmo modo (apenas foliar ou apenas via substrato) resultaram no mesmo teor de S (**Figura 8**).

**Figura 8.** Comportamento do macronutriente S em frutos de morangueiro com aplicação de Se. T0 – testemunha; T1 – aplicação de Se via foliar na concentração de 10 µM; T2 – aplicação de Se via substrato na concentração de 10 µM; T3 – aplicação de Se via foliar na concentração de 20 µM; T4 – aplicação de Se via substrato na concentração de 20 µM.



DUTRA (2017) observou efeito antagônico do S quando aplicado Se, ou seja, à medida que se aumentavam as doses de Se, diminuía-se o teor de S nas inflorescências de couve-flor em cultivo hidropônico.

O teor de S com aplicação de 10  $\mu\text{M}$  e 20  $\mu\text{M}$  de Se aplicados via foliar (T1 e T3) foram 33% menor que a testemunha, enquanto a aplicação das mesmas concentrações aplicadas no substrato (T2 e T4) apresentaram redução no teor de S de 16%.

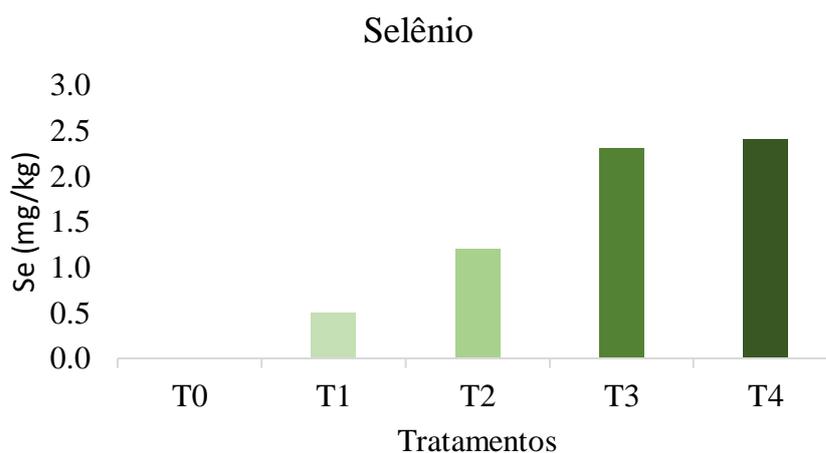
A aplicação de Se via substrato possibilita melhor eficiência na absorção do S, sem causar diminuição drástica no teor de S nos frutos de morangueiro, pois a tendência é que haja competição entre a absorção de S e Se, que ocorre devido ao comportamento da absorção de Se, que é muito semelhante ao S, não sendo possível pela planta a distinção entre esses dois nutrientes (PACHECO, 2014).

#### 4.4 Micronutrientes no fruto

##### 4.4.1 Selênio

A aplicação de Se possibilitou a biofortificação dos frutos independente da forma de aplicação e dosagem aplicada. Contudo, maior teor de Se foi observado quando aplicado a dose de 20  $\mu\text{M}$ , com maiores acréscimos quando feita a aplicação via substrato (T4), seguida da aplicação foliar, apresentando 23 e 24 vezes mais Se que a testemunha, respectivamente (**Figura 9**).

**Figura 9.** Comportamento do micronutriente Se em frutos de morangueiro com aplicação de Se. T0 – testemunha; T1 – aplicação de Se via foliar na concentração de 10  $\mu\text{M}$ ; T2 – aplicação de Se via substrato na concentração de 10  $\mu\text{M}$ ; T3 – aplicação de Se via foliar na concentração de 20  $\mu\text{M}$ ; T4 – aplicação de Se via substrato na concentração de 20  $\mu\text{M}$ .



Pesquisas anteriores mostraram o mesmo comportamento para acúmulo de Se em morango com a utilização de quatro doses crescentes (0,3; 0,6; 1,2 e 2,4 mg dm<sup>-3</sup>), contudo, quando aplicada a análise de regressão, o Se é aumentado no fruto somente até a dose de 1,73 mg dm<sup>-3</sup>, posteriormente, ainda que se aumente a dosagem de Se, seu acúmulo diminui (SANTIAGO et al., 2019).

Segundo a Associação Brasileira de Nutrologia (ABRAN, 2021) é recomendável a ingestão diária de 0,055mg de Se por dia. Baseado nos teores médios de Se quantificado nos frutos coletados em cada tratamento, a tabela abaixo (**Tabela 4**) apresenta o número aconselhável de frutos que podem ser consumidos diariamente para que ocorra o suprimento de níveis de Se em teores adequados, com base nos teores encontrados nos tratamento T1 à T4.

**Tabela 4.** Recomendação do número de frutos (RNF) de morangueiro que podem ser consumidos diariamente, a fim de suprir a demanda nutricional de Se, com base no peso médio de frutos em g (PMG) e o teor de selênio encontrado nos frutos em mg (Se).

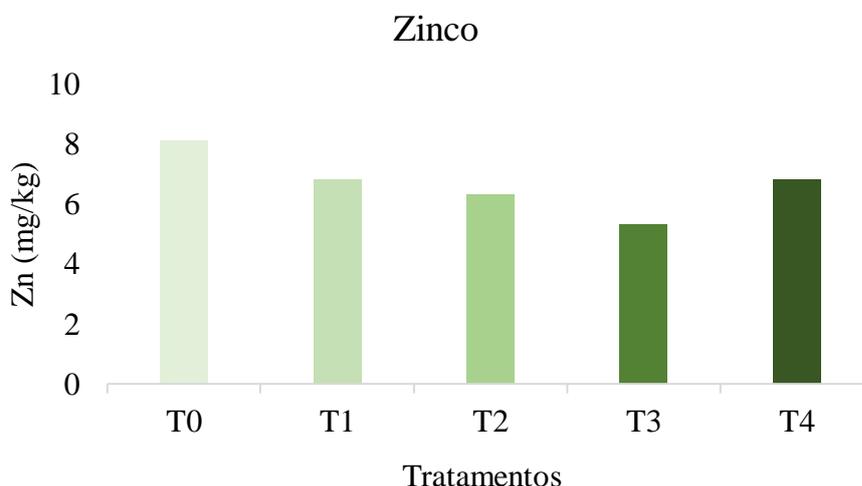
Tratamento	PMG (g)	Se (mg)	RNF
T1	11,29	0,50	10
T2	15,97	1,20	3
T3	16,09	2,30	2
T4	13,71	2,40	2

T1 – aplicação de Se via foliar na concentração de 10 µM; T2 – aplicação de Se via solo na concentração de 10 µM; T3 – aplicação de Se via foliar na concentração de 20 µM; T4 – aplicação de Se via solo na concentração de 20 µM.

#### 4.4.2 Zinco

Para o nutriente Zn, maior teor foi observado na testemunha, enquanto o valor menos expressivo foi observado no tratamento aplicando 20  $\mu\text{M}$  de Se via foliar (T3), sendo 34% inferior, seguido do tratamento aplicando 10  $\mu\text{M}$  de Se via substrato (T2). Não ocorreu diferença entre as médias do tratamento contendo 10  $\mu\text{M}$  de Se via foliar e 20  $\mu\text{M}$  de Se via substrato, sendo seus teores de Zn inferiores a testemunha 16% (**Figura 10**).

**Figura 10.** Comportamento do micronutriente Zn em frutos de morangueiro com aplicação de Se. T0 – testemunha; T1 – aplicação de Se via foliar na concentração de 10  $\mu\text{M}$ ; T2 – aplicação de Se via substrato na concentração de 10  $\mu\text{M}$ ; T3 – aplicação de Se via foliar na concentração de 20  $\mu\text{M}$ ; T4 – aplicação de Se via substrato na concentração de 20  $\mu\text{M}$ .



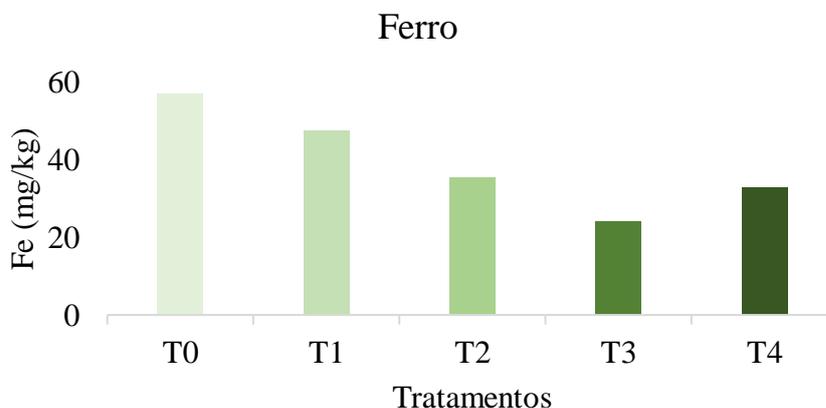
MATEUS (2020) ao aplicar Se na fonte selenato em mudas de cafeeiro observou incremento do nutriente Zn em três das quatro cultivares utilizadas em sua pesquisa. Contrariamente, DUTRA (2017) observou que o teor de Zn foi reduzido nas inflorescências de couve-flor com aplicação de Se tanto na fonte de selenito quanto de selenato em cultivo hidropônico. NASSER (2015) não observou diferença significativa entre as formas de aplicação (via solo e foliar) e as dosagens utilizadas em sua pesquisa no teor de Zn, quando utilizado Se na fonte selenato.

Em pesquisas que correlacionam o Zn e Se, é possível observar que o comportamento do nutriente Zn está intimamente ligado à fonte de selênio escolhida, a dose e a espécie utilizada.

#### 4.4.3 Ferro

Maior teor de Fe foi observado na testemunha, seguido do tratamento com aplicação de 10  $\mu\text{M}$  de Se via foliar (T1), com 16% a menos de Fe. O tratamento aplicando-se 20  $\mu\text{M}$  de Se via foliar (T3) apresentou a menor média quando comparado aos demais tratamentos, sendo 57% inferior a testemunha. Os tratamentos contendo 10  $\mu\text{M}$  e 20  $\mu\text{M}$  de Se via substrato (T2 e T4) apresentaram teor de Fe 37% e 42% a menos que a testemunha (**Figura 11**).

**Figura 11.** Comportamento do micronutriente Fe em frutos de morangueiro com aplicação de Se. T0 – testemunha; T1 – aplicação de Se via foliar na concentração de 10  $\mu\text{M}$ ; T2 – aplicação de Se via substrato na concentração de 10  $\mu\text{M}$ ; T3 – aplicação de Se via foliar na concentração de 20  $\mu\text{M}$ ; T4 – aplicação de Se via substrato na concentração de 20  $\mu\text{M}$ .



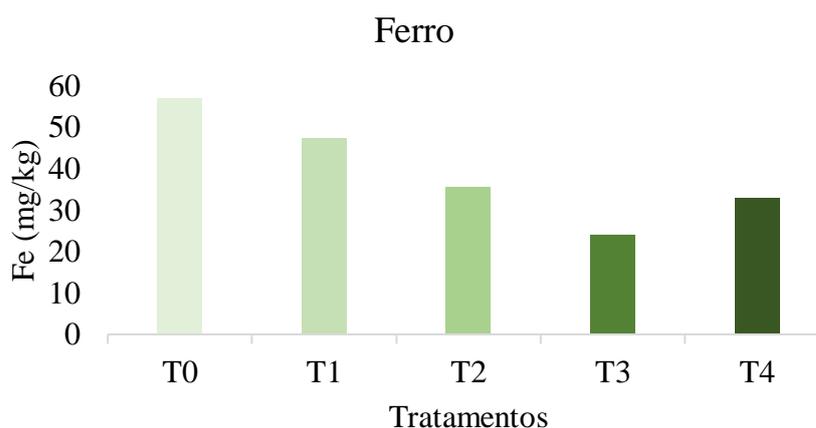
NASSER (2015) observou que quando aplicado Se em batata, onde, independente da forma de aplicação (solo ou foliar) e dosagem utilizada em sua pesquisa, os teores de Fe não apresentaram diferenças significativas nos tubérculos. DUTRA (2017) constatou que em cultivo hidropônico de couve-flor, pequeno aumento no teor de Fe foi observado quando utilizadas baixas concentrações de Se na fonte selenato, sendo que, concentrações superiores à 4  $\mu\text{mol L}^{-1}$  Se ocasionaram decréscimo linear nos teores de Fe.

#### 4.4.4 Manganês

Elevação no teor de Mn foi observada no tratamento com aplicação de 10  $\mu\text{M}$  de Se via substrato (T2), que se apresentou muito superior em relação aos demais tratamentos, cerca de 67% a mais que a testemunha. Para esse nutriente, a testemunha apresentou média inferior a todos os demais tratamentos em que foi realizada a aplicação de Se. Os tratamentos aplicando-

se 10  $\mu\text{M}$  de Se via foliar e 20  $\mu\text{M}$  de Se via foliar e substrato (T1, T3 e T4) foram superior a testemunha 0,8%, 15,% e 12%, respectivamente (**Figura 12**).

**Figura 12.** Comportamento do micronutriente Mn em frutos de morangueiro com aplicação de Se. T0 – testemunha; T1 – aplicação de Se via foliar na concentração de 10  $\mu\text{M}$ ; T2 – aplicação de Se via substrato na concentração de 10  $\mu\text{M}$ ; T3 – aplicação de Se via foliar na concentração de 20  $\mu\text{M}$ ; T4 – aplicação de Se via substrato na concentração de 20  $\mu\text{M}$ .

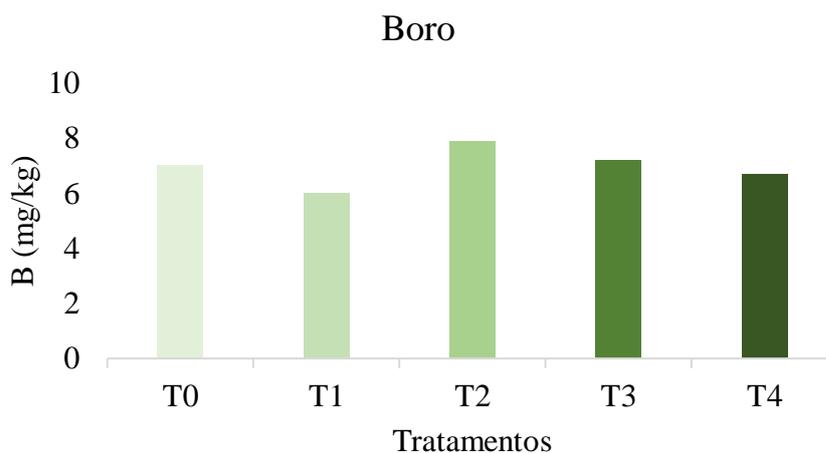


MATEUS (2020) observou que a aplicação de Se aumentou o acúmulo de Mn nas folhas de mudas de cafeeiro. Em contrapartida, DUTRA (2017) constatou efeito contrario, pois ocorreu diminuição no teor de Mn quando aplicado Se na forma de selanato em couve-flor no cultivo hidropônico.

#### 4.4.5 Boro

Maior teor de B foi o tratamento aplicando 10  $\mu\text{M}$  de Se via substrato (T2), sendo 12% superior a testemunha, seguido do tratamento com aplicação de 20  $\mu\text{M}$  de Se via foliar (T3), com 3% a mais de B que a testemunha. Os tratamentos contendo 10  $\mu\text{M}$  de Se via foliar (T1) e 20  $\mu\text{M}$  de Se via substrato (T4) tiveram menos acúmulo que a testemunha, do inferiores 14% e 4%, respectivamente (**Figura 13**).

**Figura 13.** Comportamento do micronutriente B em frutos de morangueiro com aplicação de Se. T0 – testemunha; T1 – aplicação de Se via foliar na concentração de 10  $\mu\text{M}$ ; T2 – aplicação de Se via substrato na concentração de 10  $\mu\text{M}$ ; T3 – aplicação de Se via foliar na concentração de 20  $\mu\text{M}$ ; T4 – aplicação de Se via substrato na concentração de 20  $\mu\text{M}$ .



Em sua pesquisa, DUTRA (2017) encontrou aumento no teor de B na folha diagnóstica de couve-flor em cultivo hidropônico com aplicação do selenato em concentração estimada de até  $31 \mu\text{mol L}^{-1}$  Se, concentrações superiores foram observadas reduções de B.

## 5. CONCLUSÃO

A aplicação de Se promoveu a biofortificação dos frutos de morango e proporcionou o aumento de potássio, boro e manganês, indicando melhora na qualidade dos mesmos sem causar prejuízos à produção.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para encontrar valores mais precisos do número de frutos que pode ser ingerido diariamente, para que se obtenha os teores necessários de Se para o suprimento da demanda nutricional, é necessário estudos mais aprofundados pertinentes a biodisponibilidade de Se acumulado nos frutos de morango.

Cabe ressaltar que a ingestão de Se em doses mais altas (0,2 mg) pode contribuir para o tratamento de infecções, contudo, deve ser feita com acompanhamento médico e não pode ser utilizada por tempo prolongado. Além disso, doses maiores que 0,4 mg de Se são consideradas tóxicas e podem causar danos à saúde.

Segundo o Manual MSD (Manual MSD, 2022), o limite máximo de Mn a ser ingerido por pessoas com idade maior ou igual a 9 anos varia de 6 a 11 mg/dia, dessa forma o consumo de frutos biofortificados contribuem para o aumento na ingestão de Mn, contudo, considerando que o T2 possui a máxima dosagem de Mn dentre os tratamentos, é recomendável que seja consumido no máximo 18 frutos para que não seja ultrapassado o limite máximo recomendado.

A produção de alimentos biofortificados tem avançado cada vez mais, dessa forma, considerando os incrementos de outros nutrientes além do Se fornecidos por meio da biofortificação de frutos de morangueiro dessa pesquisa, as plantas tratadas com 10 µM de Se via substrato atendem de forma satisfatória a contribuição de diversos nutrientes importantes para dieta, como B, Mn e K além do Se que também serão fornecidos por outros alimentos.

## **7. REFERÊNCIAS**

NUNES, Graziella, et al. Ação antioxidante e propriedades funcionais do morango no organismo humano. **Revista Valore**. Revista Valore, Volta Redonda, n. 5, 23 p., 2020.

CORBO, Jessica Zuanazzi Fioritti. **Biofortificação do feijão e do milho com selênio**. 2014. Dissertação – Curso de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical – Instituto Agrônomo de Campinas, São Paulo, 2014.

DUTRA, Alexson Filgueiras. **Selênio no desempenho fisiológico e biofortificação agrônômica da couve-flor**. 2017. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal, 2017.

WHITE, P. J.; et al. Interactions between selenium and sulphur nutrition in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, p. 1927-1937, 2004.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ed. Agrônômica Ceres, 1980. P 211-212.

DE ALMEIDA, H. J.; DUTRA, A. F.; FILHO, A. B. C. **Biofortificação de Hortaliças e Saúde Global-Um Enfoque para Selênio, Zinco, Ferro e Iodo**. In FILHO A. B. C. Nutrição e Adubação de Hortaliças, p.103-150, 2016.

MATEUS, Matheus Pereira de Brito. **Efeito benéfico e tóxico biofortificação agrônômica do café com selênio**. 2020. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Ilha Solteira, 2020.

Diretrizes para ingestão diária de oligoelementos. Manual MSD – Versão para Profissionais da Saúde. Disponível em: <https://www.msmanuals.com/pt-br/profissional/multimedia/table/diretrizes-para-ingest%C3%A3o-di%C3%A1ria-de-oligoelementos#>. Acesso em: 24 de mar. 2022.

NASSER, Vinícius Guimarães. **Biofortificação da cultura da batata com selênio**. 2015. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa – UFV, Rio Paranaíba, 2015.

Estado Mundial de la Infancia 2019. **Niños, alimentos y nutrición: crecer bien en un mundo en transformación**. Nova York: UNICEF, Nueva York, 2019.

ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S. Morango: Produção aumenta ano a ano. Anuário HF 2021. **Campo e Negócio**, p. 87–90, 2021.

ANTUNES, L. E. C.; JÚNIOR, C. R.; SCHWENGBE, J. E. **Morangueiro**. I edição. Brasília: Embrapa, 2016.

CARVALHO, S. P. **Evolução da cultura do morangueiro nos últimos 50 anos**. In: Horticultura brasileira. Viçosa: Congresso Brasileiro de Olericultura, 2011. v. 29. p. 6057–6080.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. **Normais Climatológicas (1961/1990)**. Brasília - DF, 1992. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 24 de mar. 2022.

DCOM. **Biofortificação de alimentos é a aposta no combate à fome oculta**. Portal UFLA, 03 mai. 2019. Disponível em: <https://ufla.br/noticias/pesquisa/12905-biofortificacao-de-alimentos-e-a-aposta-no-combate-a-fome-oculta>. Acesso em: 21 fev. 2022.

EMBRAPA. Rede BioFORT. Disponível em: <https://www.embrapa.br/biofort>. Acesso em: 21 fev. 2022.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS. **Revista Brasileira de Biometria**, 2019.

MORAES, M. F. **Selênio em solos, plantas e fertilizantes**. In. **II ENCONTRO SOBRE SELÊNIO E TELÚRIO - BRASIL**, 2008, Campos do Jordão. Livro de resumos do II Encontro sobre Selênio e Telúrio - Brasil., 118p. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008. P. 19.

FUNDAÇÃO CARGILL. **Alimentos biofortificados são uma das soluções às deficiências nutricionais e insegurança alimentar**. Alimentação em foco, 30 jan. 2021. Disponível em: <https://alimentacaoemfoco.org.br/alimentos-biofortificados-solucao-deficiencias-nutricionais/>. Acesso em: 21 fev. 2022.

GRAHAM, R. D. et al. **Nutritious Subsistence Food Systems**. In: **Advances in Agronomy**. 2007. v. 92. p. 1–74.

LOPES, A. C. S. et al. Consumo de nutrientes em adultos e idosos em estudo de base populacional: Projeto Bambuí. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, p. 1201–1209, jul. 2005.

LOPES, H. R. D. et al. **A cultura do morangueiro no Distrito Federal**. Brasília: EMATER-DF. v. II, 2019.

MELO, G. M. P. DE et al. **Selênio Levedura**. Boletim Técnico, 15. Descalvado: Produção Animal UNICASTELO, 2015.

NÓBREGA, P. T. **Selênio e a importância para o organismo humano - benefícios e controvérsias**. 2015. Dissertação (Mestre em Ciências Farmacêuticas) – Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas – Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2015.

NUNES, G.; NOVELLO, D. Ação antioxidante e propriedades funcionais do morango no organismo humano. **Revista Valore**, 23 p., 2020.

NUNES, G.; NOVELLO, D. Morango (Fragaria x ananassa Duch): produtividade, composição química, nutricional e sensorial. **Revista Valore**, v.6, 19 p., 13 abr. 2021.

PACHECO, G. F. E. **Metabolismo do selênio**. Seminário apresentado na disciplina Bioquímica do Tecido Animal, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias. Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

FERREIRA, A. L. A. et al. **Posicionamento da ABRAN a respeito de micronutrientes e probióticos na infecção por Covid-19**. Associação brasileira de Nutrologia – ABRAN. Disponível em: [https://abran.org.br/2020/05/01/posicionamento-da-associacao-brasileira-de-nutrologia-abran-a-respeito-de-micronutrientes-e-probioticos-na-infeccao-por-covid-19/#:~:text=Apesar%20da%20dif%C3%ADcil%20interpreta%C3%A7%C3%A3o%20do,\(homens\)%20mg%2Fdia](https://abran.org.br/2020/05/01/posicionamento-da-associacao-brasileira-de-nutrologia-abran-a-respeito-de-micronutrientes-e-probioticos-na-infeccao-por-covid-19/#:~:text=Apesar%20da%20dif%C3%ADcil%20interpreta%C3%A7%C3%A3o%20do,(homens)%20mg%2Fdia). Acesso em: 1 abr. 2022.

PRAUCHNER, Carlos André. **A importância do selênio para a agropecuária e saúde humana**. Santa Maria: Editora UFSM, 2014.

RAYMAN, M. P. Selenium and human health. **The Lancet**, v. 379, n. 9822, p. 1256–1268, mar. 2012.

ROCHA, D. A. et al. Análise comparativa de nutrientes funcionais em morangos de diferentes cultivares da região de Lavras-MG. **Rev. Brasileira de Fruticultura**, p. 1124–1128, dez. 2008.

ROLO, Iolanda Pereira da Costa. **A importância do Selênio na saúde humana**. 2015. Dissertação (Mestre em Ciências Farmacêuticas) – Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas – Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz, Almada, 2015.

SANTIAGO, F. E. M. et al. Influence of sulfur on selenium absorption in strawberry. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 41, n. 1, 9 fev. 2019.

SAWAYA, A. L. Desnutrição: consequências em longo prazo e efeitos da recuperação nutricional. **Estudos Avançados**, p. 147–158, 2006.

SEIXAS, T. G.; KEHRIG, H. DO A. O Selênio no meio ambiente. **Oecologia Brasiliensis**, p. 264–276, 2007.

Olericultura: cultivo do morango. **Serviço Nacional de Aprendizagem Rural**. Brasília: Senar, 80 p., 2019.

SKROVANKOVA, S. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. **International Journal of Molecular Sciences**, p. 24674- 24706, 16 out. 2015.

VIEIRA, E. C. Alimentos Funcionais. *Revista Medica de Minas Gerais*, p. 260–262, 2003.

VIARO. Renata Schneider. A importância bioquímica do Selênio para o organismo humano. **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciên. Biol. e da Saúde, Santa Maria, v.2, n.1, p.17-21, 2001.