



Fundação Universidade Federal do ABC

Pró reitoria de pesquisa

Av. dos Estados, 5001, Santa Terezinha, Santo André/SP, CEP 09210-580

Bloco L, 3ºAndar, Fone (11) 3356-7617

iniciacao@ufabc.edu.br

## **Proposta de projeto de Iniciação científica**

### **Bioacessibilidade de Selênio em grãos de arroz cultivados sob aplicação foliar de nanopartículas de Selênio**

**Palavras-chave:** Arroz, Selênio,  
Nanopartículas, Nanotecnologia,  
Bioacessibilidade

**Área de conhecimento do**

**projeto:** Transformações Químicas

**Outras áreas:** Nanotecnologia,  
Química Analítica, Alimentos

Santo André – SP

Junho de 2022

## Sumário

<b>Resumo.....</b>	<b>3</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Introdução e Justificativa .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Objetivos gerais e específicos .....</b>	<b>11</b>
<b>3. Metodologia.....</b>	<b>12</b>
<b>4. Viabilidade .....</b>	<b>15</b>
<b>5. Cronograma de atividades .....</b>	<b>15</b>
<b>Referências .....</b>	<b>17</b>

## Resumo

O arroz é um dos alimentos mais comuns e mais consumidos pela população mundial. É um alimento que normalmente é mais acessível e está inserido no cotidiano da maioria das culturas. Entretanto, ele é pobre em um elemento antioxidante, o qual grande parte da população mundial possui deficiência, o selênio (em média  $68,4 \text{ ng g}^{-1}$ ). Algumas alternativas foram encontradas com o intuito de aumentar a ingestão de Se, como, por exemplo, o consumo de suplementos alimentares, alimentos enriquecidos em Se e suplementação de animais para o consumo humano. A nanotecnologia é uma ciência inovadora que vêm crescendo cada vez mais em áreas como medicina, agricultura e meio ambiente. A aplicação de nanopartículas de Se em arroz durante seu cultivo pode demonstrar efeitos benéficos, porém é necessário estudar a bioacessibilidade de Se nesses grãos de arroz, ou seja, a quantidade máxima do elemento que seria absorvida pelo corpo humano, pois, apesar de ser benéfico, o Se pode ser prejudicial se consumido em grandes quantidades. Por isso, esse projeto tem o intuito de apresentar um método de aplicação de nanopartículas de Se em plantas de arroz, visando o aumento da quantidade do elemento disponível no grão. Serão usados métodos que simulam as fases da digestão humana (digestão gástrica e intestinal) e, ao fim do projeto, será determinada a quantidade de Se e de outros elementos químicos como Fe, Co, Cd, As, Pb, Mn, Mg e Cu, que serão de fato absorvidos pelo corpo humano, ou seja, a bioacessibilidade de Se e dos outros elementos presentes no alimento.

## **Abstract**

Rice is one of the most common and most consumed foods by the world population. It is a food that is usually more accessible and is part of the daily life of most cultures. However, it is poor in an antioxidant element, which a large part of the world population is deficient in, selenium (on average  $68.4 \text{ ng g}^{-1}$ ). Some alternatives were found in order to increase Se intake, such as the consumption of food supplements, foods enriched with Se and supplementation of animals for human consumption. Nanotechnology is an innovative science that is increasingly growing in areas such as medicine, agriculture and the environment. The application of Se nanoparticles in rice during its cultivation can demonstrate beneficial effects, but it is necessary to study the bioaccessibility of Se in these rice grains, that is, the maximum amount of the element that would be absorbed by the human body, because despite being beneficial, Se can be harmful if consumed in large amounts. Therefore, this project aims to present a method of application of Se nanoparticles in rice plants, aiming to increase the amount of the element available in the grain. Methods that simulate the phases of human digestion (gastric and intestinal digestion) will be used, at the end of the project, the amount of Se and other elements like Fe, Co, Cd, As, Pb, Mn, Mg and Cu, that will be indeed absorbed by the human body will be determined, that is, the bioaccessibility of Se and other elements in the food.

## 1. Introdução e Justificativa

### 1.1 Arroz e sua relação com o Selênio

Em países em desenvolvimento, culturas básicas como arroz, milho, feijão, mandioca e trigo, são as bases da alimentação da população. Esses alimentos, apesar de terem uma vasta quantidade de micronutrientes, ainda sofrem com a falta de outros nutrientes essenciais para a funcionalidade do metabolismo humano. Como no caso do arroz, em que as folhas possuem maior conteúdo nutritivo do que os grãos, que são de fato consumidos pelas pessoas. Por exemplo, as folhas de arroz possuem cerca de 100-200 mg kg<sup>-1</sup> Fe, enquanto os grãos possuem, aproximadamente, apenas 3 mg kg<sup>-1</sup> (El-Ramady *et al.*, 2014a).

Portanto, a biofortificação de culturas alimentares visando o aumento nas concentrações de nutrientes em partes comestíveis da planta é uma das mais promissoras opções para suprir a deficiência de nutrientes que atinge a população (El-Ramady *et al.*, 2014a)

O arroz é um dos cereais mais importantes do mundo, isso porque ele é parte fundamental de dietas do mundo inteiro (Embrapa, 2019), principalmente em áreas subdesenvolvidas e países de terceiro mundo. Apenas em 2019, foram produzidas 757,4 milhões de toneladas de grãos em casca, que corresponde a quase 30% do total de grãos usados na alimentação (Embrapa, 2019). Por isso, pesquisas envolvendo o arroz afetam a segurança alimentar em âmbito mundial (Counce *et al.*, 2000; Muthayya *et al.*, 2014). A Tabela 1 mostra a produção mundial de arroz entre os anos 2016 e 2021.

**Tabela 1:** Quadro de oferta e demanda mundial de arroz para os anos de 2016-2021. Fonte: (Adaptado) <https://planetaarroz.com.br/cenarios-de-producao-e-comercio-mundiais/>, 2021.

Quadro de produção mundial de arroz						
Arroz em casca	2016	2017	2018	2019	2020(p)	2021
Produção Mundial	748,6	752,9	765,4	757,4	774,1	778,5

A cultura da planta de arroz é dividida em 3 estágios: vegetativo, reprodutivo e preenchimento e maturação dos grãos, durando em média de 105 a 145 dias da germinação à maturação (Moldenhauer *et al.*, 2018).

Ao se tratar sobre alimentos com as maiores capacidades nutritivas, o arroz não é um dos melhores representantes. Isso pois, apesar de ser consumido em massa e de muitas maneiras, ele é pobre em minerais e vitaminas, trazendo um risco de deficiência nutricional para a população (Muthayya *et al.*, 2014). Em relação ao Se, alguns fatores que influenciam a sua quantidade nos grãos de arroz são sua concentração no solo e na planta, enquanto sua bioacessibilidade está relacionada à fração desse elemento que fica disponível para a absorção no corpo humano (Lemire *et al.*, 2010). A **Tabela 2** mostra as concentrações de Se no arroz em diferentes países.

**Tabela 2:** Concentrações médias, mínimas e máximas de Se encontradas em arroz em diferentes países. Concentrações expressas em ng g<sup>-1</sup>. **Mín:** concentração mínima reportada pelos autores. **Máx:** Concentração máxima reportada pelos autores.

Concentrações de Se no arroz em diferentes países				
País	Tipos de arroz	Média	Min - Máx	Referência
Brasil	Branco	32,1	22,79-44,94	Batista <i>et al.</i> , 2010
Brasil	Branco parborizado	44,9	31,25-63,16	Batista <i>et al.</i> , 2010
Brasil	Integral parborizado	42,1	32,01-60,13	Batista <i>et al.</i> , 2010
China	Branco	25	-	Chen <i>et al.</i> , 2002
Indonésia	Não especificado	35	11-71	Holik <i>et al.</i> , 2013
Suécia	Integral	200	-	Jorhem <i>et al.</i> , 2008
Suécia	Branco	100	-	Jorhem <i>et al.</i> , 2008
<b>Média</b>	-	68,4	-	-

Segundo estudos, a quantidade diária de Se recomendada varia de 50 a 55 µg por dia, sendo que valores abaixo de 40 µg são considerados insuficientes para suprir as funções e vitais e valores acima de 400 µg diários são considerados nocivos (Matos *et al.*, 2017). Se forem considerados esses valores junto aos que são mostrados na **Tabela 2** é possível observar que o país onde o arroz possui maiores concentrações de Se é a Suécia, enquanto países como o Brasil e a China em que suas populações consomem quantidades abundantes de arroz diariamente, possuem grãos com quantidades mais baixas de Se.

Dessa forma, uma das melhores opções encontradas para resolver essa deficiência é o bio-enriquecimento do arroz com Se. Experimentos conduzidos por Zhang *et al.* (2014) mostraram importantes avanços nessa prática. A equipe conduziu aplicações de Se (0 – 100 g há<sup>-1</sup>), na forma de selenito, no solo das mudas de arroz, que mostrou considerável aumento dos níveis de Se em diversas partes das plantas, chegando em um máximo de até 76.8 µg kg<sup>-1</sup> de Se nos grãos. Também foi possível determinar que o sistema fotossintético e a concentração de Se no grão de arroz estão diretamente ligados com a aplicação de Se, devido ao aumento das taxas de transpiração e de fotossíntese.

## 1.2 Nanotecnologia

A nanotecnologia é uma ciência inovadora e moderna que, principalmente por sua grande multidisciplinaridade, vem recebendo muita atenção nos últimos anos (Santos, 2017; Wang *et al.*, 2013). Como nesse projeto o foco será no setor agrícola da nanotecnologia, a **Figura 1** mostra como a nanotecnologia pode ser aplicada em diversas áreas do próprio setor agrícola.



**Figura 1:** Nanotecnologia aplicada ao manejo agrícola (fonte: Kumari, G. 2015).

Segundo a comissão europeia, nanomateriais ou nanopartículas (NPs) podem ser definidas como um agregado onde no mínimo 50% das partículas variam seu tamanho entre 1 a 100 nm (EUROPEAN COMISSION, 2011; Scenih, 2014). Ainda, segundo a Organização Nacional de Padronização (ISO), é possível definir nanomateriais como como partículas que apresentam pelo menos uma dimensão em nanoescala (1-100 nm) (ISO, 2008). Os nanomateriais podem ser compostos por metais, óxidos metálicos, cerâmicas, polímeros, entre outros, e apresentam propriedades singulares em relação à outros materiais devido à sua nanoescala (Wang *et al.*, 2013).

A nanotecnologia em um geral, está sendo usada para melhorar e ajudar a vida de todos. Entretanto, ainda existem alguns riscos que requerem muito estudo e experimentos para serem contidos. A nanotoxicologia, por exemplo, é uma área responsável por estudar os efeitos dos nanomateriais nos sistemas biológicos dos indivíduos (Selvaraj *et al.*, 2018). Dentro da nanotoxicologia, é



possível falar de um dos pontos centrais desse projeto, a bioacessibilidade, que diz respeito à concentração máxima de um elemento que é absorvido pelo corpo humano (Ruby *et al.*, 1999). Contudo, mais será dito sobre a bioacessibilidade no tópico 1.4.

### 1.3 Nanopartículas de Selênio (SeNPs)

As nanopartículas de Selênio (SeNPs) vêm chamando cada vez mais atenção quando comparadas às formas orgânicas e inorgânicas *bulk*, principalmente devido a sua alta disponibilidade e baixa toxicidade, como observado por Bagdar (2019). Se comparadas ao selenito, as SeNPs são muito eficazes na regulação de da atividade de selenoenzimas e na quantidade de Se nos tecidos, além de serem menos tóxicas (Zhang *et al.*, 2005).

As SeNPs podem ser sintetizadas através de sínteses químicas, físicas e biológicas (Badgar, 2019; El-Ramady *et al.*, 2014b). Na síntese químicas é usado redução e estabilização por agentes químicos, na biológica, são usadas plantas e bactérias (Skalickova *et al.*, 2017) e na física, são usados métodos com micro-ondas ou ablação a laser. As SeNPs podem ser sintetizadas com sais de Se e modificadas por polímeros como a quitosana (Skalickova *et al.*, 2017).

Alguns métodos que são usados na caracterização de SeNPs são a espectroscopia no UV-Vis; o espalhamento de luz dinâmico (DLS); Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) e a Microscopia Eletrônica de Transmissão (TEM) (Boroumand *et al.*, 2019).

Os efeitos biológicos distintos do Se e das SeNPs em ambiente terrestre, além de outros fatores, devem ser mais explorados, isso porque ainda existem algumas questões e riscos a serem entendidos.

### 1.4 Bioacessibilidade do Selênio no arroz

Atualmente, existem muitos alimentos que são taxados como “alimentos funcionais” por serem fontes de nutrientes vitais para o funcionamento humano e, dessa forma, benéficos para quem os consome (Luiz, A. 2012). Por isso,

existem muitas pesquisas que estudam diferentes formas de identificar e isolar esses nutrientes com o intuito de introduzi-los artificialmente em alimentos que são pobres destes, para assim torna-los mais nutritivos (Fernandes *et al.*, 2009). Entretanto, o conteúdo total de nutrientes não revela o real valor nutricional do alimento. Para saber esse real valor, é necessário entender melhor dois termos: **biodisponibilidade e bioacessibilidade**.

Do ponto de vista nutricional, biodisponibilidade diz respeito à fração de um elemento que está disponível em algum alimento que pode ser estocado ou utilizado em funções fisiológicas (Fairweather-Tait, S.J., 1993). Ou seja, apenas uma parte desses nutrientes serão realmente usadas pelo organismo. A **Tabela 3** a seguir mostrará um resumo sobre a biodisponibilidade de alguns alimentos.

**Tabela 3:** Resumo da biodisponibilidade de minerais (Adaptado) (Aroldo J.; Chemin & Mura)

Nutrientes	Biodisponibilidade	
	Aumenta	Diminui
<b>Cálcio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estado de saúde do organismo</li> <li>- Lactose</li> <li>- HCl / pH ácido intestinal</li> <li>- Ingestão com a refeição</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pH alcalino intestinal</li> <li>- Oxalato, fibras e fitatos</li> <li>- AGCL, pouca vitamina D</li> <li>- Dieta hiperprotéica</li> <li>- Cafeína, álcool, sódio</li> </ul>
<b>Magnésio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dieta hiperglicídica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cálcio dietético &gt; 2600mg</li> <li>- Dieta hiperlipídica (inibe absorção)</li> <li>- Dieta hipoproteica (diminui absorção)</li> <li>- Dieta hiperfíbrica (diminui absorção)</li> </ul>
<b>Ferro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pH ácido gástrico</li> <li>- Ferro heme / fator MFC de produtos cárneos</li> <li>- Cisteína e ácido ascórbico (ferro não heme)</li> <li>- Ácido cítrico, láctico, málico (ferro não heme)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acloridria / gastrectomia</li> <li>- Alta ingestão de cálcio com a refeição (Ca/Fe &gt; 150)</li> <li>- Fitatos</li> <li>- Polifenóis de chá, café, ervas e vinho tinto</li> </ul>
<b>Zinco</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proteína animal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fibras e fitatos</li> <li>- Ferro da refeição (Fe/Zn &gt; 3)</li> <li>- Cálcio quelado ao fitato</li> </ul>
<b>Cobre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fitato de classe 3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fitato de classe 6</li> <li>- Alto teor de zinco na dieta</li> <li>- Vitamina C em altas concentrações</li> </ul>

Uma das melhores definições sobre bioacessibilidade foi dada por Benito & Miller, 1998, em que os autores a definiram como a fração de um nutriente que é liberada da matriz de um alimento no trato gastrointestinal, que se torna disponível para a absorção intestinal e, conseqüentemente, na corrente sanguínea. Apesar dos termos “bioacessibilidade” e “biodisponibilidade” serem muito similares, é possível distinguí-los, principalmente ao entender que a bioacessibilidade se trata da quantidade de um determinado nutriente que está contido em um alimento, enquanto a biodisponibilidade vai tratar sobre o quanto desse nutriente bioacessível será de fato absorvido pelo organismo e usado em funções fisiológicas ou estocado (Luiz, A. 2012).

Ainda, quando se fala especificamente de bioacessibilidade, existem duas maneiras de identifica-la nos alimentos: testes *in vivo* e testes *in vitro*. Testes *in vivo* são resultados de experimentos realizados em cobaias vivas, como ratos. Enquanto, testes *in vitro* são experimentos realizados por meio de técnicas que simulam a digestão humana, que são os testes que serão realizados durante este projeto.

Os estudos atuais sobre bioacessibilidade *in vitro* simulam duas das fases da digestão humana: a estomacal e a intestinal (Navarro-Alarcon & Cabrera-Vique, 2008). Portanto, essas simulações disponibilizam informações de como esse elemento é liberado no trato gastrointestinal e é disponibilizado para a absorção (Ruby *et al.*, 1999). Esses dados são fundamentais pois pouco se sabe ainda sobre a absorção intestinal e a retenção de Se vindo de SeNPs (Hu *et al.*, 2012).

## **2. Objetivos gerais e específicos**

O objetivo geral desse projeto de iniciação científica é avaliar a bioacessibilidade de Selênio em grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) que tiveram nanopartículas de Selênio (SeNPs) aplicadas em seus grãos durante o seu cultivo.

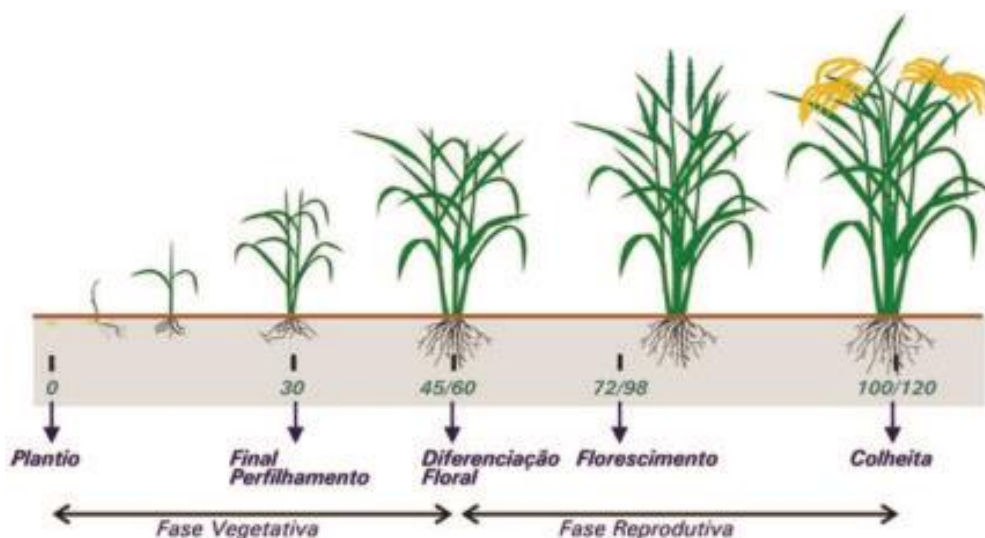
### **Objetivos específicos:**

- a) Cultivo de plantas de arroz com aplicação de nanopartículas de Se durante seu cultivo visando a biofortificação dos grãos;
- b) Avaliação da bioacessibilidade de Se nos grãos de arroz cultivados com a aplicação de nanopartículas:

### 3. Metodologia

#### 3.1 Cultivo de arroz até a maturação dos grãos com aplicação de SeNPs

Será realizado o cultivo dos arrozes com aplicações de SeNPs nas folhas, até a maturação completa dos grãos. A forma de aplicação (foliar) e concentração de SeNPs ( $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) foram selecionadas com base em estudos anteriores do grupo de pesquisa e revisão bibliográfica. A **Figura 2** mostra um pouco sobre a fases de desenvolvimento do arroz.



**Figura 2:** Fases do desenvolvimento do arroz. Fonte: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (Adaptada de Counce et al., 2000)

As sementes de arroz da variedade BRS PAMPA, um cultivar de arroz irrigado de alta produtividade e qualidade de grãos, serão cedidas pela Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) Clima Temperado. Essas sementes serão imersas em água em sacos plásticos e mantidas a temperatura ambiente no escuro por 48 horas para hidratação e início da germinação. Após esse período, as sementes serão dispostas em bandejas contendo papel toalha umedecido com água. As bandejas serão acomodadas em estufas a  $28^{\circ}\text{C}$  por

72 horas até o início da fase de germinação. Após esse período, as sementes uniformes serão transferidas para sementeiras contendo terra vegetal úmida e serão mantidas na casa de vegetação por 10 a 15 dias, sendo regadas diariamente. Então, as mudas serão replantadas, junto com todo o conteúdo da bandeja, em vasos plásticos de 8 L recobertos na parte interna com sacos plásticos de alta densidade (que vão servir para impermeabilização e simulação do cultivo tipo irrigado). Os vasos deverão conter 5 kg de solo, sendo uma mistura composta por 70% de terra vegetal e 30% de terra vermelha (Batista *et al.*, 2012 e 2014) e deverão ser identificados com etiquetas e tinta insolúvel em água.

O cultivo será conduzido em uma casa de vegetação sob condições controladas de temperatura (de 25 a 35°C) e humidade (de 30 a 60%), seguindo as recomendações dos estudos de Andrade *et al.*, 2018. Será adicionado solução nutritiva caso necessário. Serão formados 3 grupos, compostos por 6 réplicas cada um:

- Grupo C (“controle”, aplicação apenas de solução de surfactante);
- Grupo N (“nanopartículas” aplicação de selênio na forma de nanopartículas em suspensão na solução de surfactante);
- Grupo S (“sal”, aplicação de selênio na forma de sal dissolvido na solução de surfactante);

Uma solução de triton X-100 a 0,1% será utilizado como surfactante em todos os grupos, visando diminuir a tensão superficial da água nas folhas e garantir um maior contato das nanopartículas com a superfície. O início das aplicações ocorrerá no final da fase reprodutiva, marcada pelo florescimento (aproximadamente 80 a 100 dias após a germinação. Serão realizadas 4 aplicações em cada planta, com um intervalo de 5 dias entre as aplicações. O regime hídrico será com lâmina d’água de 1 a 3 cm acima do nível do solo, sendo que as plantas serão regadas diariamente pela manhã para manter o nível de água. A solução nutritiva será reaplicada sempre que as plantas estiverem com as folhas amareladas, indicando deficiência de nutrientes. Após a maturação completa dos grãos, estes serão colhidos e secos a 45°C até o peso se manter constante (Andrade *et al.*, 2018).

### 3.2 Avaliação da bioacessibilidade de Se nos grãos

Como dito anteriormente, os estudos de bioacessibilidade *in vitro* simulam as duas fases da fisiologia gastrointestinal: estomacal e intestinal. Os ensaios do projeto serão realizados de acordo com os dados disponibilizados por Bertin et al. (2016) e a Farmacopéia dos Estados Unidos (USP, 2000). A primeira etapa dos ensaios será a digestão gástrica.

Primeiramente, será preparada a solução gástrica, pesando-se 0,32 g de pepsina e solubilizando-a em água ultra pura. Junto a essa solução será adicionado 0,7 mL de HCl (36% v v<sup>-1</sup>, Synth, Brasil) a uma molaridade de 12 mol L<sup>-1</sup> e o volume será completado até 100 mL com água ultra pura. O pH será ajustado para 1,2, quando necessário, utilizando uma solução de HCl (0,1 mol L<sup>-1</sup>). Por fim, 200 mg das amostras de grãos de arroz serão pesadas em duplicata em tubos cônicos de 50 mL nos quais será adicionado 3 mL da solução gástrica. As amostras serão incubadas em agitação orbital (SL-223, Solab, Piracicaba, Brasil) a 37°C e 80 rpm por 2 horas.

Para a segunda etapa, será simulada a digestão intestinal. Como na primeira etapa será preparada uma solução, que dessa vez será intestinal, ela será composta de 0,5 g de pancreatina e 0,2 g de sais biliares, sendo 0,08 g de glicolato de sódio + 0,05 g de taurodesoxicolato de sódio + 0,08 g de taurocolato de hidrato de sódio em 3% de NaHCO<sub>3</sub> (m v<sup>-1</sup>) para 100 mL de solução. A mistura resultante da digestão gástrica terá 3 mL da solução intestinal adicionado e o pH será ajustado a 6,8 com NaHCO<sub>3</sub> (3% m v<sup>-1</sup>) e após isso, as amostras serão aquecidas a 37°C sob agitação orbital de 80 rpm por 2 horas.

Posteriormente, as amostras serão resfriadas em temperatura ambiente e centrifugadas (SL700, Solab, Brasil) por 20 min. O sobrenadante será retirado e filtrado em filtro de celulose de 0,2 µm (Sartorius, Göttingen, Alemanha) e digerido de acordo com Paniz et al. (2018) para determinação da concentração de Se total.

Como dito antes, esses ensaios serão conduzidos em duplicata com as amostras de grão de arroz cultivados com a aplicação de SeNPs (grupo N), com

aplicação de solução de sal de Se (grupo S) e sem nenhuma aplicação (grupo C (controle)). Materiais de referência certificados de arroz serão utilizados para controle de qualidade.

### **3.3 Análise estatística dos resultados de bioacessibilidade de Se nos grãos**

Serão usados métodos estatísticos diversos para análise dos dados obtidos, controle de qualidade dos resultados, para avaliar as diferenças e as correlações entre os elementos, forma e tipo de aplicação de Se na planta do arroz. A análise de variância (ANOVA) será utilizada para verificar a existência de diferenças estatísticas significativas entre a aplicação de SeNPs e de de sal de Se. Técnicas adjacentes como a análise de componentes principais (PCA) também serão usadas.

Os resultados obtidos serão divulgados no Simpósio de Iniciação Científica da UFABC de 2023.

## **4. Viabilidade**

Esse projeto é uma continuidade das Iniciações Científicas “Síntese e caracterização de nanopartículas de selênio e avaliação de sua toxicidade em sementes de arroz” e “Avaliação da melhor forma de aplicação de nanopartículas de selênio em mudas de arroz” que estão vinculadas ao projeto de doutorado: “Avaliação do uso de nanopartículas de selênio para biofortificação de grãos de arroz”. O projeto será realizado no laboratório 605, 6º andar, do Bloco L no Campus de Santo André da UFABC, o qual conta com todos os equipamentos e reagentes necessários para a execução do mesmo.

## **5. Cronograma de atividades**

### **1. Plantio de arroz com aplicação de nanopartículas de Se (SeNPs)**

- a. Pré germinação das sementes e transplante das mudas.
- b. Regar as mudas de arroz (dias alternados).

- c. Aplicação das nanopartículas na fase de florescimento.
- d. Familiarização com os materiais e instrumentos do laboratório e realizar testes.

## 2. Primeiro Relatório

- a. Análise dos resultados
- b. Tratamento de dados
- c. Escrita do relatório parcial.

## 3. Trabalho no laboratório

- a. Colheita dos grãos.
- b. Preparo das amostras.
- c. Análises de bioacessibilidade.

## 4. Relatório final

- a. Análise dos resultados
- b. Tratamento de dados
- c. Escrita do relatório final
- d. Disseminação do conhecimento (Apresentação da pesquisa)

Etapa	Mês											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1.a.	X	X										
1.b.		X	X	X	X	X						
1.c.				X	X	X						
1.d.	X	X	X	X	X	X						
2.a.				X	X	X						
2.b.					X	X						
2.c.					X	X						
3.a.						X	X					
3.b.							X	X	X	X		



3.c	X	X	X	X		
4.a			X	X	X	
4.b				X	X	X
4.c				X	X	X
4.d				X	X	X

### Referências

Andrade, G. F., Paniz, F. P., Martins Jr, A. C., Rocha, B. A., da Silva Lobato, A. K., Rodrigues, J. L., ... & Batista, B. L. (2018). Agricultural use of Samarco's spilled mud assessed by rice cultivation: A promising residue use?. *Chemosphere*, 193, 892-902.

Aroldo, J.; Biodisponibilidade de Nutriente – Cozzolino. *NutMed*, pdf.

Badgar, K. (2019). The synthesis of selenium nanoparticle (SeNPs)–Review. *Acta Agraria Debreceniensis*, (1), 5-8.

Batista, B. L., De Oliveira Souza, V. C., Da Silva, F. G., & Barbosa, Jr, F. (2010). Survey of 13 trace elements of toxic and nutritional significance in rice from Brazil and exposure assessment. *Food Additives and Contaminants*, 3(4), 253-262.

Batista, B. L., Nacano, L. R., de Freitas, R., de Oliveira-Souza, V. C., & Barbosa, F. (2012). Determination of essential (Ca, Fe, I, K, Mo) and toxic elements (Hg, Pb) in Brazilian rice grains and estimation of reference daily intake. *Food and Nutrition Sciences*, 3(01), 129.

Batista, B. L., Nigar, M., Mestrot, A., Alves Rocha, B., Barbosa Júnior, F., Price, A. H., ... & Feldmann, J. (2014). Identification and quantification of phytochelatins in roots of rice to long-term exposure: evidence of individual role on arsenic accumulation and translocation. *Journal of experimental botany*, 65(6), 1467-1479.

Benito, P., Miller, D. (1998), Iron absorption and bioavailability: An updated review, *Nutrition Research*, 18, 581-603.

Bertin, R. L., Maltez, H. F., de Gois, J. S., Borges, D. L., Borges, G. D. S. C., Gonzaga, L. V., & Fett, R. (2016). Mineral composition and bioaccessibility in *Sarcocornia ambigua* using ICP-MS. *Journal of Food Composition and Analysis*, 47, 45-51.

Boroumand, S., Safari, M., Shaabani, E., Shirzad, M., & Faridi-Majidi, R. (2019). Selenium nanoparticles: synthesis, characterization and study of their cytotoxicity, antioxidant and antibacterial activity. *Materials Research Express*.

Chen, L., Yang, F., Xu, J., Hu, Y., Hu, Q., Zhang, Y., & Pan, G. (2002). Determination of selenium concentration of rice in China and effect of fertilization of selenite and selenate on selenium content of rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(18), 5128-5130.

Counce, P. A., Keisling, T. C., & Mitchell, A. J. (2000). A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. *Crop Science*, 40(2), 436-443.

El-Ramady, H. R., Abdalla, N., Fári, M., & Domokos-Szabolcsy, É. (2014a). Selenium enriched vegetables as biofortification alternative for alleviating micronutrient malnutrition. *International Journal of Horticultural Science*, 20(1-2), 75-81.

El-Ramady, H. R., Domokos-Szabolcsy, É., Abdalla, N. A., Alshaal, T. A., Shalaby, T. A., Sztrik, A., ... & Fári, M. (2014b). Selenium and nano-selenium in agroecosystems. *Environmental Chemistry Letters*, 12(4), 495-510.

EMBRAPA. O arroz: Mercado, comercialização e consumo. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz#:~:text=Em%202019%2C%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de,%2C%20produ%C3%A7%C3%A3o%20e%20p%C3%B3s%20produ%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 20 de jun. 2022.

EUROPEAN COMMISSION (2011). On the definition of a nanomaterial. *Official Journal of the European Union*, v. 696, 38–40.

Fairweather-Tait, S.J. (1993), *Bioavailability of nutrients*. Em: Macrae R., Robinson R. K., Sadler M J., editores. *Encyclopedia of food Science, food technology and nutrition*. London: Academic Press: 384-388.

Fernandez-Garcia, E., Carvajal-Lerida, Perez-Galvez, A. (2009), In vitro bioaccessibility assessment as a prediction tool of nutritional efficiency, *Nutrition Research*, 29, 751-760.

Gindri, R. G. *Caracterização fisiológica e molecular de plantas de arroz mutantes para o transportador de zinco OsZIP7*. 2019. *Dissertação (Mestrado em Agrobiologia)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria*

Hiscox, J. D., & Israelstam, G. F. (1979). A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian journal of botany*, 57(12), 1332-1334.

Hu, C. H., Li, Y. L., Xiong, L., Zhang, H. M., Song, J., & Xia, M. S. (2012). Comparative effects of nano elemental selenium and sodium selenite on selenium retention in broiler chickens. *Animal feed science and technology*, 177(3-4), 204-210.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) (2008). Technical specification ISO/TS 27687:2008(E):Nanotechnologies—terminology and definitions for nanoobjects—nanoparticle, nanofibre and nanoplat

Lemire, M., Fillion, M., Barbosa Jr, F., Guimarães, J. R. D., & Mergler, D. (2010). Elevated levels of selenium in the typical diet of Amazonian riverside populations. *Science of the Total Environment*, 408(19), 4076-4084.

Li, Y., Hu, W., Zhao, J., Chen, Q., Wang, W., Li, B., & Li, Y. F. (2019). Selenium decreases methylmercury and increases nutritional elements in rice growing in mercury-contaminated farmland. *Ecotoxicology and environmental safety*, 182, 109447

Lichtenthaler, H. K. (1987). [34] Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In *Methods in enzymology* (Vol. 148, pp. 350-382). Academic Press.

Luiz, A. (2012), Quantificação e Avaliação da bioacessibilidade in vitro de micro e macroelementos em frutas, hortaliças e cereais. 20-23.

Matos, R.P.; Lima, V.M.P.; Windmoller, C.C.; Nascentes, C. (2017), Correlation between the natural levels of selenium and soil physicochemical characteristics from the Jequitinhonha Valley (MG) Brazil. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 172, 195-202.

Moldenhauer, K., Counce, P. & Hardke, J. (2018). Rice growth and development. *Arkansas Rice production handbook*, 192, 9-20.

Muthayya, S., Sugimoto, J. D., Montgomery, S., & Maberly, G. F. (2014). An overview of global rice production, supply, trade, and consumption. *Annals of the new york Academy of Sciences*, 1324(1), 7-14.

Navarro-Alarcon, M., & Cabrera-Vique, C. (2008). Selenium in food and the human body: a review. *Science of the total environment*, 400(1-3), 115-141.

Patrício Méndez del Villar, InterArroz/Cirrad. Cenários de produção e comércio mundiais. Disponível em: <https://planetaarroz.com.br/cenarios-de-producao-e-comercio-mundiais/>. Acesso em: 20 de jun. 2022.

Paniz, F. P., Pedron, T., Freire, B. M., Torres, D. P., Silva, F. F., & Batista, B. L. (2018). Effective procedures for the determination of As, Cd, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Th, Zn, U and rare earth elements in plants and foodstuffs. *Analytical methods*, 10(33), 4094- 4103.

Ruby, M. V., Schoof, R., Brattin, W., Goldade, M., Post, G., Harnois, M., ... & Edwards, D. (1999). Advances in evaluating the oral bioavailability of inorganics in soil for use in human health risk assessment. *Environmental Science & Technology*, 33(21), 3697-3705.

Santos, O. A. Desenvolvimento de nanoflores de ouro fotoativas para terapia e diagnóstico de câncer. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências)- Universidade de São Paulo, São Carlos

SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks). (2014). Nanosilver: safety, health and environmental effects and role in antimicrobial resistance.

Skalickova, S., Milosavljevic, V., Cihalova, K., Horky, P., Richtera, L., & Adam, V. (2017). Selenium nanoparticles as a nutritional supplement. *Nutrition*, 33, 83-90.

USP, USA Pharmacopeia XXIV & National Formulary. Rockville: The United States Pharmacopeial Convention, v.19, 2000

Wang, Y., Santos, A., Evdokiou, A., & Losic, D. (2013). An overview of nanotoxicity and nanomedicine research: principles, progress and implications for cancer therapy. *Journal of Materials Chemistry B*, 3(36), 7153-7172.

Zahedi, S. M., Abdelrahman, M., Hosseini, M. S., Hoveizeh, N. F., & Tran, L. S. P. (2019). Alleviation of the effect of salinity on growth and yield of strawberry by foliar spray of selenium-nanoparticles. *Environmental Pollution*.

Zhang, J., Wang, H., Yan, X., & Zhang, L. (2005). Comparison of short-term toxicity between Nano-Se and selenite in mice. *Life sciences*, 76(10), 1099-1109.

Zhang, M., Tang, S., Huang, X., Zhang, F., Pang, Y., Huang, Q., & Yi, Q. (2014). Selenium uptake, dynamic changes in selenium content and its influence on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in rice (*Oryza sativa* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 107, 39-45.