

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Efeito da radiação ultravioleta C sobre o potencial fisiológico e  
sanitário das sementes de *Salvia officinalis***

**Stella Andressa Collegari**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestra em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba  
2022**

**Stella Andressa Collegari**  
**Engenheira agrônoma**

**Efeito da radiação ultravioleta C sobre o potencial fisiológico e sanitário das  
sementes de *Salvia officinalis***

versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:  
Profa. Dra. **SIMONE DA COSTA MELLO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestra em Ciências. Área de concentração:  
Fitotecnia

**Piracicaba**  
**2022**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**  
**DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Collegari, Stella Andressa

Efeito da radiação ultravioleta C sobre o potencial fisiológico e sanitário das sementes de *Salvia officinalis* / Stella Andressa Collegari. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2022.

58 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. *Salvia officinalis* 2. Radiação ultravioleta-C 3. Antocianinas 4. Patógenos I. Título

## AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar saúde e perseverança todos os dias, por ser a quem mantenho minha fé, entrego meus dias e a minha vida, pois nEle confio e sei que Ele tudo fará.

A Simone da Costa Mello por ter aceitado ser minha orientadora, pelo profissionalismo, amizade e confiança a mim depositada.

Agradeço aos meus pais e meu irmão pelo apoio e compreensão durante esses anos de dedicação ao mestrado em que muitas vezes estive ausente no dia-a-dia familiar. Obrigada pelo cuidado e pelo respeito.

Ao meu namorado que me incentiva aos estudos, a enfrentar os desafios e a manter a calma nos dias mais turbulentos.

A minha querida amiga Walleska S. Torsian por tudo que me ensinou, por ser ombro amigo, pela animação no dia-a-dia, pela companhia nos estudos e nos experimentos, por ser quem estava ao meu lado nas conquistas e nos momentos difíceis.

Ao Alasse Oliveira e a Isabela Scavacini pelo suporte, orientação, auxílio nos experimentos e pela amizade construída. Vocês possuem um lugar especial em meu coração.

A Helena Pascarin Chamma e Maria Heloisa Duarte de Moraes pelo apoio técnico nas análises laboratoriais, disposição em me ouvir e ajudar durante esse estudo.

Aos professores da ESALQ/USP Ana Coelho Novembre, Francisco Gomes Junior, José Octávio Machado Menten e, em especial, a professora do CENA/USP, Clissia Barbosa, por toda orientação, por ouvir meus desabados e pelo incentivo a sempre ir além.

A Larissa Bretas, por ser a minha primeira amizade formada no mestrado a quem tenho um enorme apreço.

Ao professor Paulo Sentelhas (*in memoriam*) pela dedicação nas aulas e disponibilidade em me auxiliar na escrita de um artigo em conjunto, pela didática espetacular, simpatia e amor pela profissão.

A CAPES pelo auxílio financeiro para realização desta pesquisa.

A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz” (ESALQ/USP) por me permitir ser aluna de graduação e pós-graduação nesta instituição de grande renome.

Obrigada a todos que contribuíram de alguma forma para que tudo isso se tornasse realidade.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	5
ABSTRACT .....	6
1. INTRODUÇÃO.....	7
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	9
2.1. Aspectos gerais da cultura da sálvia .....	9
2.2. Uso da radiação ultravioleta c em sementes para controle de patógenos .	12
2.3. Uso da radiação ultravioleta c em sementes para estímulo ao metabolismo secundário.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	17
3.1. Características gerais.....	17
3.2. Sementes de sálvia ( <i>Salvia officinalis</i> ) .....	17
3.3. Tratamento das sementes com radiação ultravioleta C.....	17
3.4. Potencial fisiológico das sementes de sálvia.....	18
3.5. Análise de imagens multiespectrais .....	23
3.6. Teste de sanidade das sementes (“blotter test”) .....	28
3.7. Análises estatísticas .....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	31
4.1. Potencial fisiológico das sementes de sálvia.....	31
4.2. Análise de imagens multiespectrais .....	33
4.3. Teste de sanidade das sementes (“blotter test”) .....	37
5. CONCLUSÃO .....	41
REFERÊNCIAS .....	43

## RESUMO

### **Efeito da radiação ultravioleta C sobre o potencial fisiológico e sanitário das sementes de *Salvia officinalis***

A sálvia (*Salvia officinalis*) é uma planta medicinal e aromática de grande importância econômica devido às suas propriedades medicinais, utilização em cosméticos, na indústria farmacêutica e alimentícia. A luz UV-C tem sido utilizada como ação germinicida, além de agir como um estresse abiótico nos tecidos dos vegetais ativando o metabolismo secundário das plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso da radiação UV-C como tratamento de sementes de sálvia e verificar os aspectos fisiológicos, sanitários e do metabolismo secundário da espécie. Para isso sementes de sálvia foram expostas a radiação UV-C em diferentes doses de radiação de 11,2, 16,8 e 22,4 kW/m<sup>2</sup> e o controle, não exposto à radiação. Foram avaliados: o teor de água das sementes, porcentagem de germinação (PG), índice de velocidade de germinação (IVG), além do vigor (V), uniformidade (U), comprimento (C) das plântulas por meio do software SVIS e as reflectâncias das sementes por meio de análises não-destrutivas de imagens realizadas pelo equipamento VideoMeterLab. Além disso, foram avaliadas as plântulas provenientes das sementes tratadas pelo equipamento SeedReporter verificando os índices de clorofila *a*, antocianinas e fluorescência de clorofila *a*. A análise sanitária foi realizada conforme o método "blotter test". Verificou-se que o UV-C não interferiu no processo germinativo das sementes, no entanto, quanto aos aspectos de sanidade e estímulo ao metabolismo secundário houve interferência do tratamento de sementes com o UV-C, que por efeito hormético, acarretou em plântulas com elevados teores de clorofila *a* e de antocianinas, no tratamento utilizando 11,2 kW/m<sup>2</sup>. Isso demonstra que este tratamento tem potencial de aumentar a produção de antocianinas e clorofila *a* na sálvia.

Palavras-chave: Sálvia, Germinação, Vigor, Antocianinas, Patógenos, Clorofila *a*

## ABSTRACT

### **Effect of ultraviolet C radiation on the physiological and health potential of *Salvia officinalis* seeds**

Sage (*Salvia officinalis*) is a medicinal and aromatic plant of great economic importance due to its medicinal properties, use in cosmetics, pharmaceuticals and in the food industry. UV-C light has been used as a germicidal action, in addition to acting as an abiotic stress in plant tissues activating the secondary metabolism of plants. The objective of this work was to evaluate the use of UV-C radiation as a treatment for sage seeds and verify the physiological, sanitary and secondary metabolism aspects of the species. For this, sage seeds exposed to UV-C radiation were evaluated at different radiation doses of 11,2, 16,8 and 22,4 kW/m<sup>2</sup> and the control, not exposed to radiation. The following were evaluated: seed water content, germination percentage (PG), germination speed index (IVG), in addition to vigor (V), uniformity (U), length (C) of seedlings using the SVIS software and the reflectances of the seeds through non-destructive analysis of images produced by the VideoMeterLab equipment. In addition, seedlings from seeds treated by the SeedReporter equipment were evaluated verifying the chlorophyll a, cyanines and chlorophyll a fluorescence. Sanitary analysis was carried out according to the "blotter test" method. It was verified that the UV-C did not interfere in the germination process of the seeds, however, regarding the aspects of health and stimulus to the secondary metabolism, there was interference of the treatment of seeds with UV-C, which by hormetic effect, resulted in seedlings with higher levels of chlorophyll a and anthocyanins, in the treatment using 11,2 kW/m<sup>2</sup>. This demonstrates that this treatment has the potential to increase the production of anthocyanins and chlorophyll in sage.

Keywords: Salvia, Germination, Vigor, Anthocyanins, Pathogens, Chlorophyll a

## 1. INTRODUÇÃO

As plantas medicinais têm sido utilizadas pelos homens desde antes do surgimento da escrita (Barata, 2005; Toscano Rico, 2011), e há indicações por familiares e/ou pessoas próximas de geração para geração (Machado et al., 2014; Jutte et al., 2017; Wegener, 2017; Dias et al., 2018) mesmo que, inicialmente, não se tinha conhecimento científico sobre seus efeitos medicinais (Freitag & Bradke, 2019).

Estima-se que haja 250 mil espécies de plantas medicinais no planeta e somente 1% está sendo utilizada como matéria-prima para fins medicinais (Brandão et al., 2006; Carvalho et al., 2008). Internacionalmente, são comercializadas cerca de 3 mil espécies de plantas medicinais e aromáticas, sendo que 2 mil delas estão concentradas nas comercializações de países europeus como a Alemanha, Suíça e França (Schippmann, et al, 2006).

A *Salvia officinalis*, pertence à família das Lamiaceae, originária do mediterrâneo e aclimatada na região Sul do Brasil, é considerada uma planta medicinal e aromática (Baricevic & Bartol, 2000). Suas folhas são utilizadas para tratamentos de dispepsia, ansiedade, ação anti-inflamatória e controle de diabetes (Walch et al., 2011), além do possível uso como medicamento fitoterápico para atuar no tratamento sintomático adjuvante da doença SARS-Cov-2, assim como estudos recentes tem verificado (Anses, 2020; Ibrahim et al., 2020).

Esta planta vem sendo estudada por pesquisadores devido seus compostos antioxidantes capazes de reduzir os danos causados por espécies reativas de oxigênio (ROS) (Cuvelier et al., 1996; Matsingou et al., 2003; Tepe et al., 2005). ROS são objetos de estudos devido a associação com doenças crônicas, senescência prematura (Kosar et al., 2005), além de existir evidências que o acúmulo de ROS estão relacionados com artrite, inflamações, doenças do coração e, inclusive, o câncer (Abe & Berk, 1998).

Para um bom cultivo de sálvia, assim como as demais culturas, é necessário uma produção de alto rendimento, além de se obter sementes vigorosas e de qualidade. Sementes de baixo vigor acarretam em desuniformidade de produção, baixa velocidade de emergência e baixa produtividade (Schuch e Lin, 1982; Schuch et al., 1999; Machado, 2002; Vanzolini e Carvalho, 2002; Höfs, 2004). Além disso, para um bom cultivo, é necessário sementes livre de patógenos, uma vez que as doenças fúngicas são mais corriqueiras em plantas medicinais (Correa Jr. et al.,



1994) que podem ser provenientes de fungos patogênicos transmitidos por sementes (Urban et al., 1987; Mendes et al., 1998; 2003; Kruppa & Russomanno, 2001; Russomanno et al., 2004).

Uma técnica que vem sendo empregada no controle de patógenos em sementes é a utilização de raios ultravioleta. Esta técnica baseia-se na exposição das sementes a baixos níveis de irradiação, com o objetivo de induzi-las à condições de estresses (Shama & Alderson, 2005). Através de uma desinfecção superficial, a radiação UV-C resulta na ativação dos mecanismos de defesa devido aos danos causados nos tecidos do material exposto (Khademi et al., 2013).

Além do controle de patógenos, a radiação UV-C também pode ser utilizada para estímulo do metabolismo secundário, uma vez que a luz atua como estresse abiótico nos tecidos das plantas (Erkan et al., 2008; Severo et al., 2011). Dessa forma, ativa o mecanismo de defesa dos vegetais (Ribeiro et al., 2012) e conseqüentemente, aumenta a atividade enzimáticas dos antioxidantes nos tecidos irradiados e induz a produção de compostos fenólicos (Allothman et al., 2009; Tiecher, 2013).

Sendo assim, a técnica da utilização de radiação UV-C apresenta um potencial para ser utilizada para tratamento de sementes de plantas medicinais, como a *Salvia officinalis*, com o objetivo de controle de patógenos em sementes e indução do metabolismo secundário visando o aumento de seus compostos antioxidantes, como as antocianinas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Aspectos gerais da cultura da sálvia

As plantas medicinais desempenham um papel importante na saúde humana através de seus compostos químicos (Pedroso et al., 2021), chamados também de substâncias biologicamente ativas. Essas substâncias podem ser encontradas nas plantas como um todo ou em parte dela e possuem ação terapêuticas (Di Stasi, 1996). Sendo assim, são capazes de prevenir, inibir ou mesmo reverter doenças, inclusive a formação de células cancerígenas e podem ser utilizadas como terapia complementar a tratamentos médicos (Brasil, 2016).

Desde antes do surgimento da escrita, há indícios que as plantas medicinais têm sido utilizadas pelos homens (Barata, 2005; Toscano Rico, 2011). A partir da década de 90, o interesse por pesquisas envolvendo as plantas medicinais tem crescido, favorecendo assim, descobertas de substâncias de interesse terapêutico bem como o cultivo das mesmas (Costa-Lotufo et al., 2010). Porém, apenas 1.100 dos vegetais tiveram suas propriedades medicinais avaliadas (Simões et al, 2003), sendo que o Brasil abriga a maior biodiversidade do mundo. Segundo Fonseca (2012), há mais de 55 mil espécies catalogadas no Brasil de um total estimado de 350 a 550 mil, dessa forma, há necessidade de novos estudos nesta área (Simões et al., 2003).

Entre as famílias de plantas de interesse medicinal está a família Lamiaceae (=Labiatae). Cujas qual, há aproximadamente 350 espécies divididas em 26 gêneros no Brasil (Souza & Lorenzi, 2005). Diversas espécies desta família apresentam importância econômica, como: alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.), erva-cidreira (*Melissa officinalis* L.), hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.), lavanda (*Lavandula* spp.), orégano (*Origanum vulgare* L.) e a sálvia (*Salvia officinalis* L.) (Kruppa & Russomanno, 2008).

Há cerca de 900 espécies do gênero sálvia no mundo e no Brasil são encontradas por volta de 60 espécies, sendo que 16 delas localizam-se nas regiões sul e sudeste do país (Serafini et al., 2002; Mossi et al., 2011).

Originária da região mediterrânea oriental, a *Salvia officinalis* é conhecida como chá-da-frança, erva-sagrada, salva-das-boticas ou sálvia e suas folhas são utilizadas na culinária desde da época medieval (Lorenzi & Matos, 2002). A espécie é de interesse científico pela sua grande importância econômica, pois além de propriedade medicinais, é utilizada na indústria de cosméticos, farmacêuticas e

alimentícia (Cuvelier et al., 1996; Martins et al., 1998). O uso dela em chás pode ser utilizado para tratamento de diversas doenças (Lu & Foo, 2002; Da Cunha, 2004) e a capacidade de produção de óleos essenciais extraído das suas folhas fazem com que a busca por esta espécie seja ainda maior (Martins et al., 1998).

Pesquisas farmacológicas tem buscado identificar os diversos compostos responsáveis pelos seus efeitos (Kim et al., 1995; Evans, 2002; Radulescu et al., 2004; Avato et al., 2005; Pierozan et al., 2009). Suas folhas e flores possuem terpenos, ácido carnosólico, ácido oleanólico, ácido ursólico e carnosol, além dos flavonóides diosmina, luteolina, apigenina e quercetina, o fenol ácido cafeico. Nos óleos essenciais há presença do cineol, cânfora, borneol, tuiona; e taninos (Guillen et al, 1996; Lorenzi & Matos, 2002).

Alguns autores citam sobre a atividade antioxidante da sálvia (Santos-Gomes et al., 2002, Gulcin et al., 2004; Tepe et al., 2005), em que, alguns composto fenólicos possuem elevado grau de especificidade ao oxigênio ativo, como os radicais de hidroxilas, O<sub>2</sub> e superóxidos (Makaki et al., 1995). A presença dos compostos em maior ou menor quantidade está relacionada a diferentes fatores, tais como cultivo, adubação, tratamento de sementes, variações sazonais.

Suas propriedades medicinais, segundo Garcia (2014) são antioxidantes, anti-inflamatória, antibacteriana, hipoglicemiante e antitumoral. As folhas são utilizadas para tratamentos de dispepsia, ansiedade, no controle do diabetes (Walch et al., 2011), cura de problemas hepáticos e digestivos (Pierozan et al., 2009). Podem ser utilizadas também para cicatrização de feridas e redutora de lactação (Alonso, 2004; Lima et al., 2005).

Estudos de Eidi et al. (2005) indicam que os extratos podem reduzir os níveis de glicose em ratos diabéticos e segundo Patenkovic et al., (2009), testes in vitro apresentam efeitos antimutagênicos. Bozin et al., (2007) avaliaram que compostos químicos de cineol e cânfora provenientes da sálvia agiram contra cepas de bactérias causadoras de doenças em humanos, como *Escherichia coli* L., *Salmonella typhi* L., *Salmonella enteritidis* L. e *Shigella sonei* L.

Há estudos, como o de Loizzo (2007), em que é citado que o óleo essencial extraído das folhas e flores apresentou grande potencial em inibir a divisão celular em células de tumor humano, como nos casos de câncer renal, de próstata, de mama e de pele. Atualmente, alguns estudos tem sido feitos para verificar a possibilidade da utilização da *S. officinalis* como medicamento fitoterápico que possa

atuar no tratamento sintomático adjuvante da doença SARS-Cov-2 (COVID-19) (Anses, 2020).

Referente ao seu hábito de crescimento, a sálvia é uma planta herbácea ou arbustiva de pequeno porte, de 50 a 80 cm, perene e floresce de agosto a dezembro no Hemisfério Sul (Santos, 1987; Lorenzi & Matos, 2008). Suas folhas são verde-acinzentadas, largas e oval-lanceoladas e suas flores são vermelhas agrupadas em espigas. Seu plantio pode ser feito por sementes, estacas ou divisão de touceiras (Corrêa et al., 2003).

O recomendado é evitar o cultivo em solos muito ácidos, devido a planta não tolerar excesso de acidez (Balbach, 1986). Solos com pH acima de 5,0 proporcionam aumentos significativos de área foliar, massa seca das folhas e da parte aérea quando comparados com pH abaixo deste valor (Ilkiu-Vidal et al., 2010).

Menezes et al., (2004), cita em seus trabalhos com sálvia ornamental (*Salvia splendens* Sellow) que sementes tiveram comportamento indiferente a luz e em temperatura de 15°C há um atraso no processo de germinação, porém quando mantidas em 20 ou 25°C as sementes não apresentaram atraso na germinação.

Dos aspectos sanitários de plantas medicinais da família Lamiaceae tem-se poucas informações a respeito das doenças já identificadas (Kruppa & Russomanno, 2006), no entanto, as doenças fúngicas mais frequentes em plantas medicinais no geral são a antracnose, carvão, ferrugem, oídio, míldio e a murcha (Correa Jr. et al., 1994).

Alguns fungos são considerados contaminantes em sementes, como *Aspergillus*, *Epicocum*, *Penicillium*, *Rhizopus* e *Trichoderma* (Malone & Muskett, 1964; Barnet & Hunter, 1972), outros além de contaminantes de sementes são também patógenos, acarretando no mal desenvolvimento das plântulas (Urben et al., 1987; Mendes et al., 1998; 2003). Dependendo da espécie do fungo e da espécie da planta hospedeira, podem ocasionar em doenças (Malone & Muskett, 1964; Richardson & Noble, 1968) como manchas foliares ou murchas (Kruppa & Russomanno, 2001; Russomanno et al., 2004).

Maffia et al., (2005) relatou a ocorrência de *Rhizoctonia solani* pela primeira vez no Brasil, causando queima foliar ascendente e tombamento de mudas de sálvia, alecrim, alfazema e tomilho.

Trabalhos recentes relatam a ocorrência de fungos causadores de doenças em diferentes espécies do gênero sálvia em alguns locais do mundo. Na Itália foi

relatada a ocorrência de mancha foliar em *Salvia elegans* causada por *Alternaria alternata* (Garibaldi et al., 2018) e na China, foi relatada a ocorrência de *Fusarium proliferatum* causando podridão radicular em *Salvia miltiorrhiza* (Jin et al., 2021).

Em estudo de Kruppa & Russomanno (2008), os autores abordam a ocorrência de diversos fungos em sementes de 11 espécies da família Lamiaceae. Entre os fungos foram encontrados *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Epicoccum*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium* e *Mucor*. Ainda com base nesta pesquisa, os fungos que ocorreram em amostras de sementes de *S. officinalis* foram: *Alternaria alternata*, *Aspergillus* spp., *Cladosporium* spp., *Curvularia lunata*, *Epicoccum purpurascens*, *Mucor* sp., *Penicillium* spp., *Pestalotiopsis* sp., *Phoma* spp., *Rhizopus* sp. e *Trichoderma* sp.

Em estudos realizados na Argentina com *S. officinalis*, Gonzáles et al. (2010), observaram alguns fungos causadores de doenças fitopatogênicas, como: *Fusarium* sp., *Macrophomina phaseolina*, *Rizoctonia solani* e *Sclerotinia sclerotiorum* acarretando em murchamento generalizado, clorose nas folhas, manchas negras nas hastes, necrose nas folhas e podridão branca, respectivamente.

Sementes contaminadas com fungos podem acarretar em diversos prejuízos para a cultura, como redução de produtividade, ocasionar doenças nas plantas e inclusive, alterar as substâncias biologicamente ativas com propriedades terapêuticas e até o sabor (Kruppa & Russomanno, 2008). Além disso, podem produzir toxinas prejudiciais aos homens (Rosseto et al., 2015) e até causar a morte das plantas (Oliveira, 2013).

Em contrapartida aos desafios do cultivo das plantas medicinais, o mercado tem exigido produtos de qualidade durante o ano todo e isso tem feito com que produtores de plantas medicinais estejam constantemente em busca de tecnologias de produção (Souza et al., 2017), sementes com alto vigor e qualidade para a formação de mudas vigorosas, uniformes e com elevada produtividade (Costa et al., 2008).

## **2.2. Uso da radiação ultravioleta C em sementes para controle de patógenos**

A radiação ultravioleta (UV) é um exemplo de radiação não ionizantes, ou seja, ela não possui energia suficiente para gerar íons nas moléculas, causando apenas excitações de elétrons (Alothman et al., 2009; Koutchma & Orłowska, 2012).

O comprimento de onda da radiação UV varia de 100 a 400 nm e pode ser subdividida em três partes, UV-A (320 a 400nm), UV-B (280 a 320nm) e UV-C (menor que 280nm) (Cutler & Zimmerman, 2011), no entanto, a UV-C é rapidamente absorvida na atmosfera transformando em ozônio, então, não é encontrada na natureza (Ribeiro et al., 2012).

As fontes artificiais da radiação UV são as lâmpadas. As lâmpadas de UV-A e UV-B são utilizadas em bronzamento artificial e luz negra em decorações de ambiente. Quanto as lâmpadas de ultravioleta curta (UV-C) são utilizada com a finalidade germicida (De Andrade Lima, 2015). Atualmente, há diversos tipos de lâmpadas e potenciais, podendo variar de 7W a 100W (Beutler, 2019).

O tratamento com UV-C é aprovado para o uso em superfícies de produtos alimentícios (FDA, 2011). Há estudos que citam a utilização da técnica UV-C para prolongar a vida útil de alimentos cárneos (Chun et al., 2009; Wambura & Verghese, 2011; De Carli et al., 2013) e para a conservação de bebidas, sucos e frutas (Tremarin et al., 2016; Syamaladevi et al., 2013; Ibarz et al., 2014; Orłowska et al., 2015; Ukuku & Geveke, 2010; Yin et al., 2015).

A utilização da luz UV-C como ação germicida é uma técnica rápida, não deixa resíduos, não há restrições legais quanto ao seu uso (Civello et al., 2006) e não prejudica o meio ambiente (Barbosa-Canovas et al., 1997; Manzocco et al., 2016). A técnica apresenta alguns benefícios, como a inativação de diversos microrganismos patogênicos e deteriorantes (Gayán et al., 2014) devido à quebra de ligações no ácido desoxirribonucleico (DNA) (Guerrero-Beltrán & Barbosa-Cánovas, 2004; Bintsis et al., 2000). Esta quebra de ligações acarreta na desunião das fitas de DNA, prejudicando a codificação do RNA (Cutler & Zimmerman, 2011).

Contudo, microrganismos que estão localizados mais no interior dos tecidos, não são atingidos pela luz, sendo assim, o efeito germicida pode não ser eficaz (Gómez et al., 2015) uma vez que a capacidade de penetração do UV-C é baixa (Manzocco et al., 2011; Koutchma & Orłowska, 2012; Birmpa et al., 2013; Fan et al., 2017). Vale ressaltar que a ação da radiação UV-C em alguns esporos de microrganismos se comporta de maneira distinta, uma vez que há esporos que apresentam elevada resistência; em doses muito altas, pode favorecer o seu crescimento ao invés de inibi-lo (Silva, 2021).

Uma vez que as famílias dos microrganismos são amplas, os níveis de doses para descontaminação podem variar (Mondaro, 2015), devido a composição de DNA

ser diferente de espécie para espécie. Sendo assim, há uma faixa ideal para o pico de absorção de UV-C (Guedes et al., 2009), sendo de 250 a 270 nm a mais eficaz para efeitos germinicida devido a melhor absorção dos fótons nesse intervalo de comprimento de onda (Koutchma et al., 2009).

Starzycki et al. (1967) e Gisenko & Mazhara (1968), relataram em seus trabalhos que aplicações de baixas doses da radiação geram efeito de hormese, podendo ser utilizadas como tratamento de sementes. Hormese é definido como o efeito benéfico que o material tratado pode apresentar após a aplicação em dosagens baixas de algum tratamento com agentes potencialmente prejudiciais aos organismos vivos (Shama & Alderson, 2005; Cia et al., 2009). Altas doses podem causar oxidação e degradação de compostos presentes (Hayashi, 1991; Variyar et al., 1997; Sádecká, 2007; Yamaoki et al., 2011), e além disso, pode favorecer a proliferação de possíveis patógenos (Fan et al., 2017).

Gisenko & Mazhara (1968) verificaram que no milho a exposição à irradiação pré-semeadura com baixas dosagens de raios gamas, raio-X e UV-C aumentou a resistência das raízes e do colmo da planta à podridão.

Grãos de trigo tratados com a técnica de UV-C apresentaram 90% de esterilização para bactérias e fungos (Hidaka & Kubota, 2006). Paez et al., (2011) obtiveram resultados positivos no tratamento de grãos de milho com utilização de radiação UV-C reduzindo em mais de 40% a infecção por *Fusarium* spp.

Brown et al. (2001), abordaram em seu estudo que sementes de repolho expostas a baixas dosagens de UV-C apresentaram redução da incidência de podridão negra, atraso na maturidade e, além disso, apresentaram maior diâmetro de cabeça e maior peso em comparação aos repolhos provenientes das sementes não tratadas.

Dessa forma, o tratamento das sementes com a radiação UV-C tem potencial para trazer melhorias no desenvolvimento da sálvia, para controle de patógenos em sementes e conseqüentemente trazer benefícios ao cultivo.

### **2.3. Uso da radiação ultravioleta C em sementes para estímulo ao metabolismo secundário**

O metabolismo das plantas pode ser dividido em duas partes, sendo os metabólitos primários aqueles em que todos os compostos existentes são produzidos pela planta e são diretamente relacionados ao crescimento e

desenvolvimento da mesma, como os açúcares, aminoácidos, lipídeos, clorofila e outras moléculas maiores, como o DNA, RNA e proteínas (García & Carril, 2009). Já o metabolismo secundário é específico e está relacionado com a proteção contra estresses abióticos e bióticos e ele pode ser subdividido em três principais grupos químicos: terpenos, compostos fenólicos e nitrogenados (Vickery & Vickery, 1986; Raskin et al., 2002; Duarte, 2007).

Os terpenos são a base para diversas estruturas de diferentes funções do metabolismo primário e secundário, como por exemplo as moléculas voláteis, hormônios, ácido abscísico e os pigmentos carotenoides (Kortbeek et al., 2019). Os óleos essenciais são compostos por terpenos (Sharifi-Rad et al., 2017). Os compostos fenólicos apresentam uma vasta diversidade química em sua composição, dessa forma, atuam em diferentes funções, como por exemplo os taninos, flavonoides e a lignina que agem em defesa contra patógenos e herbívoros.

Os flavonoides incluem grandes substâncias coloridas, sendo a mais comum o grupo das antocianinas (Borges & Amorim, 2020). Já os compostos nitrogenados incluem em sua biossíntese metabólitos primários como os carboidratos, proteínas e óleos e são ligados ao crescimento, desenvolvimento e reprodução. Os alcaloides são um exemplo de compostos nitrogenados e é o grupo mais numeroso e estudado (Herbert, 1981).

O uso da luz ultravioleta curta (UV-C) em produtos agrícolas tem demonstrado ser uma técnica eficaz de desinfecção (Manzocco et al., 2009), segura e de alta eficiência na conservação de frutas e hortaliças após a sua colheita (Barbosa, 2015; Souza, 2014). No entanto, a luz age também como um estresse abiótico nos tecidos dos vegetais, dessa forma, acarreta na indução ao metabolismo secundário responsável pela defesa das plantas (Erkan et al., 2008; Severo et al., 2011).

Sendo assim, com o estresse causado pela luz e o mecanismo de defesa das plantas ativado, há modificações na parede celular, sintetização de compostos antimicrobianos, como as fitoalexinas (Ribeiro et al., 2012), aumento da atividade das enzimas antioxidantes nos tecidos irradiados e indução a produção de compostos fenólicos (Allothman et al., 2009; Tiecher, 2013). Além disso, pode interferir no teor de carotenoides (Ferreyra et al., 2007).

Esses efeitos no metabolismo secundário ocasionados pela radiação UV-C tem alavancado os estudos e aumentado o interesse das pesquisas voltadas ao



aumento dos teores nutricionais dos vegetais (Cisneros-Zevallos, 2003).

Diversas pesquisas tem obtido resultados promissores com a utilização do UV-C como agente estressor na pós-colheita com o intuito de alterar o metabolismo de frutos como pêssago (El Ghaouth et al., 2003), de brócolis (Costa, et al., 2006), pimenta (Vicente et al., 2005) e morango (Pombo et al., 2011). Estudo realizado com morangos irradiados com UV-C apresentou resultados significativos de aumento dos compostos do metabolismo secundário, como compostos fenólicos, ácido L-ascórbico e conseqüentemente, aumento da atividade antioxidante (Crizel et al., 2011).

Alguns autores abordam o fato da radiação UV-C fazer com que as células das plantas acionem seus mecanismos de defesa , seja esta defesa por meio dos sistemas enzimáticos antioxidantes e/ou pela produção de moléculas com potencial antioxidante, havendo a formação de compostos como os terpenos e fenóis (Kumari et al., 2010).

Alguns estudos já foram realizados associando radiação UV-C com efeitos no metabolismo secundário de algumas plantas (Rai et al., 2011). No entanto, faltam estudos que busquem relacionar o tratamento de sementes com radiação ultravioleta C visando ao aumento dos teores de compostos secundários nas plantas, e principalmente, estudos focados em plantas medicinais.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Características gerais

Os estudos foram realizados de maio de 2021 a março de 2022 nos laboratórios de Radiobiologia e Ambiente (LRA) do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), de Análise de Sementes, de Análise de Imagens e de Plantas Hortícolas do Departamento de Produção Vegetal (LPV) e no laboratório de Patologia de Sementes do Departamento de Fitopatologia e Nematologia (LFN), ambos departamentos da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP) localizada na cidade de Piracicaba – São Paulo.

#### 3.2 Sementes de sálvia (*Salvia officinalis*)

As sementes de sálvia (*Salvia officinalis*) utilizadas nos experimentos não receberam tratamentos químicos. Os testes de determinação do potencial fisiológico, sanidade e os testes de análise multiespectrais foram realizados com um lote de sementes da empresa ISLA Sementes, apresentando classificação de 87% de germinação e 100% de pureza.

#### 3.3 Tratamento das sementes com radiação ultravioleta C

UV Surface é um equipamento portátil e profissional, da empresa Biolambda, composto de aço inoxidável polido e com uma lâmpada germinicida dupla, indicado para desinfecção ultra-rápida de superfícies. Suas lâmpadas geradoras de luz ultravioleta C possuem 90% de emissão no comprimento de onda de 254 nm, potência elétrica de 18 Watts e mede cerca de 20 centímetros.

As sementes sálvia foram submetidas às doses de radiação UV-C de 0 (T1), 11,2 (T2), 16,8 (T3) e 22,4 kW/m<sup>2</sup> (T4), calculadas a partir dos tempos de exposição das sementes à radiação, correspondentes a 0, 40, 60 e 80 segundos e intensidade da luz UV-C (2,8 mW/cm<sup>2</sup>), conforme equação a seguir:

$$D \left( \frac{kW}{m^2} \right) = \frac{[t (s) \times I \left( \frac{mW}{cm^2} \right)]}{100}$$

Sendo que D é a dose de radiação UV-C, t é o tempo de exposição das sementes à radiação e I é a intensidade da luz UV-C.

Os tratamentos das sementes foram realizados com auxílio de uma placa de

petri e uma mesa agitadora com o objetivo de homogeneizar a amostra de sementes e expor todas as faces das sementes ao UV-C durante o tratamento. O UV Surface foi posicionado a 10 cm acima das sementes e o tempo de exposição foi cronometrado com auxílio de um cronômetro digital.

Para todos os testes os tratamentos das sementes foram feitos no primeiro dia de cada etapa. Não houve reutilização das sementes de uma etapa experimental para outra.

### **3.4 Potencial fisiológico das sementes de sálvia**

#### **3.4.1 Teor de água das sementes**

A determinação do teor de água foi realizada no laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal (LPV) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Foram utilizadas duas repetições por tratamento com uma grama de sementes por repetição.

O teor de água das sementes foi determinado pelo método de estufa a 105 °C por 24 horas, seguindo os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Os resultados obtidos foram baseados na diferença entre o peso inicial e final de água nas sementes e expressos em porcentagem média por tratamento.

#### **3.4.2 Teste de germinação**

O teste de germinação foi realizado no laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal (LPV) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Foram utilizadas 4 repetições de 50 sementes por tratamento, em um delineamento experimental inteiramente casualizado.

As sementes tratadas foram dispostas sobre duas folhas de papel mata-borrão apropriado para germinação de sementes, umedecidas com água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso das duas folhas de papel secas (Brasil, 2009). As caixas acrílicas transparentes do tipo “Gerbox” (11 cm x 11 cm x 3 cm) (Figura 1), contendo as sementes, foram envolvidas em sacos de plástico e armazenadas em câmara de germinação B.O.D (Biochemical Oxygen Demand), ajustada para fotoperíodo artificial de 8 horas de luz branca a temperatura de 20°C (Figura 2).

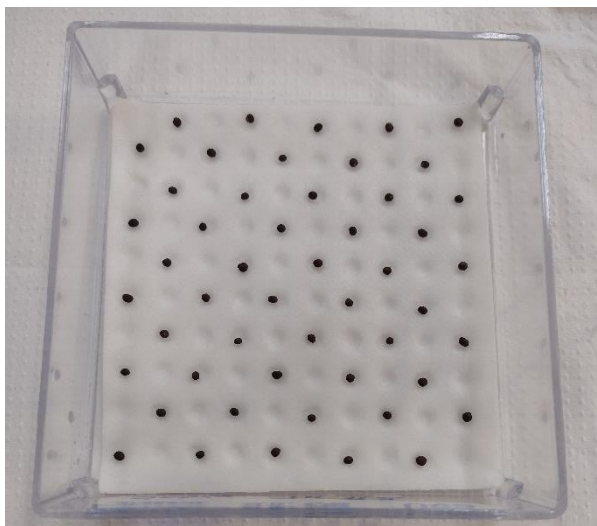


Figura 1. Sementes de sálvia (*Salvia officinalis*) em caixa do tipo “Gerbox”.



Figura 2. Caixas gerbox com sementes de sálvia (*Salvia officinalis*) armazenadas em câmara de germinação B.O.D a 20°C e fotoperíodo de 8 horas com luz branca.

As avaliações da germinação foram feitas diariamente no mesmo período do dia por 21 dias após a instalação do teste, considerando os critérios descritos nas Regras de Análise de Sementes (Brasil, 2009) e os resultados obtidos foram expressos em porcentagem de germinação das plântulas normais. Para as

sementes não germinadas, foi realizado o teste de tetrazólio a 1% para avaliar a viabilidade das sementes (Brasil, 1992).

Além disso, foi determinado, em conjunto com o teste de germinação, o Índice de Velocidade de Germinação (IVG). O IVG foi determinado de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G1 + G2 + \dots + Gn}{N1 + N2 + \dots + Nn}$$

Onde: IVG = Índice de velocidade de germinação;

G1, G2 e Gn = número de sementes germinadas no primeiro, segundo e último dia;

N1, N2 e Nn = número de dias decorridos da semente à primeira, segunda e última contagem.

### 3.4.3 Análise computadorizada de imagem de plântula (SVIS®)

As análises das plântulas foram feitas no laboratório de Análise de Sementes e de Análise de Imagens do Departamento de Produção Vegetal (LPV) da ESALQ/USP. Foram utilizadas 4 repetições de 25 sementes por tratamento em um delineamento experimental inteiramente casualizado.

As sementes de cada tratamento foram dispostas em duas fileiras com 10 sementes cada e a terceira fileira com 5 sementes sobre duas folhas de papel mata-borrão apropriado para germinação de sementes e cobertos com uma terceira folha. As folhas foram previamente umedecidas com água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso das folhas de papel secas (Brasil, 2009) e enroladas formando um rolo, envolvido por saco de plástico para evitar perda de água. Os rolos contendo as sementes foram armazenadas em câmara de germinação B.O.D (Biochemical Oxygen Demand). Esta câmara foi ajustada a temperatura de 20°C e sem iluminação artificial. Os rolos foram mantidos na câmara em posição vertical de angulação de 80° nas prateleiras para que as plântulas crescessem obedecendo o geotropismo (Figura 3).



Figura 3. Rolos de germinação contendo sementes de sálvia (*Salvia officinalis*) armazenadas na câmara de germinação B.O.D em posição vertical de angulação de 80°.

A disposição das sementes ocorreu desta forma a fim de obter plântulas individualizadas para detecção correta das mesmas pelo software de análise computadorizada de imagens de plântulas, denominado Seed Vigor Imaging System, SVIS® (Figura 4).



Figura 4. Equipamento para obtenção das imagens computadorizada das plântulas denominado Seed Vigor Imaging System, SVIS®.

Este software gera valores referentes ao índice de vigor e uniformidade de desenvolvimento correspondentes de 0 a 1000 e comprimento de plântulas (em dpi). Para avaliar as plântulas, as quatro repetições por tratamento foram transferidas para uma folha de etil vinil acetado (E.V.A.) azul de 30 cm x 22 cm correspondente ao tamanho da área detectável pelo scanner a fim de obter o contraste para as análises das imagens (Figura 5). Para a digitalização das imagens foram utilizados um scanner HP Scanjet 200 instalado em uma posição invertida dentro de uma caixa de alumínio (60 x 50 x 12 cm), ajustado a resolução para 300 dpi e conectado a um computador Core i7 (3,50 GHz e 16 GB de RAM).



Figura 5. Plântulas de sálvia (*Salvia officinalis*) em folha de etil vinil acetado (E.V.A.) azul para extração dos dados de vigor.

Após o escaneamento das plântulas de sálvia, foram obtidos o comprimento médio das plântulas, os graus de uniformidade de desenvolvimento e vigor através do uso do software SVIS®. Os dados obtidos do comprimento médio em dpi foram transformados em centímetros, uma vez que 300 dpi são correspondente a 2,54 centímetros. As avaliações das plântulas foram feitas no 7º dia após semeadura.

### **3.5 Análise de imagens multiespectrais**

#### **3.5.1 Equipamento VideoMeterLab**

Após o tratamento das sementes, elas foram dispostas em placas de acetato transparente com fita dupla face com o objetivo de posicionar as sementes em fileiras (Figura 6). Foram utilizadas 4 repetições de 50 sementes por tratamento, em um delineamento experimental inteiramente casualizado.



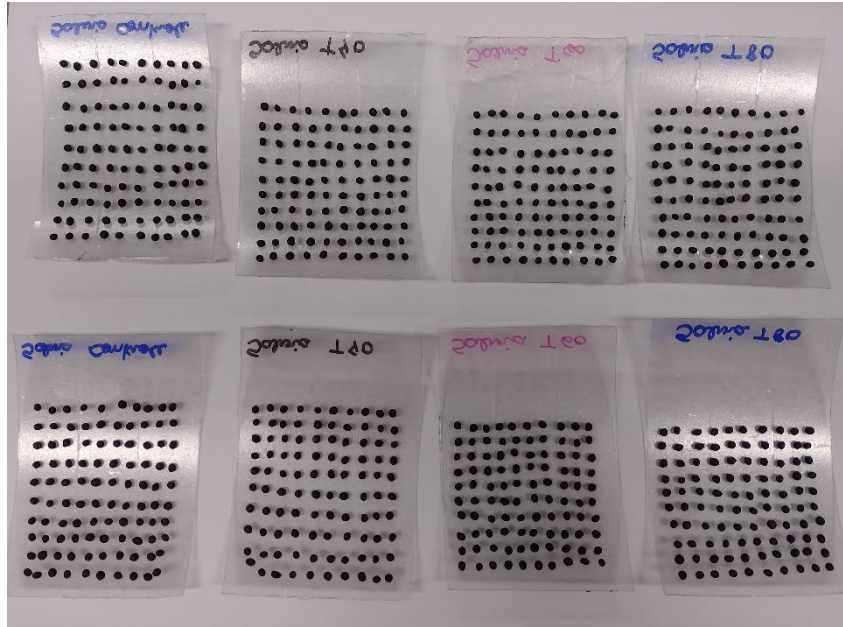


Figura 6. Sementes de sálvia (*Salvia officinalis*) dispostas em placas de acetato transparente para extração dos dados no equipamento VideometerLab.

As imagens multiespectrais das sementes foram obtidas pelo equipamento VideometerLab (Videometer A/S, Dinamarca) (Figura 7) no laboratório de Radiobiologia e Ambiente (LRA) do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo (USP), cujo processo de obtenção das imagens ocorre de maneira não destrutiva.



Figura 7. Equipamento VideometerLab (Videometer A/S, Dinamarca) utilizado para obtenção das imagens multiespectrais das sementes de sálvia (*Salvia officinalis*).

Este equipamento possui um esfera revestida de titânio branco fosco com o objetivo de dissipar a luz de maneira homogênea ao redor do objeto a ser analisado, sendo que há nele 19 diodos emissores de luz (LED) com comprimentos de onda na faixa do ultravioleta visível e infravermelho-próximo, cujos nanômetros correspondem a 365, 405, 430, 450, 470, 490, 515, 540, 570, 590, 630, 645, 660, 690, 780, 850, 880, 940 e 970 nm. Os LEDs são distanciados ao redor da circunferência interna para garantir uma iluminação difusa e uniforme da amostra em todas as direções. As amostras são colocadas sob uma esfera integradora e após iluminação consecutiva das amostras com os 19 LEDs são obtida as imagens de reflectância de alta resolução (2.192 x 2.192 pixels, 40  $\mu\text{m}$ /pixel).

Segundo Oliveira (2021), reflectância é a energia não absorvida pelas sementes após serem iluminadas e a intensidade de reflectância das imagens depende das amostras, podendo variar conforme a textura, cor e composição química das mesmas e é obtida em porcentagem.

Antes da captura das imagens, o equipamento foi calibrado em relação a cor e iluminação das sementes para garantir que se obtenha imagens comparáveis. Além disso, a luz ambiente foi desligada durante a aquisição da imagem para remover interferências nas imagens.

Os resultados das imagens de reflectância multiespectral foram obtidos usando o software VideometerLab4™ versão 3.14.9. Imagens RGB também foram adquiridas usando o mesmo sensor que eram representadas por canais de três cores (vermelho, verde e azul) para gerar um valor de cor única para cada pixel na imagem. Foi aplicada uma técnica de segmentação de imagens com base em limiares para separar as sementes do fundo. Em seguida, as imagens das sementes foram extraídas em um Binary Large Object (BLOB). Um algoritmo de processamento baseado em Análise de Discriminação Canônica Normalizada (nCDA) foi usado para discriminar as diferentes classes de sementes.

### **3.5.2 Equipamento SeedReporter**

As imagens multiespectrais das plântulas foram obtidas pelo equipamento SeedReporter Camera Spectral & Colour (PhenoVation Life Sciences, Wageningen, Holanda) (Figura 8) no laboratório de Radiobiologia e Ambiente (LRA) do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo (USP).



Figura 8. Equipamento SeedReporter Camera Spectral & Colour (PhenoVation Life Sciences, Wageningen, Holanda) utilizado para obtenção das imagens multiespectrais das plântulas de sálvia (*Salvia officinalis*).

O equipamento SeedReporter™ obtém análises de imagens multiespectrais no vermelho, verde, azul, infravermelho próximo e Red Edge. De forma não destrutiva, é possível obter sinais de antocianinas e de fluorescência de clorofila das plântulas. Foram utilizadas 4 repetições de 25 sementes por tratamento, em um delineamento experimental inteiramente casualizado.

As sementes tratadas foram dispostas sobre duas folhas de papel mata-borrão umedecidos com água destilada, em caixas acrílicas transparentes do tipo “Gerbox” (11 cm x 11 cm x 3 cm) e armazenadas em câmara de germinação B.O.D (Biochemical Oxygen Demand). Esta câmara foi ajustada para manter constante a luz branca, sem intervalos de escuro, e a temperatura de 25°C. A avaliação no SeedReporter foi feita no 10º dia após a montagem do teste.

Foram utilizados LEDs de luz branca de 3.000 K, correspondente a faixa de 450 a 780 nm, para iluminar as plântulas e através de quatro filtros ópticos de 540, 640, 710 e 770 nm foram obtidos os dados de reflectância gerando imagens de

2.448 x 2.448 pixels de resolução.

O índice de antocianinas foi obtido através da reflectância de 540, 710 e 770 nm (Gitelson et al., 2001). Já o índice de clorofila foi calculado pela reflectância de 710 e 770 nm (Gitelson et al., 2003). Ambos os índices foram calculados pelo software SeedReporter™ versão 5.4.7 através das seguintes fórmulas:

$$\text{Índice de antocianinas} = \rho_{770} * \left( \frac{1}{\rho_{540}} \right) - \left( \frac{1}{\rho_{710}} \right)$$

$$\text{Índice de clorofila a} = \left( \frac{\rho_{770}}{\rho_{710}} \right) - 1$$

Em que  $\rho$  representa a reflectância obtida para determinado comprimento de onda.

O equipamento SeedReporter™ foi utilizado para excitação das moléculas de clorofila a, utilizando 36 LEDs âmbar de alta intensidade, cujo pico é de 620 nm, e a intensidade de luz saturante de 6.320  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . O sensor presente no equipamento permite que sejam extraídas informações das plântulas inteiras e com um filtro de interferência de 730 nm transmite os sinais de fluorescência das folhas para um chip CCD. Cada pixel da imagem de fluorescência foi calculado no software SeedReporter™ versão 5.4.6.

### 3.6 Teste de sanidade das sementes (“blotter test”)

As análises de sanidade foram realizadas no Laboratório de Patologia de Sementes, do Departamento de Fitopatologia e Nematologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Foram utilizadas 8 repetições de 25 sementes por tratamento, em um delineamento experimental inteiramente casualizado.

Para o teste de sanidade das sementes foi utilizada o método do papel de filtro ou “Blotter test” com congelamento (Lucca Filho, 1987). Três folhas de papel de filtro, previamente umedecidas com água destilada, foram colocadas em placas de Petri plásticas de 9 cm de diâmetro e, sobre estas, as sementes foram separadas entre si.

A seguir as placas foram colocadas em câmara de incubação sob temperatura de 20

$\pm 2$  °C e luz alternada (12 horas de luz branca fluorescente/12 horas de escuro), durante 24 h. Após esse período foram submetidas a congelamento, a -20°C, por 24 horas, e novamente levadas para câmara de incubação, onde permaneceram por mais 5 dias.

A avaliação foi efetuada com auxílio de microscópio estereoscópico (Pinto, 1997) e, quando necessário, microscópio ótico.

Como resultado, foi obtida a identificação dos patógenos e a frequência relativa dos fungos encontrados nas amostras de sementes, conforme a fórmula  $Fr = (n/N) \times 100$ , onde n=número de sementes com fungos e N=número de sementes amostradas por tratamento.

### **3.7 Análise estatística**

A análise estatística de variância para os experimentos realizados com as sementes de sálvia foram obtidas pelo teste F e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância utilizando o software RStudio versão 1.4.1717.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Potencial fisiológico das sementes de sálvia

As médias dos teores de água das sementes de sálvia estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Teor de água média (%) das sementes de salvia tratadas com radiação UV-C de acordo com os tratamentos com radiação ultravioleta C.

Tratamento	Teor de água (%)
T1	7,78 a
T2	7,87 a
T3	7,94 a
T4	7,91 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos demonstram que houve uniformidade nos teores de água, não havendo interferências do tratamento com UV-C sobre essa característica, uma vez que as variações entre as amostras não foram superiores a 2% (Marcos-Filho, 1999).

Poucos estudos analisaram a interferência da radiação UV-C no teor de água de sementes. Camargo (2017) obteve resultado semelhante ao avaliar grãos de milho tratados com radiação UV-C com doses de até 80 kW/m<sup>2</sup>, cujos valores de umidade nos grãos não variaram entre os tratamentos.

Sendo assim, o tratamento de sementes com UV-C não causou desidratação, o que poderia comprometer seu vigor.

Os valores de porcentagem de germinação (PG) e o índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de sálvia obtidos pelo teste de germinação estão descritos na Tabela 2.



Tabela 2. Porcentagem de germinação (PG) e índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes conforme tratamentos com radiação ultravioleta C.

Tratamento	PG (%)	IVG
T1	86,50 a	3,96 a
T2	77,50 a	3,44 a
T3	85,50 a	4,01 a
T4	84,00 a	3,70 a
Médias	83,4	3,78
CV (%)	8,43	13,08

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A PG e o IVG não foram afetadas pelo tratamento das sementes com UV-C, sendo que os valores encontrados de PG estão entre 77,5% e 86,5% e de IVG entre 3,44 e 4,01. Estudos de Brown et al. (2001) reportaram que sementes de repolho tratadas com doses de 1,3 kW/m<sup>2</sup> a 7,5 kW/m<sup>2</sup> de luz UV-C não interferiram na germinação das sementes desta hortaliça.

Dessa forma, o UV-C não estimulou o metabolismo para melhorar o processo germinativo nas doses empregadas de radiação, uma vez que não afetou a porcentagem e a velocidade da germinação das sementes.

Quanto ao vigor das plântulas obteve-se o índice de vigor (V), uniformidade (U) e comprimento (C) das plântulas originadas das sementes tratadas com o UV-C cujos resultados estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Índice de vigor (V), uniformidade (U) e comprimento (C) de plântulas de sálvia sob tratamento de radiação ultravioleta C.

Tratamento	V	U	C (cm)
T1	582,75 a	737,75 a	1,75 a
T2	554,75 a	755,75 a	1,61 a
T3	574,50 a	740,74 a	1,71 a
T4	570,75 a	744,50 a	1,70 a
Médias	570,69	744,69	1,69
CV (%)	8,52	3,81	13,16

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os parâmetros índice de vigor, uniformidade e comprimento das plântulas não foram afetados pela radiação UV-C. Os valores obtidos de vigor variaram de 554,75 a 582,75, enquanto a uniformidade variou de 737,75 a 755,75 e o comprimento das plântulas entre 1,61 e 1,75 cm. Dessa forma, estes diversos parâmetros analisados relacionados ao potencial fisiológico das sementes de sálvia sob tratamento com a radiação UV-C, em diferentes dosagens, demonstram que para esta espécie não ocorreram alterações fisiológicas que comprometessem o desenvolvimento das plântulas, bem como não houve influencia positiva no seu desenvolvimento.

Estes resultados apresentados corroboram com estudos em que os autores afirmam que o efeito do uso do UV-C pode ser atenuado devido a diversos fatores, tais como: cavidades e irregularidades das sementes expostas à radiação, rugosidade das superfícies, fissuras (Balbinot Filho & Borges, 2020), baixa capacidade de penetração em sólidos com maior opacidade (Manzocco et al., 2011; Koutchma & Orłowska, 2012; Birmpa et al., 2013; Fan et al., 2017).

Sendo assim, uma vez que as sementes de sálvia apresentam tegumento rígido e de coloração escura, as doses de UV-C utilizadas não foram suficientes para causar alguma interferência no desenvolvimento das mesmas devido a baixa penetração dos raios UV-C e, conseqüentemente, não penetração da radiação no interior das sementes que pudesse atingir o embrião.

Por conseguinte, tratamentos de UV-C podem causar efeitos distintos nos potenciais fisiológicos de diferentes sementes de acordo com as especificidades do material tratado como foi demonstrado em literatura e neste estudo.

#### **4.2 Análise de imagens multiespectrais**

Os dados de reflectância das sementes de sálvia demonstram que o comportamento foi semelhante para os tratamentos de UV-C nos 19 comprimentos de ondas conforme observado na Figura 9.

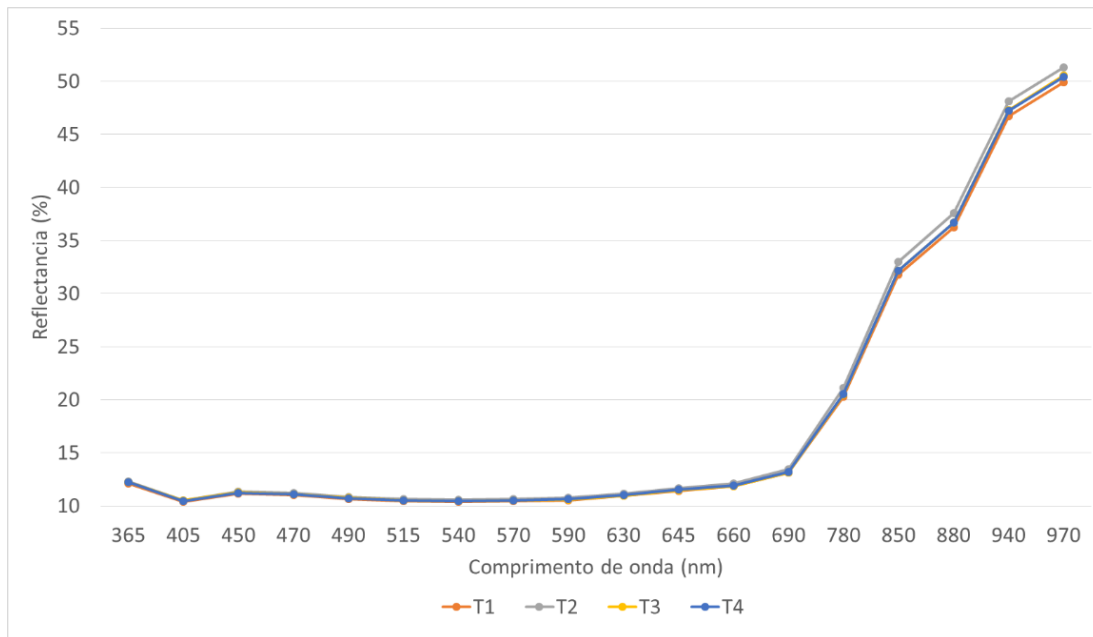


Figura 9. Médias de reflectância de sementes de sálvia (*Salvia officinalis*) em 19 comprimentos de onda (365 a 970 nm) obtidas pelo VideometerLab4™. n=200 sementes.

Na faixa de comprimento de onda de 365 nm a luz emitida pode ser absorvida por fotorreceptores associados a processos fisiológicos e de desenvolvimento, como a germinação e realocação de cloroplasto (Jones, 2018). Já comprimentos de ondas correspondentes a região do visível (400 a 700 nm), estão relacionadas à pigmentos e compostos fenólicos, tais como: clorofila, cuja absorção está relacionada ao comprimento de ondas do 690 ao 700 nm (Xing & De Baerdemaeker, 2005); das antocianinas de 540 a 560 nm; carotenoides com a absorção na faixa de 510 a 520 nm e os compostos fenólicos que apresentam faixa de absorção mais ampla (Dixit et al., 2010; Gitelson et al., 2006; Variyar et al., 2004).

Os demais comprimentos de onda, estão associados ao mecanismo de defesa pela atividade enzimática na reflectância de 690 nm (Aly et al., 2019)., a faixa do 850 a 970nm está relacionada a região do infravermelho próximo cujas atividades referem-se a absorção de energia de grupos funcionais como moléculas de água e lípidos (Bianchini et al., 2021; Gamon et al., 2019; Xiabo et al., 2010).

Através dos dados obtidos, verificou-se que a radiação UV-C não influenciou em nenhuma banda das imagens das sementes de sálvia e isso pode estar relacionado com a baixa capacidade de penetração dos raios UV-C além dos demais fatores citados anteriormente, como cavidades e irregularidades das sementes, rugosidade das superfícies e fissuras do tegumento das sementes

(Manzocco et al., 2011; Koutchma & Orłowska, 2012; Birmpa et al., 2013; Fan et al., 2017; Balbinot Filho & Borges, 2020).

Conseqüentemente, as dosagens de radiação não acarretaram em significativas modificações dos componentes celulares das sementes uma vez que não obteve-se respostas nos diferentes comprimentos de onda analisados.

Através do equipamento SeedReporter foi possível obter as imagens multiespectrais das plântulas de se extrair os dados médios do índice de clorofila *a*, índice de antocianinas e a fluorescência de clorofila *a*, como demonstrado na Tabela 4 e na Figura 10 .

Tabela 4. Índice médio de clorofila *a*, índice médio de antocianinas e fluorescência média de clorofila *a* de plântulas sob tratamento de radiação ultravioleta C obtidos pelo equipamento SeedReporter.

Tratamento	Índice de clorofila <i>a</i>	Índice de antocianinas	Fluorescência de clorofila <i>a</i>
T1	1,134 ab	2,387 b	10469,5 b
T2	1,222 a	3,157 a	12779,5 ab
T3	1,047 ab	2,548 a	12271,2 ab
T4	0,952 b	2,361 b	14237,2 a
CV (%)	8,63	11,44	10,06

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

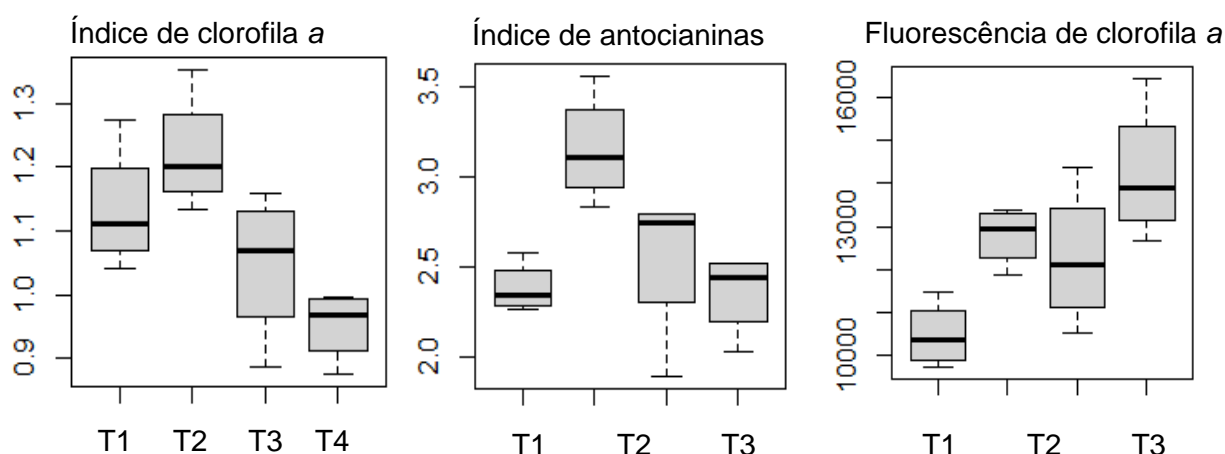


Figura 10. Índice de clorofila *a*, índice de antocianina e fluorescência de clorofila *a* de plântulas de sálvia (*Salvia officinalis*).

Ao analisar as plântulas de sálvia provenientes das sementes tratadas com radiação UV-C, nota-se que sementes sob tratamento T2 tiveram um aumento significativo no índice de clorofila *a* e de antocianinas, enquanto o tratamento T4 apresentou os menores valores destes índices. Evidencia-se dessa forma, um possível efeito hormético no curto tempo de exposição das sementes ao tratamento, T2.

Como respostas a condições de estresses, as sementes podem desenvolver alguns mecanismos de adaptação e de sobrevivência e o fenômeno denominado como hormese se refere a uma breve exposição a algum fator estressante que estimula ou inibe essas adaptações com o aumento das dosagens (Agathokleous et al., 2020).

A radiação UV-C agiu como agente estressante às sementes, possivelmente, induzindo a formação de radicais livres e, conseqüentemente induzindo ao aumento dos níveis de compostos protetores, como as clorofilas e as antocianinas. Porém, em dosagens elevadas, como 22,4 kW/m<sup>2</sup> (T4) , as sementes de sálvia responderam com a inibição da formação dos compostos protetores.

As clorofilas são responsáveis pela coloração verde das plantas, captação da energia solar para produção de glicose e oxigênio na fotossíntese, (Lanfer-Marquez, 2003). Dessa forma, com os níveis de clorofila elevados, há o aumento da atividade fotossintética das plântulas, elevação do crescimento das plantas e maior produtividade.

Já as antocianinas atuam contra os danos oxidativos causados pelo excesso da luz ultravioleta, protegendo as moléculas de clorofila (Liang & He, 2018; Pourcel et al., 2007), ou sejam, estão relacionadas a adaptação da planta em situações de incidência luminosa elevada. Além disso, são responsáveis pela coloração de frutas, legumas e hortaliças na coloração azulada, violeta, vermelho e laranja (Damodaran et al., 2010). Avaliações de quantificação de antocianinas estão diretamente relacionados aos níveis de estresses nas plantas (Kazan & Manners, 2011).

Sendo assim, é possível relacionar o efeito de hormese neste estudo, uma vez que a resposta obtida no tratamento T2 apresentou maior teor de clorofila *a* e antocianinas, enquanto os tratamentos T3 e T4, devido a alta exposição a radiação UV-C causou degradação da clorofila. De acordo com Landi et al. (2015) a degradação da clorofila pode ocorrer por fotooxidação, reduzindo a concentração deste pigmento.

Referente a fluorescência de clorofila *a* os valores variaram de 10469,5 a 14237,2, sendo que o tratamento T4 apresentou maior índice de fluorescência de clorofila que os demais tratamentos e o T0 apresentou menor intensidade da fluorescência da clorofila *a*.

A análise da fluorescência de clorofila *a* é utilizada para avaliar o estado funcional do aparato fotossintético como indicativo do estado fisiológico das plantas sob estresse (Strasser et al., 2004). Ela pode ser afetada de diferentes formas, como: pelo excesso ou falta de nutrientes, elevada ou baixa intensidade luminosa, seca, contato com herbicidas entre outros fatores (Strasser et al., 2005).

Os resultados significativos da fluorescência de clorofila *a* demonstram que a radiação UV-C nas sementes foi capaz de prejudicar a transferência de energia recebida e utilizada, afetando as reações fotossintéticas (Bolhàr-Nordenkampf & Öquist, 1993) .

Portanto, com as três variáveis analisadas, nota-se que o tratamento T4 influenciou negativamente na síntese de clorofila *a* e de antocianinas de modo que esses compostos apresentaram baixos níveis devido a fotooxidação. A fluorescência de clorofila *a* foi elevada podendo afetar o desenvolvimento das plântulas e formação de plantas anormais, fato não observado nesta pesquisa. Quanto ao tratamento T2, houve indicativo de hormese nas sementes, pois embora tenha apresentado elevada fluorescência, seus índices de antocianina e clorofila *a* se mantiveram altos, evidenciando plântulas com mecanismos de defesa ativado e a possibilidade de formação de plantas normais.

#### **4.3 Teste de sanidade das sementes (“blotter test”)**

Nos estudos realizados, os resultados da identificação dos patógenos, bem como a frequência relativa dos mesmos nas sementes foram descritos na Tabela 5.

Tabela 5. Porcentagem de sementes com patógenos identificados em amostras de sálvia

Patógeno	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
<i>Epicoccum</i> spp.	4,5	2	4	1
<i>Alternaria alternata</i>	1	1	0,5	1
<i>Fusarium</i> spp.	1,5	0,5	1	1,5
<i>Cladosporium</i> spp.	3,5	1,5	3	3

Fr = (n/N) x 100, onde 'n' corresponde ao número de sementes portadoras de fungo e 'N' o número de sementes amostradas.

Nas análises, foi observado que o T1 apresentou as maiores porcentagens de sementes portadoras de fungos nas sementes, independente da espécie fúngica. Porém, as menores frequências variaram conforme a espécie, sendo que em T2 ocorreram as menores frequências para *Fusarium* spp. e *Cladosporium* spp., enquanto o T3 apresentou menor frequência de *Alternaria alternata* e T4 apresentou menor frequência de *Epicoccum* spp.

Kruppa & Russomanno (2008) também encontraram em seus estudos com sementes de *Salvia officinalis* os patógenos: *Alternaria alternata* na frequência de 30%, 40% *Cladosporium* spp. e *Epicoccum purpurascens* em 10% das sementes analisadas. *Alternaria* e *Fusarium* possuem espécies consideradas de elevado grau de importância em alguns hospedeiros, uma vez que podem acarretar em doenças (Richardson & Noble, 1968; Neergaard, 1979).

Sintomas de murcha foram constatados em outra espécie de planta pertencente a família da sálvia, como o orégano sendo causada por *Fusarium* (Garbagnoli & Gaetan, 1994). Doenças causadas por *Alternaria alternata* foram observadas em alecrim (Perello & Bello, 1995), erva-cidreira (Machowicz-Stefaniak et al., 2002, 2004) e em tomilho (Surviliene & Dambrauskiene, 2006), ambas espécies de plantas também pertencentes a família das Lamiaceae.

Embora existam poucos estudos relacionando controle de patógenos em sementes com o tratamento com UV-C, Erdoğdu & Ekiz, (2011) relataram em seus estudos que tratamento de sementes de cominho com UV-C isolado não resultou no controle de bactérias mesofílicas aeróbicas totais, porém, quando este tratamento foi associado com radiação infravermelha distante houve redução significativa das mesmas. Posteriormente, os mesmos autores, Erdoğdu & Ekiz, (2013), constataram

que sementes de pimenta-do-reino tratadas com UV-C não apresentaram reduções de bactérias mesofílicas aeróbicas totais.

No entanto, Brown et al., (2001) citam que o efeito hormético com dose de 3,6 kW/m<sup>2</sup> em sementes de repolho acarretou na redução de podridão negra, além da melhoria na qualidade, como maior peso e diâmetro das cabeças de repolho. Estes dados apoiam os resultados obtidos neste estudo em relação aos fungos *Fusarium* spp. e *Cladosporium* spp., uma vez que no T2, cuja dose corresponde a menor dose utilizada neste estudo resultou na menor frequência dos fungos.

Luckey (1980), afirma que a hormese em radiação existe e as evidências que comprovam são baseadas em dois critérios, sendo um que a hormese deve ser resultante de uma baixa dose pois permite o estímulo da resposta imunológica e que em doses elevadas há a redução do desempenho biológico.

Dessa forma, observa-se que pode ter ocorrido o efeito hormético para ambos os fungos encontrados, porém, cada fungo apresenta uma dose correspondente ao efeito hormético diferente. Isso pode estar relacionado com a especificidade de cada fungo, como por exemplo suas composições de DNA variarem de espécie para espécie respondendo ao UV-C de formas diferentes, sendo que para dose de 11,2 kW/m<sup>2</sup> (T2) reduziu a frequência relativa de *Fusarium* spp. e *Cladosporium* spp, a dose de 16,8 kW/m<sup>2</sup> (T3) reduziu a frequência relativa de *Alternaria alternata* e *Epicoccum* spp. teve maior redução na dosagem de 22,4 kW/m<sup>2</sup> (T4).





## 5. CONCLUSÃO

Este estudo constata que o uso de radiação UV-C nas doses de 11,2; 16,8 e 22,4 kw/m<sup>2</sup> não afeta o potencial fisiológico das sementes de sálvia, uma vez que a porcentagem de germinação, o índice de velocidade de germinação, o comprimento, o vigor e a uniformidade das plântulas não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos.

No entanto, a frequência de patógenos e os índices de clorofila a, antocianinas e a fluorescência de clorofila a relacionadas ao metabolismo secundário pode-se constatar que houve efeito hormético na dosagem de 11,2 kw/m<sup>2</sup>. Houve estímulo do metabolismo secundário, obtido pelas plântulas com maiores teores de clorofila a e antocianinas, bem como melhor controle sanitário das sementes, resultante da redução da frequência dos fungos *Fusarium* spp. e *Cladosporium* spp.



## REFERÊNCIAS

ABE, Jun-ichi; BERK, Bradford C. Reactive oxygen species as mediators of signal transduction in cardiovascular disease. **Trends in cardiovascular medicine**, v. 8, n. 2, p. 59-64, 1998.

AGATHOKLEOUS, Evgenios; KITAO, Mitsutoshi; CALABRESE, Edward J. Hormesis: Highly generalizable and beyond laboratory. **Trends in Plant Science**, v. 25, n. 11, p. 1076-1086, 2020.

ALONSO, Jorge. **Tratado de fitofármacos y nutracéuticos**. 2004.

ALOTHMAN, Mohammad; BHAT, Rajeev; KARIM, A. A. Effects of radiation processing on phytochemicals and antioxidants in plant produce. **Trends in Food Science & Technology**, v. 20, n. 5, p. 201-212, 2009.

ALY, Amina M.; ELIWA, Noha; ABDEL-MEGID, Mohamed H. Stimulating effect of gamma radiation on some active compounds in eggplant fruits. **Egyptian Journal of Radiation Sciences and Applications**, v. 32, n. 1, p. 61-73, 2019.

ANSES (2020). "AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'évaluation des risques liés à la consommation de compléments alimentaires contenant des plantes pouvant interférer avec la réponse immunitaire et inflammatoire associée l'infecção par le SARS-Cov-2," em Saisine n ° 2020-SA-0045 (Paris: Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail).

AOSA, I. Seed vigor testing handbook. **Association of Official Seed Analysts. Contribution**, v. 32, p. 88, 1983.

AVALOS GARCÍA, Adolfo; PÉREZ-URRIA CARRIL, Elena. Metabolismo secundario de plantas. **Reduca (biología)**, v. 2, n. 3, 2009.

AVATO, Pinarosa et al. Glandular hairs and essential oils in micropropagated plants of *Salvia officinalis* L. **Plant Science**, v. 169, n. 1, p. 29-36, 2005.

BALBACH, Alfons. *As plantas curam*. Itaquaquecetuba: EDEL, p. 415, 1986.

BALBINOT FILHO, Clóvis Antônio; BORGES, Caroline Dellinghausen. Efeitos da radiação UV-C em alface e maçã minimamente processadas: uma revisão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, 2020.

BARATA, Lauro ES. Empirismo e ciência: fonte de novos fitomedicamentos. **Ciência e Cultura**, v. 57, n. 4, p. 4-5, 2005.

BARBOSA CÁNOVAS, Gustavo V. et al. **Nonthermal preservation of foods**. Marcel Dekker Inc., 1997.

BARBOSA, F.D. Desenvolvimento de um sistema de radiação pulsada com LEDS UV-C para redução de patógenos pós-colheita e manutenção da qualidade de produtos agrícolas. 2015. 65f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2015.

BARICEVIC, D. E. A.; BARTOL, TOMAZ. V. Pharmacology 11. The biological/pharmacological activity of the Salvia genus. **The Genus Salvia**, v. 143, 20

BARNETT, Horace Leslie et al. Illustrated genera of imperfect fungi. **Illustrated genera of imperfect fungi.**, n. 3rd ed, 1972.00.

BEUTLER, Danrlei Rafael. Tratamento de sementes com radiação ultravioleta. 2019.

BIANCHINI, Vitor de Jesus Martins et al. Multispectral and X-ray images for characterization of *Jatropha curcas* L. seed quality. **Plant Methods**, v. 17, n. 1, p. 1-13, 2021.

BINTSIS, Thomas; LITOPOULOU-TZANETAKI, Evanthia; ROBINSON, Richard K. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry—a critical review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 6, p. 637-645, 2000.

BIRMPA, Angeliki; SFIKA, Vasiliki; VANTARAKIS, Apostolos. Ultraviolet light and ultrasound as non-thermal treatments for the inactivation of microorganisms in fresh ready-to-eat foods. **International journal of food microbiology**, v. 167, n. 1, p. 96-102, 2013.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.; ÖQUIST, G. Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research. In: **Photosynthesis and production in a changing environment**. Springer, Dordrecht, 1993. p. 193-206.

BORGES, Larissa Pacheco; AMORIM, Víctor Alves. METABÓLITOS SECUNDÁRIOS DE PLANTAS SECONDARY PLANT METABOLITES. **Revista Agrotecnologia**, 119(1), 54-67.

BOZIN, Biljana et al. Antimicrobial and antioxidant properties of rosemary and sage (*Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia officinalis* L., Lamiaceae) essential oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 19, p. 7879-7885, 2007.

BRANDÃO, Maria G. Lins et al. Medicinal plants and other botanical products from the Brazilian Official Pharmacopoeia. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, p. 408-420, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Produção Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. Regras para Análise de Sementes. Brasília, DF. P. 365, 1992.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica. Política e Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos / Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica. – Brasília: Ministério da Saúde, 2016.

BROWN, J. E. et al. The effect of low dose ultraviolet light-C seed treatment on induced resistance in cabbage to black rot (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*). **Crop Protection**, v. 20, n. 10, p. 873-883, 2001.

CAMARGO, Cláudia Medeiros. **Efeitos da radiação UV-C na qualidade nutricional e tecnológica de grãos de milho inoculados com fungos e armazenados sob diferentes umidades**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

CARVALHO, Ana CB et al. Situação do registro de medicamentos fitoterápicos no Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, p. 314-319, 2008.

CHUN, Hohyun et al. Inactivation kinetics of *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium, and *Campylobacter jejuni* in ready-to-eat sliced ham using UV-C irradiation. **Meat Science**, v. 83, n. 4, p. 599-603, 2009.

CIA, Patrícia et al. Radiação ultravioleta no controle pós-colheita de *Colletotrichum gloeosporioides* em uva 'Niagara Rosada'. **Bragantia**, v. 68, p. 1010-1015, 2009.

CISNEROS-ZEVALLOS, L. The use of controlled postharvest abiotic stresses as a tool for enhancing the nutraceutical content and adding-value of fresh fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 5, p. 1560-1565, 2003.

CIVELLO, Pedro M. et al. UV-C technology to control postharvest diseases of fruits and vegetables. **Recent advances in alternative postharvest technologies to control fungal diseases in fruits and vegetables**, p. 71-102, 2006.

CORRÊA, Anderson Domingues; BATISTA, Rodrigo Siqueira; QUINTAS, Luis Eduardo M. Plantas medicinais: do cultivo à terapêutica: contêm formulação e modo de preparo de cosméticos. In: **Plantas medicinais: do cultivo à terapêutica: contêm formulação e modo de preparo de cosméticos**. 2003. p. 247-247.

CORRÊA, D. J.; MING, L. Chau; SCHEFFER, M. Ch. **Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas**. Jaboticabal: FUNEP, 1994.

COSTA, Caroline J.; TRZECIAK, Mário B.; VILLELA, Francisco A. Potencial fisiológico de sementes de brássicas com ênfase no teste de envelhecimento acelerado. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 144-148, 2008.

COSTA, Lorenza et al. UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. **Postharvest Biology and Technology**, v. 39, n. 2, p. 204-210, 2006.

COSTA-LOTUFO, Leticia V. et al. A contribuição dos produtos naturais como fonte de novos fármacos anticâncer: estudos no Laboratório Nacional de Oncologia Experimental da Universidade Federal do Ceará. **Revista Virtual de Química**, v. 2, n. 1, p. 47-58, 2010.

CRIZEL, G. R., ANTES, S., CANTILLANO, R.F., AVILA, C. J. C., MEDEIROS, C. A. B, SILVA, J.A, ROMBALDI, C. V. Aplicação De Uv-C Durante O Cultivo No Acúmulo De Compostos Fitoquímicos Em Morangos, Cv. Aromas. In: 9º SLACA, 2011, Campinas. 9º SLACA. 2011.

CUTLER, Timothy D.; ZIMMERMAN, Jeffrey J. Ultraviolet irradiation and the mechanisms underlying its inactivation of infectious agents. **Animal Health Research Reviews**, v. 12, n. 1, p. 15-23, 2011.

CUVELIER, Marie-Elisabeth; RICHARD, Hubert; BERSET, Claudette. Antioxidative activity and phenolic composition of pilot-plant and commercial extracts of sage and rosemary. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 73, n. 5, p. 645-652, 1996.

DA CUNHA, A. Proença. **Plantas e produtos vegetais em cosmética e dermatologia**. 2004.

DAMODARAN, PARKIN. KL; FENNEMA, OR **Química de alimentos de Fennema**. 4ª Edição. Editora, Artmed SA, 2010.

DE ANDRADE LIMA, Leonardo Carmo. Resposta a danos no DNA após exposição à luz ultravioleta: apagando o fogo antes do incêndio celular. **Revista da Biologia**, v. 14, n. 1, p. 6-16, 2015.

DE CARLI, Eliane Maria et al. Descontaminação de cortes suínos com ácidos orgânicos comerciais, solução salina acidificada e luz ultravioleta. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 3, p. 1195-1204, 2013.

DE SOUZA, Girlene Santos et al. Produção de fitomassa de *Salvia officinalis* L. cultivada sob malhas coloridas e doses de esterco avícola. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 2, p. 182-186, 2017.

DI STASI, Luiz Cláudio. Plantas medicinais: arte e ciência: um guia de estudo interdisciplinar. São Paulo: UNESP, p. 230, 1996.

DIAS, Eliana Cristina Moura et al. Uso de fitoterápicos e potenciais riscos de interações medicamentosas: reflexões para prática segura. **Revista Baiana de Saúde Pública**, v. 41, n. 2, 2018.

DIXIT, Amit Kumar et al. Gamma irradiation induced enhancement in isoflavones, total phenol, anthocyanin and antioxidant properties of varying seed coat colored soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 7, p. 4298-4302, 2010.

DUARTE, Elen Sonia Maria. Crescimento e teor de óleo essencial em plantas de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus globulus* tratadas com homeopatia. 2007.

EIDI, Maryam; EIDI, Akram; ZAMANIZADEH, Hamidreza. Effect of *Salvia officinalis* L. leaves on serum glucose and insulin in healthy and streptozotocin-induced diabetic rats. **Journal of ethnopharmacology**, v. 100, n. 3, p. 310-313, 2005.

EL GHAOUTH, Ahmed; WILSON, Charles L.; CALLAHAN, Ann M. Induction of chitinase,  $\beta$ -1, 3-glucanase, and phenylalanine ammonia lyase in peach fruit by UV-C treatment. **Phytopathology**, v. 93, n. 3, p. 349-355, 2003.

ERDOĞDU, S. Belgin; EKIZ, H. Ibrahim. Effect of ultraviolet and far infrared radiation on microbial decontamination and quality of cumin seeds. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 5, p. M284-M292, 2011.

ERDOĞDU, S. Belgin; EKIZ, H. İbrahim. Far infrared and ultraviolet radiation as a combined method for surface pasteurization of black pepper seeds. **Journal of Food Engineering**, v. 116, n. 2, p. 310-314, 2013.

ERKAN, Mustafa; WANG, Shioh Y.; WANG, Chien Y. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 48, n. 2, p. 163-171, 2008.



EVANS, W.C. **Trease and Evans Pharmacognosy**. 15th edition. Edinburgh, Saunders, v. 249, 2002.

FAN, Xuetong; HUANG, Runze; CHEN, Haiqiang. Application of ultraviolet C technology for surface decontamination of fresh produce. **Trends in Food Science & Technology**, v. 70, p. 9-19, 2017.

FDA (United States Food and Drug Administration). Ultraviolet radiation for the processing and treatment of food. **Code of Federal Regulations**, 179, 2011.

FERREYRA, Ricardo M. et al. Growth and ripening season effects on antioxidant capacity of strawberry cultivar Selva. **Scientia Horticulturae**, v. 112, n. 1, p. 27-32, 2007.

FONSECA, M. C. M. Epamig pesquisa, produção de Plantas Medicinais para Aplicação no SUS. **Espaço para o produtor, Viçosa**, 2012.

FREITAG, V. L.; BADKE, M. R. **Práticas integrativas e complementares no SUS: o (re) conhecimento de técnicas milenares no cuidado à saúde contemporânea**. Curitiba: Nova Práxis Editorial, 2019.

GAMON, J. A. et al. Assessing vegetation function with imaging spectroscopy. **Surveys in Geophysics**, v. 40, n. 3, p. 489-513, 2019.

GARBAGNOII, C.; GAETAN, S. A. Wilting of marjoram (*Origanum vulgare* L.) caused by species of the genera Fusarium in Argentina. **Fitopatologia**, v. 29, n. 2, p. 150-155, 1994.

GARCIA, Charlene Silvestrin Celi. *Salvia officinalis* (Lamiaceae) Lin.: caracterização química, atividade citotóxica e apoptótica em células de mamíferos. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, 2014.

GARIBALDI, A. et al. First report of leaf spot of *Salvia elegans* caused by *Alternaria alternata* in Italy. **Plant Disease**, v. 102, n. 5, p. 1034-1034, 2018.

GAYÁN, Elisa; CONDÓN, Santiago; ÁLVAREZ, Ignacio. Biological aspects in food preservation by ultraviolet light: a review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, n. 1, p. 1-20, 2014.

GITELSON, Anatoly A.; GRITZ, Yuri; MERZLYAK, Mark N. Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves. **Journal of plant physiology**, v. 160, n. 3, p. 271-282, 2003.

GITELSON, Anatoly A.; KEYDAN, Galina P.; MERZLYAK, Mark N. Three-band model for noninvasive estimation of chlorophyll, carotenoids, and anthocyanin contents in higher plant leaves. **Geophysical research letters**, v. 33, n. 11, 2006.

GITELSON, Anatoly A.; MERZLYAK, Mark N.; CHIVKUNOVA, Olga B. Optical properties and nondestructive estimation of anthocyanin content in plant leaves. **Photochemistry and photobiology**, v. 74, n. 1, p. 38-45, 2001.

GÓMEZ, Paula L. et al. Potential of UV-C light for preservation of cut apples fortified with calcium: assessment of optical and rheological properties and native flora dynamics. **Food and bioprocess technology**, v. 8, n. 9, p. 1890-1903, 2015.

GONZÁLEZ, V. et al. Pathogens detected in the cultivation of chia (*Salvia officinalis*) in Tucuman and Salta. **Avance Agroindustrial**, v. 31, n. 4, p. 36-39, 2010.

GRISENKO, G. V.; MAZHARA, V. N. Ionizing and other types of radiation and their influence on the resistance of corn to stalk and root rot. **Tr. Vses. Sovesch. Immunitetu Rast**, v. 2, p. 21-25, 1968.

GUEDES, Andréa Madalena Maciel et al. Tecnologia de ultravioleta para preservação de alimentos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 59-70, 2009.

GUERRERO-BELTRÁN, J. A.; BARBOSA-CANOVAS, G. V. Advantages and limitations on processing foods by UV light. **Food science and technology international**, v. 10, n. 3, p. 137-147, 2004.

GUILLÉN, María D.; CABO, Nerea; BURILLO, and Jesus. Characterisation of the essential oils of some cultivated aromatic plants of industrial interest. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 70, n. 3, p. 359-363, 1996.

GÜLÇİN, İlhami et al. Evaluation of the antioxidant and antimicrobial activities of clary sage (*Salvia sclarea* L.). **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 28, n. 1, p. 25-33, 2004.

HAYASHI, Toru. Comparative effectiveness of gamma-rays and electron beams in food irradiation. In: **Food irradiation**. 1991.

HERBERT, Richard B. **The biosynthesis of secondary metabolites**. Springer Science & Business Media, 1989.

HIDAKA, Yasuyuki; KUBOTA, Kotaro. Study on the Sterilization of Grain Surface Using UV Radiation—Development and Evaluation of UV Irradiation Equipment. **Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ**, v. 40, n. 2, p. 157-161, 2006.

HÖFS, Alberto et al. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, p. 92-97, 2004.

IBARZ, R. et al. Modelling of patulin photo-degradation by a UV multi-wavelength emitting lamp. **Food Research International**, v. 66, p. 158-166, 2014.

IBRAHIM, Mahmoud AA et al. In silico drug discovery of major metabolites from spices as SARS-CoV-2 main protease inhibitors. **Computers in Biology and Medicine**, v. 126, p. 104046, 2020.

ILKIU-VIDAL, L. H.; SOUZA, J. R. P.; VIANI, R. A. G. Ação de potenciais hidrogeniônicos no crescimento e produtividade de sálvia (*Salvia officinalis* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, p. 43-47, 2010.

JONES, Matthew Ala. Using light to improve commercial value. **Horticulture Research**, v. 5, 2018.

JÜTTE, Robert et al. Herbal medicinal products—Evidence and tradition from a historical perspective. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 207, p. 220-225, 2017.

KAZAN, Kemal; MANNERS, John M. The interplay between light and jasmonate signalling during defence and development. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 12, p. 4087-4100, 2011.

KHADEMI, O. et al. Effect of UV-C radiation on postharvest physiology of persimmon fruit (*Diospyros kaki* Thunb.) cv.'Karaj'during storage at cold temperature. **International Food Research Journal**, v. 20, n. 1, 2013.

KIKUTI, A. L. P.; FILHO, J.M. Testes de vigor em sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 44-50, 2012.

KIM, Jeongmok; MARSHALL, Maurice R.; WEI, Cheng-i. Antibacterial activity of some essential oil components against five foodborne pathogens. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 43, n. 11, p. 2839-2845, 1995.

KORTBEEK, Ruy WJ; VAN DER GRAGT, Michelle; BLEEKER, Petra M. Endogenous plant metabolites against insects. **European Journal of Plant Pathology**, v. 154, n. 1, p. 67-90, 2019.

KOSAR, M.; DORMAN, H.J.D.; HILTUNEN, R. Effect of an acid treatment on the phytochemical and antioxidant characteristics of extracts from selected Lamiaceae species. **Food Chemistry**, v.91, p.525-33, 2005

KOUTCHMA, Tatiana. **Ultraviolet light in food technology**: principles and applications. CRC press, 2019.

KOUTCHMA, Tatiana; ORLOWSKA, Marta. Ultraviolet light for processing fruits and fruit products. **Advances in fruit processing technologies**, p. 2-27, 2012.

KRUPPA, P. C.; RUSSOMANNO, O. M. R. Fungos associados a sementes de plantas medicinais, aromáticas e condimentares da família Apiaceae. **O Biológico**, p. 392. 2006.

KRUPPA, P. C.; RUSSOMANO, O. M. R. Fungos associados a sementes de manjeriço (*Ocimum basilicum*). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 68, n. Suplemento, 2001.

KRUPPA, Pedro C.; RUSSOMANNO, Olga MR. Ocorrência de fungos em sementes de plantas medicinais, aromáticas e condimentares da família Lamiaceae. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, p. 72-75, 2008.

KUMARI, Rima; SINGH, Suruchi; AGRAWAL, S. B. Response of ultraviolet-B induced antioxidant defense system in a medicinal plant, *Acorus calamus*. **Journal of environmental biology**, v. 31, n. 6, p. 907-911, 2010.

LANDI, M.; TATTINI, M.; GOULD, Kevin S. Multiple functional roles of anthocyanins in plant-environment interactions. **Environmental and Experimental Botany**, v. 119, p. 4-17, 2015.

LANFER-MARQUEZ, Ursula Maria. O papel da clorofila na alimentação humana: uma revisão. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 39, p. 227-242, 2003.

LI, Yating et al. Detection of viability of soybean seed based on fluorescence hyperspectra and CARS-SVM-AdaBoost model. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 43, n. 12, p. e14238, 2019.

LIMA, Cristovao F. et al. The drinking of a *Salvia officinalis* infusion improves liver antioxidant status in mice and rats. **Journal of ethnopharmacology**, v. 97, n. 2, p. 383-389, 2005.

LIU, Changhong et al. Potential of multispectral imaging for real-time determination of colour change and moisture distribution in carrot slices during hot air dehydration. **Food chemistry**, v. 195, p. 110-116, 2016.

LOIZZO, Monica Rosa et al. Cytotoxic activity of essential oils from Labiatae and Lauraceae families against in vitro human tumor models. **Anticancer research**, v. 27, n. 5A, p. 3293-3299, 2007.

LORENZI, Harri; MATOS, Francisco J. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2002.

LU, Yinrong; FOO, L. Yeap. Polyphenolics of Salvia—a review. **Phytochemistry**, v. 59, n. 2, p. 117-140, 2002.

LUCCA FILHO, O. A. Metodologia dos testes de sanidade de sementes. **Patologia de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, p. 276-298, 1987.

LUCKEY, T. D. Hormesis with Ionizing Radiation. 1980.

MACHADO, Helen L. et al. Research and extension activities in herbal medicine developed by Rede FitoCerrado: rational use of medicinal plants by the elderly in Uberlândia-MG. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, p. 527-533, 2014.

MACHADO, R. F. **Desempenho de aveia-branca (*Avena sativa* L.) em função do vigor de sementes e população de plantas**. 2002. 46f. 2002. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em ciência e tecnologia de sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MACHOWICZ-STEFANIAK, Z.; ZALEWSKA, E.; ZIMOWSKA, B. Fungi colonizing above-ground parts of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) and thyme (*Thymus vulgaris* L.) cultivated in the Lublin Region. **Folia Universitatis Agriculturae Stelinensis**, v. 95, p. 229-232, 2004.

MACHOWICZ-STEFANIAK, Z.; ZALEWSKA, E.; ZIMOWSKA, B. Fungi colonizing various organs of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) cultivated in South-East Poland. **Plant Protection Science-Prague**, v. 38, p. 347-350, 2002.

MAFIA, Reginaldo G. et al. Queima foliar e tombamento de mudas em plantas medicinais causadas por *Rhizoctonia solani* AG1-1B. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, p. 302-306, 2005.

MAGUIRE, James D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, p. 176-177, 1962.

MALONE, John Parkinson; MUCKETT, A. E. **Seed borne Fungi: description of 77 fungus species**. 1964.

MANZOCCO, Lara et al. Impact of UV-C light on storage quality of fresh-cut pineapple in two different packages. **LWT-Food Science and Technology**, v. 65, p. 1138-1143, 2016.

MANZOCCO, Lara et al. Surface decontamination of fresh-cut apple by UV-C light exposure: Effects on structure, colour and sensory properties. **Postharvest Biology and Technology**, v. 61, n. 2-3, p. 165-171, 2011.

MANZOCCO, Lara; QUARTA, Barbara; DRI, Andrea. Polyphenoloxidase inactivation by light exposure in model systems and apple derivatives. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 10, n. 4, p. 506-511, 2009.

MARCOS FILHO, Júlio. Testes de vigor: importância e utilização. **Vigor de sementes: conceitos e testes**, 1999.

MARTINS, E.R. **Plantas medicinais**. Viçosa: UFV, p. 220, 1998.

MASAKI, Hitoshi et al. Active-oxygen scavenging activity of plant extracts. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, v. 18, n. 1, p. 162-166, 1995.

MATSINGOU, Triantafillia Christina et al. Antioxidant activity of organic extracts from aqueous infusions of sage. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 51, n. 23, p. 6696-6701, 2003.

MELLO, JCP de; MENTZ, Lilian Auler; PETROVICK, Pedro Ros. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre, EFRGS, 2003.

MENDES, M. A. S. et al. Murcha de Fusarium em manjeriço no DF. **Fitopatologia brasileira**, v. 28, p. 219-220, 2003.

MENDES, Marta Aguiar Sabo. **Fungos em plantas no Brasil**. Serviço de Produção de Informação, 1998.

MENEZES, Nilson Lemos de et al. Seeds germination of *Salvia splendens* Sellow in temperature and light quality diferents. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, p. 32-37, 2004.

MONDARDO, Andrei Antonio et al. Estudo dos efeitos da luz ultravioleta para redução microbiológica em amido de mandioca. 2015. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, 2015.

MOSSI, A. J. et al. Morphological characterisation and agronomical parameters of different species of *Salvia* sp.(Lamiaceae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, p. 121-129, 2011.

NEELAMEGAM, R. et al. UV-C irradiation effect on seed germination, seedling growth and productivity of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 4, n. 8, p. 430-443, 2015.

NEERGAARD, P. Seed Pathology. 2. ed. London, MacMillan Press, v.2, 1979.

OLIVEIRA, Luiz Filipe G.; GILBERT, Benjamin; BÔAS, Glauco K. Villas. Oportunidades para inovação no tratamento da leishmaniose usando o potencial das plantas e produtos naturais como fontes de novos fármacos. **Revista Fitos**, v. 8, n. 1, 2013.

OLIVEIRA, Nielsen Moreira. **Sensores multiespectrais para detecção dos efeitos da radiação gama na qualidade de sementes de soja**. 2021. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ORLOWSKA, M. et al. Surrogate organisms for pathogenic O157: H7 and non-O157 *Escherichia coli* strains for apple juice treatments by UV-C light at three monochromatic wavelengths. **Food Control**, v. 47, p. 647-655, 2015.

OUHIBI, Chayma et al. Salt stress mitigation by seed priming with UV-C in lettuce plants: Growth, antioxidant activity and phenolic compounds. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 83, p. 126-133, 2014.

PÁEZ, Carmen Liliana Rodríguez et al. Control of natural mycobiota in maize grains by ultraviolet (UVC) irradiation. **Acta Agrophysica**, v. 18, n. 2 [193], 2011.

PATENKOVIC, Aleksandra et al. Antimutagenic effect of sage tea in the wing spot test of *Drosophila melanogaster*. **Food and Chemical Toxicology**, v. 47, n. 1, p. 180-183, 2009.

PEDROSO, Reginaldo dos Santos; ANDRADE, Géssica; PIRES, Regina Helena. Plantas medicinais: uma abordagem sobre o uso seguro e racional. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, v. 31, 2021.

PERELLO, A.; DAL BELLO, G. M. Foliar necrosis caused by *Alternaria alternata* on rosemary and *Colletotrichum* spp. on lavender, sage and marjoram. **Investigacion Agraria. Produccion y Proteccion Vegetales**, 1995.

PIEROZAN, Morgana Karen et al. Chemical characterization and antimicrobial activity of essential oils of *Salvia* L. species. **Food Science and Technology**, v. 29, p. 764-770, 2009.

POMBO, Marina A. et al. UV-C treatment affects the expression and activity of defense genes in strawberry fruit (*Fragaria x ananassa*, Duch.). **Postharvest biology and technology**, v. 59, n. 1, p. 94-102, 2011.

POURCEL, Lucille et al. Flavonoid oxidation in plants: from biochemical properties to physiological functions. **Trends in plant science**, v. 12, n. 1, p. 29-36, 2007.

RADULESCU, Valeria; CHILIMENT, Silvia; OPREA, Eliza. Capillary gas chromatography–mass spectrometry of volatile and semi-volatile compounds of *Salvia officinalis*. **Journal of chromatography A**, v. 1027, n. 1-2, p. 121-126, 2004.

RAI, Rashmi et al. UV-B and UV-C pre-treatments induce physiological changes and artemisinin biosynthesis in *Artemisia annua* L.—An antimalarial plant. **Journal of photochemistry and photobiology B: Biology**, v. 105, n. 3, p. 216-225, 2011.

RASKIN, Ilya et al. Plants and human health in the twenty-first century. **Trends in Biotechnology**, v. 20, n. 12, p. 522-531, 2002.

RIBEIRO, Carlos et al. Prospects of UV radiation for application in postharvest technology. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, p. 586-597, 2012.

RICHARDSON, Michael John et al. **An annotated list of seed-borne diseases**. Ed. London. Commonwealth Mycological Institute, 1968.

ROSSETTO, Claudia Antonia Vieira; SILVA, Otniel Freitas; ARAÚJO, Antonio Edílson da Silva. Influência da calagem, da época de colheita e da secagem na incidência de fungos e aflatoxinas em grãos de amendoim armazenados. **Ciência Rural**, v. 35, p. 309-315, 2015.

RUSSOMANNO, O.M.R.; KRUPPA, P.C.; MARTINS, A.; FIGUEIREDO, M.B. Murcha de *Fusarium oxysporum* em plantas de alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e manjerição anão (*Ocimum minimum*). **Summa Phytopathologica**, v.30, n.1, p.98, 2004.

SÁDECKÁ, Jana. Irradiation of spices—a review. **Czech J. Food Sci**, v. 25, n. 5, p. 231-242, 2007.

SANTOS, C. A. M.; TORRES, K. R.; LEONART, R. Plantas Mediciniais—Herbarium. **Flora et**, 1987.

SANTOS-GOMES, Paula C. et al. Phenolic antioxidant compounds produced by in vitro shoots of sage (*Salvia officinalis* L.). **Plant Science**, v. 162, n. 6, p. 981-987, 2002.

SCHIPPMMANN, U. W. E.; LEAMAN, Danna; CUNNINGHAM, A. B. A comparison of cultivation and wild collection of medicinal and aromatic plants under sustainability aspects. **Frontis**, p. 75-95, 2006.



SCHUCH, LOB; LIN, S. S. Atraso na colheita sobre emergência no campo e desempenho de plantas de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 11, p. 1585-1589, 1982.

SCHUCH, LUIS OSMAR BRAGA et al. Crescimento em laboratório de plântulas de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 1, p. 229-234, 1999.

SERAFINI, Luciana Atti et al. **Extrações e aplicações de óleos essenciais de plantas aromáticas e medicinais**. Caxias do Sul: EDUCS, 2002.

SEVERO, Joseana et al. Gene transcript accumulation associated with physiological and chemical changes during developmental stages of strawberry cv. Camarosa. **Food Chemistry**, v. 126, n. 3, p. 995-1000, 2011.

SHAMA, Gilbert; ALDERSON, Peter. UV hormesis in fruits: a concept ripe for commercialisation. **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, n. 4, p. 128-136, 2005.

SHARIFI-RAD, Javad et al. Biological activities of essential oils: From plant chemoecology to traditional healing systems. **Molecules**, v. 22, n. 1, p. 70, 2017.

SILVA, Letícia Barbosa et al. Radiação UV-C: efeito na redução de contaminação fúngica em sementes de soja armazenadas. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel - PR. 2021.

SOUZA, Julianna Freire de. Utilização de luz ultravioleta contínua (UV-C) e luz pulsada para conservação de mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas. 2012. 116f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal - SP, 2014.

SOUZA, Vinicius Castro; LORENZI, Harri. Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Instituto Plantarum, 2005.

STARZYCKI, S.; PALA, J.; KONOPKO, E. The effect of low doses of gamma rays upon the rate of infection of plants with grass mildew (*Erysiphe, graminis* DC). **Hodowla Rosl. Aklim. Nasienn.**, v. 1, p. 103-108, 1967.

STRASSER, Reto J.; TSIMILLI-MICHAEL, Meropé; SRIVASTAVA, Alaka. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. In: **Chlorophyll a fluorescence**. Springer, Dordrecht, p. 321-362. 2005.

SURVILIENĖ, E.; DAMBRAUSKIENĖ, E. Effect of different active ingredients of fungicides on *Alternaria* spp. growth in vitro. **Agron. Res**, v. 4, p. 403-406, 2006.

SYAMALADEVI, Roopesh M. et al. Inactivation of *Escherichia coli* population on fruit surfaces using ultraviolet-C light: Influence of fruit surface characteristics. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 11, p. 2959-2973, 2013.

TEPE, Bektas et al. Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and various extracts of *Salvia tomentosa* Miller (Lamiaceae). **Food chemistry**, v. 90, n. 3, p. 333-340, 2005.

TIECHER, Aline et al. UV-C effect on ethylene, polyamines and the regulation of tomato fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, v. 86, p. 230-239, 2013.

TOSCANO RICO, J. M. **Plantas medicinais**. Academia das Ciências de Lisboa, Instituto de Estudos Acadêmicos para Seniores, Lisboa, 2011.

TREMARIN, Andréia; BRANDÃO, Teresa RS; SILVA, Cristina LM. Inactivation kinetics of *Alicyclobacillus acidoterrestris* in apple juice submitted to ultraviolet radiation. **Food Control**, v. 73, p. 18-23, 2016.

UKUKU, Dike O.; GEVEKE, David J. A combined treatment of UV-light and radio frequency electric field for the inactivation of *Escherichia coli* K-12 in apple juice. **International journal of food microbiology**, v. 138, n. 1-2, p. 50-55, 2010.

URBEN, A. F.; MATTOS, J. K. A.; MENDES, M. A. S. Fungos associados a manchas de folhas em plantas de uso medicinal, no Distrito Federal. **Fitopatologia Brasileira**, v. 12, 1987.

VANZOLINI, Silvelena; CARVALHO, Nelson Moreira. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2002.

VARIYAR, Prasad S.; GHOLAP, A. S.; THOMAS, P. Effect of  $\gamma$ -irradiation on the volatile oil constituents of fresh ginger (*Zingiber officinale*) rhizome. **Food Research International**, v. 30, n. 1, p. 41-43, 1997.

VARIYAR, Prasad S.; LIMAYE, Ashwini; SHARMA, Arun. Radiation-induced enhancement of antioxidant contents of soybean (*Glycine max* Merrill). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 11, p. 3385-3388, 2004.

VICENTE, Ariel R. et al. UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. **Postharvest Biology and Technology**, v. 35, n. 1, p. 69-78, 2005.

VICKERY, Margaret; VICKERY, Brian. **Secondary Plant Metabolism**. Hong Kong: The MacMillan Press, 1981.

WALCH, Stephan G. et al. Antioxidant capacity and polyphenolic composition as quality indicators for aqueous infusions of *Salvia officinalis* L. (sage tea). **Frontiers in Pharmacology**, v. 2, p. 79, 2011.

WAMBURA, Peter; VERGHESE, Martha. Effect of pulsed ultraviolet light on quality of sliced ham. **LWT-Food Science and Technology**, v. 44, n. 10, p. 2173-2179, 2011.

WEGENER, Tancred. Patterns and trends in the use of herbal products, herbal medicine and herbal medicinal products. **International Journal of Complementary & Alternative Medicine**, v. 9, n. 6, p. 00317, 2017.

XIAOBO, Zou et al. Independent component analysis in information extraction from visible/near-infrared hyperspectral imaging data of cucumber leaves. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 104, n. 2, p. 265-270, 2010.

XING, Juan; DE BAERDEMAEKER, Josse. Bruise detection on 'Jonagold' apples using hyperspectral imaging. **Postharvest Biology and Technology**, v. 37, n. 2, p. 152-162, 2005.

YAMAOKI, Rumi; KIMURA, Shojiro; OHTA, Masatoshi. Electron spin resonance characterization of radical components in irradiated black pepper skin and core. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 80, n. 11, p. 1282-1288, 2011.

YANG, Jin et al. First report of *Fusarium proliferatum* causing root rot disease in *Salvia miltiorrhizae* in China. **Plant Disease**, 2021.

YIN, Fugui et al. Inactivation and potential reactivation of pathogenic *Escherichia coli* O157: H7 in apple juice following ultraviolet light exposure at three monochromatic wavelengths. **Food microbiology**, v. 46, p. 329-335, 2015.