

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS CERRO LARGO  
CURSO DE AGRONOMIA**

**WILLIAM STRÜCKER**

**RADIAÇÃO UV-C NO CONTROLE DE *Tetranychus urticae* (ÁCARO RAJADO)  
NA CULTURA DO MORANGUEIRO**

**CERRO LARGO**

**2022**

**WILLIAM STRÜCKER**

**RADIAÇÃO UV-C NO CONTROLE DE *Tetranychus urticae* (ÁCARO RAJADO)  
NA CULTURA DO MORANGUEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Evandro Pedro Schneider

**CERRO LARGO**

**2022**

**Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Strücker, William  
RADIAÇÃO UV-C NO CONTROLE DE *Tetranychus urticae*  
(ÁCARO RAJADO) NA CULTURA DO MORANGUEIRO / William  
Strücker. -- 2022.  
54 f.:il.

Orientador: Professor Dr. Evandro Pedro Schneider

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo, RS, 2022.

1. Agricultura. 2. Tecnologia sustentável. 3.  
Fruticultura. 4. Produção integrada. 5. Ácaro-rajado. I.  
Schneider, Evandro Pedro, orient. II. Universidade  
Federal da Fronteira Sul. III. Título.

**WILLIAM STRÜCKER**

**RADIAÇÃO UV-C NO CONTROLE DE *Tetranychus urticae* (ÁCARO RAJADO)  
NA CULTURA DO MORANGUEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Agronomia da Universidade Federal da  
Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção  
do título de Bacharel em Agronomia.

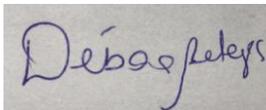
Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 29/03/2022.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Evandro Pedro Schneider  
Orientador



---

Prof. Dra. Débora Leitzke Betemps  
Avaliador



---

Dr. Odair José Schmitt  
Avaliador

Dedico este trabalho aos meus pais, que  
não pouparam esforços para que eu  
pudesse concluir meus estudos.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus.

Aos meus pais Wilson Strücker e Arminda Inês Strücker, aos meus irmãos Lucas Strücker e Bianca Strücker, bem como aos cunhados(as) Diane e Rafael, que sempre estiveram ao meu lado me dando todo apoio, conselhos e condições para que eu pudesse realizar este curso de graduação. Vocês merecem o mundo. Amo muito vocês

A minha amiga e companheira Giovana Lais Eckert, que torna os meus dias mais alegres. Sou grato por todo apoio que tem me dado, desde que nos conhecemos. Te amo.

A todos os amigos que fiz durante a graduação, em especial aos que tive a oportunidade de morar junto, João, Artur, Felix, Lucas, Roberto, Anderson, Hisley, Guilherme, Juliano, Ernesto, Felipe, Jeferson e Cintia. Todos vocês foram importantes para que eu me tornasse quem sou hoje. Saliento a importância do Artur, meu irmão de todas as horas, que nunca titubeou em ajudar no que fosse preciso. Obrigado!

Ao meu orientador, o Professor Dr. Evandro Pedro Schneider, pela confiança depositada e por todas as conversas e elucidações sobre a pesquisa realizada.

Aos proprietários da SCH Morangos que não apenas permitiram que a pesquisa fosse realizada lá, como sempre, de forma solícita se colocavam a disposição para ajudar em tudo que fosse possível.

Aos meus colegas de movimentos estudantil e amigos, de todo Brasil, que pude conhecer através da FEAB, em especial aqueles que dividiram a Coordenação Nacional durante um ano, Atilio, Kaliton, Rodrigo, Douglas, Evandro e Tábata. A responsabilidade dividida com vocês me tornou um ser humano melhor. Obrigado.

À Universidade Federal da Fronteira Sul, que através de seu corpo de técnicos e docentes, recebe de braços abertos todos os estudantes que ingressam, tornando possível que milhares de pessoas possam adquirir uma formação profissional. Toda valorização.

Por fim, a todos e todas que de algum modo contribuíram para a elaboração dessa pesquisa.

Meu sincero obrigado!

## RESUMO

A cultura do morangueiro (*fragaria x ananassa*) tem conquistado muito espaço no mercado brasileiro, isso ocorre pela alta aceitação da população brasileira e mundial, pelo consumo deste pseudofruto ser in natura, em suma maioria. A tendência de mercado tem sido a produção em ambientes protegidos, condição essa, que permite o aumento da produtividade, contudo, com algumas desvantagens. Dentre elas, em função de temperatura elevada e baixa umidade, a incidência de *Tetranychus urticae* (Ácaro-rajado) nesse tipo de cultivo é favorecida, sendo considerada a principal praga da cultura do morangueiro. A principal forma de controle, atualmente, é a aplicação de agrotóxicos, sendo um manejo com alta persistência e grande risco de contaminação ambiental. A radiação UV-C (254 nm) tem se mostrado uma eficiente alternativa ao uso de agrotóxicos por ter efeito germicida. Portanto, por ser capaz de matar diversos organismo fitopatogênicos, como fungos, bactérias, protozoários e artrópodes, mostra-se como uma possibilidade de controlar *Tetranychus urticae*. Esta tecnologia tem como vantagem não deixar resíduos ao meio ambiente, portanto sendo uma boa alternativa para sistemas que limitam ou proíbem o uso de agrotóxicos. Deste modo, buscou-se avaliar a eficiência a campo da radiação UV-C no controle de *T. urticae* na cultura do morangueiro, emitida por uma lâmpada UV de 55 watts. O experimento foi realizado em uma produção comercial de morangos e consistiu em fazer aplicações de radiação UV-C, através de um equipamento desenvolvido para a pesquisa. Foram utilizados 4 tratamentos: T0 – não recebeu radiação; T1 – aplicações a cada 24h, dose acumulada: 1,925 kJ m<sup>2</sup>; T2 – aplicações a cada 48h, dose acumulada: 1,1 kJ m<sup>2</sup>; T3 – aplicações a cada 72h, dose acumulada: 0,825 kJ m<sup>2</sup>. A partir dos tratamentos, avaliou-se as populações de ácaro-rajado, bem como a coloração dos trifólios em função do efeito cumulativo de radiação UV-C. Os resultados apontam que houveram diferenças significativas entre os tratamentos no que diz respeito ao controle das populações de *T. urticae*, de forma proporcional ao efeito acumulativo da maior dose aplicada. Também, o efeito cumulativo da radiação UV-C pode contribuir sobre a coloração dos trifólios, sendo que a maior dose acumulada foi a que apresentou tons mais escuros de verde, resultado que pode estar de algum modo relacionado à resistência da planta à patógenos. Assim, é possível inferir que a luz UV-C reduz as populações de ácaro-rajado e desencadeia o aumento dos compostos pigmentantes nas folhas, sendo que o Tratamento 1 (aplicações diárias), equivalente a 1,925 kJ m<sup>2</sup> de radiação acumulada, apresentou redução de 68,9% do número de ácaros que a testemunha, bem como promoveu o escurecimento dos trifólios.

Palavras chave: *Fragaria x ananassa*; tecnologia; tratamento físico; e sustentabilidade.

## ABSTRACT

The culture of strawberry (*fragaria x ananassa*) has conquered much space in the Brazilian market, this occurs by the high acceptance of the Brazilian and world population, by the consumption of this pseudofruit is *in natura*, in short majority. The market trend has been the production in protected environments, a condition that allows increased productivity, however, with some disadvantages. Among them, due to high temperature and low humidity, the incidence of *Tetranychus urticae* (spider mite) is favored in this type of cultivation, being considered the main pest of the strawberry crop. The main form of control, currently, is the application of pesticides, a management with high persistence and high risk of environmental contamination. UV-C radiation (254 nm) has proven to be an efficient alternative to the use of pesticides because it has a germicidal effect. Therefore, by being able to kill several phytopathogenic organisms, such as fungi, bacteria, protozoa and arthropods, it shows itself as a possibility to control *Tetranychus urticae*. This technology has the advantage of not leaving residues in the environment, therefore being a good alternative for systems that limit or prohibit the use of pesticides. Thus, we sought to evaluate the field efficiency of UV-C radiation in the control of *T. urticae* in strawberry crop, emitted by a 55 watt UV lamp. The experiment was carried out in a commercial strawberry production and consisted of making applications of UV-C radiation, through an equipment developed for the research. Four treatments were used: T0 - did not receive radiation; T1 - applications every 24h, cumulative dose: 1.925 kJ m<sup>2</sup>; T2 - applications every 48h, cumulative dose: 1.1 kJ m<sup>2</sup>; T3 - applications every 72h, cumulative dose: 0.825 kJ m<sup>2</sup>. Based on the treatments, the spider mite populations were evaluated, as well as the coloration of the trifolians as a function of the cumulative effect of UV-C radiation. The results point out that there were significant differences among treatments regarding the control of *T. urticae* populations, proportionally to the cumulative effect of the highest dose applied. Also, the cumulative effect of UV-C radiation had an effect on the coloration of the trifolium, and the highest cumulative dose was the one that presented darker shades of green, a result that may be somehow related to the resistance of the plant to pathogens. Thus, it is possible to infer that UV-C light reduces the populations of spider mite and triggers the increase of pigmenting compounds in the leaves. Treatment 1 (daily applications), equivalent to 1.925 kJ m<sup>2</sup> of accumulated radiation, showed a 68.9% reduction in the number of mites than the control, as well as promoting the darkening of the trifolium.

Keywords: *Fragaria x ananassa*; technology; physical treatment; and sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ácaro-rajado e suas teias na folha do morangueiro (20x).....	23
Figura 2-Espectro de radiação ultravioleta .....	26
Figura 3 - Efeito da radiação UV sobre a fita de DNA. ....	28
Figura 4– Distribuição dos tratamentos de doses de UV-C 254 nm em uma unidade de produção comercial no município de Cerro Largo - RS, 2022.....	32
Figura 5 - Produção de morangos em bancada, sistema semi-hidropônico no município de Cerro Largo - RS, 2022.....	33
Figura 6 – Ácaro-rajado ( <i>T. urticae</i> ) e ácaro-predador ( <i>P. macropilis</i> ) em folha de morangueiro (aumento de 30x). ....	34
Figura 7 – Equipamento utilizado para aplicação de radiação UV-C em experimento realizado no município de Cerro Largo - RS, 2022. ....	36
Figura 8 – Zip locks com as folhas coletadas a campo em experimento realizado no município de Cerro Largo – RS, 2022. ....	37
Figura 9 – Escovação dos ácaros e contagem através de lupa de bancada, realizado no laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo – RS, 2022. ....	37
Figura 10 - Notas atribuídas as diferentes colorações dos trifólios, da mais clara para mais escura, em função da dose de aplicação de UV-C em morangueiro, coletados em experimento realizado no município de Cerro Largo – RS, 2022.....	39
Figura 11: Regressão polinomial das doses de radiação acumulada em relação ao número de ácaros-rajados encontrados em cada tratamento .....	40
Figura 12 - Regressão polinomial do número de ácaros por folíolos em relação a radiação acumulada .....	41
Figura 13- Regressão polinomial das notas atribuídas em relação à radiação acumulada de cada tratamento. ....	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tratamentos de radiação UV-C e suas respectivas doses aplicadas em morangueiros no município de Cerro Largo - RS, 2022. ....	31
--	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
2.1	MORANGO .....	15
<b>2.1.1</b>	<b>Comportamento vegetativo.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Panorama econômico.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Sistema de produção fora do solo de morango.....</b>	<b>19</b>
2.2	SISTEMA DE PRODUÇÃO INTEGRADA.....	20
2.3	ÁCAROS.....	22
<b>2.3.1</b>	<b>Ácaro-rajado – <i>Tetranychus urticae</i>.....</b>	<b>23</b>
2.3.1.1	<i>Monitoramento e Controle de Ácaro-rajado .....</i>	<i>23</i>
2.4	RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA .....	25
<b>2.4.1</b>	<b>Radiação UV-C .....</b>	<b>25</b>
2.4.1.1	<i>Radiação UV-C e seus efeitos nas plantas.....</i>	<i>27</i>
2.4.1.2	<i>Radiação UV-C no controle de ácaro-rajado .....</i>	<i>28</i>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>31</b>
3.1	EXPERIMENTO A CAMPO .....	31
<b>3.1.1</b>	<b>LOCAL DO EXPERIMENTO .....</b>	<b>31</b>
<b>3.1.2</b>	<b>DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>31</b>
<b>3.1.3</b>	<b>PLANTAS .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1.4</b>	<b><i>Tetranychus urticae</i>.....</b>	<b>34</b>
<b>3.1.5</b>	<b>EQUIPAMENTO UTILIZADO PARA IRRADIAÇÃO UV-C E APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1.6</b>	<b>AVALIAÇÕES E COLETAS DE DADOS .....</b>	<b>36</b>
3.1.6.1	<i>População de Ácaros.....</i>	<i>37</i>
3.1.6.2	<i>Coloração.....</i>	<i>38</i>
<b>3.1.7</b>	<b>ANÁLISE ESTATÍSTICA.....</b>	<b>39</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>40</b>
4.1	UTILIZAÇÃO DE LUZ ARTIFICIAL UV-C NO CONTROLE DE ÁCARO- RAJADO EM PRODUÇÃO COMERCIAL .....	40
4.2	EFEITO DA RADIAÇÃO UV-C SOBRE A COLORAÇÃO .....	42

<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>46</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de morangos da América do Sul, de acordo com Antunes e Bonow (2020), a produção anual é estimada em cerca 165.000 toneladas de morango, com produtividade média correspondente a 30 toneladas por hectare. Ainda, os autores apontam para a expansão da área de cultivo, a partir da atualização dos números de 3500 hectares para aproximadamente 4500 hectares de área destinada à cultura espalhados atualmente pelo país.

Esta fruta é o pseudofruto do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch), muito apreciada por sua cor (vermelho-vivo), aroma e sabor com características muito específicas que agradam ao consumidor. Além disso, são fontes naturais de nutrientes, vitaminas e sais minerais (QUINATO, 2007)

Ademais, essa cultura tem capacidade de gerar muitos postos de trabalho, dada a necessidade de mão de obra em todas as etapas de seu cultivo, com ênfase na colheita. Conforme Antunes *et al.* (2016), a cadeia produtiva do morango também engloba laboratórios produtores de matrizes, viveiristas, comerciante de lonas e plásticos, arames, túneis de plásticos, fertilizantes, defensivos e embalagens.

As produções de morango ganharam espaço em função das altas produtividades alcançadas em ambientes protegidos. Isto é demonstrado por Antunes *et al.* (2016), ao comparar que o cultivo a céu aberto tem produtividade de 30 t/ha, enquanto em ambiente protegido chega a 46,7 t/ha. Ainda, Madail *et al.* (2010) afirma um baixo dano ambiental da cultura do morango em ambiente protegido, com valor de 4,89, numa escala vai até 15.

O principal destino da produção brasileira é o comércio *in natura*. Como esse produto tem um valor agregado relativamente elevado, o consumidor exige um produto de excelência, que tenha características organolépticas de elevado padrão. Para que essas exigências possam ser atendidas são necessárias um conjunto de técnicas e manejos que visam diminuir as contaminações e danos por pragas. (ANTUNES, JÚNIOR, 2007).

Apesar do uso de técnicas, manejos e uso de cultivares mais resistentes, tornam-se costumeiros a aplicações de defensivos para controle de doenças e de pragas. Como as colheitas no morangueiro são quase que diárias, e o fruto é consumido *in natura*, o controle químico apresenta uma problemática relacionada ao

risco de intoxicação: em dados disponibilizados pela Anvisa (2019), avaliando o percentual de resíduos de agrotóxicos em frutas, 23% das amostras estavam acima do limite máximo de resíduos (LMR), apresentando contaminantes para a saúde humana. Especificamente na cultura do morango foram identificados 48 agrotóxicos diferentes.

Um levantamento realizado junto a agricultores familiares produtores de morango do Distrito Federal, apontou que por ordem de importância, pragas e doenças são a principal dificuldade enfrentada (HENZ, 2010). Um panorama geral apresentado por pesquisas realizadas com morangueiro, apresentam uma série de pragas destacando o ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*) (CHIAVEGATO; MISCHAN, 1981; MORAES; FLECHTMANN, 2008; ANTUNES *et al.* 2016). Sendo considerada a principal praga associada a cultura do morangueiro no Brasil, podendo atacar outras culturas como tomateiros, sojeiros e pessegueiros. Em condições de intenso ataque pode ocorrer 80% de queda de produtividade, sendo facilmente reconhecidos pela presença de manchas escuras no dorso, vivendo preferencialmente na parte abaxial das folhas, onde tecem teias e são de difícil visualização a olho nu. O ciclo de vida varia de 10 a 12 dias sob temperatura de 25 °C.

Ao longo da última década tem-se avançado nos estudos quanto ao uso de luzes ultravioleta (UV), comumente utilizadas em diversas áreas como germicida, na desinfestação de estruturas e água, entre outros. A radiação UV é uma radiação eletromagnética que possui um comprimento de onda de 100 a 400 nm, sendo dividida em três categorias: UV-C (100 – 290 nm), UV-B (290 – 320 nm) e UV-A (320 a 400nm) (BARBOSA, 2016).

Na área agrônômica o uso de lâmpadas UV-C tem se mostrado, ainda que de forma experimental, uma alternativa interessante no controle de pragas, tais como ácaros e fungos. Isso se deve ao fato da radiação UV-C danificar a replicação da fita de DNA, com vantagens de não deixar resíduos químicos no alimento e criar respostas defensivas nas plantas (GUERRERO, BARBOSA, 2004; VALDEBENITO-SANHUEZA, NASCIMENTO, BENDER, 2013).

Na literatura científica, diversos autores têm demonstrado a eficácia da utilização da radiação UV-C como alternativa à utilização de agrotóxicos em variadas culturas de interesse comercial, como o morangueiro, feijoeiro, tomateiro e roseiras (SUZUKI *et al.*, 2009; VAN HEMELRIJCK *et al.*, 2010; VAN DELM, *et al.*, 2014;

JANISIEWICZ *et al.*, 2016; SHORT *et al.*, 2018; SUN *et al.*, 2020; VÁSQUEZ *et al.*, 2020; VEGA *et al.*, 2020; GALA *et al.*, 2021).

O objetivo dessa pesquisa é avaliar a eficiência de aplicações de luz UV-C no controle de *Tetranychus urticae* na produção do morango, visando estabelecer uma forma alternativa ao controle químico de ácaros, pois conhecendo a realidade das produções comerciais e compreendendo a necessidade de se buscar alternativas que tragam vantagens econômicas para os produtores, se torna uma tarefa necessária.

Pensando nesta alternativa, foi desenvolvido um equipamento utilizando uma lâmpada UV de 55 watts (Osram HNS L, radiação 254nm, com 3.8 cm de largura e 53.3 de comprimento), acoplada a um cano PVC, cujo as laterais, revestiu-se de papelões com a parte interna recobertas com papel alumínio, a fim de refletir a radiação UV-C para as partes de baixo das plantas de morangueiro.

Para avaliar a eficiência da radiação foi realizado um experimento a campo. O experimento a campo foi realizado em uma propriedade de produção comercial, teve a duração de uma semana e consistiu em passar caminhando ao lado das bancadas, com o equipamentos de aplicação sobre morangueiros, foram utilizados 4 tratamentos, T0 – testemunha, não recebeu nenhuma aplicação, T1 – dose acumulada de 1,925 kJ m<sup>2</sup> (aplicação a cada 24h), T2 – dose acumulada de 1,100 kJ m<sup>2</sup> (aplicação a cada 48h), e T3 – 0,825 kJ m<sup>2</sup> (aplicação a cada 72).

A partir desse experimento, foram avaliadas as populações de Ácaro-rajado nos tratamentos, bem como as diferenças causadas na coloração dos trifólios, a fim de compreender quais os efeitos que ocorrem às folhas após receberem radiação UV-C 254nm.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 MORANGO

O morango é classificado como pseudofruto. Pertence à família das Rosaceae, subfamília Rosoideae, possuindo gênero *Fragaria*, têm características de cultura perene, contudo é cultivada como uma cultura anual. É uma planta nativa da Europa, mais especificamente da França, tendo seu cultivo relatada desde a década de 1750 (SANTOS, 1999).

A maioria dos morangos cultivados comercialmente são da espécie híbrida *F. x ananassa*, resultante do cruzamento entre as plantas *F. chiloensis* e *F. virginiana*. A partir disso, originou-se uma planta que produz pseudofrutos grandes, aromáticos, saborosos e que se adaptam facilmente a uma diversidade maior de climas e fotoperíodos (DARROW, 1966).

Neste contexto, Tazzo *et al.* (2015), evidencia as cultivares de *F. x ananassa* com maior utilização no Brasil são as provenientes de programas de melhoramento dos Estados Unidos. Dentre elas, destacam-se as cultivares ‘Aromas’, ‘Camarosa’, ‘Capitola’, ‘Diamante’, ‘Dover’, ‘Oso Grande’ e ‘Sweet Charlie’.

Segundo Oliveira e Bonow (2012), em relação ao fruto, os principais caracteres avaliados são: flavor (sabor e aroma), tamanho, simetria, formato, firmeza, cor (polpa e epiderme), brilho, separação do cálice, teor de vitaminas, teor de sólidos solúveis, acidez e resistência a podridões.

Este pseudofruto tem ganhado cada vez mais espaço nas casas dos brasileiros, sendo consumido de diferentes formas. Conforme Amaro (2002), o morango é apreciado no mundo todo pelas suas qualidades nutritivas, aspecto e sabor atraente, podendo ser consumido in natura ou industrializado, na forma de polpa, geleia ou calda.

### 2.1.1 Comportamento vegetativo

Para melhor compreender o comportamento do morangueiro, de acordo com Antunes *et al.* (2016), é preciso conhecer os aspectos fisiológicos e botânicos da planta, que se divide em fase vegetativa e fase reprodutiva.

Desta forma, o crescimento e desenvolvimento são fenômenos distintos. A planta de morangueiro passa por transformações entre as fases de desenvolvimento vegetativo – formação de biomassa, como folhas, caules e estolões – e desenvolvimento reprodutivo, que consistem na formação de componentes da flor, como pétalas, estames e pistilos (MARTINS *et al.*, 2006).

O sistema radicular de uma planta de morangueiro é formado por raízes primárias, que surgem diretamente da base de cada folha próxima da superfície do solo. A distribuição do sistema radicular se dá ao redor da planta, em forma de espiral, em número aproximado de seis, sendo três em cada lado. As raízes do morangueiro exploram um volume de solo reduzido por causa da sua grande concentração na camada superficial do solo (DIEL, 2016).

A vida saudável do morangueiro, no que diz respeito às suas raízes, depende da contínua produção de novas raízes oriundas do caule e dos novos tecidos. A partir delas, surgirão novas raízes secundárias, formando a massa radicular da planta. Dessa forma, assegura-se a eficiência de absorção de nutrientes e de armazenamento de reservas (PIRES *et al.*, 2000).

O caule é um rizoma estolhoso, também chamado de coroa, com entrenós curtos, cilíndricos e torcidos, cujo das gemas terminais surgem as folhas compostas. Durante o desenvolvimento da planta, são formadas novas folhas, cujas das axilas se originam as gemas, que podem dar origem a novas coroas, denominadas de coroas secundárias. A planta também emite estolões, que são estruturas reprodutivas que devem ser podadas para que não haja redução na emissão de coroas secundárias, e, conseqüentemente, de novas folhas. (HOFFMANN; BERNARDI, 2006)

O florescimento e a frutificação do morangueiro caracterizam-se por uma série de processos fisiológicos, que são desencadeados em sequência. Os processos compreendem a indução, a iniciação, a diferenciação e a antese da flor (VERDIAL, 2004). Na prática, a indução e a diferenciação são referidas como iniciação do botão floral, enquanto a antese é o surgimento visível do botão (GUTTRIDGE, 1985).

A polinização ocorre de formas variadas, majoritariamente, cerca de 80% da polinização é efetuada por intermédio de insetos. Contudo, ainda há ocorrência do fenômeno pela ação da gravidade, vento e o próprio homem, que, involuntariamente, promove a autopolinização (MALAGODI; BRAGA, 2018).

O tempo entre a polinização e a maturação do fruto pode transcorrer entre 20 e 50 dias. A auxina produzida pelos embriões contidos em cada aquênio promove o desenvolvimento do receptáculo da inflorescência do morangueiro, formando o pseudofruto carnoso, denominado comumente de morango (RAVEN *et al.*, 2001).

O número de frutos por planta varia entre as cultivares. Em geral, aquelas insensíveis ao fotoperíodo produzem por um período maior do que as cultivares sensíveis. O tamanho e formato dos frutos variam por fatores genéticos, ambientais, nutricionais e fisiológicos. (RONQUE, 1998).

A coloração das folhas é um fator que permite inferir que existe diferença nos valores dos metabólitos secundários, como terpenos, compostos fenólicos e alcaloides. Alves *et al.* (2020), demonstrou que os teores de flavonoides em alface roxa e alface verde são significativamente diferentes. Da mesma forma Freitas *et al.* (2006), observou que vinhos que apresentam maior teor de compostos fenólicos, apresentam linearmente, maior intensidade de cor.

### **2.1.2 Panorama econômico**

Não há registros históricos precisos sobre a data de introdução do morangueiro no Brasil, todavia, os indícios levam a inferir que ocorreu na década de 1950, no estado de Minas Gerais. De lá para cá, houveram muitas mudanças e avanços nos sistemas de produção no Brasil. Os índices médios de produtividade praticamente quadruplicaram na década de 80, a partir da introdução de novas cultivares e tecnologias de produção, tornando-a altamente atrativa aos produtores (DE CASTRO, 2004).

De forma proporcional ao crescimento do consumo houve o aumento nas exigências quanto ao padrão de fruto produzido. Ao longo dos mais de 40 anos de produção do morango no Brasil, pesquisas tiveram a responsabilidade de desenvolver variedades mais resistentes a pragas e doenças, assim como, estudos sobre o período pós-colheita, como armazenamento e distribuição (MADAIL, 2016).

Esses avanços permitiram que essa cultura se difundisse no Brasil, dando a ela grande importância econômica e, conseqüentemente, gerando um aumento na competitividade mercadológica na cadeia produtiva. A principal forma de comercialização é frutas *in natura*, mas há também forte demanda pela fruta em processo de industrialização, na forma de polpa congelada, sorvetes, geleias, gelatinas, xaropes, chás, compotas, sucos, dentre inúmeros outros (MADAIL, 2016).

Conforme Antunes (2020), a comercialização de morangos está crescendo no mundo. Segundo o autor, de 2013 para 2017, houve um aumento de 17% no consumo, totalizando 9.223.815 toneladas de morango no mesmo ano. Entretanto, a área cultivada não cresceu na mesma intensidade, sendo que o crescimento foi de apenas 7,1% totalizando um total de 395.844 hectares cultivados no ano de 2017. Assim, torna-se evidente que as áreas estão conseguindo atingir maiores produtividades.

Segundo dados da FAO (2017), a América do Sul é responsável por produzir 167.334 toneladas de morango, em 7.725 hectares. O Brasil não está entre os maiores produtores, sendo responsável por produzir 3390 toneladas, numa área de 400 hectares (FAOSTAT, 2019). Contudo, os dados das principais empresas de Pesquisas Brasileiras, como Embrapa, Epagri-SC, Emater (DF, MG, RS, PR), apontam para números bem superiores, em torno de 4500 hectares com produção anual de 165.000 toneladas (ANTUNES, 2020).

No Brasil, em média, as propriedades que se dedicam ao cultivo do morangueiro têm área cultivada de 0,5 a 1,0 hectare. Entretanto, existem ainda propriedades pertencentes a grandes empresas, com áreas de cultivo superiores a 15 hectares (ANTUNES, 2020).

No que diz respeito ao preço pago pelo quilo do morango no Brasil, o valor varia de acordo com a época do ano e da região do país. Tomando como exemplo a safra de 2019, no estado de São Paulo o preço de R\$ 20,42 foi superior aos demais estados, seguido do Rio Grande do Sul (R\$ 12,43), Paraná (R\$ 8,74) e Minas Gerais (R\$ 6,78). No que diz respeito à época do ano, com exceção de São Paulo, onde o preço médio na entressafra (de janeiro a março) foi R\$ 5,69 superior ao período de maior produção (junho a dezembro), nos demais estados não ocorreu variação de preço médio entre estes dois períodos. No estado do Rio de Janeiro, no mês de Maio, o preço pago pelo Kg do morango chega ser superior aos R\$ 18,00 (ANTUNES, 2020).

### 2.1.3 Sistema de produção fora do solo de morango

O uso de técnicas de produção fora do solo tem registros datados de 1699, na Inglaterra. Entretanto, a sua utilização com fins comerciais surgiu a partir de 1929, por W. F. Gerick, a partir disso, a técnica de produção fora do solo se difundiu aliado ao uso da plasticultura, criando um sistema de cultivo em ambientes protegidos. (GAVILÁN, 2004).

Esse sistema apresenta diversas vantagens comparado ao cultivo em solo no morango, dentre elas, maiores e melhores produtividades, menor gasto com combustíveis e produção de mudas por estolões. Além dos ganhos econômicos, os riscos de contaminação ambiental por resíduos químicos e orgânicos são muito reduzidos (EMBRAPA, 2013).

Apesar de os custos de implantação serem elevados quando comparados a produção em solo, à medida que a tecnologia evolui, os custos vão diminuindo. A maior dificuldade é o domínio dessa tecnologia, sendo o controle da nutrição, no adequado manejo da fertirrigação, o fator mais importante que determina a produção (PAPASSEIT, 2006).

Os sistemas de cultivo fora do solo se dividem em três grupos: a) cultivo em substrato, principal forma adotada no Brasil; b) cultivo em água; c) cultivo aeropônico. Dentre os tipos de cultivo em substrato, se destaca o sistema semi-hidropônico, que consiste na produção de plantas em bancadas, no qual as plantas são estruturadas e nutridas em substrato (DURÁN *et al.*, 2000).

O substrato tem características distintas, sendo as principais: a) densidade; b) porosidade total; c) espaço de aeração; d) retenção de água a baixas tensões de pressão de sucção. A escolha do substrato vai depender das características da cultivar utilizada, do ambiente, do recipiente, do manejo e da forma de propagação do cultivo (DURÁN *et al.*, 2000).

As condições químicas mais importantes a serem controladas são o pH, teor total de sólidos solúveis (TTSS) e capacidade de troca de cátions (CTC). Dentre elas, o pH determina a acidez relativa da solução, sendo esse o critério químico de maior importância, os autores Penningsfeld e Kurzmann (1975) recomendam para cultura do morangueiro pH (KCl) entre 5 e 5,8. Ainda, o teor de TTSS ou salinidade, determina a capacidade de eletrocondutividade, onde em altas concentrações salinas o

crescimento vegetal é reduzido. Por isso, Penningsfeld (1983), determina que materiais com valor de TTSS até 1 g de sais por litro de substrato podem ser utilizados para a produção de qualquer espécie. Para Conover (1967), a lixiviação dos nutrientes reduz em condições de altos valores de CTC e aumentam a capacidade de tamponamento, prevenindo amplas variações no pH e a disponibilidade de nutrientes. O mesmo autor considera satisfatórios valores de CTC entre 10 meq e 30 meq por 100 g de matéria seca.

As formas de condução do sistema fora de solo podem ocorrer de diferentes formas: sistema solteiro (sacolas fixadas ao nível do solo, na horizontal, sob bancadas e na vertical) e em sistema de consórcio. Todos podem apresentar bons resultados desde que recebam manejos adequados, sendo que o principal deve ser a solução nutritiva. No Brasil o uso de sistemas fechados de irrigação, que recorrem a circulação da solução ainda é incipiente, entretanto muitos produtores têm adotado essa técnica, que para além da economia garantida pela possibilidade de reutilização dos nutrientes, o método aplica concomitantemente medidas de preservação ambiental (GIMENEZ, ANDRIOLO, GODOI, 2008; ANTUNES *et al.*, 2016).

Dentre os problemas dos cultivos fora de solo está a incidência de ácaros fitófagos que é favorecida. Isso ocorre, pois se estabelecem condições que favorecem o desenvolvimento como: temperaturas elevadas, baixa umidade, não molhamento pela chuva, além do não recebimento de luz direta (SIQUEIRA, 2011; DE CARVALHO, DE BARCELLOS, BUBANS, 2018).

Outro fator que deve ser considerado, é a persistência dos agrotóxicos, conforme Chivarria e Santos (2009), na viticultura, em cultivos protegidos os produtos aplicados podem apresentar um período residual diferenciado, geralmente maior que em cultivos convencionais, fato esse que é provável que ocorra na cultura do morangueiro.

## 2.2 SISTEMA DE PRODUÇÃO INTEGRADA

Durante as décadas de produção no Brasil foram sendo diferenciado os sistemas de produção, conforme Lima *et al.* (2011), dentre os principais o sistema convencional, o sistema de produção integrada e o sistema de produção orgânica. A

produção Orgânica tem como característica a não permissão quanto a utilização de qualquer tipo de agrotóxico no cultivo (EMBRAPA, 2021). Na produção convencional, as aplicações de agrotóxicos e fertilizantes químicos fazem parte do calendário da produção, não havendo certificações que restrinjam essas aplicações além dos intervalos de segurança de cada produto (BASTOS *et al.*, 2009). A produção Integrada conforme BRASIL (2021), tem a característica de oferecer alternativas ao sistema convencional de produção com o objetivo principal de racionalizar o uso de agrotóxicos, estimular o equilíbrio do ecossistema e manter a qualidade e a segurança dos produtos.

De acordo com Antunes *et al.* (2016), produção integrada é basicamente um sistema de produção que otimiza técnicas de plantio, manejo, colheita e pós-colheita, resultando em produtos de alta qualidade e segurança. O conceito de produção integrada surgiu na Itália na década de 70, inicialmente voltado para produção de frutas, a partir da necessidade de diminuição do uso de agrotóxicos no cultivo de maçã, uma vez que os produtos enfrentavam problemas de resistência (FORNAZIER, WAQUIL, 2011).

No Brasil, fazem mais de 15 anos que esse conceito vem sendo trabalhado. Ainda, há um programa coordenado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que visa garantir a alta qualidade e segurança em toda cadeia produtiva. Nesse programa, os procedimentos oferecerem garantias de eficácia na adoção das boas práticas agrícolas, com ganhos de sustentabilidade, de conservação ambiental, de governança da produtividade, da competitividade e na diminuição de riscos quanto à segurança do agricultor, dos trabalhadores, e especialmente à saúde do consumidor (BRASIL, 2017).

O processo de aderir a produção integrada é voluntária, no qual o produtor deverá cumprir todas as normas e regras previstas. Aos que estiverem enquadrados dentro das normas, é recebido um selo de qualidade chancelado pela Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro). Na cadeia produtiva do morango, foi criado especificamente uma instrução normativa (IN), no dia 1º de abril de 2008, denominada IN nº 14, complementada pela IN nº 24 em 2010, estabelecendo as Normas Técnicas Específicas para a Produção Integrada de Morango (NTE-PIMo) (BRASIL, 2018).

Para o processo e certificação,

A comprovação se dá por meio da prática de auditoria, conforme o seguinte procedimento: uma certificadora contratada pelo produtor ou grupo de produtores envia uma equipe especializada para levantar evidências objetivas do cumprimento dos requisitos das normas; em caso de adequação, o produtor poderá se beneficiar da utilização de um selo de identificação da conformidade. (ANTUNES et al., p. 338, 2016).

A produção Integrada está entre a produção Convencional e a Produção Orgânica, no qual a Produção Integrada de Morango (PIMo) tem objetivo de converter as produções convencionais em orgânicas. Nesse caminho, a produção integrada, permite o uso de agrotóxicos, desde que registrados para as culturas em questão e utilizados de forma disciplinada, como último recurso para o controle de pragas e doenças (ANTUNES *et al.*, 2016).

No sistema de produção integrada, é permitido o uso de pesticidas, mas com restrições àqueles com impacto ambiental indesejável e/ou com potencial de eliminação de organismos benéficos (FADINI, PALLINI, VENZON, 2004). Estas aplicações são ainda dificultadas pela cultura do morangueiro por essa receber colheitas diariamente, sendo assim só é possível a aplicação de acaricidas, com pequeno período de carência e com baixa toxicidade (FADINI, PALLINI, VENZON, 2004). Deste modo, recomenda-se a utilização de técnicas promissoras para reduzir os riscos de contaminação do meio ambiente e dos frutos, como o uso acaricidas seletivos, o uso de controle biológico com predadores, o uso de técnicas como a indução de respostas diretas e indiretas de plantas ao ataque ácaros (FADINI, PALLINI, VENZON, 2004).

### 2.3 ÁCAROS

Ácaros são pragas primárias na cultura do morangueiro. No processo de infestação, introduzem seu aparelho bucal, conhecido como estilete, no tecido vegetal e alimentam-se do conteúdo intracelular que extravasa do orifício. As folhas atacadas adquirem manchas difusas de coloração avermelhada no início e, posteriormente, secam e caem. Além das folhas, os ácaros podem atacar as frutas (quando ainda estão verdes. Em altas populações, reduzem a taxa fotossintética das plantas de morangueiro em virtude dos danos causados ao mesófilo foliar e do fechamento dos

estômatos (NAKANO *et al.*, 1992; FADINI *et al.*, 2004; MORAES, FLECHTMANN, 2008).

### 2.3.1 Ácaro-rajado – *Tetranychus urticae*

Os ácaros-rajados são facilmente reconhecidos pela presença de manchas escuras no dorso. Seu ciclo de vida é dividido em cinco fases: ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto. Preferencialmente se instalam na parte abaxial das folhas, são de difícil visualização a olho nu e tem a característica de tecer teias (figura 1).

A espécie apresenta dimorfismo sexual, onde as fêmeas têm corpo ovalado com tamanho médio de 0,46 mm de comprimento, já os machos são afilados, com comprimento médio de 0,25 mm de comprimento. Os ovos são de coloração amarelada, esféricos e de difícil visualização a olho nu. A fase jovem do ácaro é semelhante à fase adulta, diferindo apenas pelo tamanho. Apresenta três pares de pernas na fase de larva e quatro nas fases de ninfa e adulta (FLECHTMANN, 1985; ANTUNES *et al.* 2016).

Figura 1 - Ácaro-rajado e suas teias na folha do morangueiro (20x).



Fonte: Autor (2022)

#### 2.3.1.1 Monitoramento e Controle de Ácaro-rajado

O monitoramento de *T. urticae*, de acordo com Antunes *et al.* (2016), deve ser feito semanalmente, através de observação visual, utilizando lupa de 20 vezes. O

número de pontos amostrados vai variar conforme o tamanho da área, mas é indicado que seja avaliado uma folha por planta a cada 10 metros de linha de canteiro. Essa prática permite que sejam identificadas as populações de ácaro-rajado em estágios iniciais.

A principal forma de controle de *T. urticae* é através da aplicação de acaricidas sintéticos, dentre eles destacam-se o uso de alguns produtos recomendados por BRASIL (2022): Abamectina (ABADIN 72 EC), cujas aplicações sucessivas podem ser realizadas, desde que seja respeitado o período de carência de 3 dias. Produto de Classe II, muito perigosos ao meio ambiente e moderadamente tóxicos; Fenpiroximato (FUJIMITE 50 SC), necessita 5 dias de carência. Produto de classe II, muito perigoso ao meio ambiente e pouco tóxico. Deste modo, devido a carência destes produtos, as aplicações precisam ser realizadas de forma limitada.

A eficiência da Abamectina, principal produto utilizado na cultura do morangueiro, não dá garantia total do controle das populações, de acordo com Ramalho *et al.* (1986), em condições controladas, os resultados em diferentes dias após as aplicação ficaram próximos a 80 % de eficiência de controle. O controle químico deve ser realizado apenas quando o número de ácaro estiver acima do nível de dano proposto por Loeb e Hesler (2004), que varia de 5 ácaros por folha na maior parte ano, podendo chegar até 20 indivíduos em algumas determinadas épocas do ano.

Trabalhos indicam que o controle de Ácaro-rajado não deve ser realizado apenas com acaricidas, sendo recomendado a liberação de ácaro predadores nas áreas, ocasionando um controle biológico com espécies da família Phytoseiidae (*Phytoseiulus macropilis* Banks e *Neoseiulus californicus* McGregor) além da aplicação de produtos à base de nim (*Azadiractina indica* A. Juss.) (POLETTI, 2007; IWASSAKI *et al.* 2009; ANTUNES *et al.* 2016).

A liberação dos ácaros predadores deve ser direcionada aos focos iniciais de infestação, que podem ser observados por meio de monitoramento, o que permite reduzir a população da praga a níveis superiores a 90% uma semana após a liberação, entretanto não garante eficiência completa (WATANABE *et al.*, 1994; ANTUNES *et al.*, 2016). Em condições de altas infestações a espécie *P. macropilis* deve ser preferida, em condições que a população é menor a espécie *N. californicus* é indicada, sendo que esse último permanece por mais tempo no cultivo (POLETTI, 2007).

Associado a necessidade de encontrar soluções para atender as normas do sistema de certificação da produção integrada: que restringe a aplicação de agrotóxicos, em função do tempo de carência, que é um gargalo em sistemas de produção integrada, que realizam colheitas diariamente, a radiação UV-C se mostra como uma alternativa importante, realizando o controle de forma física, portanto, sem resíduo ambiental.

## 2.4 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

A radiação UV é um espectro de luz logo abaixo da faixa do espectro azul da luz visível, portanto, não visível ao olho humano. A radiação ultravioleta (RUV) é o comprimento de onda que cobre a faixa espectral de 100 a 400 nm (SANTOS, 2010). A comissão Internacional de Iluminação (CIE), subdivide o espectro UV, em função dos seus efeitos fotoquímicos e fotobiológicos, como: UV-A ( $315 < \lambda < 400$ ); UV-B ( $280 < \lambda < 315$ ); e UV-C ( $100 < \lambda < 280$ ) (SLINEY, 2007).

A forma de determinar o fluxo de radiação geralmente é representado pela irradiância, que é o quociente entre o fluxo unidirecional de radiação incidente, sobre um elemento de superfície contendo um ponto, e a área do elemento de superfície. A unidade de medida para quantificar irradiância é  $W/m^2$ , no qual integrando as irradiâncias medidas em um intervalo de tempo, obtém-se a dose ( $J/m^2$ ) (RODRIGUES, 2017).

### 2.4.1 Radiação UV-C

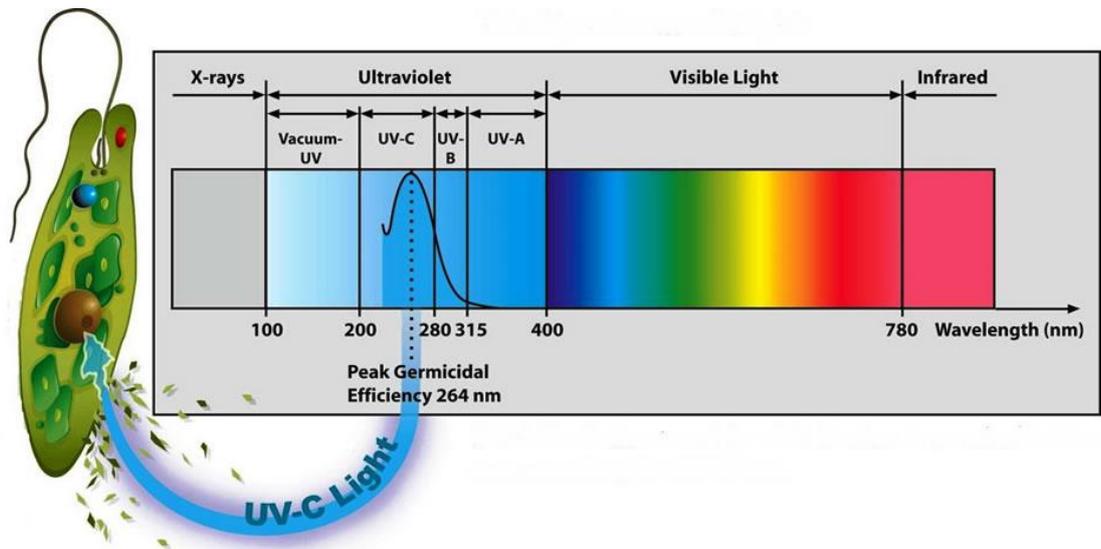
Possuindo espectro de comprimento de onda curta de 100-280 nm, a radiação UV-C é a mais distante da luz visível. Seus raios são absorvidos pela camada de ozônio e pelo oxigênio, dessa maneira, não chegam na superfície terrestre (SILVA, 2017). Pode ser reproduzida de maneira artificial através de lâmpadas de baixa pressão de mercúrio que emitem ondas de 254 nm (BINTSIS *et al.*, 2000).

Essa radiação apresenta ação germicida, sendo letal a fungos, bactérias, vírus, algas, protozoários e leveduras. Age sobre os microrganismos através de uma reação fotoquímica, da qual afeta o DNA, danificando-o e levando-o a morte, impedindo que

este se reproduza e gere a doença (GUERRERO-BELTRÁN; BARBOSA-CÁNOVAS, 2004).

Dessa forma, a luz UV-C pode reduzir drasticamente microrganismos no ar, superfícies, alimentos, água e em plantas. O mecanismo de ação dela na célula induz a formação de rupturas nas moléculas de DNA, impedindo a reprodução e a síntese proteica dos microrganismos, assim comprometendo o normal metabolismo dos microrganismos (BINTSIS *et al.*, 2000), conforma demonstrado na figura 2.

Figura 2-Espectro de radiação ultravioleta



Fonte: Auxtrat (2021)

Primeiramente o método foi utilizado no tratamento de água e posteriormente em sucos. Com os avanços nos estudos, seu uso foi aprovado *pelo Food And Drug Administration (FDA)* (GUEDES *et al.*, 2009). Posteriormente, vem sendo utilizada há muitos anos como um agente esterilizante em hospitais e na descontaminação de superfícies e embalagens e materiais na indústria alimentícia (CIVELLO *et al.*, 2006).

Mais recentemente, na área agrônômica o uso de lâmpadas UV-C tem se mostrado uma alternativa interessante ao uso de agrotóxicos em culturas de interesse comercial no controle de pragas, tais como ácaros e fungos (GUERRERO, BARBOSA, 2004; VALDEBENITO-SANHUEZA, NASCIMENTO, 2013). Conforme Short *et al.* (2018), plantas de morango tratadas por um minuto com UV-C não apresentaram lesão visual aparente causadas pelo ataque do ácaro *T. urticae*, ou pela própria incidência da radiação UV-C. Isso demonstra que além de ser eficiente no controle do ácaro, o tratamento não apresentou efeitos maléficos à planta.

#### 2.4.1.1 Radiação UV-C e seus efeitos nas plantas

Na planta, a radiação UV-C leva à acumulação de metabólitos especializados, que são classificados em compostos fenólicos, terpenos e compostos nitrogenados. Os metabólitos especializados tem interferência nas interações entre a planta e o ambiente, atuando como antioxidante, moléculas sinalizadoras, ou outros compostos protetores contra estresse biótico e abiótico. A síntese dos metabólitos tem relação com os mecanismos de defesa no reconhecimento de fitopatógenos, podendo ser induzido pela aplicação de pequenas doses de UV-C (NASCIMENTO, 2013).

A respeito dos compostos que sofrem influência da radiação UV-C, vale destacar os compostos fenólicos, que são metabólitos secundários. Estes, englobam um grande e diverso grupo de compostos aromáticos, a maioria produzidos e acumulados nas camadas subepidérmicas de tecidos, estando exposto ao ataque de patógenos ou a estresses abióticos (BHATTACHARYA, SOOD, CITOVSKY, 2010).

Dentro da classe dos compostos fenólicos, se destacam os flavonoides, que cumprem a função de proteção contra invasões microbianas na planta (HARBORNE, WILLIAMS, 2000). Tiecher *et al.* (2010) constataram que a aplicação de radiação UV-C em pêssegos, provocou o estímulo na produção de metabólitos secundários, ocasionando incremento no seu teor de compostos fenólicos e na capacidade antioxidante.

Conforme Araujo e Stadnik (2011), outros grupos de metabólitos secundários, como as enzimas peroxidases (PODs) e as  $\beta$ -1-3-glucanases (GLUs), atuam no sistema de defesa de organismos vegetais. A POD catalisa uma reação que produz lignina, que se associa a outros polissacarídeos e celulose formando uma barreira física na parede celular. As enzimas GLUs hidrolisam  $\beta$ -1-3-glucanas que é componente das paredes celulares de fungos e bactérias, constituindo assim formas de defesa das plantas aos ataques de patógenos.

De acordo com Xu *et al.* (2019), algumas condições naturais ou artificiais de luz excessiva, calor, seca, podem induzir as plantas a estabelecer uma condição fisiológica única, conhecida como resistência à doença induzida. Essa resistência faz com que a planta tenha uma resposta hipersensível no local a longo prazo, através da geração de sinalizadores e acumulação de hormônios de defesa, ácido salicílico e proteínas antimicrobianas.

A resistência induzida provoca também a ativação das respostas de defesa celular que são mediadas por Jasmonato e Etileno (SHORESH *et al.* 2010). Sendo assim, Xu *et al.* (2019) apresentam a hipótese de que a UV-C ativa as defesas vegetais contra os agentes patogênicos, envolvendo a integração de redes reguladoras bastante complexas, em vez da simples manutenção de um equilíbrio fisiológico normal.

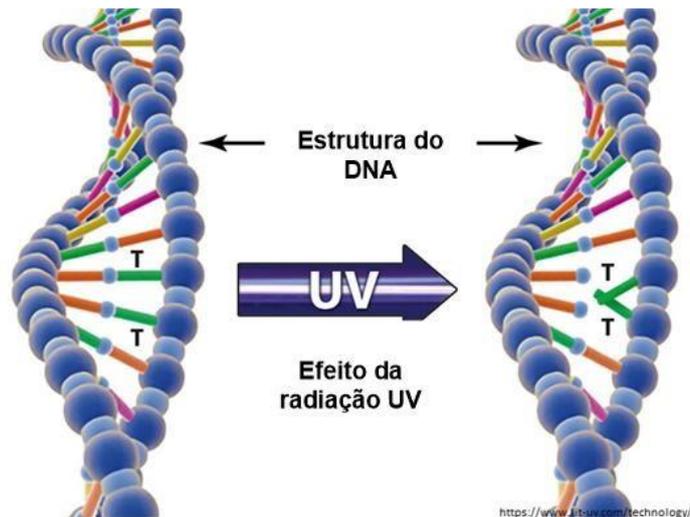
Sobre os possíveis efeitos fisiológicos que ocorrem as plantas, Takeda *et al.* (2019), confirmam que no tratamento de plantas de morango, com aplicações de duas vezes por semana, com UV-C, durante 60 segundos, à noite, seguida por um período escuro, não apresentou efeitos negativos sobre a taxa fotossintética das plantas, viabilidade do pólen, crescimento do tubo polínico, ou frutificação e desenvolvimento.

#### 2.4.1.2 Radiação UV-C no controle de ácaro-rajado

O DNA é um dos principais alvos dos danos induzidos pelos raios UV-C numa variedade de organismos. Gala *et al.* (2021) atribuem a eficiência da luz UV-C no controle de ácaro-rajado à capacidade de formação de dímeros no DNA, os dímeros de ciclobutano-pirimidina, prejudicando a ação da DNA-polimerase e, conseqüentemente, na síntese do DNA (MERCIER *et al.*, 2001; SINHA, HÄDER, 2002) (figura 3).

Os dímeros de ciclobutano pirimidina, formados na ligação entre duas pirimidinas adjacentes na mesma fita de DNA e pela reticulação de citosina e timina, são considerados os produtos mais importantes de dano ao DNA induzido pela radiação UV. Dentre os efeitos, causam a desnaturação local da hélice do DNA, comprometendo o reparo do DNA, além de inibir a replicação do DNA e a síntese de proteínas, danificam o RNA, levam à perda de atividades metabólicas essenciais e, conseqüentemente, causam a morte celular (ZAHA, FERREIRA, PASSAGLIA, 2014).

Figura 3 - Efeito da radiação UV sobre a fita de DNA.



Fonte: Bertão (2021)

Diversas pesquisas vêm sugerindo que, em diferentes organismos, espécies reativas de oxigênio (ERO), induzidas por radiação UV-C danificam importantes componentes intra e extracelulares, como lipídios, membranas lipídicas, ácidos nucléicos e proteínas. Ainda, os fótons emitidos por UV-C podem induzir processos oxidativos por meio de reações fotooxidativas, dependendo do número de fótons incidentes e absorvidos pelas moléculas, que varia de acordo com a estrutura destas últimas (JURKIEWICZ, BUETTNER, 1994; SHINDO *et al.*, 1994).

Estes danos induzidos por UV/ ERO possuem efeito letal para os ácaros devido ao seu pequeno tamanho, ou seja, sua área de superfície corporal por peso é grande. Portanto, a irradiação UV artificial pode revelar-se uma medida não química promissora para reduzir as populações do ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*), espécie distribuído em todo o mundo, que causa sérios danos a uma ampla variedade de culturas (VAN DE VRIE *et al.*, 1972).

Em concordância com o acima descrito, Suzuki *et al.* (2009), observaram em experimento com a mesma espécie que as aplicações de radiação UV-B (315 nm) e UV-C (254 nm) tiveram eficiência em promover mortalidade, escape e inibição da ovoposição em fêmeas não diapausas, tendo a radiação UV-C efeito mais forte, com doses de 6,2 kJ m<sup>2</sup>.

Ainda, Short *et al.* (2018), apontam que o uso de radiação UV-C pode reduzir as populações de *T. urticae* abaixo dos níveis prejudiciais (por exemplo, sem teia ou descoloração das folhas) sem o uso de pesticidas. Contudo, os autores apontam que as populações de *T. urticae* foram reduzidas em mais de 97% em experimentos com exposição de apenas um total de 0,34 kJ· m<sup>2</sup>.

A principal diferença entre as pesquisas desenvolvidas por Suzuki *et al.* (2009) e Short *et al.* (2018), além da curta duração de irradiação UV-C, foi que a exposição precedeu um período escuro. Este procedimento também se mostrou eficaz para o manejo do fungo oídio em morangos, o período de escuridão após os tratamentos é uma variável que contribui para o dano ao DNA dos fungos e reduz significativamente a ocorrência de doenças (JANISIEWICZ *et al.*, 2016).

Têm-se demonstrado que o estabelecimento de um período escuro após o tratamento UV-C pode melhorar a sua ação devido à deterioração na fotorreativação de reparo de DNA. Murata e Osakabe (2014), mostraram que a fotorreativação do dano ao DNA ocorre em todos os estágios de *T. urticae* após a exposição à radiação UV-B. A sobrevivência de *T. urticae* diminuiu significativamente quando as aplicações são seguidas de escuridão. Esse processo ocorre pela inativação das fotolases, enzimas que realizam a reparação por fotorreativação, é um processo dependente de luz (BEGGS, 2002).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 EXPERIMENTO A CAMPO

##### 3.1.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado na propriedade de produção comercial SCH Morangos, situado na linha São João Norte, no município de Cerro Largo, Rio Grande do Sul.

##### 3.1.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental escolhido foi o DIC (delineamento inteiramente casualizado), com 4 tratamentos, conforme a tabela 1:

Tabela 1: Tratamentos de radiação UV-C e suas respectivas doses aplicadas em morangueiros no município de Cerro Largo - RS, 2022.

<b>Tratamento</b>	<b>Total de irradiações</b>	<b>Radiação acumulada (KJ m<sup>2</sup>)</b>
T0	-	-
T1	7	1,925 KJ m <sup>2</sup>
T2	4	1,100 KJ m <sup>2</sup>
T3	3	0,825 KJ m <sup>2</sup>

Fonte: Autor (2022)

Foi considerado para avaliação dos parâmetros relativos a aplicação de luz UV-C, as doses na forma de kJ m<sup>2</sup>, tendo a energia acumulada ao longo da soma das aplicações como definidora da dose. Foi aplicado regressão com objetivo de avaliar o efeito cumulativo das doses aplicadas. Os tratamentos também poderiam ser interpretados como frequência de aplicação, através de comparação de médias, entretanto, mesmo compreendendo essa limitação, se optou pela interpretação como dose, a fim de encontrar o valor de máxima eficiência para uso em trabalhos posteriores.

Os tratamentos de radiação UV-C foram realizados à noite, de forma que garantiu no mínimo 4 horas de escuro, após a aplicação, conforme descrito por Janisiewicz *et al.* (2016), que indica que as fotolases, mecanismos de fotoreparação, são inibidas quando a radiação UV-C é realizada em condições de escuridão.

Cada unidade experimental contou com 3,5 metros de comprimento, e o tempo necessário para irradiar UV-C foi de aproximadamente 30 segundos. Cada unidade experimental contou com aproximadamente 8 plantas, destas, duas plantas centrais foram marcadas, sendo que ao final do experimento foram coletados 3 trifólios de cada, para avaliação da coloração e do número de ácaros. Cada planta dentro da unidade experimental recebeu em torno de 5 segundos de radiação. As aplicações foram realizadas durante uma semana, totalizando 7 dias de aplicações.

Para esse trabalho, a radiação aplicada, sendo o tratamento T0, considerado testemunha, onde não receberam irradiações de UV-C; enquanto T1, receberam um total de 7 irradiações de 0,275 kJ m<sup>2</sup>, equivalente à dose de 1,925 kJ m<sup>2</sup>; T2: um total de 4 irradiações de 0,275 kJ m<sup>2</sup>, equivalente a dose de 1,100 kJ m<sup>2</sup>; T3: um total de 3 irradiações de 0,275 kJ m<sup>2</sup>, equivalente a dose de 0,825 kJ m<sup>2</sup>.

Para cada tratamento foram realizadas 7 repetições, identificadas por "R", totalizando 28 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi composta por 3,5 metros lineares de plantas dispostas sequencialmente, conforme a figura 4. A estufa escolhida para realização do experimento possuía histórico de ataques de ácaro-rajado.

Figura 4– Distribuição dos tratamentos de doses de UV-C 254 nm em uma unidade de produção comercial no município de Cerro Largo - RS, 2022.

**Croqui Delineamento experimental TCC**

	T2R3	T1R1	T0R1	T2R2	T1R3	T3R2	
	T0R6	T3R1	T2R4	T0R2	T3R3	T2R6	
	T1R5	T0R5	T3R5	T2R5	T3R4	T1R2	
	T1R6	T3R6	T1R4	T0R4	T0R3	T3R7	
	T0R7	T1R7	T2R7	T2R1			

	BORDADURA
	T0
	T1
	T2
	T3
	CORREDORES

	CALENDÁRIO						
	DOMINGO	SEGUNDA-FEIRA	TERÇA-FEIRA	QUARTA-FEIRA	QUINTA-FEIRA	SEXTA-FEIRA	SÁBADO
1ª semana				T1, T2, T3	T1	T1, T2	T1, T3
2ª semana	T1, T2	T1,	T1, T2, T3				

Fonte: Autor (2022)

### 3.1.3 PLANTAS

As plantas utilizadas são cultivares de dia neutro, da cultivar Albion de procedência nacional. Na unidade produtiva os morangueiros foram cultivados em ambiente protegido (estufas de túnel alto), em sistema semi-hidropônico de bancada, dispostas em slabs, conforme exemplificado na figura 5. As plantas são regadas diariamente, por sistema de gotejamento, através de fitas gotejadoras, sistema este que também é responsável por realizar a ferti-irrigação, com solução nutritiva líquida concentrada da empresa Samo fertilizantes.

Figura 5 - Produção de morangos em bancada, sistema semi-hidropônico no município de Cerro Largo - RS, 2022.

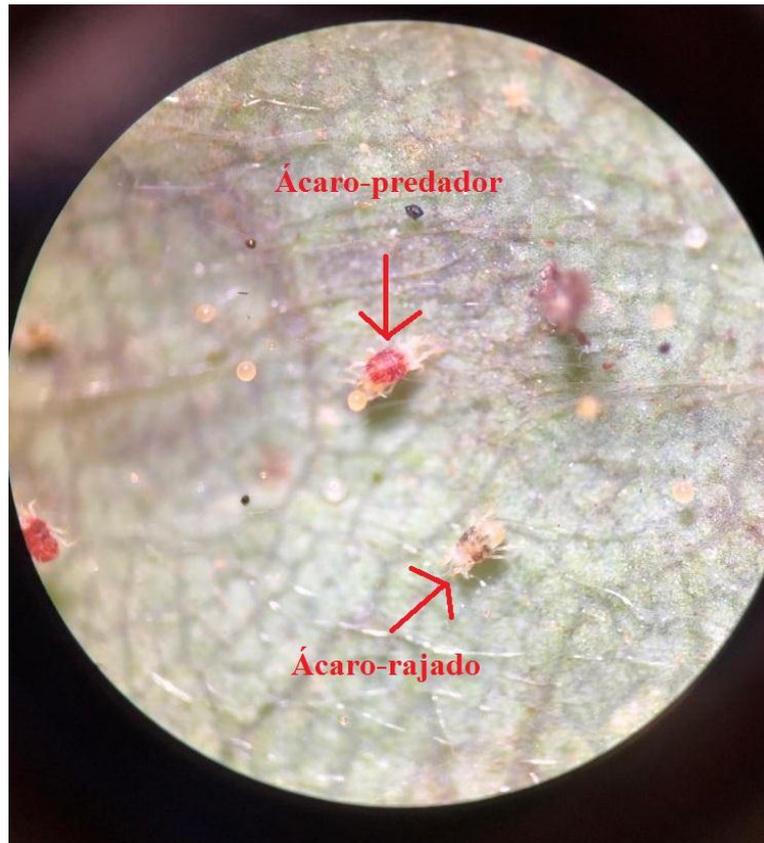


Fonte: Autor (2022)

### 3.1.4 *Tetranychus urticae*

Ataques desta praga são recorrentes na propriedade. Deste modo, regularmente as plantas são monitoradas na busca de populações de ácaros. O ácaro-rajado é um Artrópode com características bem marcantes, conforme a figura 6. Respeitando os prazos e normas do manejo de produção integrada, são feitas aplicações de acaricidas e liberações de ácaros-predadores. Na estufa onde ocorreram as aplicações de radiação UV-C, há pelo menos 35 dias não se realizava a aplicação de acaricidas e liberação de ácaros-predadores.

Figura 6 – Ácaro-rajado (*T. urticae*) e ácaro-predador (*P. macropilis*) em folha de morangueiro (aumento de 30x).



Fonte: Autor (2022)

### 3.1.5 EQUIPAMENTO UTILIZADO PARA IRRADIAÇÃO UV-C E APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS

Para desenvolvimento desse trabalho foi desenvolvido um protótipo de teste, com a pretensão de reproduzir as condições que um agricultor possa aplicar, tendo a aplicabilidade do processo como base. Deste modo foi desenvolvido um equipamento que a radiação possa ser aplicada manualmente pelo agricultor, realizando um caminhar lento ao lado da bancada de morangueiros.

O equipamento de aplicação de luz UV-C consiste em uma lâmpada UV de 55 watts (Osram HNS L, radiação 254nm, com 3.8 cm de largura e 53.3 de comprimento), acoplada a um cano PVC, cujo as laterais, revestiu-se de papelões com a parte interna recobertas com papel alumínio, a fim de refletir a radiação UV-C para as partes de baixo das plantas de morangueiro. Na parte superior do equipamento, fixou-se um cabo, para facilitar o processo de aplicação. Durante as aplicações, a lâmpada foi

posicionada há aproximadamente 15 cm de distância da parte superior dos morangueiros (figura 7).

Figura 7 – Equipamento utilizado para aplicação de radiação UV-C em experimento realizado no município de Cerro Largo - RS, 2022.



Fonte: Autor (2022)

### 3.1.6 AVALIAÇÕES E COLETAS DE DADOS

As avaliações dos tratamentos foram realizadas em laboratório no dia posterior as aplicações. As folhas analisadas foram coletadas na mesma noite, 1 hora após o final da última aplicação, ao final do experimento. Foram coletados 3 trifólios de 2 plantas diferentes, anterior e posterior a uma planta da região central da unidade experimental, escolhida e marcada ao início das aplicações.

Desta forma, totalizou-se 6 trifólios por unidade experimental e 42 por tratamento. Os trifólios que foram retirados, eram de folhas totalmente expandidas e pertenciam aos estratos superior, médio e inferior, estes não haviam recebido marcação alguma, foram escolhidos aleatoriamente no momento da coleta. As folhas assim que removidas, foram armazenadas imediatamente em sacos do tipo zip-lock, a fim de manter as condições de umidade, conforme a figura 8.

Figura 8 – Zip locks com as folhas coletadas a campo em experimento realizado no município de Cerro Largo – RS, 2022.



Fonte: Autor (2022)

#### 3.1.6.1 População de Ácaros

A avaliação baseou-se em quantificar as populações de ácaros presentes nos trifólios. Os trifólios foram avaliados individualmente, através de lupa de bancada, por meio de escovação leve das folhas com um pincel de cerdas suaves, sobre uma superfície, conforme a figura 9. Os ácaros dos 6 trifólios por unidade experimental, foram contabilizados juntos.

Figura 9 – Escovação dos ácaros e contagem através de lupa de bancada, realizado no laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo – RS, 2022.



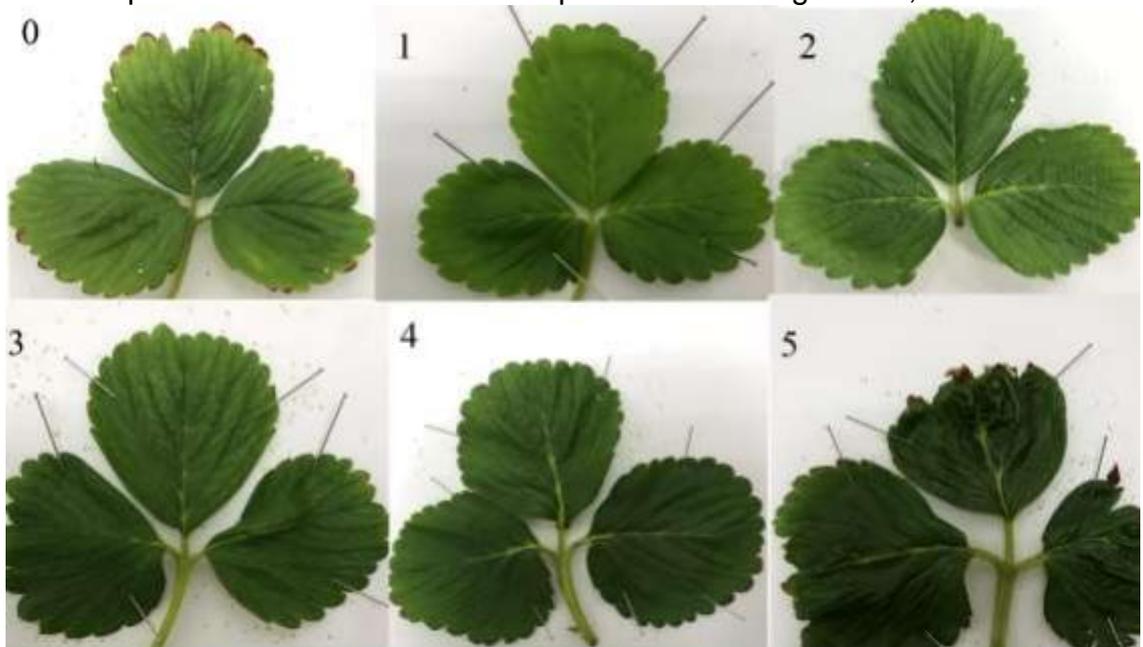
Fonte: Autor (2022)

### 3.1.6.2 Coloração

Para avaliação da coloração foram definidas duas plantas por unidade experimental ao início do experimento. Após todas as aplicações de radiação UV-C, foram retirados 3 trifólios de cada planta, totalizando 6 trifólios por repetição. Os trifólios foram retirados dos extrato superior, médio e inferior. Foram escolhidos de forma aleatória no momento da coleta. Após a coleta foram acondicionados em sacos zip-lock. No dia seguinte a coleta, em laboratório, os trifólios foram fotografados, em condições de luminosidade igual.

A partir das fotos dos trifólios, em avaliação de dois participantes independentes, a coloração média foi estabelecida de acordo com a metodologia adaptada por Santiago, (2021) que atribui notas de 0 a 5 (0= folhas cor coloração verde clara e 5 = para folhas verdes mais escuras) (figura 10).

Figura 10 - Notas atribuídas as diferentes colorações dos trifólios, da mais clara para mais escura, em função da dose de aplicação de UV-C em morangueiro, coletados em experimento realizado no município de Cerro Largo – RS, 2022



Fonte: Autor (2022)

### 3.1.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

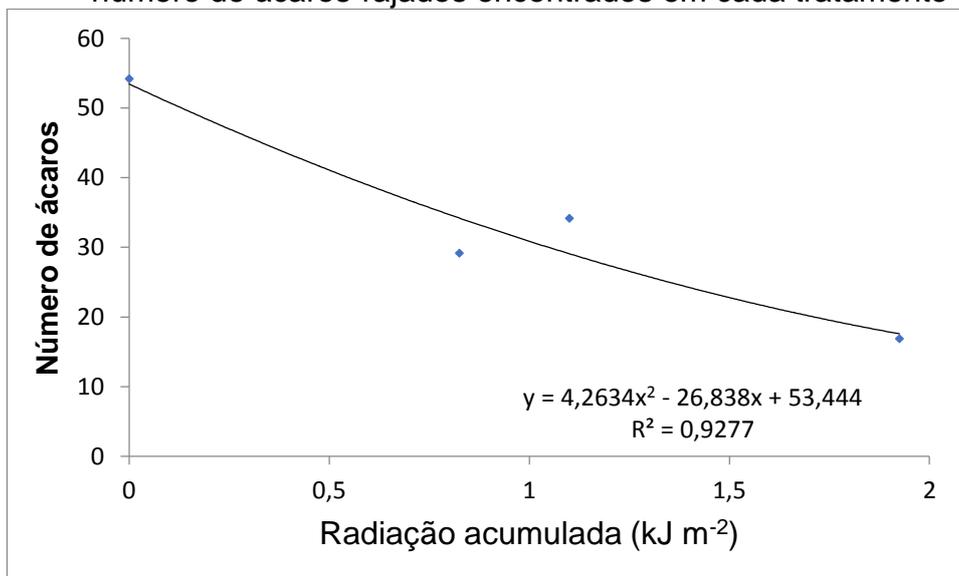
Os dados estatísticos de coloração, assim como os de população de ácaro, foram gerados a partir do software AgroEstat (MALDONADO, 2022). Os gráficos de regressão linear foram gerados com auxílio do software Excel. As variáveis de dose são consideradas independentes, a variável dita dependente ou resposta, foi considerada o comportamento da coloração ou a morte dos ácaros.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 UTILIZAÇÃO DE LUZ ARTIFICIAL UV-C NO CONTROLE DE ÁCARO-RAJADO EM PRODUÇÃO COMERCIAL

A partir da análise dos resultados obtidos da aplicação de luz UV-C (254 nm) no controle do ácaro rajado em produção comercial de morangos, foi possível observar a partir da regressão, que houve diferença entre os tratamentos, havendo uma relação linear entre a dose acumulada e o número de ácaros presentes nos tratamentos (figura 11).

Figura 11: Regressão polinomial das doses de radiação acumulada em relação ao número de ácaros-rajados encontrados em cada tratamento



Fonte: Autor (2022)

O número de ácaros foi reduzido de acordo com o aumento da dose, sendo que a dose mais alta, 1,925 kJ m<sup>2</sup> reduziu 68,9% o número de ácaros em relação a testemunha, que não recebeu radiação. A equação apresentada na figura 11, permite estimar a dose com máxima eficiência: 3,1 kJ m<sup>2</sup>, equivalente a 11,27 aplicações de 0,275 kJ m<sup>2</sup>, proporcional à 11,2174 ácaros (0,623 ácaros por folíolo), tendo o R<sup>2</sup> como eficiência de 92,77%, entretanto esse valor é apenas uma estimativa, pois os testes realizados a campo, somente avaliaram até a dose máxima acumulada de 1,925 kJ m<sup>2</sup>.

Os resultados do experimento a campo estão em concordância com os resultados encontrados por Short *et al.* (2018), que em aplicações de 60 segundos

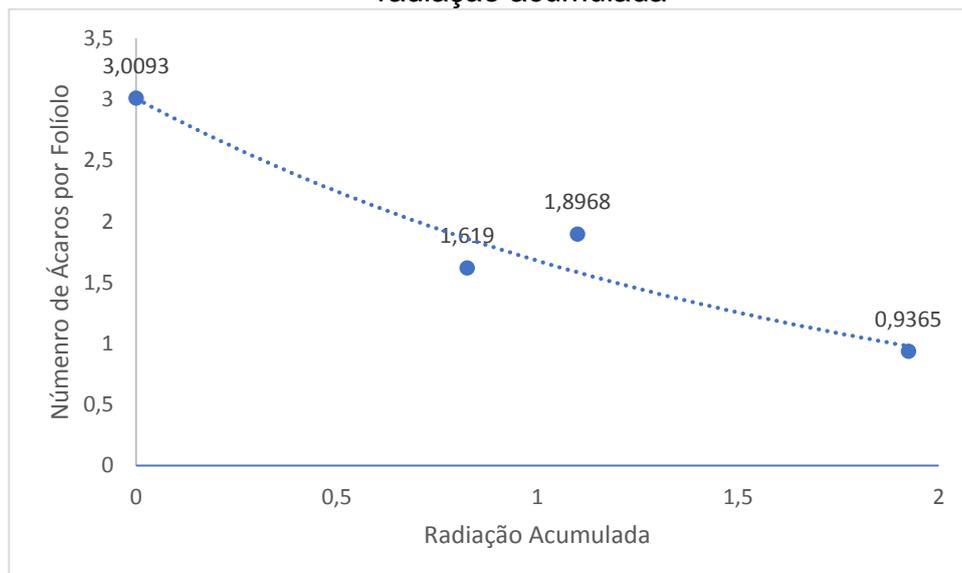
reduziu em 97% o número de ácaros-rajado nas plantas de morangueiro, obtidos em ambiente controlado, em que aplicações foram realizada diariamente.

Os dados apresentados por Suzuki *et al.* (2009), apresentaram eficiência de mortalidade de ácaros abaixo do resultado apresentado nessa pesquisa, sendo que o máximo de eficiência encontrada foi de 27,69% na dose de 0,6 W m<sup>2</sup> para fêmeas não diapausas.

Gala *et al.* (2021), em aplicação de um minuto e radiação de 248 nm apresentou eficácia de 100% de controle na eclodibilidade dos ovos. Anteriormente, Suzuki *et al.* (2009), comprovaram que a radiação UV-C 254 nm, se mostra eficiente na diminuição da eclodibilidade dos ovos de *T.urticae*. Deste modo, é possível que a aplicação diária de radiação UV-C, tenha tido efeito de mortalidade dos ovos, além dos indivíduos adultos.

Os dados, quando analisados, em relação ao número de ácaros por folíolos, apresentaram todos os tratamentos abaixo do nível de dano econômico de 5 ácaros por folíolo, proposto por Iwassaki *et al.* (2008), conforme a figura 12. De todo modo, os dados são positivos, pois a maior dose de radiação provocou uma significativa diminuição do número de ácaros por folíolo, em torno de 2/3, garantindo assim que as populações permaneçam abaixo do nível de dano econômico, permanecendo mais distante da necessidade de aplicações de agroquímicos.

Figura 12 - Regressão polinomial do número de ácaros por folíolos em relação a radiação acumulada



Fonte: Autor (2022)

Dessa forma, os resultados apontaram que nessa pesquisa, mesmo a testemunha se manteve abaixo do nível de dano econômico. Uma resposta que

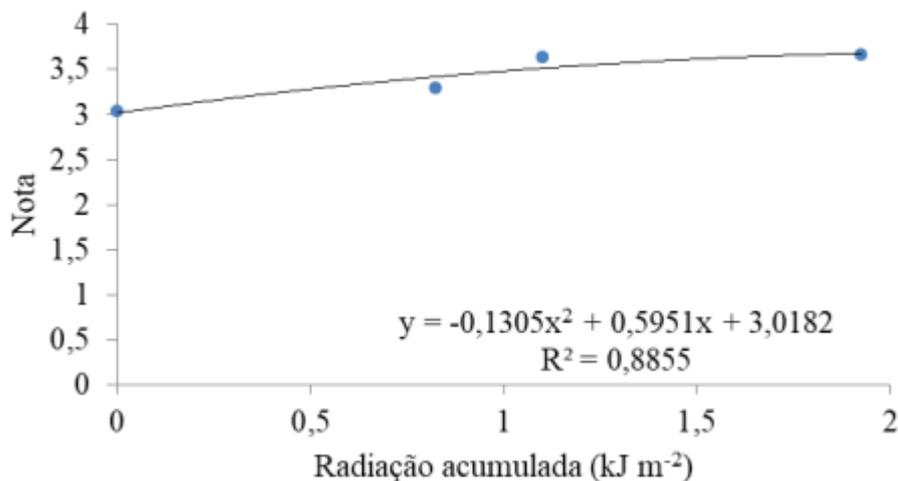
poderia explicar a baixa incidência de ácaros na área, é o fato de essa praga ocorrer geralmente em reboleiras (DE MOURA, 2015). Apesar dos tratamentos terem sido dispostos de forma aleatória, pode ter havido alguma interferência esse fato. Sendo assim, esse trabalho não pode afirmar se apenas aplicações diárias de radiação UV-C, na dose aplicada, são capazes de manter as populações de Ácaro-rajado sob controle, sendo necessárias pesquisas posteriores com diferentes doses, bem como períodos de experimentos maiores. Ainda, o uso da radiação UV-C pode ser usado de forma associada a outros manejos de controle, como a liberação de ácaros-predadores, tomando o cuidado de realizar as liberações de ácaros predadores após as aplicações de radiação UV-C, ou ainda, realizando aplicação de forma direcionada a áreas com maiores infestações, também, a utilização de tecnologias que influenciem a chegada da radiação na parte abaxial das folhas.

Todavia, este resultado é promissor, visto que foi usado apenas uma lâmpada no processo de aplicação, fato esse, que limitou a incidência de radiação. Outro fator que pode ter limitado a eficiência da aplicação, é o fato de o ácaro-rajado ter preferência por permanecer nos estratos inferiores da planta (SHORT *et al.*, 2018). Logo, a tendência é que a eficiência de controle de *T. urticae* deve aumentar, na medida que o equipamento utilizado consiga agregar mais lâmpadas, fazendo assim com que a radiação instantânea seja maior, bem como garantir que a incidência da radiação seja uniforme em todos os estratos da planta, conseqüentemente, garantindo maior eficiência. Essas modificações podem gerar benefícios, tanto na velocidade de aplicação, que possivelmente poderia ser aplicado mais rapidamente, quanto na eficiência de controle, pois ao irradiar uma dose mais elevada, o efeito de controle também seria ampliado.

#### 4.2 EFEITO DA RADIAÇÃO UV-C SOBRE A COLORAÇÃO

Os resultados dos efeitos da radiação UV-C sobre a coloração, obtidos através das médias das notas atribuídas aos trifólios, submetidas a teste estatísticos estão apresentados na figura 13.

Figura 13- Regressão polinomial das notas atribuídas em relação à radiação acumulada de cada tratamento.



Fonte: Autor (2022)

Ao analisar os resultados, percebe-se que a tendência da regressão é tornar a cor verde das folhas, mais escuras, conforme o maior acúmulo de radiação aplicada. Houve crescimento significativo das notas atribuídas conforme o acúmulo de radiação dos tratamentos, que são expressos pelo coeficiente de determinação:  $R^2 = 0,8855$ . O aumento da intensidade da cor verde ocorreu de acordo com a radiação acumulada, podendo ser observado pela diferença entre o T0 (que não recebeu radiação) e T1 que recebeu dose acumulada de  $1,925 \text{ kJ m}^2$ . Desta forma, infere-se que uma maior dose proporciona resultados de aumento da coloração das folhas.

Embora não seja possível afirmar com exatidão o motivo dos tons de verde mais escuros das folhas que receberam irradiações de UV-C, torna-se factível supor que tenha sido em função da indução da síntese de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), hidróxido (OH), óxido nítrico (NO) e outras espécies reativas de oxigênio (ROS). Estes compostos atuam como reguladores e precursores de metabólitos secundários, fazendo com que as células acionem mecanismos de proteção (ERKAN, *et al.*, 2008; KUMARI, SINGH, AGRAWAL, 2010; SEVERO, *et al.* 2011).

De acordo com Wink (2003), experimentos evidenciam o fato de que muitos metabólitos secundários presentes nas plantas -como os terpenos, alcaloides, glicosídeos cianogênicos, saponinas, taninos, antraquinonas- são aleloquímicos que evoluíram a fim de proteger as plantas contra vírus, bactérias e fungos. Portanto a utilização de tecnologias que favorecem o aumento desses compostos, pode ser um grande aliado à agricultura sustentável.

Conforme Xu *et al.* (2019), plantas irradiadas com UV-C apresentaram acúmulo mais rápido de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, esse fato gerou um efeito de detecção e defesa mais rápido em condições de inoculação de *Mycosphaerella fragariae*. Ainda pelos mesmos autores, os teores de ácido jasmônico (AJ) e ácido salascílico (AS) e também tiveram valores maiores quando comparados à testemunha. Segundo Shigenaga e Argheso (2016), AJ e AS possuem papel importante na imunidade, afetando as interações entre patógenos e plantas, estimulando mecanismos de defesa das folhas de morango.

Também, a radiação UV-C gera uma série de eventos transcricionais, bem como, a síntese de moléculas mensageiras de defesa (XU *et al.*, 2019). Fato comprovado também por Vasquez *et al.* (2017) na cultura da alface e Bonomelli *et al.* (2004) em videira, que também apontam que a irradiação de UV-C estimula genes relacionados a defesa.

Em trabalho apresentado por Silva *et al.* (2021), mostra-se que folhas de eucalipto, com coloração mais esverdeada, apresentam maiores teores de clorofila e proteínas. Este é mais um indicativo do acúmulo de compostos bioquímicos relacionados a defesa das plantas em folhas de maior coloração.

Estes dados caminham de encontro aos apresentados por Leite *et al.* (2012), onde matrizes de morangueiros irradiadas durante o estolonamento tiveram estímulo e acúmulo de compostos fitoquímicos nos frutos das plantas-filhas. Assim, mostra-se que há respostas sistêmica no acúmulo de compostos fenólicos aos indivíduos submetidos a radiação UV-C.

Portanto, esses resultados indicam que a aplicação de radiação UV-C em morangueiros, leva as folhas a apresentarem acúmulo dos precursores de metabólitos secundários (ERKAN *et al.*, 2008; SEVERO *et al.*, 2011; LEITE *et al.*, 2012; VASQUEZ *et al.*, 2017; XU *et al.*, 2019). Fato esse, que permite inferir que ao causar coloração mais escura, faz com que a planta apresente efeitos benéficos, como maior resistência a patógenos.

Nesse trabalho não foi observado nenhum dos possíveis efeitos negativos sobre os trifólios de morangueiro, como queimaduras e queda dos trifólios, que pode ser associado ao excesso de radiação, ou aplicação inadequada. Santiago (2021), apresentou efeito visual de necrose e queda dos tecidos em morangueiros nas doses de 120 e 150 segundos, proporcional a 6,6 kJ m<sup>2</sup> e 8,25 kJm<sup>2</sup>, respectivamente.

Em relação ao tratamento T1, resultados semelhantes foram encontrados por Xu *et al.* (2019). Os autores demonstram que aplicações diárias de radiação UV-C

tiveram um incremento significativo nos teores fenólicos totais, quando comparados ao controle. Nesse sentido, o tratamento T1 apresentou efeitos mais promissores, tanto no que diz respeito ao controle do ácaro-rajado quanto por apresentar a coloração mais escura, fato relacionado a um maior efeito imunológico sistêmico, no controle de doenças.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante os dados apresentados, é possível afirmar que houve efeito significativo da radiação UV-C 254 nm no controle de *T. urticae*, sendo que a maior dose testada: 1,925 kJ m<sup>2</sup> foi a que apresentou resultado com maior eficiência. O efeito de redução, pode estar associado tanto ao dano direto à indivíduos adultos, quanto redução da eclodibilidade dos ovos.

Os dados apresentados indicam que a radiação UV-C tem efeito significativo na alteração da coloração das folhas. Deste modo, os tratamentos que receberam a maior dose, na escala de notas visuais, apresentaram coloração com tons de verde mais escuro, resultado que pode ser associado ao aumento nos teores dos precursores dos metabólitos secundários, responsáveis por ativar os mecanismos de defesa das plantas. Não foram encontrados efeitos adversos de queimaduras das folhas nas doses avaliadas.

Sugere-se que em trabalhos subsequentes, sejam realizadas pesquisas que acompanhem o efeito da radiação UV-C, desde a implantação das mudas de morangueiro, pois após a instalação do ácaro-rajado, torna-se mais dificultada a entrada de radiação a todos os pontos da planta. Ainda, modificações no equipamento de aplicação, podem tornar o processo mais eficiente, aumentando assim a capacidade de penetração da radiação ao máximo de pontos distintos da planta, pois o ácaro tem preferência por permanecer no lado abaxial das folhas, bem como na coroa. Algumas formas que podem potencializar a eficiência, são o uso de estruturas que favoreçam mais a reflexão, que o papel alumínio (cuja eficiência de reflexão da radiação UV-C também deve ser avaliada) e principalmente a incorporação de mais lâmpadas, garantindo maior incidência de radiação direta.

## REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**. Relatório de atividades 2017-2018. Disponível em: [http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/0/Relat%C3%B3rio+PARA+2013-2015\\_VERS%C3%83O-FINAL.pdf/494cd7c5-5408-4e6a-b0e5-5098cbf759f8](http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/0/Relat%C3%B3rio+PARA+2013-2015_VERS%C3%83O-FINAL.pdf/494cd7c5-5408-4e6a-b0e5-5098cbf759f8). Acesso em 25 de out 2021.
- ALVES, V. A. C. **Análises bioquímica e genética dos teores de flavonoides e atividade antioxidante em alface**. 2020. 74 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2020. DOI <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.259>.
- AMARO, M. C. C. **A cadeia produtiva agroindustrial do morango nos municípios de Pelotas, Turuçu e São Lourenço**. 2002. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/3690>. Acesso em: 20 out. 2021.
- ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S.; REISSER JÚNIOR, C. Morango: crescimento constante em área e produção. Embrapa Clima Temperado- **Campo & Negócio**, p. 88-92, 2020. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1122535/1/Anuario-HF-2020-LEC-Antunes.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2021.
- ANTUNES, L. E. C.; JUNIOR, C. R.; SCHWENGBER, J. E. **Morangueiro**. Embrapa Clima Temperado-Livro técnico (INFOTECA-E), 2016. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1092843>. Acesso em: 12 nov 2021.
- ANTUNES, L. E. C.; JUNIOR, C. R. Caracterização da produção de morangos no Brasil. Bologna - **Rivista di Frutticoltura e Ortofloricoltura**, v. 69, p. 60-65, 2007. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Morango\\_situa%25E7%25E3o\\_Import%25E2ncia\\_000fn2g4bkj02wyiv8065610dpqk1par.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Morango_situa%25E7%25E3o_Import%25E2ncia_000fn2g4bkj02wyiv8065610dpqk1par.pdf). Acesso em 30 out. 2021.
- ARAUJO, L; STADNIK, M. J. Processo infeccioso e atividade de enzimas em plântulas de macieira de genótipo resistente ou suscetível à mancha foliar de *Glomerella* causada por *Colletotrichum gloeosporioides*. **Tropical Plant Phantology**, Brasilia, v. 36, n. 4, p. 241-248, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tpp/a/WpbhCZD4mpr4LGyfcy4tdTz/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 13 out. 2021.
- BARBOSA, A. de O. **Uso da radiação ultravioleta como técnica avançada de tratamento de água**. 2016. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016. Disponível em: [http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/copy\\_of\\_2016.1/uso-da-radiacao-ultravioleta-como-tecnica-avancada-de-tratamento-de-agua.pdf](http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/copy_of_2016.1/uso-da-radiacao-ultravioleta-como-tecnica-avancada-de-tratamento-de-agua.pdf). Acesso em: 12 out. 2021.
- BASTOS, D. C. et al. Impacto de diferentes sistemas de produção de manga sobre a produção da cultivar Tommy atkins. **Embrapa Semiárido-Anais**. CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2010, Natal. Frutas: saúde, inovação e responsabilidade: anais. Natal: SBF, 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/869844/1/Juliana2.pdf>. Acesso: 18 de Jun 2021.

- BEGGS, C. B. A quantitative method for evaluating the photoreactivation of ultraviolet damaged microorganisms. **Photochemical & Photobiological Sciences**, v. 1, n. 6, p. 431-437, 2002. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1039/b202801h.pdf>. Acesso em: 18 Jun. 2021.
- BERTÃO, A. S. P. **Condições abióticas e efeitos da degradação de DNA ambiental**. Divulgação científica. 2021. Disponível em: <https://gia.org.br/portal/condicoes-abioticas-e-efeitos-na-degradacao-de-dna-ambiental/> Acesso em: 13 de Nov. 2021.
- BHATTACHARYA, A.; SOOD, P.; CITOVSKY, V. The roles of plant phenolics in defence and communication during *Agrobacterium* and *Rhizobium* infection. **Molecular plant pathology**, v. 11, n. 5, p. 705-719, 2010. Disponível em: <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1364-3703.2010.00625.x>. Acesso em: 13 Ago. 2021
- BINTSIS, T.; LITOPOULOU-TZANETAKI, E.; ROBINSON, R. 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. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/%28SICI%291097-0010%2820000501%2980%3A6%3C637%3A%3AAID-JSFA603%3E3.0.CO%3B2-1>. Acesso em: 13 Ago. 2021
- BONOMELLI, A. *et al.* Response of grapevine defenses to UV—C exposure. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 55, n. 1, p. 51-59, 2004.
- BRASIL, **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/producao-integrada/o-que-e-pi> acesso em 28/07/2021 Acesso em: 23 Jul. 2021
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, **Agrofit consulta aberta**. 2022. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons) Acesso: 23 de Mar 2022
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/producao-integrada> Acesso em: 20 Jun 2021.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº14, de 1º de abril de 2008. Normas técnicas específicas para a produção integrada de morango. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1º abr. 2008. Seção 1, p. 3-5.
- CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P. Manejo de videiras sob cultivo protegido. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1917-1924, 2009.
- CHIAVEGATO, L. G.; MISCHAN, M. M. Efeito do acaro *Tetranychus* (T.) *urticae* (Koch, 1836) Boudreaux & Dosse, 1963 (Acari, Tetranychidae) na produção do morangueiro (*Fragaria* spp.) cv.'Campinas'. **Científica**, 1981. Disponível em: <https://anais.seb.org.br/index.php/aseb/article/download/239/238/>. Acesso em: 13 Ago. 2021.
- CIVELLO, P.; VICENTE, A.; MARTÍNEZ, G. UV-C technology to control postharvest diseases of fruits and vegetables. In: TRANCOSO-ROJAS, R.; TIZNADO-HERNÁNDES, M. E.; GONZÁLEZ-LEÓN, A. (Eds.). Recent advances in alternative postharvest technologies to control fungal diseases in fruits & vegetables. Kerala, Índia: **Transworld Research Network**, p. 1 – 32, 2006. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/260106914\\_UV-](https://www.researchgate.net/publication/260106914_UV-)

- C\_technology\_to\_control\_postharvest\_diseases\_of\_fruits\_and\_vegetables Acesso em: 13 de ago. 2021.
- CONOVER, C. A. Soil amendments for pot and field grown flowers. **Florida Flower Grower**, v. 4, n. 4, p. 1-4, 1967.
- DARROW, G. M. *et al.* The strawberry. History, breeding and physiology. **The strawberry. History, breeding and physiology**. 1966. 447 p. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19681601719>. Acesso em: 10 Ago 2021.
- DE CARVALHO, N. L.; DE BARCELLOS, A. L.; BUBANS, V. E. Ácaros fitófagos em plantas cultivadas e os fatores que interferem em sua dinâmica populacional. **Revista Técnico Científica do IFSC**, v. 2, n. 7, p. 04-17, 2018.
- DE CASTRO, R. L. Melhoramento genético do morangueiro: avanços no Brasil. **2º Simpósio Nacional do Morango 1º Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas**, p. 22, 2004.
- DE MOURA, A. P. Manejo do Ácaro-rajado e de Tripes em Morangueiro no Distrito Federal. **Embrapa Hortaliças-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2015.
- DIEL, M. I. **Fenologia Produção e Qualidade de Morangueiros de diferentes origens cultivados em substrato orgânico**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen. Programa de Pós Graduação em Agronomia – Agricultura e Ambiente. RS, 2016. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/12176/DIS\\_PPGAGRONOMIA\\_2016\\_DIEL\\_MARIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/12176/DIS_PPGAGRONOMIA_2016_DIEL_MARIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 30 Ago. 2021.
- DURÁN, J. M.; MARTÍNEZ, E.; NAVAS, L. M. Los cultivos sin suelo: de la hidroponía a la aeroponía (I): análisis de las ventajas e inconvenientes de la utilización de los distintos sistemas. **Vida Rural**, v. 7, n. 101, p. 40-43, 2000.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias permitem produzir morango fora do solo**. 2013 Disponível em: [https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1501652/tecnologias-permitem-produzir-morango-fora-do-solo#:~:text=adequados%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o\),%22A%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20mudas%20fora%20de%20solo%20permite%20o%20total,o%20pesquisador%20Lu%C3%ADs%20Eduardo%20Antunes](https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1501652/tecnologias-permitem-produzir-morango-fora-do-solo#:~:text=adequados%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o),%22A%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20mudas%20fora%20de%20solo%20permite%20o%20total,o%20pesquisador%20Lu%C3%ADs%20Eduardo%20Antunes). Acesso em: 15 de Jun 2021.
- ERKAN, M.; WANG, S. Y.; WANG, C. 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.
- FADINI, M. A. M.; PALLINI, A.; VENZON, M. Controle de ácaros em sistema de produção integrada de morango. **Ciência Rural**, v. 34, p. 1271-1277, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/D79mbVZJbyRdbTSxZV5pNpD/?lang=pt>. Acesso em: 12 Set. 2021.
- FAO. **Faostat 2017**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/> Acesso em: 13 de Out. 2021.
- FAO. **Faostat 2019**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/> Acesso em: 13 de Out. 2021.
- FLECHTMANN, C. H. W. **Ácaros de importância agrícola**. 3. ed. São Paulo: Nobel, 1979. 193 p.
- FORNAZIER, A. P.; WAQUIL, D. A produção integrada de frutas como um mecanismo de menor impacto ao meio ambiente. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 341-365, jan./abr. 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/86672/1/a-producao-integrada-de-frutas-como-um-mecanismo.pdf>. Acesso em: 13 Set. 2021.

- FREITAS, D. M. *et al.* **Variação dos compostos fenólicos e de cor dos vinhos de uvas (*Vitis vinífera*) tintas em diferentes ambientes.** 2006. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.
- GALA, J. *et al.* Acaricidal efficacy of ultraviolet-C irradiation of *Tetranychus urticae* adults and eggs using a pulsed krypton fluoride excimer laser. **Parasites & vectors**, v. 14, n. 1, p. 1-8, 2021. Disponível em: <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-021-05085-7>. Acesso em: 15 Jan. 2022.
- GAVILÁN, M. U. Bases y sistemas de los cultivos sin suelo. In: GAVILÁN, M. U. (Coord.). **Tratado de cultivo sin suelo**. 3. ed. Madri: Mundi-Prensa, 2004. p. 3-47.
- GUEDES, A. M. M. *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, B. J. A; BARBOSA, C. G. V; Review: Advantages and Limitations on Processing Foods by UV Light. **Food Science and Technology International**, v. 10, n 3, p. 137-147. 2004. Disponível em: [https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1082013204044359?casa\\_token=Ad9jhwyVlscAAAAA%3AvALTqGiOp6wMyF92AVCJzPfF55bfHgVazuOzEV\\_CTh0JgaxiBwFbf1EHauAmKSo34uQqwSjNNywnIlo4&](https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1082013204044359?casa_token=Ad9jhwyVlscAAAAA%3AvALTqGiOp6wMyF92AVCJzPfF55bfHgVazuOzEV_CTh0JgaxiBwFbf1EHauAmKSo34uQqwSjNNywnIlo4&). Acesso em: 18 Out. 2021.
- GUERRERO-BELTRÁN, J.A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Advantages and limitations on processing foods by UV light. **Food Science and Technology International**, New York, v. 3, n.10, p.137-147, 2004.
- GUTTRIDGE, C. G. *Fragaria x ananassa*. In: HALEY, A. H. (Ed.). CRC handbook of flowering. **Boca Raton**: CRC Press, 1985. v. 3, p. 16-33
- HARBORNE, Jeffrey B.; WILLIAMS, Christine A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, v. 55, n. 6, p. 481-504, 2000.
- HENZ, G. P. Desafios enfrentados por agricultores familiares na produção de morango no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 260-265, 2010.
- HOFFMANN, A.; BERNARDI, J. Produção de Morango no Sistema Semi-Hidroponico. Embrapa Uva e Vinho. **Sistemas de Produção**, 15 ISSN 1678-8761 Versão Eletrônica. Dez./2006
- IWASSAKI, L. A. *et al.* Estratégias de controle do ácaro rajado (*Tetranychus urticae* Koch): comparação entre sistemas de produção convencional e produção integrada de morango (PIMO). In: **Embrapa Meio Ambiente-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 11.; SEMINÁRIO SOBRE SISTEMA AGROPECUÁRIO DE PRODUÇÃO INTEGRADA, 3., 2009, Petrolina. Produção integrada: base de sustentabilidade para a agropecuária brasileira. Petrolina: Embrapa Semi-Árido: Valexport, 2009. 1 CD-ROM., 2009.
- JANISIEWICZ, W. J. *et al.* Dark period following UV-C treatment enhances killing of *Botrytis cinerea* conidia and controls gray mold of strawberries. **Phytopathology**, v. 106, n. 4, p. 386-394, 2016. doi:10.1094/phyto-09-15-0240-r
- JANISIEWICZ, W. J. *et al.* Use of low-dose UV-C irradiation to control powdery mildew caused by *Podosphaera aphanis* on strawberry plants. **Canadian journal of plant pathology**, v. 38, n. 4, p. 430-439, 2016.
- JURKIEWICZ, B. A; BUETTNER, G. R. Ultraviolet light-induced free radical formation in skin: An electron paramagnetic resonance study. - Photochem. **Photobiol.** 59: p. 1 – 4. 1994.

- KUMARI, R.; SINGH, S.; 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.
- LAH, E. F. C.; MUSA, R. N. A. R.; MING, H. T. Effect of germicidal UV-C light (254 nm) on eggs and adult of house dustmites, *Dermatophagoides pteronyssinus* and *Dermatophagoides farinae* (Astigmata: Pyroglyphidae). **Asian Pacific journal of tropical biomedicine**, v. 2, n. 9, p. 679-683, 2012.
- LEITE, T. B. *et al.* Alterações nos teores de ácido ascórbico, antocianinas e carotenoides em morangos produzidos a partir de mudas de matrizes radiadas com uv-c. In: **Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 14., 2012, Pelotas. Anais... Pelotas: UFPel, 2012. 1 CD-ROM., 2012.
- LIMA, M. A. *et al.* Qualidade do morango cultivado sob diferentes sistemas de produção. In: **Embrapa Meio Ambiente-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO IBÉRICO DE AGRO-ENGENHARIA, 6., 2011, Évora, Portugal. Comunicações Finais... Évora: Universidade de Évora, 2011.1 CD ROM., 2011.
- LOEB, G. E.; HESLER, S. Economic impact of the two-spotted spider mites (*Tetranychus urticae*) on strawberries grown as a perennial. **New York State Horticultural Society**, v. 12, n. 4, p. 17-20. Disponível em: < <https://nyshs.org/wp-content/uploads/2016/10/Economic-Impact-of-the-Two-Spotted-Spider-Mites-Tetranychus-Urticas-on-Strawberries-Grown-as-a-Perennial.pdf>> Acesso em: 20 de Mar. 2022.
- MADAIL, J. C. M. Panorama Econômico. In: ANTUNES, L. E.; REISSER JR., C.; SCHWENGBER, J. E. **Morangueiro**, Brasília, 2016 (1), 590p
- MADAIL, J. C. M.; BELARMINO, L. C.; BINI, D. A. Avaliação de impactos econômicos, sociais e ambientais de sistema de produção de morango orgânico em Pelotas, RS. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, **Comunicado técnico** 262. 2010.
- MALAGODI-BRAGA K. S. A polinização como fator de produção na cultura do morango. Embrapa. **Comunicado técnico** 56. Jaguariúna, SP Maio, 2018
- MALDONADO Jr, W. **AgroEstat Online**. Disponível em: <<http://www.agroestat.com.br>>. Acesso em: 21 fev. 2022.
- MERCIER, J. *et al.* Shortwave ultraviolet irradiation for control of decay caused by *Botrytis cinerea* in bell pepper: induced resistance and germicidal effects. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 126, n. 1, p. 128-133, 2001.
- MORAES, G. J.; FLECHTMANN, H. W. Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. **Manual de Acarologia**, 2008.
- MURATA, Y.; OSAKABE, M. Factors affecting photoreactivation in UVB-irradiated herbivorous spider mite (*Tetranychus urticae*). **Experimental and Applied Acarology**, v. 63, n. 2, p. 253-265, 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10493-014-9773-3> Acesso em: 26 de Janeiro de 2022.
- MURATA, Y.; OSAKABE, M. Factors affecting photoreactivation in UVB-irradiated herbivorous spider mite (*Tetranychus urticae*). **Experimental and Applied Acarology**, v. 63, n. 2, p. 253-265, 2014.
- NAKANO, O.; PARRA, J.R.P.; MARCHINI, L.C. Pragas das hortaliças e ornamentais. In: FEALQ. Curso de Entomologia aplicada a agricultura. Piracicaba: **FEALQ**, 1992. p.441-476.
- OLIVEIRA, A. C. B. de; BONOW, S. Novos desafios para o melhoramento genético da cultura do morangueiro no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.33, n, 268, p.21-26, maio/jun, 2012.

- PAPASSEIT, P. Oportunidades del cultivo sin suelo para las fresas de Huelva. **Revista Horticultura**, v. 193, p. 30-35, 2006.
- PENNINGSFELD, F. Kultursubstrate für den Gartenbau, besonders in Deutschland: ein kritischer Überblick. **Plant and Soil**, v. 75, p. 269-281, 1983.
- PENNINGSFELD, F.; KURZMANN, P. **Cultivos hidroponicos y en turba**. Madrid: Mundi-Prensa, 1975. 310 p.
- PIRES, R. C. *et al.* Profundidade efetiva do sistema radicular do morangueiro sob diferentes coberturas do solo e níveis de água. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 793-799, 2000.
- POLETTI, M. **Integração das estratégias de controle químico e biológico para a conservação e liberação dos ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) em programas de manejo do ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)**. 2007. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Piracicaba.
- QUINATO, É. E.; DEGÁSPARI, C. H.; VILELA, R. M. Aspectos nutricionais e funcionais do morango. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v.8, n.1, Jan. – Jun./2007 – ISSN: 1518-5192
- RAMALHO, Francisco S.; JESUS, FMM de; NETO, J. Mendes. Avaliação de acaricidas para o controle do ácaro rajado (*Tetranychus urticae* Koch, 1836) do algodoeiro. **An. Soc. Entomol. Bras**, v. 15, p. 247-255, 1986.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 654 p.
- RODRIGUES, J. C. **Características da Radiação Ultravioleta Solar e seus efeitos na saúde humana nas cidades de La Paz – Bolívia e Natal – Brasil**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Natal – RN. 2017. 174p.
- RONQUE, E. R. V. **Cultura do morangueiro: revisão prática**. Curitiba: EMATER IPR, 1998. 206 p.
- SANTIAGO, E. S. G. **Radiação da luz uv-c para o controle de manchas foliares na cultura do morangueiro**. Monografia (Graduação) – Universidade Federal da Fronteira Sul. Graduação em Agronomia. Cerro Largo – RS. 2021. 57p.
- SANTOS, A. M. dos. Melhoramento genético do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 24-29, 1999.
- SANTOS, J. C. **Radiação ultravioleta: estudo dos índices de radiação conhecimento e prática de prevenção a exposição na região Ilhéus/Itabuna-Bahia / João Correia dos Santos**. – Ilhéus, BA: UESC, 2010
- SEVERO, J. *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.
- SHIGENAGA, A. M.; ARGUESO, C. T. No hormone to rule them all: Interactions of plant hormones during the responses of plants to pathogens. In: **Seminars in Cell & Developmental Biology**. Academic Press, 2016. p. 174-189.
- SHINDO, Y. *et al.* Dose-response effects of acute ultraviolet irradiation on antioxidants and molecular markers of oxidation in murine epidermis and dermis. **Journal of Investigative Dermatology**, v. 102, n. 4, p. 470-475, 1994.
- Disponível em:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022202X94967938> Acesso em: 13 de Nov. 2021.

- SHORT, B. D. *et al.* UV-C irradiation as a management tool for *Tetranychus urticae* on strawberries. **Pest management science**, v. 74, n. 11, p. 2419-2423, 2018.
- SILVA, A. G. *et al.* Relação entre características fisiológicas, bioquímicas e de coloração das folhas no crescimento inicial de clones de *Eucalyptus* sp. **Ciência Florestal**, v. 31, p. 569-589, 2021.
- SILVA, C. W. **Radiação ultravioleta: inserção de física moderna no ensino médio por meio de efeitos biológicos da radiação UV**. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Departamento de Física, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017. 77p.
- SINHA, R. P. HÄDER, D-P. UV-induced DNA damage and repair: a review. **Institut für Botanik und Pharmazeutische Biologie**, Friedrich-Alexander-Universität, Staudtstr. 5, D-91058 Erlangen, Alemanha. 2002.
- SIQUEIRA, F. **Biologia e flutuação populacional de Mononychellus Planki (Mc Gregor)(Acari: Tetranychidae) em cultivares de soja Glycine Max (L.) Merr. e impacto do imidacloprido em aspectos biológicos do adulto**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) Universidade Federal do Paraná) – Departamento de Entomologia. 2011.
- SLINEY, D.H. Radiometric Quantities and Units Used in Photobiology and Photochemistry: Recommendations of the Commission Internationale de l'Eclairage (International Commission on Illumination); **American Society of Photobiology**, 83: 425-432, 2007.
- SUN, J. *et al.* Effect of nighttime UV-C irradiation of strawberry plants on phenolic content of fruit: Targeted and non-targeted metabolomic analysis. **Journal of Berry Research**, v. 10, n. 3, p. 365-380, 2020.
- SUZUKI, T. *et al.* UV tolerance in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. **Journal of Insect Physiology**, v. 55, n. 7, p. 649-654, 2009.
- TAKEDA, F. *et al.* A new approach for strawberry disease control. **European Journal of Horticultural Science**, v. 84, n. 1, p. 3-13, 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Fumiomi-Takeda/publication/331171959\\_A\\_new\\_approach\\_for\\_strawberry\\_disease\\_control/links/5d2cd429a6fdcc2462e2f8b5/A-new-approach-for-strawberry-disease-control.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fumiomi-Takeda/publication/331171959_A_new_approach_for_strawberry_disease_control/links/5d2cd429a6fdcc2462e2f8b5/A-new-approach-for-strawberry-disease-control.pdf) Acesso em: 13 de Jan. 2022.
- TAZZO, I. F. *et al.* Exigência térmica de duas Seleções e quatro cultivares de morangueiro cultivado no Planalto Catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 550–558, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-097/14>
- TIECHER A. *et al.* Efeito da Radiação Ultravioleta-C no controle de *Monilinia fructicola*. **Braslian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 1, p. 50-55, 2010.
- VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M.; NASCIMENTO, F. V.; BENDER, R. J. UV-C Effect and Alternative Treatments for Postharvest Control of Brown Rot in Peaches. In: **II International Symposium on Discovery and Development of Innovative Strategies for Postharvest Disease Management 1053**. 2013. p. 265-272.
- VAN DE VRIE, M. *et al.* Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: a review: III. Biology, ecology, and pest status, and host-plant relations of tetranychids. **Hilgardia**, v. 41, n. 13, p. 343-432, 1972. Disponível em: <https://hilgardia.ucanr.edu/Abstract/?a=hilg.v41n13p343> Acesso em: 13 de Jan. 2022.
- VAN DELM, T. *et al.* Control of powdery mildew by UV-C treatments in commercial strawberry production. In: **VII International Strawberry Symposium 1049**. 2012. p. 679-684.

- VAN HEMELRIJCK, W. *et al.* UV-c radiation as an alternative tool to control powdery mildew on apple and strawberry. In: **Proceedings of the ecofruit congress, 14th international conference on organic fruit-growing**. 2010. p. 22-24.
- VÀSQUEZ, H. *et al.* Hormetic doses of UV-C light decrease the susceptibility of tomato plants to *Botrytis cinerea* infection. **Journal of Phytopathology**, v. 168, n. 9, p. 524-532, 2020.
- VEGA, Katherine *et al.* UV-C radiation for control of gray mold disease in postharvest cut roses. **Journal of Plant Protection Research**, p. 351-361-351-361, 2020.
- VERDIAL, M. F. **Frigoconservação e vernalização de mudas de morangueiro (*Fragaria X ananassa* Duch.) produzidas em sistema de vasos suspensos**. 2004. 71 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- WATANABE, M. A. *et al.* Controle biológico do ácaro rajado com ácaros predadores fitoseídeos (Acari: *Tetranychidae*, *Phytoseiidae*) em culturas de pepino e morango. **Scientia Agricola**, v. 51, p. 75-81, 1994.
- WINK, M. Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. **Phytochemistry**, v. 64, n. 1, p. 3-19, 2003.
- XU, Y. *et al.* Ultraviolet-C priming of strawberry leaves against subsequent *Mycosphaerella fragariae* infection involves the action of reactive oxygen species, plant hormones, and terpenes. **Plant, cell & environment**, v. 42, n. 3, p. 815-831, 2019.
- ZAHA, A.; FERREIRA, H. B.; PASSAGLIA, L. M. P. **Biologia Molecular Básica-5**. Artmed Editora, 2014.