



**CAMILA GARCIA DE FREITAS**

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E NUTRICIONAL DE  
*Sonchus oleraceus* L. EM DIFERENTES TIPOS DE  
CULTIVOS E COLHEITA**

**LAVRAS - MG**

**2022**

**CAMILA GARCIA DE FREITAS**

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E NUTRICIONAL DE *Sonchus oleraceus* L. EM  
DIFERENTES TIPOS DE CULTIVOS E COLHEITA**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Plantas Medicinais, Aromáticas e  
Condimentares, área de concentração  
Manejo e Cultivo para a obtenção do  
título de Mestre.

Orientador(a): Dr.<sup>a</sup> Luciane Vilela Resende

Coorientador: Dr.<sup>o</sup>. Wanderley José Mantovani Bittencourt

**LAVRAS – MG**

**2022**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

De Freitas, Camila Garcia.

Atividade Antioxidante e Nutricional de *Sonchus oleraceus* L.  
em Diferentes Tipos de Cultivos e Colheita / Camila Garcia de  
Freitas. - 2022.

60 p.

Orientador(a): Luciane Vilela Resende.

Coorientador(a): Wanderley José Mantovani Bittencourt.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. PANCs. 2. Sistemas de cultivo. 3. Épocas de colheita. I.  
Resende, Luciane Vilela. II. Bittencourt, Wanderley José  
Mantovani. III. Título.

**CAMILA GARCIA DE FREITAS**

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E NUTRICIONAL DE *Sonchus oleraceus* L. EM  
DIFERENTES TIPOS DE CULTIVOS E COLHEITA**

**ANTIOXIDANT AND NUTRITIONAL ACTIVITY OF *Sonchus oleraceus* L. IN  
DIFFERENT TYPES OF CROPS AND HARVEST**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Plantas Medicinais, Aromáticas e  
Condimentares, área de concentração  
Manejo e Cultivo para a obtenção do  
título de Mestre.

Aprovada em 11 de fevereiro de 2022

Prof Dr.<sup>a</sup> Luciane Vilela Resende UFLA

Prof Dr.<sup>o</sup>. Wanderley José Mantovani Bittencourt UNILAVRAS

Prof Dr.<sup>o</sup>. Fernando Ferrari Put UNESP

Prof Dr.<sup>a</sup> Ariana Mota Pereira UFLA

Orientador(a): Dr.<sup>a</sup> Luciane Vilela Resende

Coorientador: Dr.<sup>o</sup>. Wanderley José Mantovani Bittencourt

**LAVRAS – MG**

**2022**

Aos meus pais e irmãos.  
Ao meu amado avô Bianor Garcia (*in memoriam*).  
Dedico.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, que em sua sabedoria me proporcionou a oportunidade de realizar esse sonho, me guiando e me protegendo ao longo desta caminhada. Aos meus pais Cosmo de Freitas e Idenildes Garcia; meus irmãos: Luciano e Matheus Garcia; minha cunhada: Ana Paula e todos os meus familiares, avós, primos, tios, que foram minha base e sempre acreditaram em minha capacidade e me apoiaram durante todo o percurso do mestrado. Ao casal de amigos que Deus colocou em minha vida e que se tornaram minha família em Lavras: Lissa e Jandeilson. Não tenho palavras para agradecer como vocês foram importantes para o desenvolvimento da minha dissertação e principalmente para meu acolhimento em Lavras. À amiga e parceira Bruna Cristina, primeira pessoa que me acolheu em Lavras e me apoiou nos momentos mais difíceis dessa caminhada, sempre cuidando e preocupando-se comigo. Ao amigo Paulo Cássio, pela amizade e parceria que teve e têm comigo. Você foi essencial nesses dias vividos aqui. Aos amigos da minha turma de graduação: Brenda Chavante, Laise Oliveira, Marta Gonçalves e Josimar Vasconcelos, por me apoiarem e me motivarem mesmo distantes. Vocês são essenciais para mim. As pessoas com quem morei nesses dois anos em Lavras: Elizabeth, Cidinha, Ana Maria. Vocês me fizeram sentir que essa cidade virou meu lar. Aos colegas da Pós-Graduação, que de alguma forma me ajudaram na conclusão na minha caminhada pelo mestrado: Janina, Bruna, Vytoria, Marlon e Bárbara. Ao setor de olericultura da UFPA, pelo local de desenvolvimento do trabalho e aos técnicos: Stéfany Martins, Waldeci e Luiz do Carmo. Muito obrigada por tudo! Aos laboratórios de cultura de tecidos, Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças e laboratório solo planta, pelo espaço e equipamentos concedidos e pelo auxílio nas análises em especial aos prof. Joyce, Prof. Sergio, os técnicos Filipe, Celso, Wantuil, Mariene e Lívia. Aos meus orientadores, prof.<sup>a</sup> Luciane Vilela e Wanderley Bittencourt, pela orientação que me foi passada. A todos que de alguma forma participaram e auxiliaram na realização das atividades, pelo auxílio e disponibilidade constante: Paula Aparecida, Marcelo Avelar, Ana Beatriz. À Universidade Federal de Lavras, o Departamento de Agricultura e ao Programa de Pós-Graduação em plantas medicinais, aromáticas e condimentares, por me proporcionarem uma educação pública de qualidade, que me permitiu aprimorar meus conhecimentos e realizar o curso de Mestrado. A todos que, de certa forma, me ajudaram direta ou indiretamente. Meus sinceros agradecimentos, pois ninguém vence sozinho. Com vocês,

divido a alegria desta experiência! O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

*“Em seu coração o homem planeja o seu caminho, mas o Senhor determina  
os seus passos”  
(Provérbios 16:9)*



## RESUMO

*Sonchus oleraceus* L., conhecida popularmente como serralha é uma espécie pertencente à família Asteraceae, amplamente utilizada como planta medicinal e alimentícia, rica em nutrientes e compostos antioxidantes. Apesar de toda sua versatilidade, cultivos comerciais de serralha são raros em função da falta de conhecimento sobre seu cultivo e os efeitos dos mesmos na composição química da espécie. Deste modo, objetivou-se com este trabalho estudar as propriedades nutricionais e bioativas em função do cultivo e ponto de colheita da serralha. O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados, com arranjo de parcelas subdivididas, com cinco repetições. A parcela foi formada pelo sistema de cultivo (orgânico e convencional) e a subparcela pela época de colheita (colheita 1 e colheita 2). As variáveis analisadas foram: massa seca, composição de nutrientes minerais, Acidez Titulável Total (ATT), pH, Sólidos Solúveis Totais (SST) e Razão SST/ATT (Ratio), Clorofila *a* e *b*, carotenoides totais, Peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), Peroxidação lipídica (MDA), Superóxido dismutase (SOD), Catalase (CAT) e Ascorbato peroxidase (APX). O cultivo orgânico obteve melhor rendimento de massa seca e não apresentou grandes diferença nutricional do convencional, porém teve maiores conteúdos de P, Ca e Mo. O cultivo convencional e a colheita 2 apresentou maiores valores nas características físico-química (PH, SST, ATT). Não houve diferença significativa entre os tratamentos para a atividade das enzimas SOD, CAT e APX.

**Palavras chaves:** PANCs; Sistemas de cultivo; Épocas de colheita; Enzimas antioxidantes; Características físico-químicas.

## ABSTRACT

*Sonchus oleraceus* L., popularly known as serralha is a species belonging to the family Asteraceae, widely used as a medicinal and food plant, rich in nutrients and antioxidant compounds. Despite all their versatility, commercial sawdust crops are rare due to the lack of knowledge about their cultivation and their effects on the chemical composition of this species. Thus, the objective of this study was to study the nutritional and bioactive properties according to the point of cultivation and harvesting of sawdust. The experiment was installed in a randomized block, with subdivided plots, with five repetitions. The parcel was formed by the system of cultivation (organic and conventional) and the subparcela by the harvest (harvest 1 and harvest 2). The variables analyzed were: dry mass, composition of mineral nutrients, Total Titrated Acidity (ATT), pH, Total Soluble Solids (SST) and SST/ATT ratio (Ratio), Chlorophyll *a* and *b*, total carotenoids, Hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), Lipid peroxidation (MDA), Superoxide dismutase (SOD)Catalase (CAT) and Ascorbate peroxidase (APX). The organic culture obtained better yield in dry mass and did not present great nutritional difference of the conventional one, however it presented higher content of P, Ca and Mo. The conventional culture showed higher values in physical and chemical characteristics. There was no significant difference between the treatments for the activity of the enzymes SOD, CAT and APX.

**Key words:** PANCs, Cultivar systems; Harvest season; Antioxidant enzymes; Physiochemical characteristics.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- <i>Sonchus oleraceus</i> L. em campo. (A) Planta jovem. (B) Planta em fase reprodutiva.....	19
Figura 2- Valores de temperatura (Temp., °C) máxima, mínima e a média diária no eixo primário e umidade relativa (UR, %) no eixo secundário, durante o período de cultivo (do transplântio à última colheita). .....	28
Figura 3- Conteúdo de pigmentos ( $\mu\text{g g}^{-1}$ MF). (Clorofila a (Chl a); Clorofila b (Chl b); Carotenoides totais (Car) de serralha em dois ambientes de cultivo (orgânico e convencional) e dois tempos de colheita (colheita 1 e 2).....	37
Figura 4 - Análise de componentes principais (PCA) dos minerais em % e do conteúdo de pigmentos ( $\mu\text{g g}^{-1}$ MF). (Clorofila a (Chl a); Clorofila b (Chl b); Carotenoides totais (Car) e antocianinas, que apresentaram mais correlação positiva ( $p < 0,05$ ).....	42
Figura 5 - Análise de componentes principais (PCA), das variáveis de SOD ( $\text{U SOD min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ MF), CAT ( $\text{nmol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ MF), APX ( $\text{nmol ASA/gMF/min}$ ), $\text{H}_2\text{O}_2$ ( $\text{mmol H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1}$ MF), MDA ( $\eta\text{mol MDA g}^{-1}$ MF), de pH, SST ( $\text{g.g}^{-1}$ ), ATT ( $\text{g.g}^{-1}$ ), RATIO (SST/ATT que apresentaram mais correlação positiva ( $p < 0,05$ ) de serralha em dois ambientes de cultivo (orgânico e convencional) e dois tempos de colheita (colheita 1 e 2).....	43
Figura 6- Correlação para taxa de assimilação SOD ( $\text{U SOD min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ MF), CAT ( $\text{nmol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ MF), APX ( $\text{nmol ASA/gMF/min}$ ), $\text{H}_2\text{O}_2$ ( $\text{mmol H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1}$ MF), MDA ( $\eta\text{mol MDA g}^{-1}$ MF), pH, SST ( $\text{g.g}^{-1}$ ), ATT ( $\text{g.g}^{-1}$ ), RATIO (SST/ATT), Conteúdo de pigmentos ( $\mu\text{g g}^{-1}$ MF): (Clorofila a (Chl a); Clorofila b (Chl b); Carotenoides totais (Car), Antocianinas (ANT) e Massa Seca (MS) para o cultivo orgânico e convencional. ....	44
Figura 7- Correlação para taxa de assimilação SOD ( $\text{U SOD min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ MF), CAT ( $\text{nmol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ MF), APX ( $\text{nmol ASA/gMF/min}$ ), $\text{H}_2\text{O}_2$ ( $\text{mmol H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1}$ MF), PL ( $\eta\text{mol MDA g}^{-1}$ MF), de pH, SST ( $\text{g.g}^{-1}$ ), ATT ( $\text{g.g}^{-1}$ ), RATIO (SST/ATT), Conteúdo de pigmentos ( $\mu\text{g g}^{-1}$ MF). (Clorofila a (Chl a); Clorofila b (Chl b); Carotenoides totais (Car) e antocianinas e Massa Seca para a colheita 1 e 2.....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Desdobramento da interação entre dois ambientes de cultivo (orgânico e convencional) e dois tempos de colheita (colheita 1 e 2) para os resultados de Massa Seca (MS) de serralha .....	33
Tabela 2- Valores médios de pH, SST (g 100g <sup>-1</sup> ), ATT (ácido cítrico g100g <sup>-1</sup> ), RATIO (SST/ATT), de serralha em dois ambientes de cultivo (orgânico e convencional) e dois tempos de colheita (colheita 1 e 2). .....	39
Tabela 3- Valores médios de SOD (U SOD min <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> MF), CAT (nmol H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> min <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> MF), APX (nmol ASA/gMF/min), H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mmol H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> MF), PL (ηmol MDA g <sup>-1</sup> MF), de serralha em dois ambientes de cultivo (orgânico e convencional) e dois tempos de colheita (colheita e 2). C. ....	41

## LISTA DE SIGLAS

ATT	Acidez Titulável Total
Al	Alumínio
APX	Ascorbato peroxidase
Ant	Antocianinas
Br	Bromo
Car	Carotenoides totais
Chl <i>a</i>	Clorofila <i>a</i>
Chl <i>b</i>	Clorofila <i>b</i>
CAT	Catalase
Cu	Cobre
Cl	Cloro
Cr	Cromo
Sr	Estrôncio
Fe	Ferro
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peróxido de hidrogênio
K	Potássio
MDA	Peroxidação lipídica
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
P	Fósforo
Rb	Rubídio
RATIO	Relação (SST/ATT)
S	Enxofre
SST	Sólidos Solúveis Totais
SOD	Superóxido dismutase
Zn	Zinco

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
2	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
2.1	<i>Sonchus oleraceus</i> : Planta invasora, medicinal e PANC .....	18
2.2	Épocas de colheita.....	20
2.3	Sistemas de cultivo.....	20
2.4.	Composição mineral.....	22
2.5	Enzimas antioxidantes.....	23
2.6	Caracterização físico-química .....	25
3.	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	25
3.1	Produção de mudas e condução do experimento.....	25
3.2	Massa seca e Análise de minerais.....	29
3.3	Acidez titulável total (ATT), pH, sólidos solúveis totais (SST) e Razão SST / ATT .....	29
3.4	Antocianinas totais pH único.....	30
3.5	Análise de pigmentos cloroplastídicos .....	30
3.6	Extração e quantificação de Peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) e teor de malondialdeído (MDA) .....	31
3.7	Extração de enzimas antioxidantes.....	31
3.8	Determinação das atividades enzimáticas.....	31
3.9	Análise estatística.....	32
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	32
4.1	Massa Seca (MS) e Análise de minerais de serralha .....	33
4.2	Análise de pigmentos fotossintéticos e antocianinas.....	37
4.5	Acidez titulável total (ATT), pH, sólidos solúveis totais (SST) e Razão SST / ATT e Antocianinas (ANT). .....	39
4.6	Análise das enzimas antioxidantes, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> e MDA.....	41
4.7	Análise de componentes principais e correlação .....	42
5.	<b>CONCLUSÃO</b> .....	47
6	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	49

## 1. INTRODUÇÃO

Mundialmente são conhecidas aproximadamente de 390 mil espécies de plantas, toda via supõe-se que atualmente sejam cultivadas apenas cerca de 300 espécies para diversos propósitos como alimentação, medicamentos, dentre outros usos. Dentro deste cenário o Brasil comporta a maior biodiversidade do planeta correspondendo a 20% do número total de espécies da Terra, abrigando cerca de 46.097 espécies nativas de plantas e apesar de toda a riqueza na flora brasileira, ainda é pouco conhecida e sua utilização como alimento. (TULLER; SILVA, 2019; TERRA; FERREIRA, 2020).

Neste cenário, segundo Liberato et al. (2019) surge o conceito de Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs), que são plantas não consumidas habitualmente pela população, e muitas vezes caracterizadas como ervas daninhas, por crescerem espontaneamente em distintos ambientes. No Brasil, existem cerca de 5.000 espécies de PANCs e quando comparadas com suas espécies aparentadas em alguns casos apresentam mais nutrientes, vitaminas, antioxidantes, compostos fenólicos, carotenóides e quantidades consideráveis de minerais como o potássio, magnésio, manganês. (KINUPP; LORENZI, 2014; BIONDO et al., 2018).

Dentre essas espécies PANCs com potencial a ser explorado encontra-se a *Sonchus oleraceus* L., conhecida em Minas Gerais como serralha. A espécie pertence à família Asteraceae e é de fácil propagação, crescendo espontaneamente em diversas condições climáticas e localidades. Como alimento é apreciado por muitos na culinária em saladas ou refogadas e é também utilizada como planta medicinal.

Apesar de já ter relatos do uso como medicinal e alimentício da espécie, pouco se conhece desta em âmbito científico. Afinal, não existem informações suficientes a respeito de seu cultivo, ou do seu comportamento como espécie cultivada, bem como da forma que o ambiente afeta suas propriedades nutricionais e medicinais, e como estas podem sofrer influência de fatores como a época de colheita e a forma de cultivo.

Desta forma, estudos sobre a influência dos fatores ambientais, no acúmulo de metabólitos secundários e composição química das plantas, bem como no cultivo das plantas e na colheita de sua matéria-prima, são cada vez mais essenciais (MYKHAILENKO et al., 2020). Uma vez que, a compreensão da ação dos fatores ambientais sobre os compostos bioativos em plantas, ajuda a garantir a adequação do local de cultivo, a sustentabilidade e a futura conservação das plantas.

Entretanto cada sistema de cultivo tem suas características e necessidades próprias, fazendo com que as concentrações dos nutrientes nas plantas variem muito, principalmente em função das condições do solo de plantio e da relação físico-química ali existente (ZHANG, JI et al. 2020). Posto isto, o tipo de manejo escolhido, diversificado ou convencional, pode acentuar os níveis de perturbação e estresse (BEGON et al., 2008).

O efeito do sistema de cultivo na composição das plantas é verificado em alface cultivada no sistema de cultivo orgânico, no qual apresentou maior teor de vitamina C, em comparação aos sistemas convencional e hidropônico (Teixeira et al., 2019).

Já em rúcula cultivada em sistema convencional a concentração de cálcio foi significativamente inferior à rúcula orgânica e hidropônica (KRAEMER, 2020). Enquanto, em abobrinha em cultivo orgânico, houve acúmulo de potássio em solo argiloso, o que não foi observado em solo arenoso (MAGGIO et al., 2013).

Outro fator importante além do cultivo é o ponto de colheita, pois é um fator variável e depende da cultura, além do que, as plantas possuem princípios ativos, que nem sempre são estáveis e se distribuem de maneira homogênea, sendo seu teor variável com a época do ano, hora de coleta e condições climáticas (GOULARTE et al., 2021).

O sistema de cultivo e o ponto de colheita, além de atuar em compostos ligados ao metabolismo primário e secundário, influencia na resposta da planta aos estresses sofrido, levando a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs). E para se proteger as plantas possuem mecanismos antioxidantes de defesa enzimática e não enzimática, onde no sistema não enzimático aparece os Alcaloides, Flavonoides, Carotenoides entre outros (BARBOSA et al., 2014; MEHLA et al., 2017). Já o sistema de defesa antioxidante enzimática leva ao aumento da expressão das enzimas, superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase (POD) e ascorbato peroxidase (APX) (SINGH et al., 2019; HASANUZZAMAN et al., 2020).

Porém quando se procura na literatura informações sobre a serralha, não há relatos relacionados à sua forma de cultivo e colheita, deixando dessa forma uma lacuna a respeito de quais variações a serralha pode apresentar quando é submetida a diferentes formas de cultivos e colheita.

Desse modo, é importante conhecer qual o sistema de cultivo mais adequando, alinhado à qual o melhor período de colheita de *Sonchus oleraceus* L., afim de saber qual seria a melhor estratégia para uma produção eficiente de serralha. Diante disto, foi testada a hipótese de que o sistema de cultivo e a época de colheita influenciam nas propriedades nutricionais e compostos bioativos de *S. oleraceus* L. Dito isto, objetivou-se por meio deste trabalho estudar as



propriedades nutricionais e bioativas em função do sistema de cultivo e tempo de colheita de serralha.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 *Sonchus oleraceus*: Planta invasora, medicinal e PANC

*Sonchus oleraceus* L., popularmente conhecida no Brasil como serralha, serralha-verdadeira, serralha-lisa, fora do país é conhecida como *sow thistle* (inglês), *cerraja* (espanhol), *laiteron marâcher* (francês), *crepigno-cicerbita* (italiano), *kohl-gänse-distel* (alemão), é uma espécie com ciclo anual ou bianual. A espécie recebeu a sua nomeação em 1753 por Carolus Linnaeus onde a espécie *Plantarum Sonchus* é o nome grego para cardo de porca e significa oco, fazendo referência às suas hastes ocas; e seu epíteto *oleraceus* significa vegetal de cozinha (FLORENCE et al., 2011).

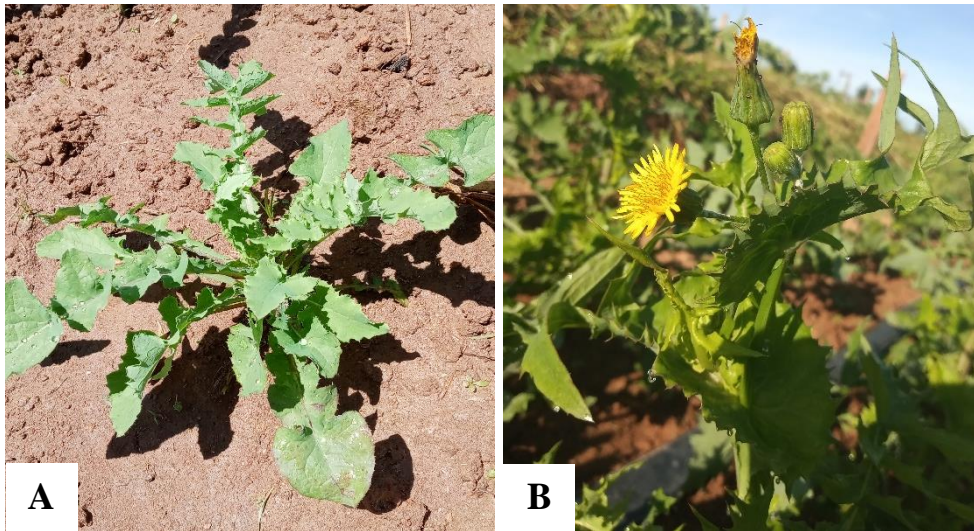
As espécies de *Sonchus* são plantas anuais, que exsudam secreção leitosa, eretas, caule com tamanho variado podendo atingir até 150 cm de altura, suas folhas têm formato variável e simples com rosulado basilares ou inseridas ao longo da haste da planta, possuem inflorescência terminal racemosa e capítulos com flores hermafroditas de corola ligulada e amarela (ARANHA et al., 1982; JORGE; FERRO, 1989).

A espécie é originária da Europa e Norte da África, sendo considerada uma planta invasora encontrada nos sistemas agrícolas com grande potencial nocivo e em alguns casos, desenvolvendo resistência aos agroquímicos (HEREWARD et al., 2018).

A serralha (Figura 1) é de fácil dispersão devido a facilidade de adaptação a condições limitantes de umidade, sob ampla gama de pH, ambientes deficientes em nutrientes e capacidade de germinar sob várias condições de temperatura (MANALIL et al., 2019).

Porém as interações competitivas de *S. oleraceus* L. com culturas de importância econômica não são claramente compreendidas, sendo necessário estudos sobre diversidade genética, ciclo de vida, potencial competitivo, interferência alopática, constituintes fitoquímicos e resistência a herbicida (PEERZADA et al., 2019).

Figura 1 - *Sonchus oleraceus* L. em campo. (A) Planta jovem. (B) Planta em fase reprodutiva.



Fonte: Do autor (2022).

Uma das versatilidades da serralha está no seu uso como cultura alimentícia, cujas folhas podem ser inseridas na alimentação humana como hortaliça folhosa, sendo utilizadas para fazer salada ou preparadas de forma refogada (ZHANG et al., 2020).

Estudos demonstraram que as folhas da serralha contêm quantidade considerável de proteínas, gordura, fibra, carboidratos, elementos minerais, polifenóis e geralmente baixo nível de tóxicos, mostrando que a espécie pode contribuir significativamente para as necessidades nutricionais do homem e pode ser usado como fonte de nutrientes complementar à alimentação (JIMOHET et al., 2011).

Além disso, a serralha apresenta um grande potencial medicinal, com uso relatado na medicina popular no qual, a parte aérea pode ser utilizada em forma de infusão ou decocção e administrada oralmente para problemas digestivos, diabetes, obesidade, eczema, diarreia, hepatite, infecções, inflamações, reumatismo e dores de estômago, cabeça e dente (MIARA et al., 2019; VENDRUSCOLO; MENTZ, 2006)

Estudos clínicos e *in vitro* mostraram cientificamente o potencial medicinal do extrato de *S. oleraceus* L. na atividade antibacteriana, anti-inflamatória, demonstrando o potencial farmacológico para doenças inflamatórias, assim como efeitos positivos na homeostase da glicose (LI et al., 2015; CHEN et al., 2020).

## 2.2 Épocas de colheita

O metabolismo da planta pode ser afetado por diversos fatores, como tipo de solo, intensidade de luz solar, radiação UV, pluviometria, temperatura, disponibilidade de nutrientes e água, desenvolvimento da planta, entre outros fatores. Esses fatores afetam a época de colheita, por não serem constantes durante o ano, o que influencia na quantidade e composição de compostos bioativos presentes na planta (GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

Quando se trata de plantas medicinais, é importante entender que a colheita possui suas particularidades que as tornam distintas de outras culturas, pois a colheita das plantas medicinais tem como objetivo ter uma boa produção de biomassa para se ter maior teor de princípio ativo. Assim, a determinação da época ideal de colheita varia de acordo com o órgão da planta, estágio de desenvolvimento e a época do ano (CORRÊA JÚNIOR et al., 1991; MARTINS et al., 1995).

Em manjerição com aroma de limão (*Ocimum africanum* H.) a composição química dos constituintes do óleo essencial foi altamente influenciada pelas mudanças nos dias/ambiente de colheita (KUMAR ASHISH et al., 2021) e em *Atractylodes japonica* Koidz os compostos fenólicos, incluindo ácido protocatecuico, ácido clorogênico, rutina, ácido salicílico, ácido cafeico, orientina, vitexina e apigenina, foram distintas entre as safras, o que influenciou diretamente na atividade antioxidante da planta (GHIMIRE et al., 2021).

Apesar da relevância para plantas com fins medicinais, estudos que avaliem como o intervalo de colheita influencia nos compostos químicos e características nutricionais não são encontrados para a espécie *Sonchus oleraceus*. Diante disso, se faz necessário estudar a serralha envolvendo diferentes variáveis como sistema de cultivo e época de colheita, a fim de gerar conhecimento a respeito da espécie, e melhorar o desempenho da mesma.

Com isso, os resultados adquiridos a partir desta pesquisa auxiliarão a melhorar as condições de cultivo e coleta, capazes de assegurar maiores teores de princípios ativos da espécie. Consequentemente, viabilizará na geração de um novo material a ser explorado em nível social, agrícola, tecnológico e científico.

## 2.3 Sistemas de cultivo

A agricultura convencional (também conhecida como agricultura moderna), surgiu em meados dos séculos XVIII e XIX, período que foi marcado por um intenso aumento na atividade agrícola e pecuária na Europa, este acontecimento ficou conhecido como Primeira Revolução

Agrícola, que ocorreu juntamente com a primeira Revolução Industrial (EHLERS, 1994; SILVA et al., 2017).

O sistema convencional caracteriza-se pelo uso intensivo de agrotóxicos e adoção de monocultura, com práticas de adição de fertilizantes sintéticos e uso de herbicidas para o controle de plantas daninhas (GLOVER et al., 2000; SANTOS et al., 2018).

Em contraste, temos o sistema de cultivo orgânico ou agricultura orgânica, que é considerado um sistema de produção onde se tem uma gestão sustentável das unidades de produção. A principal característica da agricultura orgânica é a não utilização de agrotóxicos e fertilizantes, procurando substituir insumos adquiridos externamente por aqueles encontrados nas propriedades, ou próximos a elas (ALTIERI, 2002; CAPORAL; COSTABEBER, 2004; SOUSA et al., 2016).

No Brasil, a legislação que regulamenta a produção orgânica é a Lei nº 10.831, de 23/12/2003 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). A legislação deixa explícito que os sistemas de cultivos orgânicos adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso de recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização (BRASIL, 2003). A mesma é regulamentada pelo Decreto no 6.323, de 27 de dezembro de 2007 (BRASIL, 2007).

Apesar da lei brasileira ser recente e ainda estar no início desse processo, o Brasil tem o segundo maior mercado consumidor de produtos orgânicos na América Latina e o terceiro em termos de área produtiva de orgânicos. Alguns países, tais como Argentina, Peru, Chile e Colômbia, possuem uma produção amplamente orientada para a exportação desses produtos, enquanto o Brasil conta com uma produção crescente para suprir a crescente demanda interna mostrando que produção orgânica tende a ocupar uma posição cada vez mais importante no país e no mercado global. (VILELA et al., 2019; WILLER; LERNOUD, 2019).

Para melhor entendimento deste sistema de produção, a adubação química é substituída por uma adubação que pode ser simples: oriundos de uma única fonte (animal- esterco ou vegetal-vinhaça, palhada e outros); pode ser composta: resultado da mistura de dois ou mais fertilizantes simples; por processo bioquímico natural ou controlado: com mistura de resíduos orgânicos de origem vegetal, animal ou industrial (CIRQUEIRA SANTOS et al., 2017).

As diferenças entre os sistemas de produção orgânico e convencional são perceptíveis principalmente no que condiz a fertilidade do solo, que diretamente podem afetar a composição

nutricional das plantas, e a produção de metabólitos secundários (DEGL'INNOCENTI et al., 2007; DEUS et al., 2019).

Sob esta perspectiva, muitos pesquisadores relatam que frutas e hortaliças orgânicas diferem das convencionais em suas características sensoriais e nutricionais. No entanto, não existe um consenso sobre a superioridade dos orgânicos, devido principalmente, a insuficiência de estudos com um bom controle de variáveis (ARBOS, 2010). Isso demonstra a importância em das pesquisas que investiguem de que forma o tipo de cultivo pode influenciar e aumentar as propriedades bioquímicas das culturas pouco exploradas, como é o caso da serralha.

#### **2.4. Composição mineral**

A constituição do solo é um dos fatores que mais influenciam a porção dos nutrientes nos alimentos, assim o manejo do solo, como diferentes tipos de adubações é capaz de modificar significativamente a composição mineral da planta (REIS et al., 2013; PACHECO et al., 2020). Os elementos químicos que são considerados como nutrientes de plantas, são os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg, S e os micronutrientes Fe, Mn, Zn, Cu, B, Cl, Ni e Mo. Além disso, a planta obtém C, H e O a partir da água e do ar (FERNANDES et al., 2018).

As plantas necessitam desses elementos essenciais para completar seu ciclo de vida, por desempenharem funções no metabolismo, como o nitrogênio (N) que está relacionado diretamente na formação de proteínas e pigmentos como a clorofila. O Fósforo (P) que tem papel crucial em processos como a fotossíntese, respiração, metabolismo de carboidratos e fixação de N. O potássio (K) não apresenta papel estrutural, tendo funções ligadas a atividade enzimática, controle da transpiração pela abertura e fechamento dos estômatos, síntese de proteínas, translocação de carboidratos e balanço iônico (TAIZ et al., 2017; FERNANDES, et al., 2018).

Enquanto, o Cálcio (Ca) atua na ativação enzimática, constituição da parede celular e sua permeabilidade e o magnésio (Mg) na ativação enzimática, estabilidade de ribossomos, fotossíntese, sendo o constituinte central das clorofilas. Por fim, o enxofre (S) está presente nos aminoácidos cistina, cisteína e metionina, vitaminas e na coenzima A, possuindo função estrutural nas proteínas e atuando como ativador enzimático (BEZERRA et al. 2019).

Os micronutrientes encontram-se em menor concentração nos tecidos vegetais, porém desempenham papel importante, como o Ferro (Fe) que está presente em inúmeros processos celulares, como respiração, biossíntese de clorofila e fotossíntese. O manganês (Mn) que atua como um modulador da fotossíntese e do metabolismo antioxidante nas plantas, participando

da estrutura das proteínas e das enzimas de fosforilação e metabolismo de ácidos orgânicos. Zinco (Zn) que é um co-fator enzimático, presente no álcool desidrogenase, superóxido dismutase, anidrase carbônica e RNA-polimerase (SUN et al., 2016; MA et al., 2017; SANTOS et al., 2017; KOBAYASHI et al., 2019; TAVANTI et al., 2021).

O cobre (Cu) é importante na assimilação do nitrogênio, e na biossíntese do ácido abscísico. O Boro (B) atua na lignificação das paredes vegetais, estrutura da membrana celular, divisão celular, respiração, metabolismo do RNA, metabolismo do ascorbato, ácido indolacético, metabolismo do N, metabolismo dos carboidratos e no processo de fotossíntese. O Molibdênio (Mo) atua no crescimento da raiz, biossíntese de clorofila, eficiência no uso da água, fotossíntese, integridade das membranas, assimilação de N e biossíntese de hormônios endógenos. (MARSCHNER, 2011; IMRAN et al., 2020; TAVANTI et al., 2021).

Os macros e micro nutrientes além de serem importantes para as plantas, são indispensáveis na alimentação, os nutrientes auxiliam na regulação das funções celulares e imunológicas, além de serem necessárias no processo de fornecimento de energia, contribuindo para a atividade celular, formação de tecidos, contração dos músculos e transmissão de impulsos nervosos. (FIDELIS; OSÓRIO, 2007)

Nutriente como o cálcio é necessário para permitir ganhos ótimos na massa e densidade óssea nos anos iniciais da vida e na adolescência. O magnésio desempenha um papel na transmissão e atividade neuromuscular e os minerais ferro, selênio e zinco são os micronutrientes que apresentaram relação com o sistema imune.; TOGNON, 2012; ANJOS et al., 2017)

## **2.5 Enzimas antioxidantes**

As espécies reativas de oxigênio (EROs) são produzidas em quase todas as células e são reconhecidas como importantes sinalizadoras em vários processos biológicos do desenvolvimento e crescimento das plantas. Entretanto, estímulos podem levar a potencialização de EROs, como perturbações ambientais de baixas temperaturas, seca, salinidade, radiações e infecções patogênicas (FOYER; NOCTOR, 2005; MITTLER, 2017)

Quando há grandes estímulos que resultem em grande produção de EROs, as plantas possuem sistemas de defesa que trabalham na eliminação dessas espécies reativas, sendo esse sistema constituído por antioxidantes eficientes, não-enzimáticos e enzimáticos (AMARO, 2011). Os componentes não-enzimáticos que compõem o sistema de defesa são compostos como carotenóides (como o  $\beta$ -caroteno), tocoferóis (como o  $\alpha$ -tocoferol), ácido ascórbico, esses

antioxidantes tem o mecanismo de ação através do sequestro ou degradação dos radicais livres evitando danos celulares nas plantas (SERKEDJIEVA, 2011).

O sistema defensivo enzimático é constituído por enzimas como a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX), peroxidases (POD), glutathione peroxidase (GPX), glutathione reductase (GR) e glutathione S-transferase (GSTs). A eficiência do sistema antioxidante aumenta a capacidade de tolerância da planta, devido à diminuição dos efeitos causados pelas EROs (FOYER; NOCTOR, 2005; DIETZ et al., 2006.; AMARO, 2011).

A SOD constitui a primeira linha de defesa contra as EROs dentro das células, dismutando o superóxido ( $O_2^-$ ) e o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) (SCANDALIOS, 2005). A SOD é uma enzima que pode conter três diferentes íons metálicos no seu sítio ativo (SCANDALIOS, 1993), cobre e zinco (Cu/ZnSOD), manganês (MnSOD) ou ferro (FeSOD) (TSANG et al., 1991; ALSCHER et al., 2002)

As enzimas Fe-SODs estão presentes nos cloroplastos, enquanto que as Mn-SODs na matriz mitocondrial e as Cu/Zn SODs são normalmente encontradas no citosol e, possivelmente, no espaço extracelular, sendo que algumas plantas contêm isoformas nos cloroplastos (ALSCHER et al., 2002; GILL; TUTEJA, 2010).

A CAT é uma enzima considerada como um dos mais eficientes antioxidantes, pois converte o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) em  $H_2O$  e  $O_2$  (TUZET et al., 2019). A CAT pode atuar nos tecidos fotossintéticos, promovendo a remoção do  $H_2O_2$  produzido pelo processo de fotorrespiração; atuar nos tecidos vasculares, participando do processo de lignificação; e mais frequentemente em plantas jovens e sementes, modulando o  $H_2O_2$  produzido na degradação dos ácidos graxos nos glioxissomos (RESENDE et al., 2003).

Além da atuação na eliminação de  $H_2O_2$ , também podem catalisar a formação de  $O_2^-$  e  $H_2O_2$  através da complexa reação na qual o NADH é oxidado usando traços de  $H_2O_2$ , produzido primeiramente pela partição não enzimática da NADH. (BLOKHINA et al., 2003)

Sua localização é constatada, principalmente, no vacúolo e parede celular e pode estar associada com a indução de resistência, pois sua presença em excesso também pode estar relacionada à diferenciação celular, lignificação e coloração de frutos e vegetais (DOGAN et al., 2007).

A ascorbato peroxidase (APX), é uma enzima que tem por finalidade catalisar a decomposição do  $H_2O_2$  em  $H_2O$ , tendo o ascorbato como seu substrato ao qual atuará como seu doador de elétrons (FOYER; NOCTOR, 2003).

## 2.6 Caracterização físico-química

A caracterização físico-química dos alimentos, possibilitam uma maior compreensão acerca da composição da matéria-prima, com o intuito de fiscalizar o controle de qualidade (MELO FILHO; SILVA; VASCONCELOS, 2013). Em se tratando de PANCs, a análise físico-química é extremamente importante, uma vez que a mesma enfatiza os benefícios nutracêuticos e os compostos bioativos destas espécies que são desconhecidas e/ou pouco exploradas pela população em geral. (FONSECA et al., 2018).

O pH é uma medida inversamente proporcional a atividade dos íons de hidrogênio. Desse modo, determinar o pH de uma espécie é importante para verificar a deterioração dessa espécie, assim como a atividade enzimática das mesmas (CECCHI, 2003).

O teor de sólidos solúveis está relacionado com o conteúdo de açúcares, principalmente glicose, frutose, sacarose, ácidos orgânicos e outros constituintes menores. Este parâmetro tem por finalidade determinar o ponto de colheita, pois está relacionado diretamente com a maturação da espécie (IAL, 2005).

Ainda segundo o mesmo autor, a determinação da acidez titulável total é um parâmetro que está relacionado com o estado de conservação dos alimentos. Desse modo, permite-se dizer que a acidez é o resultado dos ácidos orgânicos existentes no alimento, a partir das alterações químicas que a espécie sofre em um algum dado momento ou situação.

Estudos apontam que as características físico-químicas podem ser influenciadas por fatores como a espécie, local de coleta e época de colheita (SOUZA et al., 2012; VIRGOLIN et al., 2017). Todavia, não há relatos que relacionem a composição físico-química em detrimento ao tipo de cultivo e a colheita para a espécie *Sonchus oleraceus* L., demonstrando ainda mais a relevância deste estudo para o meio científico.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Produção de mudas e condução do experimento

O experimento foi instalado na horta experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA) latitude 21°14'S, longitude 45°00'W e altitude média de 918 metros, no município de Lavras (MG). As sementes foram obtidas do banco de germoplasma de hortaliças não convencionais da UFLA. As mudas de serralha foram produzidas em casa de vegetação em



duas bandejas de poliestireno contendo 5 sementes por célula, utilizando um substrato comercial.

Após a emergência das plântulas, realizou-se o desbaste de modo que ficasse 1 muda por célula. O transplântio das mudas ocorreu 30 dias após a semeadura, quando as plantas atingiram de 3 a 5 folhas verdadeiras. No ambiente em campo, as plantas foram cultivadas em canteiro a pleno sol, em duas formas de cultivo orgânico e convencional, de modo que o sistema orgânico não teve influência sob o sistema convencional e vice-versa.

Na área utilizada para o cultivo orgânico, nos últimos 7 anos já comportou horta orgânica fruto de um projeto do núcleo de estudos NEO, onde plantou-se diversas culturas, também já foi utilizada para aulas práticas de disciplinas como olericultura para cultivo orgânico e ultimamente utilizada para os experimentos com as hortaliças não convencionais. A área convencional também é utilizada para aulas práticas e já comportou culturas como batata doce e milho, couve, sendo uma área onde se utiliza adubos químicos e quando necessários agroquímicos.

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com arranjo de parcelas subdivididas, com cinco repetições. A parcela principal foi formada pelo sistema de cultivo (orgânico e convencional) e a subparcela foi formada pela época de colheita (colheita 1 e colheita 2). O experimento foi constituído por 5 parcelas, sendo a área total de cada parcela de 2,4 m<sup>2</sup> contendo 6 plantas por parcelas. Para o preparo do solo foi realizado o levantamento dos canteiros com enxada de modo que os mesmos obtivessem 20 cm de altura.

Foi realizada uma amostragem de solo em ambas as áreas de cultivo com a realização de coleta do solo em profundidade de 20 cm, para determinação dos atributos químicos. A análise de solo foi realizada no Laboratório de Análises de Solo, no Departamento de Ciência do Solo, UFLA, obtendo-se os seguintes resultados (Quadro 1):

Quadro 1- Características químicas do solo orgânico e convencional antes do plantio.

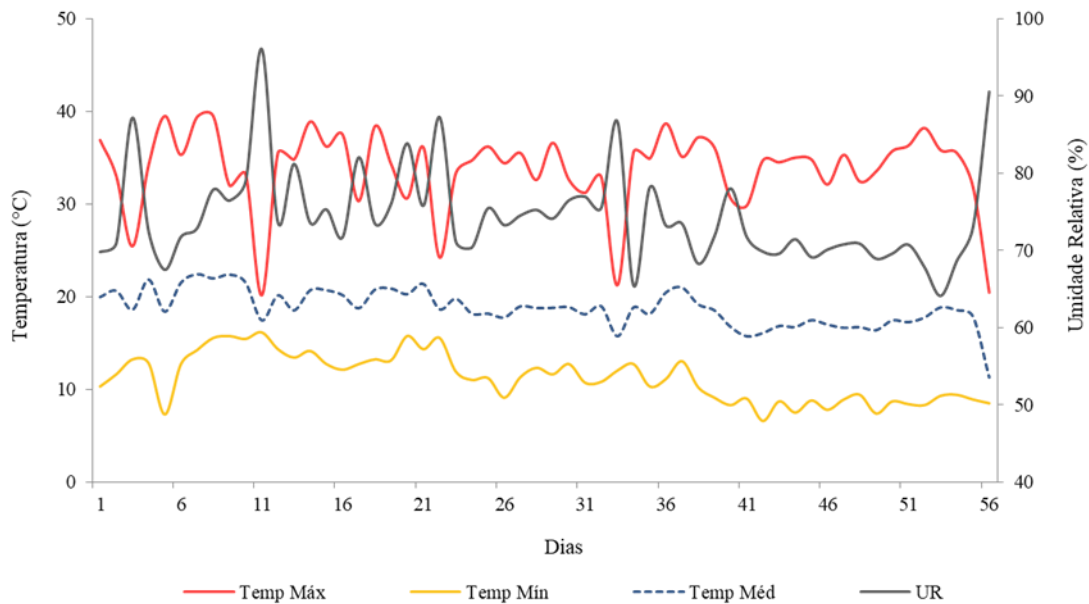
Orgânico														
pH	K	P	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O.	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>				dag/kg	mg/dm <sup>3</sup>					
6,9	165,4 1	146,24	-	4,5 6	1,10	0,1 0	7,10	2,44	10,2 0	67,6 0	37,4 0	0,7 8	0,1 7	3,2 0
Convencional														
pH	K	P	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O.	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>				dag/kg	mg/dm <sup>3</sup>					
5,4	136,1 2	28,55	-	2,4 3	0,75	0,1 0	2,30	1,55	3,60	79,7 0	16,9 0	3,8 7	0,1 0	70, 0

Fonte: Do autor, (2022).

A adubação foi em acordo com a recomendação de Santos et al., (2012), onde em cultivos convencionais, recomenda-se aplicar adubação correspondente a 80 kg/ha de nitrogênio, (N), 80-120 kg/ha de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 100 kg/ha de potássio (K<sub>2</sub>O). Para o cultivo convencional, foram utilizadas as fontes Uréia (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO), superfosfato simples (Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> + CaSO<sub>4</sub>. 2H<sub>2</sub>O) e cloreto de potássio (KCl). Na adubação orgânica foi utilizado esterco de aves, seguindo a recomendação de 2-2,5 L/m<sup>2</sup> (SANTOS et al., 2012), não houve aplicação de nenhum defensivo químico para controle de pragas e doenças, sendo utilizado apenas caldas alternativas como solução, como detergente neutro.

Também foi realizado durante todo período experimental a leitura dos índices de temperatura (T, °C) e umidade relativa do ar (UR, %), através de um *datalogger* de temperatura e umidade Elitech Brasil (modelo RC-51H) posicionado próximo aos cultivos. Os dados foram registrados a cada 1 hora e coletados diariamente para obtenção dos valores de T máxima, mínima, média e da UR, conforme Figura 2.

Figura 2 - Valores de temperatura (Temp., °C) máxima, mínima e a média diária no eixo primário e umidade relativa (UR, %) no eixo secundário, durante o período de cultivo (do transplântio à última colheita).



Fonte: Do autor, (2022).

A primeira colheita foi realizada 41 dias após a transplântio. Foram coletadas 6 folhas centrais de cada planta da parcela, durante o período da manhã e teve-se o cuidado de coletar folhas de tamanho com o mesmo padrão. Parte do material coletado foi envolto em papel alumínio e mantido em *ultrafreezer* na temperatura  $-80^{\circ}\text{C}$  para as análises enzimáticas.

Parte foi armazenado em temperatura  $-20^{\circ}\text{C}$ , o restante foi seco em estufa de circulação forçada na temperatura de  $40^{\circ}\text{C}$ , onde permaneceu até atingir peso constante e posteriormente foi triturado. A segunda colheita ocorreu 56 dias após a sementeira e foram obedecidos os mesmos procedimentos da primeira colheita.

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com arranjo de parcelas subdivididas, com cinco repetições. A parcela principal foi formada pelo sistema de cultivo (orgânico e convencional) e a subparcela foi formada pela época de colheita (colheita 1 e colheita 2). Exemplares de serralha também foram coletadas para a montagem de exsicata depositada no Herbário PAMG (Herbário da Empresa Agropecuária de Minas Gerais EPAMIG, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil) sob o número 58897.

### 3.2. Massa seca e Análise de minerais

As folhas frescas de *Sonchus Oleraceus* foram pesadas e colocadas em papel kraft para secar em estufa de circulação forçada na temperatura de 40°C, até atingir peso constante seguida as amostras foram pesadas em balança de precisão, sendo os dados utilizados para determinar massa seca total (JÚNIOR; De SÀ, 2021)

A metodologia utilizada para análise de minerais foi segundo Melquiades (2020), onde as folhas de serralhas secas e trituradas foram analisadas usando um analisador espectrômetro de pXRF (modelo *handheld tracer 5*), equipado com fonte de raios-X alvo Rh 50kV-4W, detector SDD de janela de Graphen de grande área, tamanho do ponto de medição selecionável 13 mm ou 8 mm, Purga de hélio e bomba de vácuo portátil opcional. As amostras foram colocadas em sacos plásticos na quantidade de aproximadamente 10g.

As amostras foram posicionadas com o máximo de contato possível com a superfície do instrumento, isso garante que a maior quantidade possível de raios-X bombardeie a amostra, o que otimiza a taxa de contagem e atenua os efeitos da estrutura irregular da superfície da amostra na dispersão dos raios-X. As contagens de raios-X foram processadas usando o programa de espectros Bruker Toolbox 1.8.0.136, desenvolvido por Bruker e usado como uma abordagem semiquantitativa para medição. E se tratando de análise quali-quantitativa o resultado é expresso em 100% dos elementos detectados.

### 3.3 Acidez titulável total (ATT), pH, sólidos solúveis totais (SST) e Razão SST / ATT

Para a determinação dessas análises foram triturados com o auxílio do Politron 2,0g de cada material com 45 ml de água destilada e filtrados com tecido organza. Todas as análises foram realizadas em triplicatas.

A acidez titulável total (ATT) foi realizada segundo a técnica do Instituto Adolfo Lutz (2005). Onde a titulação ocorre com hidróxido de sódio 0,01 M solução (NaOH) usando fenolftaleína como indicador segundo métodos do (Instituto Adolfo Lutz - IAL, 2005). Os resultados foram expressos em porcentagem ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ) de ácido cítrico em massa fresca. O procedimento realizado foi adicionar uma amostra de 10 ml homogeneizada num *erlenmeyer* de boca larga e posteriormente foi acrescentado água destilada até o volume final de 50 ml onde duas gotas de fenolftaleína foram adicionadas, então a titulação com hidróxido de sódio foi

efetuada. A determinação do pH foi utilizando-se um pHmetro de bancada da marca TECNAL® (R-TEC-7-MP), segundo a técnica do Instituto Adolfo Lutz (2005).

O teor de sólidos solúveis totais (SST) foi determinado utilizando um refratômetro digital modelo PAL<sup>-1</sup>, da marca ATAGO, segundo a técnica do Instituto Adolfo Lutz (2005), onde o procedimento consistiu em colocar uma gota do homogenato da amostra de material vegetal e água destilada no refratômetro e em seguida foi realizada as leituras dos resultados. Os resultados foram calculados em percentual de açúcares totais e expressos em g 100g<sup>-1</sup>, em massa fresca. A relação sólido/acidez titulável (SST/ATT) conhecida como ‘Ratio’ foi determinada dividindo a primeira variável pela segunda.

### **3.4 Antocianinas totais pH único**

O conteúdo total de antocianinas foi estimado, espectrofotometricamente, segundo Lees e Francis (1972) adaptado por Barcia et al. (2012). Para a extração dos compostos antociânicos, utilizou-se 2 g de amostra, no qual foram adicionados 25mL de etanol acidificado pH=1 (acidificou com ácido clorídrico) incubando-se por uma 1h a temperatura ambiente. Filtrou-se e completou-se o volume para 50mL com etanol acidificado. Após esse procedimento, foi efetuado a leitura em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 535nm, realizando a leitura do branco com solução de etanol acidificado. A quantificação de antocianinas totais baseou-se no coeficiente de extinção molar da cianidina-3-glicosídeo, a qual representa a principal antocianina presente em frutos. Os resultados foram expressos em miligramas de cianidina-3- glicosídeo por 100 gramas de amostra.

### **3.5. Análise de pigmentos cloroplastídicos**

Os teores de pigmentos (clorofilas *a*, *b* e carotenoides), foram determinados pela amostra de 0,1g de folhas completamente imersos em 10 ml de acetona 80% por 24 horas, em seguida, a absorbância das amostras foi determinada no Leitor de elisa (Multiskan GO (Thermo Fisher Scientific) nos comprimentos de onda 470, 645 e 663 nm para a determinação dos teores de clorofila *a*, *b*, total e carotenoides, respectivamente, segundo metodologia de Scopel et al. (2011). As leituras dos comprimentos de onda foram realizadas em triplicada, utilizando-se 3 repetições por tratamento. O cálculo das concentrações foi baseado na metodologia descrita por Lichtenthaler e Wellburn (1983) e Zhang et al. (2009), e os resultados foram expressos em µg/g MF.

### **3.6 Extração e quantificação de Peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e teor de malondialdeído (MDA)**

A extração do peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e teor de malondialdeído (MDA) que é um indicativo da peroxidação lipídica foi realizada conforme Biemelt et al. (1998), macerando 0,2 g de amostras frescas foliar em N<sub>2</sub> líquido com polivinilpolipirrolidona (PVPP). Após isso o material foi acomodado em eppendorf e posteriormente homogeneizado em 1.500 µL de TCA 0,1% (m/v), centrifugados a 12.000 g por 15 minutos e o sobrenadante foi coletado e armazenado a -20°C até a realização das análises. A quantificação realizou-se de modo que:

Teor de malondialdeído - A incubação foi de acordo com a proposto por Buege e Aust (1978), onde foram adicionados ao material vegetal, solução tampão contendo 250 µL de solução com ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,5% e ácido tricloroacético (TCA) 10%. o homogenato foi levado ao banho maria a 95 °C por 30 min. A leitura foi realizada a 535 e a 600 nm.

Peróxido de hidrogênio - A incubação foi de acordo com a proposto por Velikova et al. (2000) onde foram adicionados ao material vegetal, solução tampão contendo 45 µL de solução tampão Fosfato de Potássio 10 mmol L<sup>-1</sup> (pH 7.0) e 90 µL de Iodeto de potássio, sendo a leitura realizada a 390 nm.

### **3.7 Extração de enzimas antioxidantes**

A extração do ensaio das enzimas ( SOD, CAT e APX) foi preparada conforme Biemelt *et al.* (1998), macerando 0,2 g de amostras frescas foliar em N<sub>2</sub> líquido com polivinilpolipirrolidona (PVPP). Após isso o material foi acomodado em eppendorf e posteriormente homogeneizado em 1.500 µL da solução tampão de extração, composta de 375 µL de Fosfato de potássio 400 mM (pH 7.8), 15 µL de EDTA 10 mM, 75 µL Ácido ascórbico 200 mM e 1.035 µL de água destilada. O homogenato foi centrifugado por 10 min a 13.000 G em um micro-centrifuga de bancada NI 1801, e o sobrenadante coletado e armazenado em eppendorfs a -20°C até a realização das análises.

### **3.8 Determinação das atividades enzimáticas**

Superóxido dismutase (SOD): A atividade da SOD foi avaliada pela capacidade da enzima em inibir a fotorredução do azul de nitrotetrazólio (NBT). A metodologia utilizada foi proposta por Giannopolitis e Ries (1997), onde foi utilizado a solução tampão de incubação,

contendo 100  $\mu\text{L}$  de Fosfato de potássio 100 mM (pH 7.8), 40  $\mu\text{L}$  de Metionina 70 mM, 3  $\mu\text{L}$  de EDTA 10  $\mu\text{M}$ , 15  $\mu\text{L}$  NBT 1 mM e 2  $\mu\text{L}$  Riboflavina 0,2 mM e água destilada, pipetado em microplacas que em seguida a placa foram iluminadas por 7min. As leituras foram realizadas a 560 nm.

**Catalase (CAT):** A incubação da catalase foi de acordo com a proposto por Havir e Mchale, (1987). onde foram adicionados ao material vegetal, solução tampão contendo 180  $\mu\text{L}$  fosfato de potássio 200 mM (pH 7.0) e 144  $\mu\text{L}$  de água destilada. posteriormente a amostra foi incubada em banho-maria a 30°C e em seguida pipetadas em microplacas. Os 18  $\mu\text{L}$  peróxido de hidrogênio (250 mM) foi somente adicionado na hora da leitura, ao qual foi realizada a 240 nm de 15 em 15 segundos durante 3 min.

**Ascorbato peroxidase (APX):** A incubação foi de acordo com a proposto por Nakano e Asada (1981) onde foram adicionados ao material vegetal, solução tampão contendo 180  $\mu\text{L}$  de solução tampão Fosfato de Potássio 200 mM (pH 7.0), 18  $\mu\text{L}$  de Ácido Ascórbico 10 mM, 126  $\mu\text{L}$  de Água destilada. Os 18  $\mu\text{L}$  de peróxido de hidrogênio (250 mM) foi somente adicionado na hora da leitura, ao qual foi realizada a 290 nm de 15 em 15 segundos durante 3 min.

### **3.9 Análise estatística**

Após a obtenção dos dados, os mesmos foram submetidos a uma ANOVA (teste F,  $p \leq 0,05$ ) para verificar o efeito dos tratamentos e as médias foram comparadas pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ), utilizando a plataforma R, utilizando o pacote ExpDes.pt (FERREIRA, 2021), com a função psub2.dbc. Também foi realizada uma análise de correlação de todos os dados, utilizando o pacote corrplot (WEI; SIMKO, 2017) e uma análise de componentes principais (PCA), com o pacote factoextra (KASSAMBARA, 2017), na função fviz\_pca\_biplot, para analisar o efeito dos tratamentos.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para os resultados obtidos nesse estudo foi verificado que houve diferença estatística para os tratamentos, porém não houve interação entre os tratamentos com exceção da variável massa seca e dos minerais S e Si (Tabela 6 do Apêndice).

#### 4.1 Massa Seca (MS) e Análise de minerais de serralha

O cultivo orgânico na colheita 1 obteve os melhores rendimentos de massa seca (19,02 g) em comparação ao cultivo convencional e o cultivo convencional na colheita 2 teve maiores médias de S e Si (Tabela 2), indicando desta forma, que a questão nutricional da planta pode ser um fator determinante para os rendimentos obtidos. Segundo Fernandes *et al.* (2018) os macronutrientes constituem aproximadamente 99,5 % da massa seca dos vegetais e micronutrientes constituem 0,03%.

Tabela 1- Desdobramento das variáveis com interação significativa entre dois ambientes de cultivo (orgânico e convencional) e dois tempos de colheita (colheita 1 e 2). Valores médios  $\pm$  desvio padrão.

	Orgânico		Convencional	
	Colheita 1	Colheita 2	Colheita 1	Colheita 2
MS(g)	19,02 $\pm$ 2,07Aa	15,46 $\pm$ 2,17Ab	16,25 $\pm$ 1,45Ba	15,89 $\pm$ 1,36Aa
S(%)	0,42 $\pm$ 0,02Ba	0,30 $\pm$ 0,03Bb	0,51 $\pm$ 0,02Aa	0,49 $\pm$ 0,02Aa
Si (%)	0,37 $\pm$ 0,09Aa	0,28 $\pm$ 0,07Ba	0,37 $\pm$ 0,10Aa	0,41 $\pm$ 0,06Aa

\* MS (matéria seca), (S), (Si) silício. As letras maiúsculas se referem a colheita dentro de cada cultivo. As letras minúsculas se referem ao cultivo dentro da colheita.

Fonte: Do autor, (2022).

A serralha conduzida em sistema orgânico apresentou maior teor de MS na colheita 1 (Tabela 2), indicando que para esse parâmetro seria o ponto mais adequado de colheita. E sabendo que os minerais são grandes constituintes da massa seca, um mineral que contribui é o ferro (Fe), uma vez que o mesmo tem funções fundamentais na planta como fotossíntese, respiração, fixação de nitrogênio e síntese de hormônios, refletindo diretamente na estrutura e massa seca da planta (MOURA et al., 2020).

Semelhante a este, o Cálcio (Ca) é um mineral que aparece em grande quantidade em matéria seca. Plantas suficientes em Cálcio, apresentam maiores acúmulos de matéria seca tanto na parte aérea (conforme visto na serralha), como na raiz (Da Silva, 2021). No entanto, observa-se na tabela dos elementos minerais da serralha (Quadro 2), que os maiores teores de Ca, estão atrelados ao cultivo convencional e que somente a porcentagem de Fe é maior no sistema orgânico.



Quadro 2-Valores médios de recuperação (%) dos elementos identificados e quantificados pelo espectrômetro pXRF. Valores médios  $\pm$  desvio padrão.

	Orgânico	Convencional	Colheita 1	Colheita 2
P	0,3003 $\pm$ 0,0337 A	0,1934 $\pm$ 0,0168B	0,2489 $\pm$ 0,0613a	0,2449 $\pm$ 0,0633a
K	4,1251 $\pm$ 0,2313 A	3,834 $\pm$ 0,3329A	4,0631 $\pm$ 0,3428a	3,8964 $\pm$ 0,2798a
Mg	0,1771 $\pm$ 0,1866 A	0,1839 $\pm$ 0,1938A	0,3609 $\pm$ 0,0072a	0,0000 $\pm$ 0,0000a
Ca	1,3522 $\pm$ 0,0839 A	1,1836 $\pm$ 0,0647B	1,2373 $\pm$ 0,1164a	1,2984 $\pm$ 0,1067a
Al	0,0797 $\pm$ 0,0293 A	0,0860 $\pm$ 0,0345A	0,1006 $\pm$ 0,0364a	0,0651 $\pm$ 0,0070b
Cl	1,1051 $\pm$ 0,3443 B	1,3891 $\pm$ 0,4229A	1,5465 $\pm$ 0,2326a	0,9477 $\pm$ 0,2981b
Mn	0,0029 $\pm$ 0,0005 B	0,0157 $\pm$ 0,0021A	0,0095 $\pm$ 0,0070a	0,0090 $\pm$ 0,0069a
Fe	0,0261 $\pm$ 0,0048 A	0,0225 $\pm$ 0,0054A	0,0227 $\pm$ 0,006a	0,0259 $\pm$ 0,0038a
Cu	0,0009 $\pm$ 0,0000 A	0,0008 $\pm$ 0,0000A	0,0009 $\pm$ 0,0000a	0,0008 $\pm$ 0,0000a
Zn	0,0040 $\pm$ 0,0008 B	0,0083 $\pm$ 0,0006A	0,0058 $\pm$ 0,0024b	0,0065 $\pm$ 0,0022a
Mo	0,0004 $\pm$ 0,0000 A	0,0000 $\pm$ 0,0000B	0,0002 $\pm$ 0,0002a	0,0002 $\pm$ 0,0002a
Cr	0,0004 $\pm$ 0,0000 A	0,0003 $\pm$ 0,0000A	0,0004 $\pm$ 0,0000a	0,0003 $\pm$ 0,0000a
Br	0,0010 $\pm$ 0,0003 B	0,0028 $\pm$ 0,0009A	0,0022 $\pm$ 0,0011a	0,0016 $\pm$ 0,0011b
Rb	0,0033 $\pm$ 0,0003 A	0,0033 $\pm$ 0,0003A	0,0034 $\pm$ 0,0002a	0,0032 $\pm$ 0,0004b
Sr	0,0078 $\pm$ 0,0011 B	0,0095 $\pm$ 0,0010A	0,0093 $\pm$ 0,0011a	0,0081 $\pm$ 0,0014b

\*As letras maiúsculas se referem a colheita dentro de cada cultivo. As letras minúsculas se referem ao cultivo dentro da colheita.

Fonte: Do autor, (2022).

Ainda neste sentido, um mineral que possivelmente traria uma explicação para o rendimento de massa seca, é o nitrogênio (N), pois uma das eficiências de uso do nitrogênio pelas plantas é produzir o máximo de biomassa e, dependendo da espécie constituem de 90 a 95% da massa seca da planta. O nitrogênio é o elemento mais requerido para a produção de biomassa (FERNANDES et al., 2018).

Um outro mineral que estimula a produção de massa seca é o Mg (FAQUIN, 2005; COSTA, 2020). Já a quantidade de H e N é desconhecida pois o aparelho utilizado para fazer a análise de minerais da serralha, não conseguiu capturar estes minerais e somente os níveis de Fe que são maiores no cultivo orgânico.

Ao observar os minerais quantificados na serralha (quadro 3), vemos que os teores de minerais que influenciam no rendimento de matéria seca possuem porcentagens próximas entre os cultivos. Levando em consideração que a adubação orgânica se recorreu ao esterco aviário, sabe-se que o esterco de aves representa uma fonte potencial de nutrientes como nitrogênio (N) e fósforo (P) (RIZZO et al., 2020; RIZZO et al., 2022), o que explicaria os valores superiores de P e Fe, por exemplo, no cultivo orgânico.

Pode-se dizer então que essa diferença na quantidade de matéria seca deve estar atrelada ao maior percentual de nutrientes ligados a constituição de parede celular, entretanto como a porcentagem de alguns minerais é desconhecida, não é possível afirmar que a superioridade do cultivo orgânico em relação ao sistema convencional seja somente ligada a isto.

Dos elementos químicos identificados e quantificados (quadro 2), observou-se a identificação dos minerais Magnésio (Mg) fósforo (P), potássio (K), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Cloro (Cl) e molibdênio (Mo), Enxofre (S), Alumínio (Al), Cromo (Cr), Bromo (BR) Rubídio (Rb) e Estrôncio (Sr). Observa-se que houve diferença significativa para P, Ca, Cl, Mn, Zn, Br e Sr.

Dos minerais quantificados foi observado que o mineral em maior quantidade na espécie é o potássio (K) em ambos os cultivos e colheitas, entretanto não apresentou diferença estatística entre cultivos e colheitas. Este é um mineral que oferece inúmeros benefícios a saúde humana como redução na pressão arterial, e hortaliças são uma boa fonte de potássio (PORTO et al., 2014).

O segundo elemento com maiores porcentagens detectadas em ambos os cultivos é o Ca, corroborando com isso, Branco, (2015) ao estudar caracterização nutricional e toxicológica de espécies de plantas silvestres, encontrou o potássio e cálcio como o mineral mais abundante em *S. oleraceus* L. Este macronutriente tem papel fundamental no desenvolvimento da planta, tendo como uma de suas principais funções a estruturação da planta, participando de membranas e como parte integrante da parede celular (MARSCHNER, 1995; WHITEE; BROADLEY, 2009; GILLIHAMETAL, 2011).

Importante também na saúde humana o cálcio está presente na formação dos ossos, auxilia na redução da pressão arterial e sua deficiência na saúde humana pode provoca fragilidade óssea. (OLIVEIRA et al., 2014; LASSI et al., 2017). Neste estudo houve diferença estatística, onde o cultivo orgânico se mostrou superior ao convencional com relação ao mineral cálcio e entre as colheitas não houve diferença estatística, então para o consumo de Ca, as plantas do sistema orgânico são as mais indicadas para uma ingestão maior deste nutriente.

Na literatura não existem outros trabalhos em que a quantificação dos minerais de espécie *S. oleraceus* L. tenha sido feita através da tecnologia de espectrometria de fluorescência de raio-x, sendo este o primeiro trabalho deste cunho. Entretanto existem trabalhos que avaliem os minerais da espécie de formas mais convencionais, como estudo feito com a espécie *Sonchus oleraceus* L. que também tiveram o mineral K e Ca como os minerais encontrados em maior proporção nas espécies (GUIL-GUERRERO et al., 1998; JIMOH et al., 2011; JUHAIMI et al., 2017).

Em relação ao Mg, seus teores foram reduzidos na segunda colheita ao ponto de não conseguir ser detectado. O Mg é um macro elemento essencial as plantas, todavia é um elemento muito móvel e por isso, é rapidamente redistribuído via floema das regiões mais velhas para as mais novas da planta, com crescimento ativo, ou seja, das folhas na parte inferior

das plantas, para as folhas mais na parte superior das plantas e também para os órgãos reprodutivos. (MALAVOLTA, 1976; EPSTEIN; BLOOM, 2005 CAKMAK; YAZICI, 2010.; MARSCHNER, 2012; SENBAYRAM et al., 2015). E apesar de ser adotado duas colheitas e dois cultivos não houve diferença estatística desse mineral.

Os micronutrientes identificados, (Fe, Mn, Zn, Cu, Cl e Mo) apresentam teores relativamente parecidos para ambos os cultivos, entretanto houve diferença significativa para Cl, Mn e Zn. No organismo humano esses macronutrientes são importantes onde Segundo Botrel (2020) Zn, onde este é um elemento indispensável ao organismo humano e hortaliças folhosas possuem quantidade modesta deste elemento. Já Mn é um metal que em grandes concentrações pode acarretar prejuízos à saúde humana, por possuir um potencial neurotóxico e seu excesso pode acarretar prejuízos ao sistema nervoso central (FREITAS; GONZALEZ, 2018).

E nas plantas os micronutrientes embora requeridos em menores quantidades, apresentam a mesma importância dos macronutrientes para a nutrição vegetal, sendo essenciais no crescimento e desenvolvimento das plantas, agindo como constituintes das paredes e das membranas celulares; como constituintes e ativadores de enzimas e na fotossíntese (BARBOSA FILHO et al., 2002; KIRKBY, 2007; GONÇALVES et al 2019). Mostrando que para esses minerais, houve superioridade do cultivo convencional.

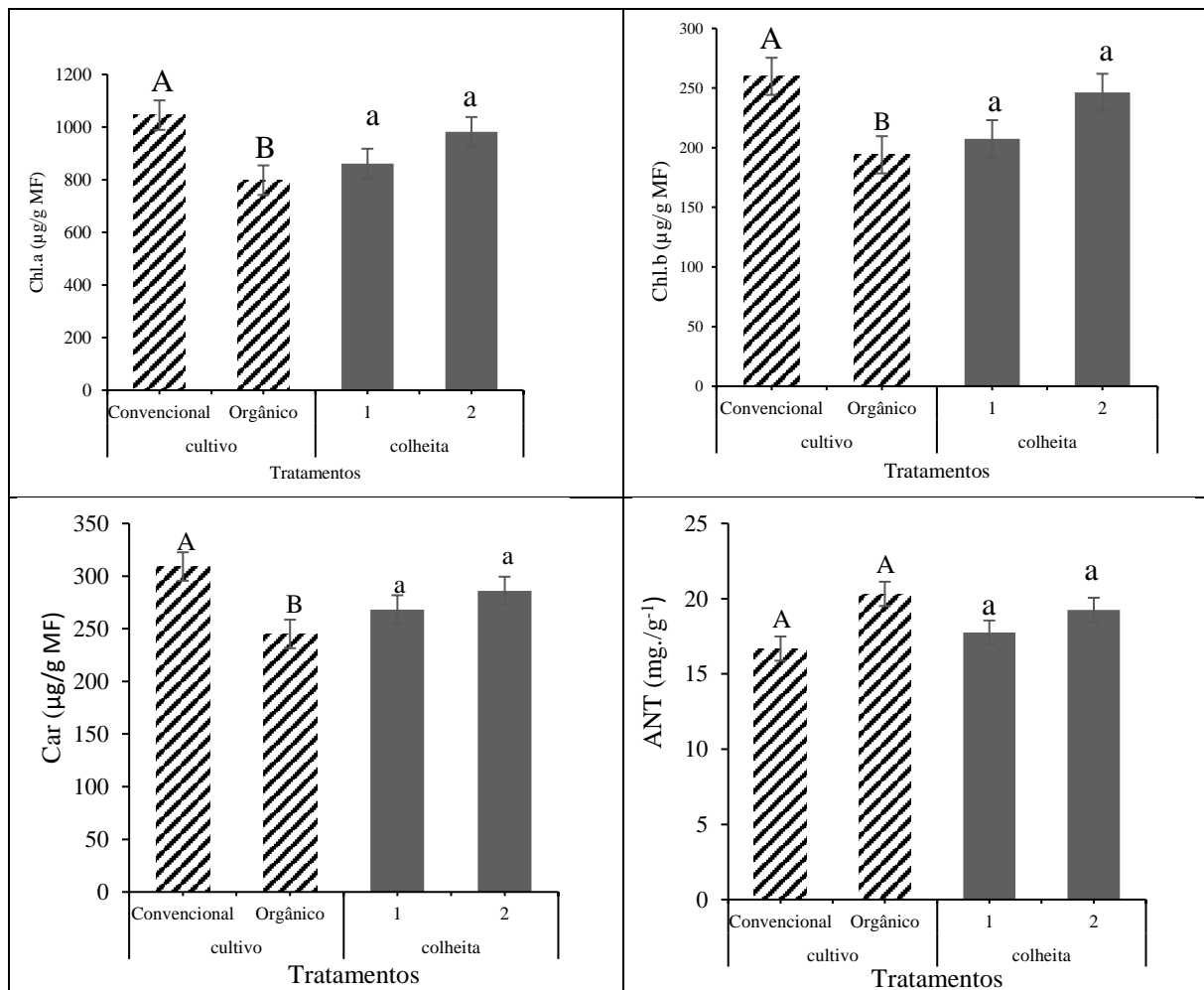
Essa disparidade na composição nutricional é normal uma vez que os adubos orgânicos e químicos possuem liberação de nutrientes de maneiras diferentes, na adubação química os nutrientes logo estão disponíveis para as plantas fazerem uso deles, diferente dos adubos orgânicos, onde há uma liberação dos elementos lentamente sendo sempre recomendada a aplicação um tempo antes do plantio para ficarem disponíveis para as plantas, entretanto apesar da demora em sua disponibilidade, eles têm uma ação prolongada (BARRETO et al., 2016; MACAN et al 2019).

Contudo, foi observado que nutricionalmente (Quadro 3) apesar das diferentes adubações adotadas, não é possível identificar grandes disparidades nas médias de teor dos minerais quantificada entre os cultivos e as colheitas. Apesar de que os sistemas orgânico e convencional terem tempos diferentes de liberação de nutrientes, as plantas oriundas de ambos os cultivos apresentam teores de minerais parecidos. Entretanto importantes minerais nutricionalmente importantes para alimentação humana mostraram diferença estatística.

## 4.2 Análise de pigmentos fotossintéticos e antocianinas

Observa-se que o cultivo convencional apresenta maior conteúdo de clorofila *a* e *b* e carotenoides, do que o cultivo orgânico (Figura 3), o mesmo foi verificado em estudo com pimentão, no qual as concentrações de clorofila *a* e *b* (com médias de 3,76 mg.dm<sup>-2</sup> e 1,14 mg.dm<sup>-2</sup>, respectivamente) foram mais altas no plantio convencional (VILANOVA; SILVA JUNIOR., 2010), diferindo do estudo com espinafre, no qual o cultivo orgânico aumentou o teor de clorofila e carotenoide (Lima et al., 2012).

Figura 1- Conteúdo de pigmentos (µg-1 MF). (Clorofila *a* (Chl *a*); Clorofila *b* (Chl *b*); Carotenoides totais (Car) de serralha em dois ambientes de cultivo (orgânico e convencional) e dois tempos de colheita (colheita 1 e 2).



\* Barras representam a média ± erro padrão. As letras maiúsculas indicam diferenças entre os cultivos. e as letras minúsculas indicam diferença entre as colheitas (Tukey,  $p < 0,05$ ).

Fonte: Do autor, (2022).

A clorofila é o constituinte mais relevante do sistema fotossintético tendo em vista que são moléculas formadas por complexos derivados da porfirina, tendo como átomo central o magnésio (Mg), além de carbono, oxigênio, hidrogênio e nitrogênio em sua composição (TAIZ et al., 2017). O Mg é o componente central da clorofila e sua disponibilidade afeta o teor de clorofila nas folhas, uma vez o Mg corresponde a 2,7 % do peso molecular de forma que nas folhas o nitrogênio está nos cloroplastos como constituinte da molécula de clorofila *a* (MARSCHNER 1995; LIMA et al., 2009; HU et al., 2016;). Outro mineral importante que possui participação na fotossíntese é o Zinco através da enzima carboxilase pirúvica. (TEIXEIRA FILHO, 2013).

Desta forma ao observarmos a tabela nutricional da serralha, notamos que o Mg e Zn tem os maiores percentuais justamente no sistema de cultivo convencional, os teores de hidrogênio e nitrogênio são desconhecidos neste estudo e as porcentagens de Fe e Cu estão muito próximos em ambos cultivos, desta forma atrelando que as maiores porcentagens de Mg foram determinantes para uma maior produção de clorofila no cultivo convencional.

Os carotenóides que constituem os chamados pigmentos acessórios e localizam-se nos cloroplastos associados com a clorofila, tem como funções a proteção da clorofila contra a fotodegradação, bem como a absorção de luz em comprimento de onda diferente do da clorofila, aumentando o potencial energético do sistema de foram que quando há um incremento no teor de carotenóides é resposta de fotoproteção da planta (GIORI, 2010; TAIZ et al., 2017; SILVA, 2020).

Entende-se então que com a relação existente entre clorofilas e carotenóides desencadeou o aumento de carotenóides juntamente com os teores de clorofilas *a* e *b*, uma vez que ambos estão com aumento relacionado ao cultivo convencional, tendo então uma relação proporcional, onde à medida que as clorofilas aumentaram os carotenóides também. Porém as colheitas não foram um fator que desencadeou um aumento ou diminuição no teor desses pigmentos.

As antocianinas são um grupo de pigmento cores em frutas, legumes e hortaliças, como azul, roxo, violeta, magenta, vermelho e laranja (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Esses pigmentos surgem quando há a degradação da clorofila, e as antocianinas começam a dar coloração a frutas e hortaliças (CAMARA, 2017). No caso da serralha por ter coloração verde advém das, desta forma não houve manifestação de antocianinas independente do tratamento adotado.

Neste estudo, mesmo tendo diferenças no teor de clorofilas, e sendo variáveis com relações inversamente proporcional, com relação ao teor de antocianinas, não houve diferença

entre nenhum dos tratamentos. Desta forma, independentemente do sistema de cultivo ou da época de colheita adotada não influenciaria nas antocianinas presentes nas plantas.

#### 4.5 Acidez titulável total (ATT), pH, sólidos solúveis totais (SST) e Razão SST / ATT e Antocianinas (ANT).

Quando as plantas foram colhidas com 56 dias (colheita 2) houve aumento do pH, SST e ATT e as plantas em cultivo convencional apresentaram maior pH, SST, ATT e Ratio, indicando que para esses parâmetros o cultivo convencional é o mais indicado (Tabela 4)

Tabela 2- Valores médios de pH, SST (g.g<sup>-1</sup>), ATT (g.g<sup>-1</sup>), RATIO (SST/ATT), de serralha em dois ambientes de cultivo (orgânico e convencional) e dois tempos de colheita (colheita 1 e 2).

Cultivo	pH	SST	ATT	RATIO
Convencional	5,96 ± 0,01 A	7 ± 0,37 A	0,20 ± 0,01 A	38,58 ± 2,49 A
Orgânico	5,88 ± 0,02 B	6 ± 0,34 B	0,18 ± 0,01 B	30,11 ± 1,59 B
CV (%)	0,67	9,8	7,45	17,66
Colheita 1	5,8 ± 0,01 b	5,8 ± 0,27 b	0,17 ± 0,01 b	34,71 ± 2,68 a
Colheita 2	6,0 ± 0,01 a	7,2 ± 0,35 a	0,21 ± 0,01 a	33,98 ± 2,35 a
CV (%)	0,58	17,8	14,94	23,35

\* Cada valor representa o valor médio ± desvio padrão. As letras maiúsculas indicam diferenças entre os cultivos e as letras minúsculas indicam diferença entre as colheitas (Tukey, p<0,05). \*Valores médios obtidos por análises feitas em triplicatas.

Fonte: Do autor, (2022).

A serralha apresenta valores de pH considerado ácido. Segundo Pereira et al. (2015), folhosas que apresentam pH ácido, apresentam também um sabor amargo, influenciado pelo pH, isto é algo indesejado do ponto de vista comercial. Porém, as folhas de *Sonchus oleraceus* L. caracteristicamente tem sabor ligeiramente amargo, havendo variação de planta para planta, assemelhando-se ao almeirão e couve (SANTOS; CARVALHO; FERREIRA et al., 2012).

Ainda nesta lógica, Oliveira et al. (2020), diz que modificações de pH, ocorrem devido ao acúmulo de ácidos orgânicos e outros compostos nos vacúolos e ativação de enzimas da clorofilase. A análise de SST também apresentou resultados semelhantes ao pH, havendo diferença tanto entre os sistemas de cultivo, quanto entre as colheitas. Esta variável é uma forma indireta de quantificar a quantidade de açúcares, sendo que o teor aumenta à medida que os açúcares tendem a se acumular nas folhas, sendo que estes, representam cerca de 85% a 90% dos sólidos solúveis (NASCIMENTO et al., 2017).

Por isso, o teor de SST torna-se um importante indicativo quanto ao sabor dos produtos hortifrutícolas, representando a concentração de açúcares e outros sólidos, indispensáveis para a avaliação da maturação e qualidade dos alimentos, e por serem capazes de influenciar de forma positiva no sabor das hortaliças. (SANCHES et al., 2017; OLIVEIRA, 2020).

Segundo Pereira et al (2016) a variação de teores de SST são encontrados em folhosas pela influência do Alto teor de acidez titulável, devido aos ácidos orgânicos que ficam dispersos no suco celular e conseqüentemente são contados como sólidos solúveis. Plantas com adequada nutrição de K promove qualitativamente a incrementação no teor de vitamina C e de sólidos solúveis (FERNANDES et al., 2018).

A acidez titulável seguiu os mesmos comportamentos das análises anteriores, havendo diferença entre os cultivos. A acidez titulável de um alimento mede a concentração total de ácido existente nele, sendo esta variável o melhor preditor do impacto do ácido no sabor do que o pH. A acidez titulável e o pH são conceitos interrelacionados na análise de alimentos que fornecem informações sobre a qualidade dos alimentos. Porém somente a ATT não é capaz de dar todas as informações relevantes sobre um alimento, tendo em vista que muitas propriedades alimentares se correlacionam melhor com o pH do que com a concentração de ácido (NEGREIROS et al., 2008).

As hortaliças que apresentam maiores valores de acidez titulável, têm um acentuado sabor ácido, o que pode impactar na aceitação sensorial, apesar de que pode ser uma característica desejável, dado que está relacionada à conservação do produto, abrandando a ação de microrganismos (BESSA et al., 2017; ARAÚJO; CARVALHO; VILAS BOAS, 2020).

A ratio que relaciona as variáveis SST/ATT também apresentou diferenças significativas entre os sistemas de cultivo. Segundo Sganzerla et al., (2019), a relação SST/ATT é uma variável que está comumente relacionada ao fator maturação, onde quanto mais alto o valor desta proporção, melhor é o ponto de maturação, o que influencia na determinação do sabor. Isto implica dizer que as folhas coletadas no cultivo convencional apresentaram maior acidez quando comparadas ao cultivo orgânico levando em consideração que a ATT foi maior neste cultivo.

Pode-se dizer que os teores de SST quando observado de forma isolada, demonstraram que o cultivo convencional foi o sistema que tinha as plantas num ponto de maturação mais avançado. Observou-se também ao comparar as colheitas, que a segunda colheita condicionou maiores acúmulos de pH, SST e ATT, indicando que os estímulos sofridos com a retirada das primeiras folhas condicionaram um aumento nessas variáveis.

Dito isto, para este estudo com *S. oleraceus* pode-se entender que as plantas do cultivo convencional foram as que obtiveram melhor ponto de sabor e maturação. Já em relação a colheita, por mais que se tenha adotado um intervalo de dias entre uma colheita e outra, o ponto de maturação não demonstrou diferença baseado na relação SST/ATT.

#### 4.6 Análise das enzimas antioxidantes, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e MDA

O sistema de cultivo (convencional ou orgânico) e o ponto de colheita não influenciaram na atividade enzimática da SOD, CAT e APX e na concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, porém a peroxidação lipídica (MDA) foi maior na colheita 1 (Tabela 5).

Tabela 3- Valores médios da atividade da SOD (U SOD min<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> MF), CAT (nmol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> min<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> MF), APX (nmol ASA/gMF/min) e quantificação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (mmol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> MF) e MDA (nmol MDA g<sup>-1</sup> MF) em serralha, submetidas a dois ambientes de cultivo (orgânico e convencional) e dois tempos de colheita (colheita 1 e 2).

Cultivo	SOD	CAT	APX	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	MDA
Convencional	41,85 ± 5,7 A	0,06 ± 0,01 A	1,72 ± 0,34 A	9,19 ± 0,63 A	10,85 ± 1,07 A
Orgânico	50,92 ± 7,6 A	0,07 ± 0,01 A	0,82 ± 0,23 A	10,41 ± 0,77 A	9,97 ± 0,46 A
CV (%)	47,63	73,85	59,37	18,47	10,11
Colheita 1	41,77 ± 4,3 a	0,07 ± 0,01 a	0,96 ± 0,22 a	9,79 ± 0,95 a	11,83 ± 0,61 a
Colheita 2	51 ± 8,5 a	0,05 ± 0,01 a	1,58 ± 0,38 a	9,81 ± 0,41 a	8,99 ± 0,76 b
CV (%)	43,3	47,52	56,99	9,81	22,73

\*Cada valor representa o valor médio ± erro padrão da média. As letras maiúsculas indicam diferenças entre os cultivos e as letras minúsculas indicam diferença entre as colheitas (Tukey, p<0,05). CV = Coeficiente de variação.

Fonte: Do autor, (2022).

Foi observado que os tratamentos adotados sistemas de cultivo e época de colheita não influenciaram para uma maior atividade das enzimas. Tendo em vista que o sistema de enzimas antioxidante age na eliminação das espécies de oxigênios reativas quando há uma produção em excesso por parte das plantas.

Todavia, as plantas só produzem as EROs quando estão sob a condição de estresse havendo um acúmulo celular de EROs, e mediante a isto estimula-se então as substâncias antioxidantes enzimáticas para que haja a eliminação destas espécies reativas de oxigênio. Entretanto quando há um equilíbrio entre as condições de produção e neutralização por parte dos antioxidantes não enzimáticos das EROS, não há estímulo na produção do sistema antioxidante enzimático (MARTELLI; NUNES, 2014).

De posse a isto, foi observado que não há altos níveis na atividade das enzimas antioxidantes sendo produzida pelas espécies cultivadas em ambos os cultivos e que o estresse

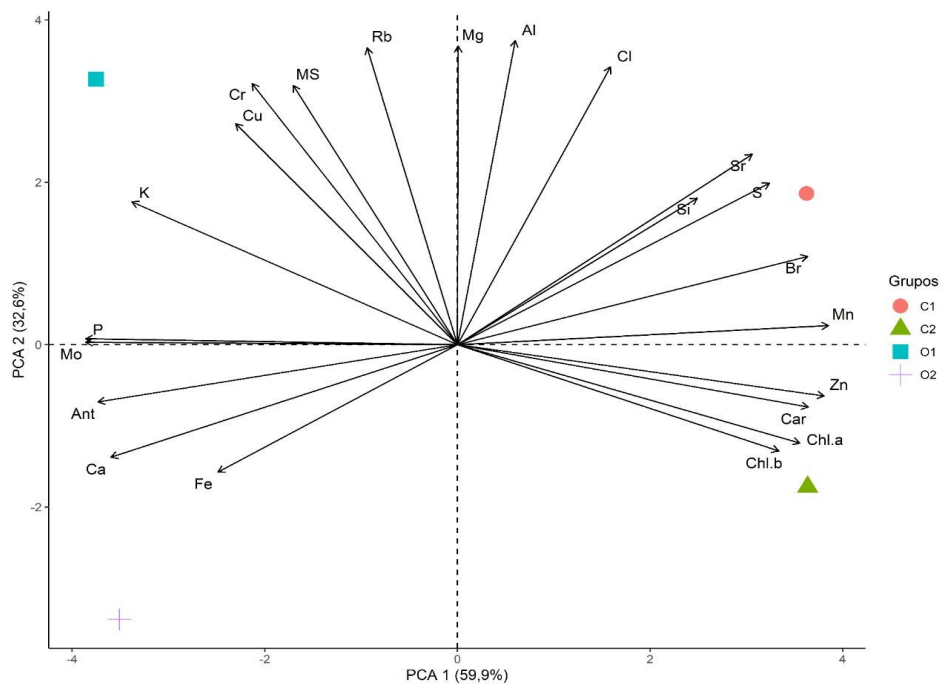


que a planta sofre ao ter suas folhas destacadas não cria grandes impactos ao ponto que haja uma grande produção das espécies reativas e desencadeie a atividade das enzimas antioxidantes na serralha.

#### 4.7 Análise de componentes principais e correlação

Os minerais identificados e quantificados relacionado aos pigmentos fotossintetizantes foram correlacionados por meio da Análise de componentes Principais (PCA), que explicou 61% da variância dos dados coletados. Nota-se que os diferentes minerais e pigmentos se agruparam de acordo com os tratamentos (cultivo e colheita). Separado por grupos, percebe-se que o grupo C1 engloba Al, Cl, Si, S, Br e Mn. Já o grupo C2 englobou todos os pigmentos e somente zinco. Os grupos O1 comporta o P, K, Cu, Cr, Rb e também a massa seca e O2 foi o grupo que menos englobou minerais e teve o pigmento antocianinas. Isso demonstrou com os minerais e pigmentos estão correlacionados (Figura 4).

Figura 2 - Análise de componentes principais (PCA) dos minerais em % e do conteúdo de pigmentos ( $\mu\text{g g}^{-1}$  MF). (Clorofila *a* (Chl *a*); Clorofila *b* (Chl *b*); Carotenoides totais (Car) e antocianinas ( $\text{mg g}^{-1}$ ), que apresentaram mais correlação positiva ( $p < 0,05$ ). (C1=Convencional na colheita 1; C2= Convencional na colheita 2; O1= Orgânico na colheita 1; O2= Orgânico na colheita 2).



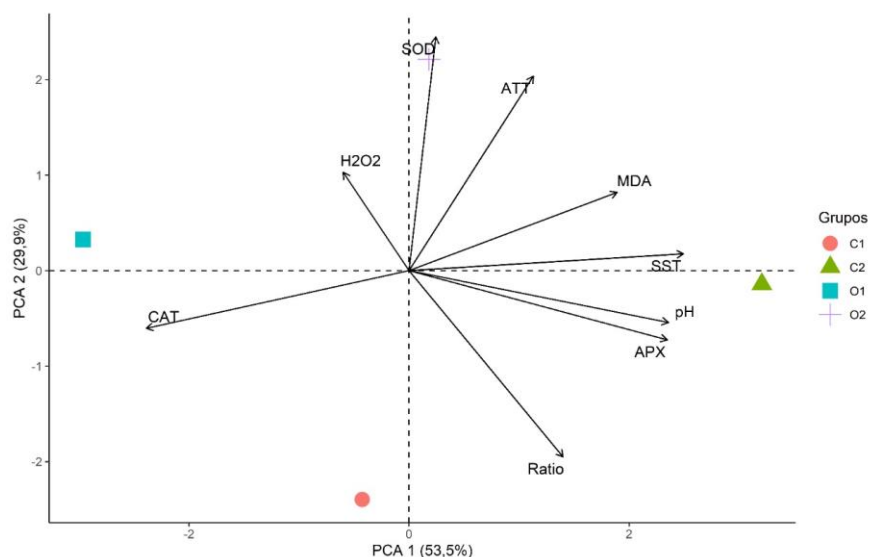
Fonte: Do autor, (2022).

Foi observado na PCA um agrupamento do mineral Zn com os pigmentos Chl *a*; Chl *b*; Car, mostrando aproximação entre as setas. Em contrapartida tem-se uma oposição dos pigmentos com Rb, Cr, Cu, K, P, onde as setas mostraram-se opostas ao primeiro grupamento.

Esta conotação acontece devido a necessidade que a planta tem dos minerais com relação a produção dos pigmentos, onde os nutrientes que são mais requeridos para a biossíntese deles tendem a se agrupar. Nesta lógica, TAVANTI *et al.* (2021) diz que os minerais são elementos fundamentais na fotossíntese, onde o Zn é necessário para vários processos fisiológicos e bioquímicos, incluindo fotossíntese, síntese de proteínas, regulação do crescimento. O micronutriente zinco está presente na síntese e construção da clorofila pela enzima carboxilase pirúvica. (TEIXEIRA FILHO, 2013; TAIZ *et al.*, 2017). Desta forma o agrupamento junto aos pigmentos se justifica por essa necessidade que as clorofilas tem desse mineral.

Também foi observado que os fatores físico-químicos estão relacionados às enzimas antioxidantes, onde foram correlacionados por meio da Análise de Componentes Principais (PCA), que explicou 82,2% da variância dos dados coletados (Figura 5). Separado por grupos, percebe-se que o grupo C2 engloba pH, SST, MDA e APX, o grupo C1. Os grupos O1 engloba H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, MS e CAT e o O2 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, SOD e ATT.

Figura 3 - Análise de componentes principais (PCA), das variáveis de SOD (U SOD min<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> MF), CAT (nmol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> min<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> MF), APX (nmol ASA/gMF/min), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (mmol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> MF), MDA (ηmol MDA g<sup>-1</sup> MF), de pH, SST (g.g<sup>-1</sup>), ATT (g.g<sup>-1</sup>), RATIO (SST/ ATT que apresentaram mais correlação positiva (p < 0,05) de serralha em dois ambientes de cultivo (orgânico e convencional) e dois tempos de colheita (colheita 1 e 2).

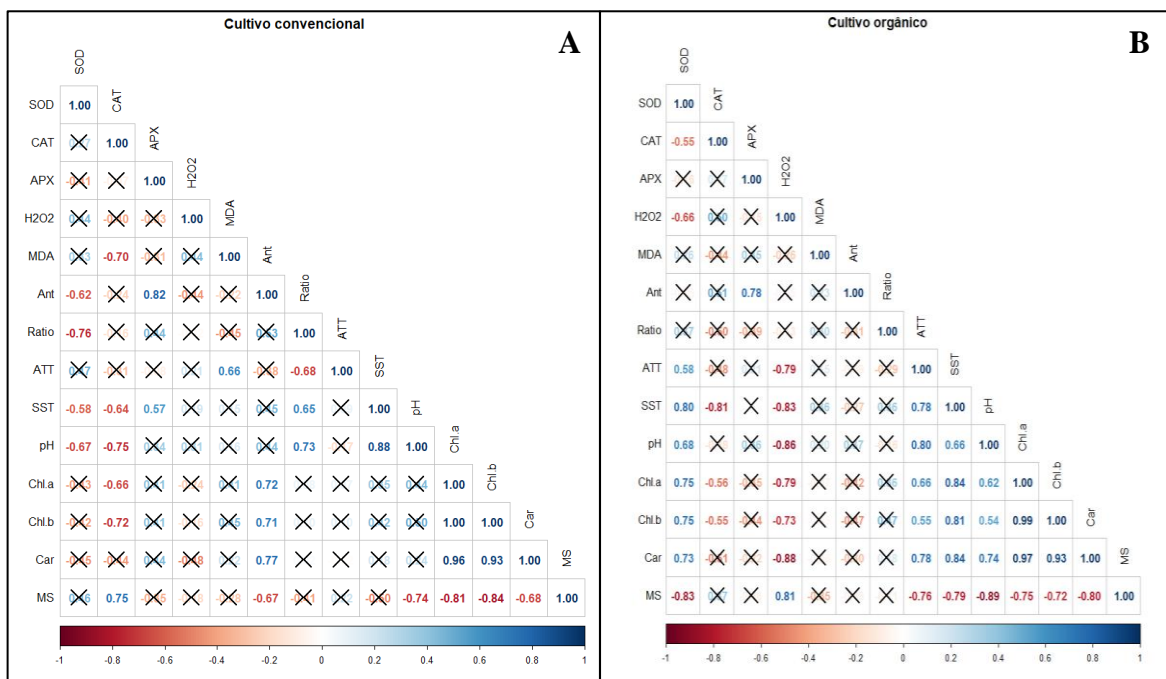


\*(C1=Convencional na colheita 1; C2= Convencional na colheita 2; O1= Orgânico na colheita 1; O2= Orgânico na colheita 2).

Fonte: Do autor, (2022).

A partir das análises dos resultados é possível afirmar que houve correlações positivas e negativas que foram significativas a nível de probabilidade de 5%. Na Figura 6 e 7 os valores positivos e negativos estabelecem as relações inversas, as quais podem ser visualizadas nas correlações ilustradas. Para o cultivo convencional, as relações de maiores significâncias foram para as antocianinas e enzimas antioxidantes, com relação positiva para APX e negativa para SOD. Os elementos físico-químicos (pH, SST, ATT e RATIO) houve relações positivas entre eles e negativa com a SOD e CAT.

Figura 4- Correlação entre taxa de assimilação SOD ( $\text{U SOD min}^{-1} \text{g}^{-1} \text{MF}$ ), CAT ( $\text{nmol H}_2\text{O}_2 \text{min}^{-1} \text{g}^{-1} \text{MF}$ ), APX ( $\text{nmol ASA/gMF/min}$ ),  $\text{H}_2\text{O}_2$  ( $\text{mmol H}_2\text{O}_2 \text{g}^{-1} \text{MF}$ ), MDA ( $\text{nmol MDA g}^{-1} \text{MF}$ ), pH, SST ( $\text{g.g}^{-1}$ ), ATT ( $\text{g.g}^{-1}$ ), RATIO (SST/ATT), Chl *a* ( $\mu\text{g g}^{-1} \text{MF}$ ), Chl *b* ( $\mu\text{g g}^{-1} \text{MF}$ ), Car ( $\mu\text{g g}^{-1} \text{MF}$ ), Ant ( $\text{mg.g}^{-1}$ ) e MS (g) para o cultivo orgânico e convencional.



Fonte: Do autor, (2022).

No cultivo convencional e orgânico foram observadas correlações altas e positivas e negativas. Para o cultivo convencional correlações positivas no cultivo convencional entre a enzima CAT e MS; APX e Ant, além das características físico-químicas e pigmentos terem correlação positiva. Já para o cultivo orgânico houveram correlações positivas entre a enzima SOD e ATT, SST, pH, pigmentos e MS; APX.

Em contrapartida, também foram observadas correlações negativas em ambos os cultivos. No cultivo convencional, observado na SOD com as variáveis Ant, Ratio, SST, pH. Já

no cultivo orgânico foram observadas correlações negativas entre SOD e CAT, MS; CAT e SST, Chl *a*, Chl *b*; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

A atividade das enzimas é um fator que permite a integridade da planta e conseqüentemente, preserva o aparato fotossintético, o que explicaria os valores positivos entre as mesmas e os pigmentos. À exceção da enzima CAT, onde a depender da sua classificação, atua nos tecidos fotossintéticos, promovendo a remoção do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> produzido pelo processo de fotorrespiração. Desse modo, a relação inversa com os pigmentos observada na correlação negativa poderia ser explicada por tal proteína ser encontrada nos peroxissomos, que está associado aos cloroplastos, onde são encontradas as clorofilas. (RESENDE et al., 2003; TUZET et al., 2019).

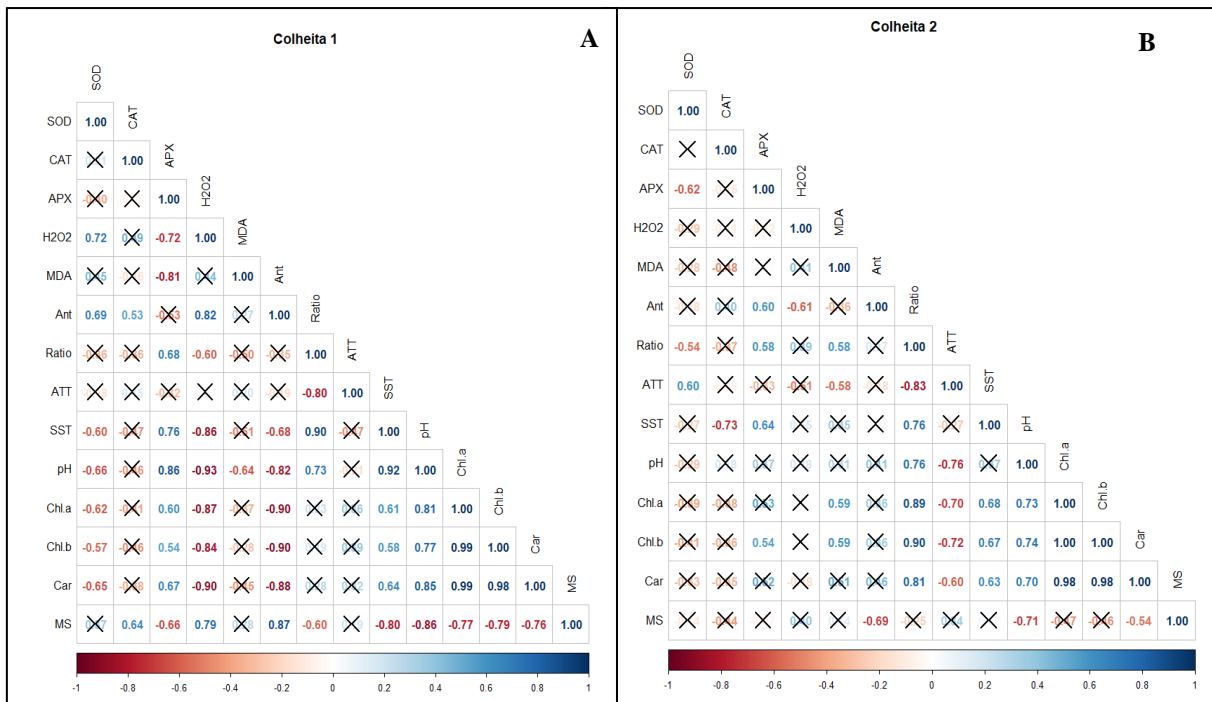
O aumento da produção de espécies reativas, especialmente o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> leva ao aumento da peroxidação lipídica, cujo principal subproduto é o malondialdeído (MDA) (SHAH et al., 2017). Na fase inicial da peroxidação lipídica ocorre a redução do O<sub>2</sub>, formando as espécies reativas de oxigênio. Assim, as correlações negativas entre ambos os substratos poderiam ser explicadas devido a diminuição nos níveis de MDA estarem sendo relacionadas ao aumento na produção de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, a partir da redução de O<sub>2</sub> (TAIZ et al, 2017).

A correlação entre a atividade enzimática e as características físico-químicas basicamente se mostraram diferentes em função do cultivo. No cultivo convencional onde as características físico-químicas foram superiores, a correlação foi negativa com algumas enzimas o que poderia ser explicado devido os níveis de pH estarem fortemente associados ao aumento na concentração de ácidos, comprometendo as reações químicas na planta e proporcionando em maior atividade do sistema antioxidante (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Ao analisar o gráfico para as colheitas 1 e 2 (Figura 7) observa-se que houve correlações positivas e negativas que foram significativas a nível de probabilidade de 5%. Para a colheita 1, as relações de maiores significância para as antocianinas foi positivamente com as enzimas antioxidantes SOD, CAT e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Entre as características físico-químicas, o pH teve correlações positivas com Ratio e SST. A Ratio mostrou correlação positiva com APX e negativa com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Já os SST correlacionaram-se positivamente com RATIO e APX e negativado com SOD E H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. A ATT somente apresentou relações negativa com a Ratio.

Figura 5- Correlação entre as atividades da SOD (U SOD min<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> MF), CAT (nmol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> min<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> MF), APX (nmol ASA/gMF/min) e quantificação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (mmol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> MF), MDA (ηmol MDA g<sup>-1</sup> MF).

<sup>1</sup> MF), pH, SST (g.g<sup>-1</sup>), ATT (g.g<sup>-1</sup>), RATIO (SST/ATT), Chl *a* (µg g<sup>-1</sup> MF), Chl *b* (µg g<sup>-1</sup> MF), Car (µg g<sup>-1</sup> MF), Ant (mg.g<sup>-1</sup>) e MS (g) para a colheita 1 e 2.



Fonte: Do autor, (2022).

Na segunda colheita, foi observado correlação positiva entre Antocianina e APX e negativa com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. As variáveis físico-químicas, pH tiveram correlações positivas com Ratio somente. Ratio mostrou correlação positiva com APX e MDA, os SST correlacionaram-se positivamente com RATIO e APX e negativado com a Ratio. ATT somente apresentou relações negativa com a Ratio e MDA e positiva com a SOD.

As variáveis físico-químicas além de correlação positiva entre eles, apresentaram também com a SOD e negativa com a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, os pigmentos obtiveram relações com as variáveis físico-químicas e SOD e negativo com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Os pigmentos (Chl *a* Chl *b*, Car) somente tiveram relações positivas entre eles e com as variáveis físico-químicas, com exceção da ATT que houve correlação negativa com todos os pigmentos.

Os pigmentos fotossintéticos estão envolvidos em processos fotossintéticos e defesas não enzimáticas principalmente contra o estresse luminoso evitando a formação de espécies reativas de oxigênio. Quando ocorre aumento dos EROs acaba por ter a degradação desses pigmentos (TAIZ et al., 2017; VIEIRA et al., 2010). Já as enzimas antioxidantes compõem o sistema de defesa enzimáticos de defesa dos vegetais.

Uma alta expressão das enzimas correlaciona-se com relação ao teor de pigmentos encontrados, visto que a fotossíntese é influenciada pela capacidade de pigmentos

fotosintéticos. Em acordo com isto, JIA, Peng-Yan et al. (2018) ao estudar 3 espécies selvagens do gênero *Sonchus*, incluindo *S. oleraceus* L. observou essa relação entre o sistema de defesa da planta e os pigmentos, onde os mesmos interagem principalmente em situação de estresse, uma vez que ocorre a formação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> nos peroxissomos, produzido a partir da conversão do glicolato a aldeído ácido glioxilato (TAIZ et al., 2017).

Foi observado também uma relação negativa entre as Chl *a* Chl *b* e Car com as antocianinas. De forma que, os pigmentos fotosintetizantes são encontrados em maior quantidade em produtos verdes, e com a evolução da maturação, as clorofilas são degradadas dando origem a outros pigmentos como as antocianinas, existindo assim, uma relação direta entre a degradação da clorofila *a* e atuação de antocianinas (CHAGAS, 2015; CAMARA, 2017).

Pigmentos e variáveis físico-químicas apresentam correlações, de modo que, as transformações no pH, causadas principalmente pelo acúmulo de ácidos orgânicos e outros compostos nos vacúolos e presença de sistemas oxidantes, fazendo com que haja a decomposição das clorofilas (CHITARRA; CHITARRA, 2005; VON ELBE, 2000; SHOEFS, 2002).

Ainda neste sentido, as variáveis SST, ATT e Ratio são variáveis correlacionadas em função de amadurecimento de frutas e hortaliças, fenômeno atribuído ao consumo dos ácidos orgânicos, presentes como substrato para o processo de respiração dos vegetais, causando alterações nos seus teores (COSTA, 2020).

Desta forma, a relação dos pigmentos e compostos físico-químicos ocorre de modo positiva ou negativa de acordo com o ponto de maturação da serralha onde vai haver ou não a degradação dos pigmentos. Tais resultados se mostram importantes para o entendimento do comportamento da espécie *Sonchus oleraceus* L. possibilitando e facilitando estudos para potencializar o valor nutricional dessa hortaliça.

## 5. CONCLUSÃO

A espécie *Sonchus oleraceus* L. apresentou maior rendimento de massa seca no cultivo orgânico, para colheita 1. O cultivo convencional obteve maior conteúdo dos minerais Cl, Mn, Zn, Br e Sr entretanto o cultivo orgânico teve maiores conteúdos de P, Ca e Mo. O cultivo convencional obteve maior conteúdo das clorofilas *a*, *b* e carotenoides. As colheitas não influenciaram no conteúdo de pigmentos. O cultivo convencional obteve os maiores valores para as características físico-químicas pH, SST, ATT, Ratio. Em relação a colheita, houve

diferença para as características físico-químicas, com exceção da relação SST/ATT. Não houve diferença entre os tratamentos para a atividade da SOD, CAT, APX e quantificação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Houve diferença na colheita para MDA.

## 6 REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M. Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba. Agropecuária. 2002.
- ALSCHER, R. G.; ERTURK, N.; HEATH, L. S. Role of superoxide dismutase (SODs) in controlling oxidative stress in plants. **Journal of Experimental Botany**, V. 53, P. 1331-1341. 2002.
- AMARO, A. C. E. **Efeitos fisiológicos de fungicidas no desenvolvimento de plantas de pepino japonês enxertadas e não enxertadas, cultivadas em ambiente protegido**. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Horticultura) -Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.
- ANJOS, M. R. M. et. al. A relação dos micronutrientes e sistema imune. **Revista Campo do Saber, Cabedelo** – Paraíba, v.3, n.3, p.5-12, nov/dez. de 2017.
- ARBOS, Kettelin Aparecida et al. Segurança alimentar de hortaliças orgânicas: aspectos sanitários e nutricionais. **Food Science and Technology**. v. 30, p. 215-220, 2010.
- ARAÚJO, A. B. S.; CARVALHO, E. E. N.; VILAS BOAS, E. V. B. Influência da embalagem na qualidade pós colheita de “baby leaf” de agrião da terra. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, 2020.
- ARANHA, C.; BACCHI, O.; LEITÃO FILHO, H. In: Plantas invasoras de culturas. Campinas. **Instituto Campineiro de Ensino Agrícola**, v.2, p.412-413. 1982.
- BARBOSA, M. R. et al. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, p. 453-460, 2014.
- BARBOSA, M. P.; CANTARELLA, H.; WIETHÖLTER, S. Arroz, milho e trigo. **BINOVA**. Micronutrientes. Ribeirão Preto: Binova, 2002.
- BARCIA, M. T.; PERTUZATTI, P. B.; JACQUES, A. C.; GODOY, H. T.; ZAMBIARI, R. Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Percent Composition of Jambolão Fruits (*Syzygium cumini*). **The Natural Products Journal, Shariah**, v. 2, n.2, p. 129-138, 2012.
- BARRETO, C. F.; LÚCIO, P.; MARTINS, C. R. Efeito da torta de mamona e tungue como fertilizante orgânico e manejo de irrigação na produção da figueira em sistema orgânico. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 509-518, 2016.
- BEZERRA, B. K. L., LIMA, G. P. P., REIS, A. R., SILVA, M. A., CAMARGO, M. S. Physiological and biochemical impacts of silicon against water deficit in sugarcane. **Acta Physiol. Plant**. 41, 189. 2019.
- BEGON, M.; HARPER, J. L. & TOWNSEND, C. R. Ecology: individuals, population and communities. **Oxford, Blackwell Science**. 2008.



BESSA, A. T. M.; LOPES, W. A. R.; SILVA, O. M. P.; LIMA, M. F. P.; OLIVEIRA, P. R. H.; SOUSA, H. C.; AGUIAR, A. F.; NEGREIROS, M. Z. Caracterização físico-química de alho 'BRS Hozan' e 'Roxo Pérola de Caçador' em função do tempo de armazenamento. **Revista Colombiana de Ciências hortícolas**, v. 11, n. 2, p. 368-377, jul./dez. 2017.

BUEGE, John A.; AUST, Steven D. [30] Microsomal lipid peroxidation. In: **Methods in enzymology**. Academic press, 1978. p. 302-310.

BIONDO, Elaine et al. Diversidade e potencial de utilização de plantas alimentícias não convencionais no Vale do Taquari, RS. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 4, n. 1, p. 61-90, 2018.

BIEMELT, Sophia; KEETMAN, Ulrich; ALBRECHT, Gerd. Re-aeration following hypoxia or anoxia leads to activation of the antioxidative defense system in roots of wheat seedlings. **Plant Physiology**, v. 116, n. 2, p. 651-658, 1998.

BOTREL, Neide et al. Valor nutricional de hortaliças folhosas não convencionais cultivadas no Bioma Cerrado. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, 2020.

BLOKHINA, O.; VIROLAINEN, E.; FAGERSTEDT, K. V. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. **Annals of Botany**, London, v. 91, n. 2, p. 179-194, 2003.

BRASIL. Lei n. 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Diário oficial, Brasília, 24 dez. 2003.

BRASIL. DECRETO n. 6.323, de 27 de dezembro de 2007. Dispõe sobre agricultura orgânica, e da outras providências. Diário oficial, Brasília, 27 dez.2007.

BRANCO, Ana Carolina Franco Versos Brígida. **Caracterização nutricional e toxicológica de espécies de plantas silvestres. Análise mineral, antioxidante e de lectinas**. 2015. Tese de Doutorado. ISA/UL. 2015.

CAKMAK, Ismail et al. Magnesium: a forgotten element in crop production. **Better crops**, v. 94, n. 2, p. 23-25, 2010.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia: alguns conceitos e princípios. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004.

CHAGAS, P. C. et al. Caracterização centesimal e compostos bioativos de frutos de taperebá em diferentes estádios de maturação. In: Embrapa Roraima-Artigo em anais de congresso (ALICE). Aracaju: Universidade Federal de Sergipe, 2015.

CHEN, L.; LIN, X.; FAN, X.; QIAN, Y. et al. Sonchus oleraceus Linn extract enhanced glucose homeostasis through the AMPK/Akt/ GSK-3 $\beta$  signaling pathway in diabetic liver and HepG2 cell culture. **Food and Chemical Toxicology**, 136, 2020.

CHITARRA; M. I. F; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.

CIRQUEIRA, M. S. et al. Adubação orgânica na produção da alface (*lactuca sativa* L.): um enfoque na produtividade e saúde humana. In: 8ª JICE-JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO. 2017.

COSTA, V. C. N. et al. **Desempenho fotossintético, crescimento, produção e qualidade pós-colheita de variedades de jambu sob calagem e fertilização nitrogenada.** 2020. Dissertação de mestrado (Mestrado em agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém. PA. 2020.

COSTA, K. G. **Utilização da amêndoa de mangas na produção de Filmes comestíveis para frutas e hortaliças.** 2020. Dissertação de mestrado (Mestrado em agronomia). Universidade do Estado da Bahia. Juazeiro. BA. 2020.

CORRÊA, J. C.; MING, L. C.; SCHEFFER, M. C. Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas. Curitiba: SEAB/ EMATER. 162p. 1991.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. Química de Alimentos de Fennema. 4. ed. Tradução de Adriano Brandelli. Porto Alegre: Editora Artmed, 2010.

DE SOUSA, M. J. D.; CAJÚ, M. A. D.; OLIVEIRA, C. P. A. A importância da produção agrícola orgânica na agricultura familiar. ID on line. **Revista de psicologia.** 10, n. 31, p. 82-100, 2016.

DEUS, Valterney Lima ET AL. Compostos fenólicos em hortaliças cultivadas nos sistemas convencional e orgânico: uma revisão. **Brazilian Journal of Health and Pharmacy.** v. 1, n. 1, p. 70-84, 2019.

DEGL'INNOCENTI, E.; TOGNONI, F.; PARDOSSI, A.; GUIDI, L. Physiological basis of sensitivity to enzymatic browning in 'lettuce', 'escarole' and 'rocket salad' when stored as fresh-cut products. **Food Chem.** 104(3):209 –215, 2007.

DIETZ, K.J.; JACOB, S.; OELZE, M.L.; LAXA, M.; TOGNETTI, V.; DE MIRANDA, S.M. N.; FINKEMEIER, I. The function of peroxiredoxins in plant organelle redox metabolism. **Journal of Experimental Botany**, [S.l.], v. 57, n. 8, p. 1697-1709, 2006

DOGAN, S P. T. M; DOGAN, A. O.; ALKAN, M. 2007. Partial characterization of peroxidase from leaves of thymbra plant (*Thymbra spicata* L. var. *spicata*). Eur. **Food Res. Technol.** 225: 865-871.

EHLERS, E. M. **O que se entende por agricultura sustentável.** 1994. Dissertação (Mestrado em ciência ambiental). Universidade de São Paulo. São paulo. 1994.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. 2nd. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2005.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas.** Lavras: UFLA / FAEPE. PósGraduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente, 2005.

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. de; SANTOS, L. A. Nutrição Mineral de Plantas. 2ª edição. Viçosa, MG. 2018.

FERREIRA, E. B. et al. "Package 'ExpDes. pt'." (2021).

FONSECA, C.; LOVATTO, P.; SCHIEDECK, G.; HELLWIG, L.; GUEDES, A. F. A importância das Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCS) para a sustentabilidade dos sistemas de produção de base ecológica. In: VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO, X CONGRESSO BRASILEIRO e V SEMINÁRIO DO DF E ENTORNO, 1., 2018, Brasília. Anais [...], Brasília: **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1. p. 1-7. 2018.

FIDELIS, Cristianne Martins Ferreira; OSÓRIO, Mônica Maria. Consumo alimentar de macro e micronutrientes de crianças menores de cinco anos no Estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, v. 7, p. 63-74, 2007.

FOYER, C.H.; NOCTOR, G. Redox sensing and signalling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes and mitochondria. **Physiol. Plant.** 119: 355-364, 2003.

FLORENCE, O. J.; ADEOLU, A. A.; ANTHONY, J. A. Comparison of the Nutritive Value, Antioxidant and Antibacterial Activities of *Sonchus asper* and *Sonchus oleraceus*. **Records of Natural Products**. 5, n. 1, p. 29-42, 2011.

FREITAS, T. V. O. N.; GASPAS, F. G. Impactos do manganês na saúde pública. **RevInter**, v. 11, n. 3, 2018.

GHIMIRE, Bimal Kumar et al. Influence of Harvesting Time on Phenolic and Mineral Profiles and Their Association with the Antioxidant and Cytotoxic Effects of *Atractylodes japonica* Koidz. **Agronomy**. v. 11, n. 7, p. 1327, 2021.

GILLIHAM, M., DAYOD, M., HOCKING, B. J., XU, B., CONN, S. J., KAISER, B. N., LEIGH, R. A., Tyerman, S. D. Calcium de liver yand storage in plant leaves: Exploring the link with water flow. **J. Exp. Bot.** 2011.

GILL, Sarvajeet Singh; TUTEJA, Narendra. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant physiology and biochemistry**, v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010.

GIANNOPOLITIS, Constantine N.; RIES, Stanley K. Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants. **Plant physiology**, v. 59, n. 2, p. 309-314, 1977.

GIORI, F. P. **Adaptação de metodologia de digestão in vitro e determinação da bioacessibilidade in vitro  $\beta$ -caroteno em três variedades de batata-doce de polpa alaranjada**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2010.

GOBBO, L. e LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, Vol. 30, No. 2, 374-381, 2007.

GOULARTE, Juliane; SANTOS, Natiely Quevedo; ZIECH, Ana Regina Dahlem. Plantas medicinais: cultivo e conhecimento pela população urbana de Santa Helena/PR. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 24, n. 1, p. 89-102, 2021.

GONÇALVES, Ana Stella Freire; OLIVEIRA, Sebastião Soares; MACHADO, Guilherme Gonçalves. Uso de micronutrientes na agricultura: efeitos e aplicações. **Rev Agr Bras**, v. 3, p. 1-4, 2019.

GUIL, Jose Luis; GIMEÇNEZ, Antonio. Nutritional Composition of Species *Sonchus asper* oleraceus L and *tenerrimus* (S L, S S L). **J Sci Food Agric**, v. 76, n. 628, p. 632, 1998.

GLOVER, J.; REGANOLD, J.; ANDREWS, P. Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington State. **Agriculture, ecosystems & environment**. 80, n. 1-2, p. 29-45, 2000.

HAVIR, E. A.; MCHALE, N. A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. **Plant Physiology, Rockville**. v. 84, p. 450-455, 1987.

HASANUZZAMAN, Mirza et al. Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: Revisiting the crucial role of a universal defense regulator. **Antioxidants**, v. 9, n. 8, p. 681, 2020.

HEREWARD, James P. et al. Complete chloroplast genome of glyphosate resistant *Sonchus oleraceus* L. from Australia, with notes on the small single copy (SSC) region orientation. **Mitochondrial DNA Part B**, v. 3, n. 1, p. 363-364, 2018.

HU, C. C. et al. Determination of carotenoids in *dundaliellansalina* cultivated in taiwan and antioxidant capacity of the algal carotenoid extract. **Food chemistry**, 1009, pp. 439-446. 2016.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ªed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

IMRAN, M., HUSSAIN, S., EL-ESAWI, M.A., RANA, M.S., SALEEM, M.H., RIAZ, M., ASHRAF, U., POTCHO, M.P., DUAN, M., RAJPUT, I.A., TANG, X., Molybdenum supply alleviates the cadmium toxicity in fragrant rice by modulating oxidative stress and antioxidant gene expression. **Biomolecules** 10, 1–17. 2020.

JIMOH, F. O.; ADEDAPO, A. A.; AFOLAYAN, A. J. Comparison of the nutritive value, antioxidant and antibacterial activities of *Sonchus asper* and *Sonchus oleraceus*. **Rec Nat Prod**. 5, n. 1, p. 29-42, 2011.

JIA, Peng-Yan et al. Physiological characteristics of three wild *Sonchus* species to prolonged drought tolerance in arid regions. **Pak. J. Bot**, v. 50, n. 1, p. 9-17, 2018.

JORGE, L. I. F.; FERRO, V. O. Identificação de *Sonchus oleraceus* L. (Serralha) principais características estruturais e químicas. **Revista Brasileira de Farmacognesia.**, v.2, p.3-4, 1998.

JUHAIMI, F. et al. Comparative study of mineral and oxidative status of *Sonchus oleraceus*, *Moringa oleifera* and *Moringa peregrina* leaves. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 11, n. 4, p. 1745-1751, 2017.

JÚNIOR, Joaquim Souto Silva; SÁ, Marco Eustáquio. Aplicação de produtos biológicos estimulantes no desenvolvimento vegetal em hortaliças. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. e182101220353-e182101220353, 2021.

KOBAYASHI, T., Nozoye, T., Nishizawa, N. K. Iron transport and its regulation in plants. *Free Radic. Biol. Med.* 2019.

KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. Package factoextra: Extract and visualize the Results of Multivariate Data Analyses. **R Package Version** 1.0. 7. 2017.

KIRKBY, Ernest Arnold; RÖMHELD, Volker. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **Informações agronômicas**, v. 118, n. 2, p. 1-24, 2007.

Kinupp, V. F.; Lorenzi H (2014) Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. Plantarum, Nova Odessa. 768p

KRAEMER, Carolina et al. Nitrato, nitrito, cálcio, potássio e sódio em hortaliças orgânicas, hidropônicas e convencionais. **Revista uningá review**, v. 35, p. eRUR2933-eRUR2933, 2020.

KUMAR, Ashish et al. The pre-eminence of agro-parameters and chemical constituents in the influence of harvest interval by traits× environment interaction over the years in lemon-scented basil (*Ocimum africanum* Lour.). **Industrial Crops and Products**. v. 172, p. 113989, 2021.

LASSI, Z. S. et al. Systematic review on evidence-based adolescent nutrition interventions. **Annals of the New York Academy of Sciences**.v. 1393, n. 1, p. 34–50, 2017.

LEE, D. H.; FRANCIS, F. J. Standardization of Pigment Analyses in Cranberries. **HortScience. Stanford**, v. 7, n. 1, p. 83-84, 1972.

LICHTENTHALER, H. K., WELLBURN, A. R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions**. 603, 591-592. 1983.

LI, W.; SUN, H.; ZHOU, J.; ZHANG, Y. *et al.* Antibacterial activities, antioxidant contents and antioxidant properties of three traditional chinese medicinal extracts. **Bangladesh Journal of Pharmacology**, 10, n. 1, p. 131-137, 2015.

LIMA, G. P. P; BORGES, L. S; MANOEL, L; FLEURI, F; VIEIRA, M. C. S. Pigmentos e teor de água em espinafres orgânicos e convencionais. **Horticultura Brasileira**. 2012.

LIMA, J. M. P.; DANTAS, B. F.; ASSIS, J. S.; SOUZA, C.R.; ALBUQUERQUE, T.C.S.; Aspectos fisiológicos. In: SOARES, J.M.; LEÃO, P.C.S. (Ed.). A viticultura no semiárido brasileiro. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; **Petrolina: Embrapa Semiárido**, 2009, p.73-108.

MA, D., SUN, D., WANG, C., DING, H., QIN, H., HOU, J., HUANG, X., XIE, Y., GUO, T. Physiological responses and yield of wheat plants in zinc-mediated alleviation of drought stress. *Front. Plant Sci.* 8, 860. 2017

MACAN, GIOVANA PRADO FORTUNA; PINTO, DIEGO FONTEBASSO PELIZARI; HOMMA, SÉRGIO KENJI. Eficiência de diferentes adubos orgânicos na adubação do milho. **Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 04, p. 66-74, 2019.

- MAGGIO, A; PASCALE, S; PARADISO, R; BARBIERI, G. Quality and nutritional value of vegetables from organic and conventional farming. **Scientia Horticulturae** n.164. 532–539p. 2013
- MANALIL, S.; ALI, H. H.; CHAUHAN, B. S. Interference of annual sowthistle (*Sonchus oleraceus*) in wheat. **Weed Science**. 68, n. 1, p. 98-103, 2019.
- MARSCHNER, P., Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants: Third Edition, Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants: Third Edition. **Elsevier Inc.** 2011.
- MARTINS ER; CASTRO DM; CASTELLANI DC; DIAS JE. Plantas medicinais. Viçosa: UFV - Imprensa Universitária. 220p. 1995.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo**. São Paulo: Ceres, 1976.
- MARSCHNER, P. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3rd. ed. London: **Elsevier**, 651. 2012.
- MARTELLI, Felipe; NUNES, Francis Morais Franco. Radicais livres: em busca do equilíbrio. **Ciência e Cultura**, v. 66, n. 3, p. 54-57, 2014.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition fhgher plants, 3. ed. Academic Press, London. 1995.
- MELO FILHO, A. B.; SILVA, A. M. A. D.; VASCONCELOS, M. A. S. Análises físico-químicas dos alimentos. Recife: Editora EDUFRPE, 2013.
- MEHLA, Neeti et al. An introduction to antioxidants and their roles in plant stress tolerance. In: Reactive oxygen species and antioxidant Systems in Plants: role and regulation under abiotic stress. **Springer**, Singapore. p. 1-23. 2017
- MELQUIADES, Fábio Luiz et al. Non-destructive analysis of a pre-hispanic basketry collection from La Paz, Bolivia. Semina. **Ciencias Exatas e Tecnológicas** (Online), v. 41, n. 2, p. 195-204, 2020.
- MIARA, M. D.; BENDIF, H.; REBBAS, K.; RABAH, B. et al. Medicinal plants and their traditional uses in the highland region of Bordj Bou Arreridj (Northeast Algeria). **Journal of Herbal Medicine**. 16, 2019.
- MITTLER, Ron. ROS are good. **Trends in plant science**, v. 22, n. 1, p. 11-19, 2017.
- MOURA, Á. Q. et al. Eficiência agrônômica da alface submetida a diferentes compostos orgânicos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 155-163, 2020.
- MYKHAILENKO, Olha et al. Effect of ecological factors on the accumulation of phenolic compounds in Iris species from Latvia, Lithuania and Ukraine. **Phytochemical Analysis**, v. 31, n. 5, p. 545-563, 2020.
- NASCIMENTO, C. C.; BRASIL, M. M.; NASCIMENTO, C. S.; BARROS, S. V. S. Estimativa da densidade básica da madeira de Eschweilera odora (Poepp.) Miers por espectroscopia no

infravermelho próximo. **Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 8, n. 1, p. 42-53, abr. 2017.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplast plant and cell physiology. **Kyoto**. V. 22. n. 5. 1981.

Nachtigall, G.R.; Vahl, L.C. (1991) Capacidade de suprimento de potássio dos solos da região do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**. 15:37-42.

NEGREIROS, J. R. D. S. et al. Caracterização de frutos de progênes de meios-irmãos de maracujazeiro-amarelo em Rio Branco-Acre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s.l.], v. 30, n. 2, p. 431-437, 2008.

OLIVEIRA, M. C. et al. Physicochemical characterization, bioactive compounds and correlations in native fruits of western Mato Grosso do Sul. **British Food Journal**, [s.l.], v. 122, n. 3, p. 841-851, 2020.

OLIVEIRA, C. F. et al. Avaliação do consumo de cálcio por adolescentes. **Revista Paulista Pediatria**, v. 32, n. 2, p. 216-220, 2014.

PACHECO, M. T. et al. Andean tubers grown in Ecuador: New sources of functional ingredients. **Food Bioscience**. [s.l.], v. 35, p. 100601, 2020.

PEREIRA, Emmanuel Moreira et al. Caracterização físico-química de hortaliças tipo folha comercializadas no Brejo Paraibano. **Agropecuária Técnica**, v. 37, n. 1, p. 19-22, 2016.

PEREIRA, E. M.; SANTOS, Y. M. G.; LEITE FILHO, M. T.; FRAGOSO, S. P.; PEREIRA, B. B. M. Qualidade póscolheita de frutas e hortaliças cultivadas de forma orgânica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Pombal/PB**, v. 10, n.2, p. 56 - 60, jun. 2015.

PORTO, A. S.; PEREIRA, T. S. S.; MOLINA, M.C.B. Consumo de sódio e potássio por diferentes métodos de avaliação: uma revisão em estudos populacionais. **Revista Brasileira Pesquisa Saúde**, v. 16, n. 3, p. 131-139, 2014.

REIS, G. L. et al. Produção e composição bromatológica do capim-marandu sob diferentes percentuais de sombreamento e doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, [s.l.], v. 29, n. 5, p. 1606-1615, 2013.

RESENDE, M. L. V.; SALGADO, S. M. L.; CHAVES, Z. M. Espécies ativas de oxigênio na resposta de defesa de plantas à patógenos. **Fitopatologia Brasileira. Brasília DF**, v. 28, n. 2, p. 123-130, 2003.

RIZZO, Pedro Federico et al. Integral approach for the evaluation of poultry manure, compost, and digestate: Amendment characterization, mineralization, and effects on soil and intensive crops. **Waste Management**, v. 139, p. 124-135, 2022.

RIZZO, PF, BRES, PA, YOUNG, BJ, ZUBILLAGA, MS, RIERA, NI, BEILY, ME, ARGÜELLO, A., CRESPO, DC, SÁNCHEZ, A., KOMILIS, D. Variação temporal das

propriedades físico-químicas, microbiológicas e parasitológicas do esterco de aves de dois sistemas de produção de ovos. J. Mater. **Ciclos Gestão de Resíduos**. 22 (4), 1140-1151. 2020

SANCHES, A. G.; SILVA, M. B.; MOREIRA, E. G. S.; COSTA, J. M.; COSME, S. S.; CORDEIRO, C. A. M. Avaliação da qualidade de alfaces minimamente processadas cultivadas em sistema hidropônico. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v.9, n.1, p.19-31, 2017.

SANTOS, I. C.; CARVALHO, O. C.; FERREIRA, E. D.; PEDROSA, M.W.; SILVA, A. F. Serralha - *Sonchus oleraceus* L. Empresa de pesquisa agropecuária de Minas Gerais(EPAMIG). **Circular Técnica**. Nº 167. setembro. 2012

SANTOS, M. S.; ALMEIDA, F. S.; ALMEIDA, Â. A. Diagnóstico do cultivo orgânico e convencional e insetos associados no município de Paraíba do Sul-RJ. **Cadernos de Agroecologia**, 13, n. 1, 2018

SANTOS, E. F., KONDO SANTINI, J.M., PAIXÃO, A.P., JÚNIOR, E.F., LAVRES, J., CAMPOS, M., REIS, A.R. dos, Physiological highlights of manganese toxicity symptoms in soybean plants: Mn toxicity responses. **Plant Physiol. Biochem**. 113, 6–19. 2017.

SANTOS, I. C. d.; CARVALHO, O. C. d.; FERREIRA, E. D. et al. Serralha - *Sonchus oleraceus* L. Belo Horizonte: 3 p. 2012.

SENBAYRAM, M.; GRANSEE, A.; WAHLE, V.; THIEL, H. Role of magnesium fertilisers in agriculture: plant-soil continuum. **Crop and Pasture Science**. v. 66, n. 12, p. 1219-1229, 2015.

SERKEDJIEVA, J. Antioxidant effects of plant polyphenols: a case study of a polyphenol-rich extract from *Geranium sanguineum* L. In: GUPTA, S.D. Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants. Enfi eld: Science Publishers, 2011. Chap.13, p.275-293.

SILVA, A. B.; VELOSO, S. L.; DE OLIVEIRA, H. A. A Modernização da agricultura e os impactos ambientais. **Anais SNCMA**. 8, n. 1, 2017.

SILVA, Dalila Lopes. Relação do cálcio e do silício na produção de matéria seca e na qualidade de plantas de repolho e de rúcula. 2021.

SILVA, Cinara Bernardo et al. Teor de clorofila, carotenoides e índice SPAD na alface (*Lactuca sativa*) em função de lâminas de irrigação e níveis salinos. **Revista Ciência Agrícola**, v. 18, p. 19-22, 2020.

SINGH, A.; KUMAR, A.; YADAV, S.; SINGH, I. K. Reactive oxygen species-mediated signaling during abiotic stress. **Plant Gene**, v. 18, p. 100-173, 2019.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P.A.P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S.V.; CARNEIRO, J. de D.S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**. v.134, p.381-386, 2012.

SUN, C., WU, T., ZHAI, L., LI, D., ZHANG, X., XU, X., MA, H., WANG, Y., HAN, Z., Reactive oxygen species function to mediate the Fe deficiency response in an Fe-efficient apple



genotype: An early response mechanism for enhancing reactive oxygen production. *Front. Plant Sci.* 7, 1726. 2016.

SHAH, H. M. S.; KHAN, A. S.; ALI, S. Pre-storage kojic acid application delays pericarp browning and maintains antioxidant activities of litchi fruit. *Postharvest Biology and Technology*. n. 132, p. 154–161, 2017.

SCHOEFS B. Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. Properties of the pigments and methods of analysis. *Trends in Food Science & Technology*. v.13, p.361-371, 2002.

SCOPEL, W., BARBOSA, J. Z., VIEIRA, M. L. Extração de pigmentos foliares em plantas de canola. *Unoesc & Ciência -ACET*. 2 (1), 87-94. 2011.

SCANDALIOS, J.G. Oxygen stress and superoxide dismutase. *Plant Physiology*, v. 101, n. 1, p. 7-12, 1993.

SCANDALIOS, J. G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. *Brazilian journal of medical and biological research*, v. 38, n. 7, p. 995-1014, 2005.

SGANZERLA, W. G. et al. Geographical discrimination of uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) by principal component analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. [s.l.], v. 99, n. 15, p. 6778-6787, 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 858 p. 2017.

TAVANTI, T.R., MELO, A.A.R. DE, MOREIRA, L.D.K., SANCHEZ, D.E.J., SILVA, R. DOS S., SILVA, R.M. DA, REIS, A.R. DOS. Micronutrient fertilization enhances ROS scavenging system for alleviation of abiotic stresses in plants. *Plant Physiol. Biochem.* 2021.

TERRA, Simone Braga; FERREIRA, Bruna Pereira. Conhecimento de plantas alimentícias não convencionais em assentamentos rurais. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 15, n. 2, p. 221-228, 2020.

TEIXEIRA, M. DA C.; ARAUJO, J. DOS S.; SANTOS, M. DA S. R.; MARIANO, I. R. NASCIMENTO, S. M. C. Qualidade de alfaces comercializadas na ilha de São Luís – MA, produzidas sob diferentes sistemas de cultivo. *Anais. IV congresso Internacional das ciências agrárias (COINTER)*. 2019.

TEIXEIRA FILHO, M.C.M., Buzetti, S., Garcia, C.M.P., Benett, C.G.S., Rodrigues, M.A.C., Maestrello, P.R., Celestrino, T.S. e Gazola, R.N. 2013. Qualidade tecnológica e produtividade agroindustrial de cana-de-açúcar submetida à adubação com zinco. *Ciências Agrárias*. 34:1603-1614. 2013.

TOGNON, A. L. **Quantificação e avaliação da bioacessibilidade in vitro de micro e macroelementos em frutas, hortaliças e cereais**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto - SP 2012

TULER, Amélia Carlos; PEIXOTO, Ariane Luna; SILVA, Nina Claudia Barboza da. Plantas alimentícias não convencionais (PANC) na comunidade rural de São José da Figueira, Durandé, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 70, 2019.

TUZET, A., RAHANTANIAINA, M. S., NOCTOR, G. Analyzing the function of catalase and the ascorbate-glutathione pathway in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> processing: insights from an experimentally constrained kinetic model. **Antioxidants Redox Signal**. v. 30 n. 9, p. 1238–1268. 2019

VELIKOVA, V.; YORDANOV, I.; EDREVA, A. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants. **Plant Science**. v.151, p.59- 66, 2000.

VENDRUSCOLO, G. S.; MENTZ, L. A. Ethnobotanical survey of the medicinal plants used by the community of Ponta Grossa neighborhood, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. **Iherigia Série Botânica**, v. 61, p. 83-103, 2006.

VIEIRA, Elvis Lima et al. **Manual de fisiologia vegetal**. edufma, 2010.

VILELA, Gisele Freitas et al. Agricultura orgânica no Brasil: um estudo sobre o Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos. **Embrapa Territorial-Documentos (INFOTECA-E)**, 2019.

VILANOVA, C; SILVA, C. D. J. Avaliação da trofobiose quanto às respostas ecofisiológicas e bioquímicas de couve e pimentão, sob cultivos orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Agroecologia**. 2010.

VIRGOLIN, Lara Borghi; SEIXAS, Fernanda Rosan Fortunato; JANZANTTI, Natália Soares. Composition, content of bioactive compounds, and antioxidant activity of fruit pulps from the Brazilian Amazon biome. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 933-941, 2017.

VON ELBE J.H. Colorantes. In: FENNEMA, O.W. **Química de los alimentos** 2.ed. Zaragoza: Wisconsin - Madison. Cap.10, p.782-799.2000.

WEI, Taiyun et al. Package ‘corrplot’. **Statistician**, v. 56, n. 316, p. e24, 2017.

WILLER, Helga; LERNOUD, Julia. The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2019. **Research Institute of Organic Agriculture FiBL and IFOAM Organics International**, 2019.

WHITE, J. P.; BROADLEY, M. R. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets - iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. **New Phytologist**, v. 182, p. 49-84, 2009.

ZHANG, H.; WANG, Y.; WANG, S.; WANG, Q. *et al.* Cytotoxic sesquiterpenes from *Sonchus oleraceus*. **Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry**, 20, n. 6, p. 709-714, 2020. Article.

ZHANG, Ji et al. Environmental impact on the variability in quality of *Gentiana rigescens*, a medicinal plant in southwest China. **Global Ecology and Conservation**, v. 24, p. e01374, 2020.

## APÊNCIDE A

Resumo da análise de variância (valores de f calculado) das principais variáveis analisadas da serralha em dois tipos de cultivo e dois tempos de colheita.

FV	GL	SOD	CAT	APX	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	MDA	ANT	RATIO	ATT	SST	pH	CHL <i>a</i>	CHL <i>b</i>	CAR	MS
Bloco	4	1,33ns	1,19s	2,88s	0,60ns	1,38ns	1,78ns	0,64ns	4,96ns	0,85ns	0,53ns	0,52ns	0,39ns	0,63ns	0,95ns
Cultivo	1	0,84ns	0,26s	7,21s	2,26ns	3,46ns	3,53ns	9,75*	7,72*	12,31*	15,19*	6,86ns	5,84ns	5,55ns	1,46ns
erro a	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Colheita	1	1,05ns	2,68s	3,62s	0,00ns	7,18*	0,56ns	0,04ns	12,72*	7,84*	12,91*	3,29ns	4,16ns	1,26ns	10,10*
Cult x Colh	1	0,03ns	0,22s	0,29s	5,19ns	5,08ns	0,00ns	0,45ns	1,41ns	0,16ns	1,64ns	0,76ns	1,84ns	0,31ns	6,77*
erro b	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV 1 (%)	-	47,63	73,85	59,38	18,47	10,11	23,43	17,67	7,46	9,81	0,68	22,88	26,84	21,92	13,05
CV 2 (%)	-	43,3	47,52	56,99	23,35	22,73	24,54	23,35	14,95	17,2	0,59	16,12	18,78	12,66	8,27

Legenda: FV= Fonte de variação; GL= Grau de liberdade; SOD= Superóxido dismutase; CAT= Catalase; APX= Ascorbato peroxidase; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>= Peróxido de hidrogênio; MDA= Peroxidação lipídica; ANT= Antocianinas; RATIO= Razão SST/ATT; ATT= Acidez titulável total; SST= Sólidos solúveis total; pH; CHL A= Clorofila *a*; CHL *b*= Clorofila *b*; CAR= Carotenoides totais; MS= Massa seca; CV= Coeficiente de variação.

Fonte: Do autor, (2022).