



MARCELO HENRIQUE AVELAR MENDES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E POR
INFRAVERMELHO PRÓXIMO DE DIFERENTES TIPOS DE
ALMEIRÃO-DE-ÁRVORE (*Lactuca cf canadensis L.*) EM
FUNÇÃO DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO**

**LAVRAS – MG
2021**

MARCELO HENRIQUE AVELAR MENDES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E POR INFRAVERMELHO PRÓXIMO
DE DIFERENTES TIPOS DE ALMEIRÃO-DE-ÁRVORE (*Lactuca cf canadensis L.*)
EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Luciane Vilela Resende
Orientadora

Profa. Dra. Elisângela Elena Nunes Carvalho
Dr. Douglas Correa de Sousa
Coorientadores

**LAVRAS – MG
2021**

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

Mendes, Marcelo Henrique Avelar.

Caracterização físico-química e por infravermelho próximo de diferentes tipos de almeirão-de-árvore (*Lactuca cf canadensis L.*) em função do período de armazenamento / Marcelo Henrique Avelar Mendes. - 2021.

79 p. : il.

Orientador(a): Luciane Vilela Resende.

Coorientador(a): Elisângela Elena Nunes Carvalho, Douglas Corrêa de Sousa.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. PANC. 2. NIR. 3. Propriedades nutricionais.

MARCELO HENRIQUE AVELAR MENDES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E POR INFRAVERMELHO PRÓXIMO
DE DIFERENTES TIPOS DE ALMEIRÃO-DE-ÁRVORE (*Lactuca cf canadensis L.*)
EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO**

**PHYSICOCHEMICAL AND NEAR INFRARED CHARACTERIZATION OF
DIFFERENT TYPES OF *Lactuca cf canadensis L.* AS A FUNCTION OF STORAGE
PERIOD**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 25 de fevereiro de 2021

Profa. Dra. Rita de Cássia Mirela Resende Nassur IF SERTÃO-PE

Prof Dr. Luis Felipe Lima e Silva UNIFENAS



Profa. Dra. Luciane Vilela Resende
Orientadora

Profa. Dra. Elisângela Elena Nunes Carvalho
Dr. Douglas Corrêa de Sousa
Coorientadores

**LAVRAS – MG
2021**

*Aos meus pais Marlene e Emílio, ao meu irmão Hudson,
a toda minha família e amigos que tanto me encorajaram,
me incentivaram e me apoiaram nessa caminhada.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por estar de forma constante em minha vida.

Aos meus pais Marlene Avelar de Andrade e Emilio Américo de Castro Mendes, guerreiros que me deram força, apoiaram e me ensinaram grandes valores na vida.

Ao meu irmão Hudson Carlos e a toda minha família pelos exemplos de honestidade, carinho e união.

À Universidade Federal de Lavras, ao Departamento de Agricultura e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia pelo excelente ensino, ética e por permitir aprimorar meus conhecimentos e realizar o curso de Mestrado.

À Professora Dra. Luciane Vilela Resende pela orientação, sabedoria, confiança, amizade, carinho e incentivo durante todo o mestrado.

Ao Dr. Douglas Corrêa de Souza pela paciência, disposição, atenção, amizade, conselhos e ensinamentos.

À Dra. Fernanda Maria Guedes Ramalho pelo apoio, colaboração e disponibilidade na ajuda e execução do trabalho.

À professora Dra. Elisângela Carvalho e ao professor Dr. Wilson Magela pela colaboração, espaço, atenção e dedicação.

Aos técnicos (Stefany, Josimar e Luisinho) do setor de Olericultura pela amizade, colaboração, receptividade e boa vontade no auxílio em todo o projeto.

Ao Departamento de Ciência dos Alimentos e ao Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças pelo espaço e equipamentos concedidos e pelo auxílio nas análises.

A todos que de alguma forma participaram e auxiliaram na realização das atividades, em especial aos amigos Paula Aparecida, Ramon Avelar, Rafael Carvalho, Ana Lázara, Marlon Diniz, Daniele Campelo, Fernanda e André Boscolo pelo auxílio e disponibilidade constante.

A todos meus amigos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho e para a minha formação acadêmica e pessoal.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Muito Obrigado!

RESUMO

O almeirão-de-árvore (*Lactuca cf canadensis L.*) uma hortaliça não convencional folhosa, ereta e vigorosa, conhecida por ser amplamente polimórfica com diferentes morfotipos. Assim, o objetivo do estudo foi analisar as características físico-químicas dos quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore em condições de armazenamento e correlacionar os resultados obtidos em laboratório com os espectros obtidos na análise da espectroscopia de infravermelho próximo (NIR). Os parâmetros físico-químicos analisados foram: Sólidos Solúveis Totais (SST), Acidez Titulável Total (ATT), Ratio (SST/ATT), pH, Antocianinas monoméricas, Vitamina C, Compostos Fenólicos Totais, Carotenoides Totais, DPPH e Coloração. Esses parâmetros foram analisados de dois em dois dias, totalizando dez dias de armazenamento (0 dia; 2 dias; 4 dias; 6 dias; 8 dias e 10 dias). O delineamento experimental em laboratório foi inteiramente casualizado, com três repetições em triplicatas. Os espectros foram coletados seguindo os dias de armazenamento, totalizando 9 leituras para cada tratamento. Os resultados laboratoriais foram submetidos à análise de variância e teste de média Scott & Knott, com auxílio do software SISVAR®. Os dados da espectroscopia no infravermelho próximo foram avaliados por meio da análise de componentes principais (PCA) e análise de regressão por mínimos quadrados parciais (PLS-R), com o auxílio do software estatístico Chemoface®. As análises laboratoriais apresentaram diferença significativa entre os tipos de almeirão-de-árvore ao longo do armazenamento, observando-se aumento nos teores de Sólidos Solúveis Totais, variação dos teores de Acidez Titulável Total, aumento do pH e de Carotenoides Totais, queda dos teores de Vitamina C, Antocianinas e Compostos Fenólicos Totais e consequentemente variação da cor, indicando depreciação na qualidade das folhas.

Palavras-chave: Hortaliças não convencionais. Propriedades nutricionais. Hortaliça folhosa. NIR. PANC.

ABSTRACT

The *Lactuca cf canadensis L.* is a leafy, erect and vigorous non-conventional vegetable, known to be largely polymorphic with different morphotypes. Thus, the objective of the study was to analyze the physical and chemical characteristics of the four morphological types of *Lactuca cf. canadensis L.* in storage conditions and correlate the results obtained in the laboratory with the spectra obtained in the analysis of near infrared spectroscopy (NIR). The physico-chemical parameters analyzed were: Total Soluble Solids (SST), Total Titratable Acidity (ATT), Ratio (SST / ATT), pH, Monomeric anthocyanins, Vitamin C, Total Phenolic Compounds, Total Carotenoids, DPPH and Coloring. These parameters were analyzed every two days, totaling ten days of storage (0 days; 2 days; 4 days; 6 days; 8 days and 10 days). The experimental design in the laboratory was completely randomized, with three replications in triplicates. The spectra were collected following the storage days, totaling 9 readings for each treatment. The laboratory results were subjected to analysis of variance and Scott & Knott average test, with the aid of the SISVAR® software. The data from near infrared spectroscopy were evaluated using principal component analysis (PCA) and partial least squares regression analysis (PLS-R), with the help of the Chemoface® statistical software. Laboratory analyzes showed a significant difference between the types of *Lactuca cf canadensis L.* during storage, with an increase in the levels of Total Soluble Solids, variation of the Total Titratable Acidity levels, an increase in the pH and Total Carotenoids, a drop in the Vitamin contents C, Anthocyanins and Total Phenolic Compounds, and consequently color variation, indicating depreciation in leaf quality

Keywords: Unconventional vegetables. Nutritional properties. Leafy vegetables. NIR. PANC.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – (A) Sementes pretas de almeirão-de-árvore; (B) Muda de almeirão-de-árvore propagada por sementes; (C) Tipos polimórficos de folhas de almeirão-de-árvore; (D) Inflorescência em panículas cilíndricas; (E) Flores amarelas em capítulos; (F) Látex esbranquiçado saindo do colmo..... 19
- Figura 2** - Grupos funcionais atribuídos aos seus respectivos comprimentos de onda. 25
- Figura 3** - Dados climatológicos da estação meteorológica da Universidade Federal de Lavras, entre os meses de Maio e Setembro de 2019..... 29
- Figura 4** - Tipos Morfológicos de almeirão-de-árvore: A) Verde; B) Roxo folha lisa estrita; C) Roxo repicado; D) Roxo folha lisa larga. 30
- Figura 5** – (A) Sanitização com hipoclorito e água; (B) Centrifugação das folhas; (C) acondicionamento em sacos de polietileno de baixa densidade 50micras; (D) Armazenamento em câmara fria a 9°C. 32
- Figura 6** - Gráfico dos teores médios encontrados do Sólidos Solúveis Totais (°brix; %) para os quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore ao longo do tempo de armazenamento. . 38
- Figura 7** - Gráfico dos teores médios encontrados de Acidez titulável total (g 100g⁻¹ ácido cítrico) para os quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore ao longo do tempo de armazenamento..... 40
- Figura 8** - Gráfico dos teores médios encontrados de ph para os quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore ao longo do tempo de armazenamento..... 43
- Figura 9** - Gráfico dos teores médios encontrados de Antocianinas monoméricas (mg.100g⁻¹) para os quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore ao longo do tempo de armazenamento. 44
- Figura 10** - Gráfico dos teores médios encontrados de Vitamina C (mg. Ácido ascórbico/100g⁻¹) para os quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore ao longo do tempo de armazenamento..... 46
- Figura 11** - Gráfico dos teores médios encontrados de Compostos Fenólicos Totais (mg/100 g⁻¹) para os quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore ao longo do tempo de armazenamento..... 47
- Figura 12** - Gráfico dos teores médios encontrados de Carotenoide Totais (µg. 100g⁻¹) para os quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore ao longo do tempo de armazenamento. 49
- Figura 13** - Gráfico dos teores médios das concentrações para inibir 50% de DPPH (IC50 mg/ml) para os quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore ao longo do tempo de armazenamento..... 51
- Figura 14** – Espectros médios das folhas do almeirão-de-árvore roxo com folhas lisas e largas durante o período de armazenamento..... 54

Figura 15 - Espectros médios das folhas do almeirão-de-árvore roxo com folhas lisas e estreitas durante o período de armazenamento.	55
Figura 16 – Espectros médios das folhas do almeirão-de-árvore roxo repicado durante o período de armazenamento.	55
Figura 17 – Espectros das folhas do almeirão-de-árvore verde durante o período de armazenamento.	56
Figura 18 – Espectros médios das folhas dos quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore.	57
Figura 19 - Espectros médios das folhas dos quatro tipos de almeirão-de-árvore durante o período de armazenamento.	58
Figura 20 – Gráfico bidimensional dos escores da análise de componentes principais dos espectros no NIR medidos nas folhas dos quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore.	60
Figura 21 – Gráfico bidimensional dos escores da análise de componentes principais dos espectros no NIR medidos das folhas dos quatro tipos de almeirão-de-árvore ao longo do período de armazenamento.	61
Figura 22 – Gráficos bidimensional dos escores da análise de componentes principais dos espectros no NIR medidos das folhas dos quatro tipos de almeirão-de-árvore dentro de cada tempo de armazenamento.	62

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Valores médios de Sólidos Solúveis Totais (°brix; %) de diferentes tipos de almeirão-de-árvore, em função dos tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias) condicionados em sacos de polietileno e armazenados em câmara fria a 9°C. 39
- Tabela 2** - Valores médios da Relação SST/ATT 'Ratio' dos diferentes tipos de almeirão-de-árvore. 42
- Tabela 3** - Valores médios de ph de diferentes tipos de almeirão-de-árvore, em função dos tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias) condicionados em sacos de polietileno e armazenados em câmara fria a 9°C. 43
- Tabela 4** - Valores médios de Vitamina C (mg. Ácido ascórbico/100g⁻¹) dos diferentes tipos de almeirão-de-árvore. 46
- Tabela 5** - Valores médios de Compostos Fenólicos Totais (mg/100 g⁻¹) de diferentes tipos de almeirão-de-árvore, em função dos tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias) condicionados em sacos de polietileno e armazenados em câmara fria a 9°C. 48
- Tabela 6** - Valores médios de Carotenoides Totais (µg. 100g⁻¹) de diferentes tipos de almeirão-de-árvore, em função dos tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias) condicionados em sacos de polietileno e armazenados em câmara fria a 9°C. 49
- Tabela 7** - Valores médios das concentrações para inibir 50% de DPPH (IC50 mg/ml) de diferentes tipos de almeirão-de-árvore, em função dos tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias) condicionados em sacos de polietileno e armazenados em câmara fria a 9°C. 51
- Tabela 8** - Valores médios dos parâmetros de coloração referentes aos diferentes tipos de almeirão-de-árvore, em função dos tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias) condicionados em sacos de polietileno e armazenados em câmara fria a 9°C. 53
- Tabela 9** - Correlação espectro-estrutura por espectroscopia de infravermelho próximo para os diferentes tipos de almeirão-de-árvore. 59
- Tabela 10** –Estatísticas associadas aos modelos desenvolvidos para estimar parâmetros avaliados nas folhas dos quatro tipos de almeirão-de-árvore por PLS-R. 63

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Hortaliças não convencionais no Brasil	16
2.2	<i>Lactuca cf canadensis L.</i>	17
2.2.1	Centro de origem e diversidade.....	18
2.2.2	Classificação botânica e morfológica	19
2.2.3	Propriedades nutricionais e funcionais	20
2.2.4	Cultivo do almeirão-de-árvore	21
2.3	Composição química dos alimentos	22
2.4	Espectroscopia de Infravermelho Próximo – (NIR).....	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1	Experimento no campo	29
3.2	Análises laboratoriais	32
3.2.1	Acidez titulável total (ATT), pH, sólidos solúveis totais (SST) e Razão SST / ATT	33
3.2.2	Antocianina	33
3.2.3	Carotenoides	34
3.2.4	Cor	35
3.2.5	DPPH	35
3.2.6	Fenólicos Totais	35
3.2.7	Vitamina C	36
3.2.8	Análise estatística das análises laboratoriais físico-químicas.....	37
3.2.9	Análise estatística multivariada dos dados espectrais.....	37
3.2.10	Análise estatística multivariada dos dados espectrais.....	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1	Análises físico-químicas	38
4.1.1	Sólidos Solúveis Totais (SST)	38
4.1.2	Acidez Titulável Total	40
4.1.3	Relação SST/ATT, ‘Ratio’	41
4.1.4	pH.....	42
4.1.5	Antocianina	44
4.1.6	Vitamina C	45

4.1.7	Compostos Fenólicos Totais.....	47
4.1.8	Carotenoides Totais.....	48
4.1.9	DPPH	50
4.1.10	Coloração.....	52
4.2	Espectros das folhas dos tipos morfológicos de almeirão-de-árvore no infravermelho próximo (NIR)	54
4.3	Análise de componentes principais (PCA)	60
4.4	Regressão por mínimos quadrados parciais (PLS-R)	63
5	CONCLUSÃO.....	65
	REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui cerca de 4 a 5 mil espécies vegetais em sua flora que podem ser consumidas pela população humana, porém atualmente essa diversidade vegetal é pouco explorada para fins alimentícios. Ao longo dos anos, houve um aumento da produção agrícola e de monoculturas, além da vasta quantidade e qualidade de vegetais já inseridos no mercado, muitas hortaliças perderam seu espaço natural, sendo negligenciadas na alimentação cotidiana, passando-se a ser desconhecidas para as novas gerações (TERRA; FERREIRA, 2020; SILVA *et al.*, 2018).

Essas hortaliças foram denominadas *hortaliças não convencionais* (HCN) e possuem seu compartilhamento restrito a algumas regiões e localidades, sendo geralmente exploradas apenas por populações tradicionais (agricultores familiares, indígenas, quilombolas, entre outros) que preservam o conhecimento sobre seu cultivo e consumo. Os estudos sobre as características alimentares dessas espécies vegetais ainda são incipientes (SILVA *et al.*, 2021; PADILHA *et al.*, 2020).

O almeirão-de-árvore, também conhecido popularmente como almeirão-roxo, raditecote, orelha-de-coelho (KINUPP; LORENZI, 2014), almeirão-selvagem ou almeirão-do-mato, é considerado uma hortaliça folhosa não convencional e ocorre de forma subespontânea nas regiões Sul e Sudeste (MONGE *et al.*, 2016). É cultivado em todo o país em hortas domésticas e pode ser encontrado em feiras e supermercados na região serrana do Rio de Janeiro e Sul de Minas Gerais. No entanto, a procedência da espécie que ocorre no Brasil é desconhecida.

A espécie pertencente à família Asteraceae tem sido identificado como *Cichorium intybus* L. (BRASIL, 2010; PEDROSA *et al.*, 2012), *Lactuca canadensis* L. (SANTOS *et al.*, 2016; KINUPP; LORENZI, 2014) e *Lactuca indica* L. (MONGE *et al.*, 2016; RANIERI *et al.*, 2015). Esta dificuldade na identificação taxonômica está relacionada a ampla variabilidade morfológica observada, especialmente relacionada às folhas. Neste trabalho o almeirão-de-árvore será referenciado como *Lactuca cf canadensis* L. (cf = conferatum). De maneira geral, as folhas são lanceoladas e apresentam variações na cor, tipo de margem e nervuras. Estas podem ser verde-claras repicadas, ou lisas e repicadas com nervuras arroxeadas. A cor roxa pode predominar na maior parte da folha dos almeirões de nervura arroxeadas.

Lactuca cf canadensis L. é nativa da América do Norte, sendo uma planta herbácea anual, folhosa e lactescente, apresentando folhas com diversas formas e cores variadas que podem ser roxas ou esverdeadas. Suas folhas geralmente são consumidas frescas no preparo de saladas ou refogadas e possuem sabor suavemente amargo. Apresentam compostos com

propriedades medicinais e nutricionais, são ricas em minerais e em vitaminas, além de serem boa fonte de proteína e fibra (SILVA *et al.*, 2018; PALLAORO *et al.*, 2020; SARTORI *et al.*, 2020).

Embora seja uma das hortaliças não convencionais mais cultivadas e comercializadas, inexistem no país informações sobre os aspectos relacionados à pós-colheita e armazenamento desta espécie. Sabe-se que quanto maior o tempo entre a colheita e o consumo, maiores são as perdas de sabor e na qualidade nutricional. Métodos rápidos e não destrutivos têm sido avaliados para monitorar a perda de qualidades destes alimentos.

Neste sentido, pesquisadores e a população em geral, buscam alternativas alimentares mais saudáveis e informações a respeito das hortaliças não convencionais. Com isso, estão sendo utilizadas técnicas laboratoriais para o estudo da composição nutricional dessas hortaliças. Como alternativa, uma técnica utilizada é a espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) que, conforme a absorbância da amostra, pode identificar grupos funcionais de componentes químicos nas folhas (XAVIER *et al.*, 2019).

Ultimamente, com o desenvolvimento tecnológico, a análise por espectroscopia no infravermelho próximo vem sendo utilizada em diversos campos, como alimentação, meio ambiente, biomedicina e agricultura. É uma técnica difundida para análises qualitativas e quantitativas, capaz de prever as propriedades químicas de diversos materiais através das suas bandas de absorção. Essas bandas no espectro vibracional indicam modos vibracionais das ligações químicas das moléculas, mostrando diretamente várias informações sobre a sua composição bioquímica (MATSUURA *et al.*, 2019; BALDIN *et al.*, 2020; GOMES *et al.*, 2020).

A técnica do NIR têm inúmeras vantagens em relação aos métodos convencionais de análise dos componentes nutricionais, como a análise múltiplas de constituintes em um curto período de tempo, menor mão de obra, fácil operação e segurança do operador, baixo custo de operação, além de não poluir o meio ambiente, pois não faz a utilização de reagentes químicos. Apresenta como desvantagem ser uma técnica secundária, já que é necessário a calibração do equipamento através de um modelo criado a partir de dados obtidos por uma técnica primária. Depois do modelo feito, é possível a análise simultânea de diversos parâmetros pela comparação dos espectros obtidos (GORLA *et al.*, 2013; TOSATTO *et al.*, 2020). Ultimamente a técnica do NIR tem sido usada para determinar a qualidade de várias frutas e vegetais (LOKKE *et al.*, 2013).

Em um estudo com diferentes cultivares de alface, produzidas em diferentes sistemas de cultivos, foi possível a criação de modelos de mínimos quadrados parciais (PLS) para prever o conteúdo de clorofila, carotenóide e antocianina nas folhas. Os modelos resultaram em altos

coeficientes de determinação, baixos valores da estimativa de erros para a calibração e conjuntos de dados de validação independentes, fornecendo assim uma visão geral sobre a adequação dos modelos (NETO *et al.*, 2016). Em outro trabalho avaliando a qualidade pós-colheita de rúcula selvagem, Lokke *et al.*(2013)demonstraram que a técnica do NIR é uma ferramenta promissora, capaz de quantificar as mudanças na qualidade de vegetais de folhas verdes durante o período de armazenamento.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi analisar as características físico-químicas dos quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore em condições de armazenamento e correlacionar os resultados obtidos em laboratório com os espectros obtidos na análise da espectroscopia de infravermelho próximo (NIR).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Hortaliças não convencionais no Brasil

As hortaliças são fonte de alimentos essenciais para a sobrevivência humana. A diversidade vegetal está diretamente relacionada à diversidade alimentar, sendo fonte de nutrientes, minerais, açúcares e compostos bioativos, que são fundamentais para a manutenção da saúde humana (POLESI, 2017).

O Brasil possui uma grande diversidade biológica, estima-se que há cerca de 46.000 mil espécies de plantas nativas, onde cerca de 3.000 mil dessas apresentam alguma parte comestível, podendo ser utilizada para a alimentação humana (HUERGO; GALEANO; LIMA, 2020), porém a maior parte dessas espécies não é utilizada, seja pela vasta quantidade e qualidade de vegetais já inseridos no mercado, seja pela falta de incentivo aos produtores em produzir diferentes espécies ou até mesmo pela falta de conhecimento da população (SILVA *et al.*, 2018). Assim, 90% da alimentação humana provém de apenas 20 espécies de plantas, sendo que a sua maioria é vinda de outros países (TERRA; FERREIRA, 2020).

Nos últimos anos, os consumidores de hortaliças vêm buscando uma melhor qualidade de vida, alimentos mais saudáveis, bem-estar e saúde (SATO *et al.* 2018). Diante disso, pesquisadores de todo o mundo, observam como alternativa o aprofundamento nos estudos sobre as plantas comestíveis não convencionais, que contribuem para a segurança alimentar e suplementam a alimentação da população em tempos de escassez de alimentos (FONGNZOSSIE *et al.*, 2020).

Plantas comestíveis não convencionais são plantas que nascem espontaneamente em ambientes naturais ou seminaturais e podem existir independente da ação humana. São plantas com baixo custo, facilmente acessíveis e que apresentam um grande potencial nutricional (FONGNZOSSIE *et al.*, 2020; SATO *et al.* 2018).

Dentro desse grupo de plantas estão as hortaliças não convencionais, também chamadas de tradicionais, que são aquelas que estão restritas a algumas localidades ou regiões do mundo, exercendo maior influência na alimentação e na cultura de populações mais tradicionais (agricultores familiares, indígenas, quilombolas, entre outros), que são quem detém o conhecimento sobre essas culturas, exercendo importância social, ambiental e econômica (PADILHA *et al.*, 2020).

A utilização dessas hortaliças não convencionais na alimentação é transmitida ao longo de gerações, sendo essencial para o conhecimento e formulação de uma alimentação mais saudável. Isso resulta no acúmulo de conhecimento sobre as variedades de plantas que melhor

se adaptaram às condições adversas e sobre as técnicas de cultivo, além da melhor combinação e preparação de pratos que melhor atendem a saúde e o paladar humano (BOTREL *et al.*, 2020).

As hortaliças não convencionais são aquelas que foram amplamente utilizadas para o sustento do homem em épocas mais remotas e que hoje estão desconhecidas pela maior parte da população (KINUPP; LORENZI, 2014). Essas espécies ainda não receberam a devida atenção da comunidade técnico-científica e da grande massa da sociedade, tendo assim o seu cultivo e consumo restritos. Geralmente não fazem parte do cardápio, pois grande parte dos consumidores utilizam diariamente as mesmas hortaliças e não se dispõem a preparar novos pratos (ALMEIDA *et al.*, 2014). Além disso, são espécies que não possuem interesse comercial relevante por não participarem de uma ampla cadeia produtiva (PADILHA *et al.*, 2020).

Estas hortaliças pertencem a várias famílias botânicas, são plantas que apresentam potencial nutricional e farmacológico, além de características culinárias agradáveis. São plantas que estão sendo resgatadas e depositadas em bancos de germoplasma de universidades e empresas públicas de pesquisa, com o objetivo de preservar a biodiversidade das espécies e aprimorar cada vez mais os estudos em relação às suas propriedades nutricionais, medicinais e farmacológicas (SILVA *et al.*, 2018).

Assim, é de grande importância que se desenvolvam estudos e ações que busquem disponibilizar informações nutricionais e funcionais dessas hortaliças, bem como incentivar o cultivo e consumo, para manter a riqueza e a diversidade alimentar das populações, melhorando cada vez mais os seus hábitos alimentares. Além disso, deve-se valorizar o patrimônio sócio-cultural existente em torno das hortaliças não convencionais, que através dos seus pratos típicos e hábitos alimentares peculiares perpetuam as relações culturais existentes nas diversas regiões do Brasil (BRASIL, 2010; SILVA *et al.*, 2018).

2.2 *Lactuca cf canadensis L.*

O almeirão-de-árvore (*Lactuca cf canadensis L.*) se enquadra na classificação de hortaliças não convencionais que ficam subutilizadas pela sociedade, tornando-se restritas e pouco estudadas. Tal fato pode ser constatado por meio da análise das bases de dados, tais como a *Scopus*, que apresenta apenas 42 documentos sobre a espécie. Os países que mais pesquisam sobre a espécie são China, Estados Unidos, República Checa e Brasil, onde 64% das publicações são voltados para a área de agricultura e ciências biológicas. Foi frente a isto, que a espécie foi escolhida como objeto de estudo deste trabalho.

2.2.1 Centro de origem e diversidade

O almeirão-de-árvore pertence à família Asteraceae, subfamília Cichorioideae. O gênero *Lactuca* apresenta aproximadamente 98 espécies selvagens, ocorrendo principalmente na Ásia, seguido de Europa, África e América do Norte. As espécies que são originárias de fora da América do Norte (Eurásia, África, Oriente Médio) possuem o número de cromossomos $n=8$ ou $n=9$, já as nativas da América do Norte possuem o número de cromossomos consistentes em $n=17$ (LEBEDA; DOLEŽALOVÁ; NOVOTNÁ, 2012).

Por apresentar o número de cromossomos $n=17$ o almeirão-de-árvore é uma espécie alotetraplóides que se originou a cerca de aproximadamente 4,8 milhões de anos atrás, através de um evento de hibridação. Duas hipóteses são sustentadas, a primeira hipótese é que ancestrais da linhagem $n=8$ migraram pelo Atlântico Norte, enquanto o ancestral com $n=9$ migrou através da Ponte terrestre (Beríngia). Após se encontrarem na América do Norte, eles hibridizaram, originando o alotetraplóide *L. Canadensis*, posteriormente, os progenitores foram extintos. A segunda hipótese sustenta que a hibridização ocorreu na Ponte Terrestre do Atlântico Norte e produziram uma nova linhagem alotetraplóide e após a deterioração das condições climáticas e o rompimento da Ponte Terrestre, os ancestrais diplóides foram extintos e a linhagem alotetraplóide migrou para o oeste da América do Norte (LEBEDA *et al.*, 2019).

Assim, considera-se que a espécie *Lactuca canadensis* L. é originária da América do Norte ocorrendo desde a região sul do Canadá e em muitas regiões dos Estados Unidos, apresentando elevada variabilidade morfológica (MICHALSKA; SZNELER; KISIEL, 2013). A espécie possui sinonímias como *Lactuca sagittifolia* Elliott e *Lactuca canadensis* var. *obovata* Wiegand (ARANTES *et al.*, 2019).

No Brasil a espécie é encontrada de norte a sul do país, principalmente nas regiões Sul e Sudeste, nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná, tendo o seu primeiro relato na América do Sul em 1999. Além do nome popular almeirão-de-árvore, a espécie também é conhecida como almeirão-roxo, almeirão-do-mato, alface selvagem, radite-cote e orelha-de-coelho. Quando não cultivada, ela nasce espontaneamente em ambientes úmidos, na borda de plantações agroflorestais e na beira de estradas (BRASIL, 2010; MONGE *et al.*, 2016; ARANTES *et al.*, 2019).

2.2.2 Classificação botânica e morfológica

O almeirão-de-árvore é uma hortaliça folhosa, ereta e vigorosa, é conhecida por ser polimórficas, com várias formas de folhas, apresenta raiz principal, caule não ramificado, com altura que varia de 0,5 até 2,0 metros (BRASIL, 2010; MONGE *et al.*, 2016; PALLAORO *et al.*, 2020).

O almeirão-de-árvore é descrito como uma planta que possui folhas lanceoladas, estreitamente lanceoladas, lobadas, repicadas ou lisas, de cor verde-clara, com nervuras verdes ou roxas. Apresenta caule frondoso, estriado, glabro, com panícula acima, de cor verde com algumas aparições de manchas arroxeadas. O látex viscoso de coloração esbranquiçada, amarelo pálido ou laranja pálido. As folhas são espirais alternadas, sésseis. As folhas basais apresentam moderadamente pêlos longos, com limbo foliar de 8-18 cm de comprimento e 2-8 cm de largura. Já as folhas caulinas são geralmente glabras com poucos pêlos longos e as folhas apicais apresentam ambas as superfícies glabras, com limbo foliar de 5-8 cm de comprimento e 1-3 cm de largura (MONGE *et al.*, 2016; WHITAKER, 1944).

Figura 1 – (A) Sementes pretas de almeirão-de-árvore; (B) Muda de almeirão-de-árvore propagada por sementes; (C) Tipos polimórficos de folhas de almeirão-de-árvore; (D) Inflorescência em panículas cilíndricas; (E) Flores amarelas em capítulos; (F) Látex esbranquiçado saindo do colmo.



Fonte: Do autor (2019).

A planta do almeirão-de-árvore apresenta inflorescências secundárias cilíndricas, paniculiforme cônicas com inúmeros capítulos. As flores são bissexuais sendo de 18-21, com corola ligulada, com 5 dentes, amarela nas duas superfícies, ligulos amarelo alaranjado, anteras

amarelas e grãos de pólen amarelo. Possuem invólucro cilíndrico 10-12 mm, pedúnculo de 2-8 mm, têm de 5-6 séries de brácteas verdes, involucrais, lanceoladas. As sementes são aquênias de coloração preta, ovais, planas e estreitas com tamanho de 3-4 mm (MONGE *et al.*, 2016; WHITAKER, 1944).

2.2.3 Propriedades nutricionais e funcionais

As folhas do almeirão-de-árvore são muito nutritivas, contém minerais, como cálcio, potássio, fósforo, ferro, vitaminas A, C e do complexo B, apresentam também compostos fenólicos, carotenoides, antocianinas e atividade antioxidante (CALLEGARI; MATOS FILHO, 2017; SILVA *et al.*, 2018). Elas podem ser inseridas na alimentação na sua forma fresca em saladas, refogadas, ou adicionadas a outros pratos gourmet. A inflorescência jovem também é comestível, como o brócolis. As folhas coloridas são amargas e ricas em antioxidantes (BRASIL, 2010; RANIERI, 2017).

Um estudo com as folhas do almeirão-de-árvore identificou que elas apresentam em sua constituição nível de umidade entre 70 a 93% de água. A planta se destaca pelos relevantes teores de macro e micronutrientes na composição das suas folhas, destacando-se os valores de Ca (565 mg. 100 g⁻¹), Zn (23,11 mg.100g⁻¹), B (5,32 mg.100g⁻¹) e Mn (5,75 mg.100g⁻¹). Além disso, ela contém alto nível de carboidratos, proteínas, vitamina C, fenóis e boa atividade antioxidante (SILVA *et al.*, 2018).

O almeirão-de-árvore é popularmente utilizado por apresentar propriedades medicinais como laxante fraco, diurético, cicatrizante, para afecções do fígado, vesícula e rins, e, além disso, possui atividades fitoterápicas, inibem a proliferação de células malignas, atuando no combate contra o câncer e possuem benefício no perfil lipídico e no metabolismo hepático, favorecendo no emagrecimento e diminuição de teores de triglicérides e colesterol, sendo também usado como terapia alternativa no tratamento de mulheres menopausadas na tentativa de reduzir os efeitos adversos sentido pelas mulheres nessa fase (GARCIA *et al.*, 2010). A planta também possui na sua composição diferentes lactonas sesquiterpênicas, que são conhecidos por terem a funcionalidade anti-inflamatória e antibacteriana, ajudando na prevenção de algumas doenças quando consumido (MICHALSKA; SZNELER; KISIEL, 2013).

2.2.4 Cultivo do almeirão-de-árvore

O almeirão-de-árvore é uma planta que pode ser cultivada durante todo o ano em regiões que apresentem o clima ameno, o que é recomendado, mas pode ser cultivado também de março a outubro em regiões que apresentam temperatura média acima de 25°C. A planta se adapta a vários tipos de solo, desde que não estejam compactados, apresentem bom teor de matéria orgânica e sejam bem drenados (MADEIRA *et al.*, 2013).

Para a realização do plantio, o solo passa por uma aração e gradagem, atentando-se para a adoção de práticas conservacionistas. Geralmente são cultivadas em canteiros com 1,0 a 1,2m de largura para 10 a 15 cm de altura com espaçamento entre plantas de 30 a 40 cm. A adubação é realizada logo após o encanteiramento (MADEIRA *et al.*, 2013).

A adubação e a calagem devem ser realizadas sempre que necessário. A correção do solo deve ser realizada em função da análise de solo, corrigindo-se o pH do solo para a faixa de 5,0 a 6,0. Como ainda não existe uma recomendação de adubação específica para o almeirão-de-árvore, deve-se utilizar a recomendação para alface, no entanto, devido à rusticidade do almeirão-de-árvore os níveis utilizados devem ser ajustados. Assim recomenda-se até 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 60 kg ha⁻¹ de K₂O, 20 kg ha⁻¹ de N e 25 ton ha⁻¹ de esterco de curral no plantio, aplicando-se 20% de K e N no plantio e o restante parcelado em duas adubações de cobertura 20 a 25 e 40 a 45 dias após o transplântio. A cultura deve ser mantida livre de plantas daninhas, através de capinas manuais. Deve-se irrigar de 2 a 3 vezes por semana e realizar o monitoramento e eliminação de insetos desfolhantes como a vaquinha, lagartas e gafanhotos (MADEIRA *et al.*, 2013).

A propagação é realizada através da semeadura em sementeiras no solo ou em bandejas de isopor em canteiros suspensos localizados em estufa. Coloca-se em média de 3 a 6 sementes por célula, cobrindo as mesmas com uma camada fina de substrato para evitar a exposição direta das sementes com o sol, vento e à água da irrigação. O desbaste é feito 14 dias após a semeadura, deixando apenas a planta que apresenta maior vigor (ARANTES *et al.*, 2019; MADEIRA *et al.*, 2013). Segundo Arantes *et al.* (2019) o sombreamento das mudas na faixa de 50% a 70% favorece a porcentagem de germinação, emergência e sobrevivência de almeirão-de-árvore, mas os sombreamentos de 35 a 50% favorecem o melhor crescimento das mudas. Ele também ressalta que o uso de 45% a 60% de esterco bovino proporciona melhor desenvolvimento das mudas.

A colheita é realizada cerca de 60 a 70 dias após o transplântio das mudas, quando as folhas apresentarem aspectos firmes, com 20 a 25 cm de comprimento. É importante que a

colheita seja realizada de baixo para cima deixando três ou quatro folhas por planta para que haja uma melhor recuperação. A produtividade pode chegar de 20 a 40 ton/ha. O almeirão pode ser armazenado na geladeira por três dias embalados em sacos plásticos ou vasilhas fechadas (MADEIRA *et al.*, 2013).

O desenvolvimento da planta varia conforme as condições ambientais e a cultivar, assim, o tempo de colheita deve ser realizado no período em que a planta se encontra com o melhor sabor, aparência, textura, aroma e qualidade nutricional, que ocorrem antes da sua maturidade fisiológica. Depois da maturidade a planta entra no processo de floração (emissão da haste), período onde as folhas ficam mais leitosas e amargas, não sendo mais passíveis de comercialização (MOURA *et al.*, 2016).

2.3 Composição química das folhas

As hortaliças são plantas de suma importância para a alimentação humana (VIANA *et al.*, 2015), apresentam em sua composição inúmeros constituintes fotoquímicos, que podem atuar no corpo humano diminuindo os riscos de doenças cardiovasculares, podendo também atuar como fortes agentes anticancerígenos, dentre outras importantes funções no organismo (ALVES *et al.*, 2010). Por essa razão é extremamente importante a caracterização química dos alimentos que apresentam potencial econômico e nutricional, especialmente os que apresentam baixo valor calórico (OHSE *et al.*, 2012).

Nos últimos anos o consumo de hortaliças vem aumentando significativamente e junto com isso a exigência dos consumidores por produtos de qualidade devido, principalmente, aos aspectos nutricionais e sensoriais. Portanto, a chegada de novos produtos no mercado exigem estudos que gerem conhecimentos sobre a caracterização destes para garantir a seguridade do produtor e do consumidor (COVRE *et al.*, 2020).

Diante disso é importante que se estude a caracterização físico-química dos alimentos, desde a sua coloração, que exerce grande influência na qualidade e no estágio de maturação, até na composição nutricional que além de ser de suma importância influencia no sabor e aroma do produto (SILVA *et al.*, 2015).

A classificação de cor pode ser realizada por vários métodos e por vários sistemas de medição de cor. O mais utilizado é o espaço CIELab que possui um espaço dimensional onde a escala neutra fica localizada no centro, sendo que a coordenada L* representa a claridade (luminosidade), com valores entre 0 (totalmente preto) e 100 (totalmente claro). A coordenada a* e b* (cromaticidade) pode assumir valores entre, -a (verde) até +a (vermelho), e -b (azul) até +b (amarelo), ambos variando de -60 a +60 (TROMBINI;LEONEL, 2014). As leituras dos

parâmetros L^* , a^* e b^* permitem o cálculo do ângulo hue ($^{\circ}h$), que corresponde à tonalidade ou matriz e identifica a cor num ângulo de 360° e o Croma (C^*) que é a saturação ou intensidade da cor (MOTA *et al.*, 2015).

Vários parâmetros são estudados na pós-colheita de hortaliças. A acidez titulável e o pH são correlacionados diretamente com as características intrínsecas, indicando a vida útil e conservação dos produtos (SILVA *et al.*, 2015).

Os sólidos solúveis, que geralmente são representados pela escala de $^{\circ}$ Brix, representam a quantidade de todos os sólidos que estão dissolvidos na água, constituindo-se basicamente de açúcares (frutose, glicose e sacarose), sendo expresso pela porcentagem de açúcar que contém no alimento. A determinação dos sólidos solúveis corresponde a uma das variáveis mais importantes para determinar a qualidade dos alimentos (LATTUADA *et al.*, 2020).

Os antioxidantes são compostos capazes de inibir a oxidação, diminuindo a quantidade de radicais livres. Essa ação de combate previne o desenvolvimento de inúmeras doenças além de retardar o envelhecimento. Destacam-se como agentes antioxidantes as substâncias fenólicas, Vitaminas A, C e E e os carotenoides que também atuam como precursor das vitaminas (SILVA *et al.*, 2015).

A vitamina C (ácido ascórbico) é uma substância hidrossolúvel, sendo considerada o antioxidante mais importante no organismo, sua ação se dá em conjunto com carotenoides e participa da proteção do corpo humano contra doenças e infecções. É uma substância que não é produzida no organismo humano, sendo obtida pela ingestão de alimentos – mais de 85 % é obtida através de frutas e hortaliças. A falta de consumo pelas pessoas pode resultar na doença chamada de escorbuto (SILVA *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2019).

Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução, contribuindo, também, para a resistência do vegetal em condições de estresse, infecções, injúrias e da ação da luz UV (ANGELO; JORGE, 2007). A atuação dessas substâncias fenólicas está diretamente ligada ao mecanismo de resistência das plantas contra fitopatógenos, apresentando características bactericidas e fungicidas (SILVA *et al.*, 2018). São milhares de compostos já descritos, encontrados nas folhas, frutas, cascas, raízes, caules e flores (SILVA; ROGEZ, 2013). São importantes na determinação nutricional e sensorial de hortaliças e frutas, pois podem estar associados à amargura, adstringência, cor, sabor, odor e estabilidade oxidativa das plantas (NACZK; SHAHIDI, 2004).

As antocianinas são pigmentos encontrados nas plantas que apresentam propriedades antioxidantes e ativas, são corantes vegetais solúveis em água, suscetíveis à deterioração devido

a fatores como pH e temperatura. Atuam como sinalizadores, atraindo agentes polinizadores e possuem a função de proteção contra danos UV provocados pela luz nas folhas (SILVA *et al.*, 2018). Essas plantas têm o potencial uso terapêutico no tratamento de doenças cardiovasculares, neurais e diabetes. Por esse motivo, há um grande interesse em estudos para seu uso como corante natural (MENEZES-MARENTES; HERRERA-RAMÍREZ; TARAZONA-DIAZ, 2019; PÉREZ-OROZCO *et al.*, 2020).

Os carotenoides são compostos naturais com inúmeras estruturas químicas e amplamente distribuídos nas plantas. São esses compostos responsáveis por dar cor vermelha, laranja ou amarela a alguns vegetais, animais ou a seus produtos. Ficam acumulados nos tecidos dos organismos, nas organelas subcelulares (plastídeos), principalmente associados às proteínas. Apresentam múltiplas ações e funções e são utilizados na indústria de alimentos, produtos farmacêuticos e cosméticos. Os carotenoides são reconhecidos por terem atividade antioxidante, estando relacionado à redução do risco de doenças degenerativas crônicas (MENDOZA; RODRÍGUEZ; LIMA, 2020).

Assim, as hortaliças folhosas são fonte de carboidratos, fibras, minerais, vitaminas e proteínas, possuem um baixo aporte calórico, sendo eficientes para o melhor trabalho do trato gastrointestinal (VIANA *et al.*, 2015).

2.4 Espectroscopia de Infravermelho Próximo – (NIR)

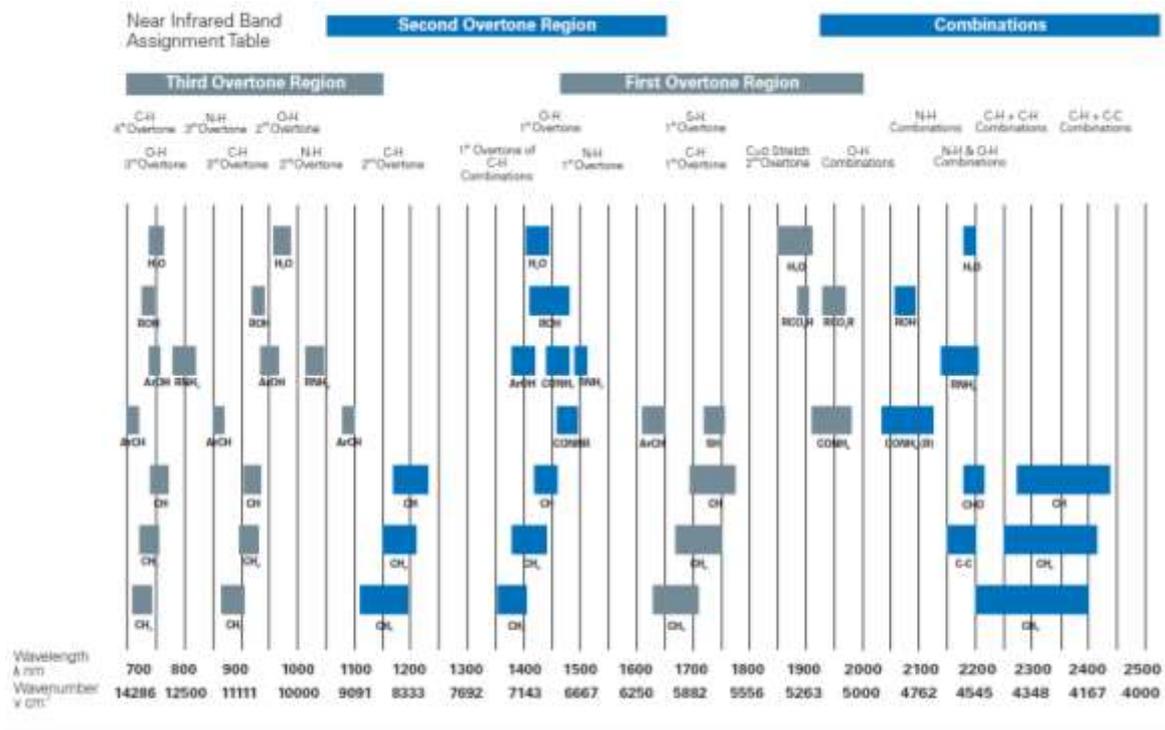
A quantificação de compostos orgânicos geralmente é realizada por cromatografia e espectrofotometria, que se baseiam em reações químicas entre os compostos e íons metálicos. Entretanto, essas análises são demoradas, destrutivas e geram inúmeros resíduos químicos (SOUZA *et al.*, 2017). Assim, outras técnicas passaram a ser estudadas e desenvolvidas para o controle analítico de alimentos e produtos, destacando-se a Espectroscopia de refletância no infravermelho próximo (NIR) (TIBOLA *et al.*, 2018).

Ressalta-se que a descoberta e primeira descrição da região do infravermelho próximo foi feita em 1800 pelo astrônomo e músico inglês William Herschel. Mas apenas em 1968 foi que o engenheiro agrícola Karl Norris desenvolveu a espectroscopia baseada no uso da luz no espectro do infravermelho próximo e utilizou como novo método de determinação da umidade em produtos agrícolas (LIMA; BAKKER, 2011; MUÑIZ *et al.*, 2012).

O Infravermelho próximo é, em termos de comprimento de onda, o nome dado à região do espectro eletromagnético mais próximo da região visível (LIMA; BAKKER, 2011). A região do infravermelho próximo (NIR) abrange a faixa de comprimento de onda de 4.000 a 12.000

cm^{-1} (750 a 2.500 nm) onde obtém os espectros, em que contém informações sobre proporções relativas de ligações Carbono - Hidrogênio (C-H), Nitrogênio – Hidrogênio (N – H), Oxigênio - Hidrogênio (O-H) e Enxofre – Hidrogênio (S – H) (Figura 2), que são os principais componentes estruturais das moléculas orgânicas. Nessa faixa as vibrações moleculares são responsáveis pela absorção nesta região e os comprimentos de onda onde ocorrem estas vibrações são em função de sua estrutura e composição química. (PASQUINI, 2003; LI *et al.*, 2013; GUIMARÃES, 2016; NASCIMENTO, C.*et al.*, 2017).

Figura 1 - Grupos funcionais atribuídos aos seus respectivos comprimentos de onda.



Fonte: Guimarães (2016)

A Espectroscopia no infravermelho próximo gera espectros de absorção e/ou transmissão fazendo com que um feixe de luz na região do infravermelho incida sobre a substância determinando as frequências que ela é capaz de absorver, possibilitando, assim, a medição direta do quanto cada comprimento de onda incidente é absorvido ou transmitido (LEITE; PRADO, 2012). Assim, em conjunto com um *software* estatístico, a técnica do NIR permite identificação, quantificação e qualificação dos compostos orgânicos nos alimentos (SALIBA *et al.*, 2003).

Para a caracterização de uma amostra desconhecida, basta a obtenção de seu espectro e o uso do modelo estatístico previamente construído para a predição ou classificação de suas propriedades (MUÑIZ *et al.*, 2012). No entanto, na maioria das vezes, os métodos

espectroscópicos necessitam que sejam realizados e validados por algum tipo de calibração com os dados amostrais da análise laboratorial previamente determinada. Se calibrado com precisão é possível prever diversas propriedades.

A calibração consiste em relacionar as propriedades espectrais de determinada amostra com as medições de referência (de laboratório). Logo após a validação, os modelos podem ser usados para prever valores analíticos correspondentes aos espectros de novas amostras (GALASSO *et al.*, 2017). Ou, em termos estatísticos, a elaboração de um modelo matemático que possibilite demonstrar as ligações químicas a partir da absorção da energia na faixa do infravermelho próximo. O que vem sendo mais utilizado para a calibração é o uso dos métodos quimiométricos, uma vez que permitem o desenvolvimento de *soft-sensores* para inferir as propriedades das amostras (SANTOS *et al.*, 2005).

A quimiometria ou os métodos quimiométricos utilizam a matemática e a estatística como ferramentas, permitindo selecionar o máximo de informações possíveis que se correlacionam com alguma propriedade a partir de uma grande quantidade de dados. Na análise quantitativa e qualitativa, a parte importante dos dados multivariados dos espectros é extraída sem perder informações, livrando-se de interferências e ruídos (SAMPAIO *et al.*, 2017). Entre as ferramentas utilizadas para a análise de dados estão a análise de componentes principais (PCA – Principal Component Analysis) e a regressão por quadrados mínimos parciais (PLS - Partial Least Squares).

A PCA é uma técnica de análise exploratória que permite detectar semelhanças entre amostras quando há formação de agrupamentos devido às composições químicas serem similares. Além disso, permite identificar amostras que apresentem comportamento ou composição diferente das demais, uma vez que estas se distanciam dos agrupamentos formados (SILVA *et al.*, 2019).

Já a PLS consiste na análise de dados multivariados empregados para relacionar uma ou mais variáveis (matriz Y) com diversas variáveis independentes (matriz X), correlacionando-se de maneira que venham a formar uma relação linear. Essa técnica permite então identificar fatores (combinações lineares das variáveis X) que melhor modelam as variáveis dependentes Y. Esse é um modelo que determina correlações quantitativas, servindo assim para a construção da reta de calibração multivariada. A diferença entre o método do PCA e PLS consiste em que o PCA não considera os dados das concentrações (matriz Y) (NUNES, 2008).

A técnica de espectroscopia NIR vêm sendo utilizada em diversas áreas como, para predição dos valores nutricionais de forrageiras (RECH; WERNER, 2020), origem de plantas (ZHUANG *et al.*, 2019), qualidade de alimentos (VASCONSELHOS *et al.*, 2020; XIONG *et*

al., 2021; SANTOS *et al.*, 2021) e na concentração de nutrientes e qualidade de alimentos pós-colheita (LAURIE *et al.*, 2020; WALSH *et al.*, 2020).

Na análise de pós-colheita de hortaliças esta técnica tem sido utilizada para avaliar o teor de nitrato em folhas de espinafre (MAHANTI *et al.*, 2020), o conteúdo de água de folhas de repolho para quantificar seu frescor (LUO *et al.*, 2021), a perda de qualidade pós-colheita em brócolis (KABAKERIS *et al.*, 2015), entre outros estudos.

Jacobs *et al.* (2016) teve como objetivo desenvolver uma metodologia do NIR para identificar e quantificar um período de armazenamento anterior de alface de cordeiro (*Valerianella locusta*), correlacionando os espectros ao tempo de armazenamento por regressão de mínimos quadrados parciais (PLS). Os resultados observados para o modelo inicial foram $R^2 = 0,75$ $RMSEc = 3,6$ dias e $RMSEcv = 6,0$ dias que ainda foi melhorado ao decorrer do trabalho, validando o modelo criado, além de identificar através das bandas formadas pelo comportamento espectral que a informação sobre a degradação do pigmento fotossintético é essencial para determinar e quantificar um período de armazenamento anterior de alface de cordeiro.

No trabalho conduzido por Torres, Sánchez e Pérez-Marín (2020), o objetivo principal foi avaliar a viabilidade do uso de um espectrofotômetro portátil NIR para analisar o conteúdo de sólidos solúveis e o teor de nitrato em plantas de espinafre *in situ*, no campo e ao longo da cadeia de abastecimento. Os resultados mostraram que a PCA foi capaz de separar em grupos as plantas de espinafre e que é viável a utilização do NIR tanto em campo quanto na cadeia produtiva para medição de sólidos solúveis e nitrato. Porém, novos estudos são necessários para melhorar a robustez do modelo, já que valores de R^2 ($\approx 0,55$) foram baixos e $RMSEcv$ ($\approx 1,1$) foram altos.

Pulido-Villatoro *et al.* (2011) teve o objetivo de determinar a variabilidade genética do conteúdo mineral e avaliar o uso da espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) para a previsão de minerais entre e dentro da espécie de rúcula (*Eruca vesicaria* subsp. *sativa* e *vesicaria*). Os resultados indicaram que é possível usar a tecnologia NIRS para determinação de conteúdos minerais em amostras de plantas de *Eruca vesicaria* para fins de triagem. A utilização desta técnica representa uma importante redução do tempo de análise, com baixo custo e sem o uso de produtos químicos perigosos.

De modo geral, a técnica do NIR é fundamentada na espectroscopia vibracional e, por isso, consiste na exposição de inúmeras amostras à radiação eletromagnética para a obtenção dos espectros de absorvâncias. Assim pode ser realizada a correlação destes espectros com os resultados das análises laboratoriais convencionais para a realização de um modelo estatístico

que possa explicar a maioria das informações contidas nos espectros. Através disso, são obtidas informações qualitativas e quantitativas dos constituintes químicos da biomassa decorrente da interação da onda eletromagnética do infravermelho próximo com a amostra (TIBOLA *et al.*, 2018).

A técnica de espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) é muito promissora para o fornecimento de informações químicas e estruturais sobre a caracterização e classificação de produtos biológicos e orgânicos (RIBEIRO *et al.*, 2021).

A técnica do NIR apresenta vantagens como a análise em tempo rápido, baixo custos de operação, baixos consumo de energia, facilidade na preparação e manuseio das amostras, além de fornecer um alto rendimento na análise de alimentos (MOHAMED *et al.*, 2021; SANTOS, P. *et al.*, 2020). Outra vantagem é a possibilidade que se tem de determinar, ao mesmo tempo, inúmeras características de qualidade por meio do monitoramento das mudanças fisiológicas durante o processo de amadurecimento da hortaliça (MACHADO *et al.*, 2003).

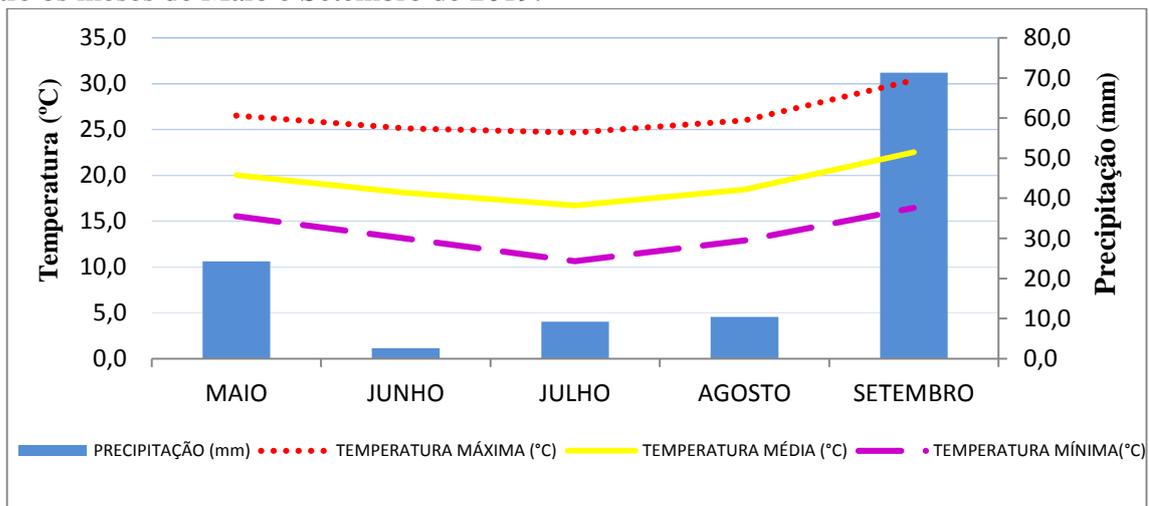
Assim, a Espectroscopia do Infravermelho Próximo tem sido utilizada como um eficiente método analítico na determinação de grupos funcionais orgânicos, sendo utilizada em diversas áreas do conhecimento, como na área agrícola, alimentícia, ambiental, farmacêutica, na área industrial, entre outras (SANTOS *et al.*, 2005).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Experimento no campo

O presente experimento foi realizado no Setor de Olericultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), na cidade de Lavras, com latitude 21°14' S, longitude 45°00' W e altitude de 918,8 m. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é considerado clima subtropical das terras altas, com inverno seco e verão chuvoso. A pluviosidade média na região é de 1.034 mm anuais, onde a temperatura média anual é de 19,3 °C e a umidade relativa média de 76% (ALVARES *et al.*, 2013). Durante o período de realização do experimento em campo, a temperatura média do ar foi de 19,1 °C, as médias máximas e mínimas foram de 26,5 °C e 13,7 °C, respectivamente. A umidade relativa do ar (UR) foi de 64,99% e o total de precipitação pluvial foi de 117,8 mm, conforme *Figura 3*:

Figura 3 - Dados climatológicos da estação meteorológica da Universidade Federal de Lavras, entre os meses de Maio e Setembro de 2019.



Fonte: Do autor a partir do INMET¹ (2020).

O solo da área experimental é classificado como textura argilosa, com as características químicas na camada de 0 a 20 cm, com pH de 6,6 em água; 1,7 % de matéria orgânica; 46,95 mg dm⁻³ P; 128,43 mg dm⁻³ K; 3,68 cmolc dm⁻³ Ca; 0,92 cmolc dm⁻³ Mg; 5,00 mg dm⁻³ Zn; 84,16 mg dm⁻³ Fe; 122,49 mg dm⁻³ Mn; 1,62 mg dm⁻³ Cu; 0,22 mg dm⁻³ Bo; 18,90 mg dm⁻³ S; V= 75,04%.

O experimento foi conduzido entre Março a Setembro de 2019, onde foram utilizados quatro tipos morfológicos do almeirão-de-árvore, identificados e depositados nos herbários:

¹ Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 15 nov. de 2020.

Escola Agrícola de Lavras – ESAL: 32304. No herbário da PAMG, almeirão-de-árvore verde 58677; almeirão-de-árvore roxo liso com folha estreita 58658; almeirão-de-árvore roxo repicado 58659; almeirão-de-árvore roxo liso com folha larga 58656. Nos dois herbários citados o nome científico utilizado para identificação dos tipos morfológicos de almeirão-de-árvore foi *Lactuca canadensis* – Figura 4.

Figura 4 - Tipos Morfológicos de almeirão-de-árvore: A) Verde; B) Roxo folha lisa estrita; C) Roxo repicado; D) Roxo folha lisa larga.



Fonte: Do autor (2019).

Em Março de 2019, os diferentes tipos morfológicos de almeirão-de-árvore foram semeados em bandejas de isopor com 128 células, utilizando substrato orgânico para a produção de mudas (Tropstrato HA hortaliças), sendo utilizando cerca de quatro sementes por célula. As bandejas foram alocadas em casa de vegetação, em bancadas suspensas, com irrigação via micro aspersão suspensa e invertida, periodicamente. A germinação ocorreu 17 dias após a semeadura (DAS), onde foi realizado o desbaste das plântulas. Após a emergência das plântulas a cada intervalo de sete dias foram realizadas três adubações foliares para o melhor desenvolvimento das plântulas. Para o controle fitossanitário foi realizada a aplicação do produto a base de óleo de Neem, a cada sete dias, na dosagem de 2 ml L⁻¹.

O campo experimental foi preparado de modo convencional com aração e gradagem e as covas abertas com o auxílio de enxadas. Foram feitas 12 linhas de plantio com espaçamento de 1 metro entre linhas e 0,6 metros entre plantas.

De acordo com a análise química do solo, não houve a necessidade de realizar calagem. A adubação de plantio foi realizada em 43 DAS, sendo utilizado a recomendação de Ribeiro *et al.* (1999) adaptada para cultura do alface, utilizando sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio.

A irrigação da área foi via gotejamento, realizada visando a manutenção da capacidade de campo do solo. O transplante das mudas para o campo ocorreu três dias após o preparo do solo, quando as mudas já apresentavam de três a quatro folhas bem desenvolvidas, sendo conduzidas de forma uniforme. Foram realizadas três adubações de cobertura (3,3g de NPK por planta + 20g Fertilizante Orgânico Provaso), sendo a primeira 30 dias após o transplante e as próximas a cada intervalo de 30 dias.

O delineamento experimental adotado no campo foi em blocos casualizados (DBC), com três repetições, sendo plantados os tipos morfológicos de almeirão-de-árvore com 16 plantas por repetição e quatro linhas por parcela. As plantas avaliadas foram as quatro plantas centrais de cada parcela, sendo que as demais foram utilizadas como bordadura para proteger as plantas centrais de intempéries e predadores, além de diminuir a competição entre parcelas.

A colheita das plantas foi realizada aos 120 dias após o transplante das mudas (DAT). Os materiais foram colhidos na parte da manhã.

As folhas foram colhidas no terço médio das plantas selecionadas e acondicionadas em sacos de polietileno de baixa densidade com espessura de 50 micras, realizando-se a identificação com os respectivos tratamentos e repetições de cada tipo de almeirão-de-árvore.

Os materiais colhidos foram transportados em caixas até o Departamento de Ciência dos Alimentos, onde foram sanitizados com água e hipoclorito na proporção de 10.000 ppm para cada litro de água e, posteriormente, foram centrifugados (Centrifugador manual 25 lts), condicionados novamente em sacos de polietileno e armazenados em câmara fria com temperatura média de 9 °C durante o período de 10 dias.

Figura 5 – (A) Sanitização com hipoclorito e água; (B) Centrifugação das folhas; (C) acondicionamento em sacos de polietileno de baixa densidade 50micras; (D) Armazenamento em câmara fria a 9°C.



Fonte: Do autor (2019).

As avaliações ocorreram no dia da colheita e posteriormente a cada dois dias foram realizadas novas avaliações, totalizando assim dez dias e seis tempos de armazenamento, Sendo, T0= dia da colheita, T1= 2 dias de armazenamento, T2=4 dias de armazenamento, T3=6 dias de armazenamento, T4= 8 dias de armazenamento e T5= 10 dias de armazenamento. As análises laboratoriais foram realizadas no Departamento de Ciência dos Alimentos no Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortalças da UFLA e a análise de Espectroscopia de Infravermelho Próximo –NIR foi realizada em Laboratório de Ciência e Tecnologia da Madeira no Departamento de Ciências Florestais, DCF.

3.2 Análises laboratoriais

As análises laboratoriais foram conduzidas em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com três repetições e em triplicatas para cada repetição, onde foi considerado que as condições dentro do sistema de cultivo foram homogêneas para as plantas colhidas e, em consonância, as condições experimentais no laboratório foram iguais para todos os tratamentos. No dia de cada avaliação as folhas foram cortadas todas juntas com auxílio de uma faca, misturadas e embaladas em sacos plásticos de polipropileno de 50 micras identificados com o tipo de almeirão, repetição, tempo de armazenamento, peso e análise a ser realizada com o material.

3.2.1 Acidez titulável total (ATT), pH, sólidos solúveis totais (SST) e Razão SST / ATT (Ratio)

Para a determinação das análises de ATT, pH, SST e ‘Ratio’, as folhas dos quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore foram triturados com o auxílio do Politron (TECNAL - TE102) 5,0g de cada material com 45 ml de água destilada e filtrados com tecido organza. Foram realizadas três repetições e três leituras de cada repetição para cada tratamento, totalizando nove leituras.

A acidez titulável total (ATT) foi realizada, segundo métodos do (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008), por titulação com hidróxido de sódio 0,01 M solução (NaOH) usando fenolftaleína como indicador. Os resultados foram expressos em porcentagem ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$) de ácido cítrico em massa fresca.

A determinação do pH foi utilizando-se um pH metro de bancada da marca TECNAL® (R-TEC-7-MP), segundo a técnica indicada pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

O teor de sólidos solúveis totais foi determinado utilizando-se um refratômetro digital modelo PAL-1, da marca ATAGO, segundo a técnica indicada pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados foram calculados em percentual de sólidos solúveis totais e expressos como porcentagem. A relação sólidos/ acidez titulável (SST/ATT) conhecida como ‘Ratio’ foi determinada dividindo a primeira variável pela segunda.

3.2.2 Antocianinas monoméricas

O conteúdo total de antocianinas foi determinado através do método espectrofotométrico, segundo Lees e Francis (1972) adaptado por Barcia *et al.* (2012). Para a extração dos compostos antociânicos dos materiais, foram utilizados 5,0g de cada material com 25 mL de etanol acidificado em $\text{pH}=1$ à temperatura ambiente. Após o material ficar em repouso por 1 hora, foi filtrado com papel filtro (papel de filtro qualitativo, 15 cm de diâmetro, Unifil®) e o volume completo para 50 mL com etanol acidificado.

A leitura dos materiais foi realizada em espectrofotômetro de microplacas (Elisa EZ Read-2000 Microplate Reader – biochrom) no comprimento de onda de 535nm e para a leitura do branco utilizou-se a solução de etanol acidificado.

A determinação de antocianinas totais se baseou no coeficiente de extinção molar da cianidina-3-glicosídeo (FÓRMULA 1). Os resultados foram expressos em miligramas de cianidina-3-2glicosídeo por 100 gramas de material fresco.

$$AT \text{ (mg.100g)} = (A \cdot PM \cdot FD / \epsilon \cdot 1) \cdot 100 \quad (1)$$

Onde,

A = absorvância da amostra

FD = fator de diluição;

ϵ absortividade molar = 26900;

PM cianidina 3-glicosídeo = 449,2

3.2.3 Carotenoides

A determinação de carotenoides totais foi realizada de acordo com a metodologia seguindo Rodriguez-Amaya (2001). Uma combinação de solventes foi utilizada para a extração de carotenoides: acetona/ éter de petróleo. Foram utilizados 5,0 gramas de cada material, colocadas em potes recobertos com papel alumínio e adicionados 20 mL de acetona P.A gelada, onde foram agitados em agitador mecânico por 20 minutos.

Após esse período o material foi filtrado com papel filtro e depositado em erlenmeyer, assim a amostra foi lavada com acetona por três vezes com acetona P.A (20 mL+15 mL+15 mL).

O material filtrado foi transferido para funil de separação onde foi adicionado 30 mL de éter de petróleo e 100mL de água destilada. Em seguida, após a separação das fases, a fase incolor foi descartada. Esse procedimento ocorreu por três vezes para a remoção de toda a acetona.

O extrato foi transferido para balão volumétrico âmbar de 100 mL e foi adicionado éter de petróleo até completar o volume do balão. O extrato foi novamente filtrado e armazenado em frasco escuro até a realização da leitura em espectrofotômetro.

Os carotenóides foram quantificados usando um método espectrofotométrico (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001). Carotenóides como α -caroteno, β -caroteno, δ -caroteno, γ -caroteno e licopeno foram medidos a 444 nm, 450 nm, 456 nm, 462 nm e 470 nm, respectivamente, e os teores foram somados. O conteúdo de cada carotenoides foi calculado de acordo com a fórmula (FÓRMULA 2):

$$\mu\text{g } 100\text{g}^{-1} = A \times V \times 10^6 / A_{1\text{cm}1\%} \times M \times 100 \quad (2)$$

Onde,

A = absorvância da solução no comprimento de onda específico

V = volume final da solução

$A_{1\text{cm}1\%}$ = coeficiente de absortividade molar do pigmento em determinado solvente, no caso éter de petróleo

M = massa da amostra tomada para análise em gramas.

Os resultados foram expressos em $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ do material em massa fresca.

3.2.4 Cor

A análise de coloração foi determinada usando um colorímetro digital Konica Colorímetro Minolta CR-400 calibrado de acordo com o sistema CIE com L*, a*, b*, HUE e C* (iluminante D65).

3.2.5 DPPH

A extração foi realizada de acordo com a metodologia adotada por Rufino *et al.* (2009). Para a obtenção do extrato, 2,5 g de cada material foram colocados em potes revestidos com papel alumínio e 20 mL de metanol a 50% foi adicionado. A solução foi homogeneizada e deixada em repouso sem a presença de luz por 60 minutos e posteriormente centrifugada por 15 minutos a 10000 rpm.

O sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 50 mL (âmbar). No resíduo da extração foram adicionados 20 mL de acetona a 70%. A solução foi homogeneizada e deixada em repouso por 60 minutos no escuro e novamente centrifugada por 15 minutos a 10000 rpm.

Transferiu-se o sobrenadante para o balão volumétrico anterior e completou-se o volume para 50 mL com água destilada.

Para a determinação da capacidade antioxidante, foram adicionados 1,0 mL de cada extrato das amostras a 3,9 mL de solução de DPPH. O controle foi feito com 2,5 mL de metanol, juntamente ao DPPH, no lugar do extrato.

As leituras foram realizadas após 30 minutos, em espectrofotômetro a 515 nm e os resultados foram expressos em IC50 (mg/mL).

Foi utilizada para cálculo de IC50 (mg/mL): $5\text{mg} \cdot 50 \text{ ml} / (\text{Abs controle} - \text{Abs da amostra} / \text{Abs controle}) \cdot 100$. (3)

3.2.6 Fenólicos Totais

Os fenólicos foram determinados através de Método de Folin Ciocalteau, segundo Waterhouse (2002). Para a obtenção do extrato 2,5 g de cada material foram colocados em potes revestidos com papel alumínio e 20 mL de metanol a 50% foi adicionado. A solução foi homogeneizada e deixada em repouso no escuro por 60 minutos e posteriormente centrifugada por 15 minutos a 10000 rpm.

O sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 50 mL (âmbar). No resíduo da extração foram adicionados 20 mL de acetona a 70%. A solução foi homogeneizada e deixada em repouso por 60 minutos no escuro e novamente centrifugada por 15 minutos a 10000 rpm.

Transferiu-se o sobrenadante para o balão volumétrico anterior e completou-se o volume para 50 mL com água destilada.

Para a determinação dos fenólicos totais pipetou-se uma alíquota de 0,25 mL de cada solução e adicionou-se a tubos de ensaio (âmbar) onde foram também adicionados 2,5 mL da solução de Folin Ciocalteu 10% (v/v) e 2 mL da solução de Carbonato de sódio 4% (p/v).

Essa solução final foi homogeneizada e mantida em repouso no escuro por 2 horas. A leitura foi realizada no leitor de microplacas (Elisa EZ Read-2000 Microplate Reader – biochrom) a 720 nm.

O conteúdo de fenólicos totais foi quantificado através da curva padrão de ácido gálico – *Fórmula 5* – e os resultados foram expressos em mg de ácido gálico 100 g⁻¹ em massa fresca. ($R^2 = 0,9996$):

$$y = 0,0209x + 0,0065 \quad (5)$$

Onde,

y = absorvância da amostra x = teor de ácido gálico (μ)

3.2.7 Vitamina C

A determinação da vitamina C total seguiu a metodologia de Strohecker e Henning (1967) que utiliza dinitrofenilhidrazina (2,4-DNPH). Para realizar a extração, 5 g de cada material foi homogeneizado com 45 mL de ácido oxálico a 0,5% usando o triturador Polytron. Posteriormente foi adicionada uma pequena porção de Kieselgur e o homogenato foi transferido para a mesa de agitação por 30 minutos e em seguida filtrado com papel filtro (papel de filtro qualitativo, 15 cm de diâmetro, Unifil®).

Em tubos de ensaio foram adicionados 1 mL do extrato filtrado + 3 mL da solução de ácido oxálico 0,5% + 3 gotas de DFI + 1 mL de hidrazina + 1 gota de tiureia.

Os tubos foram deixados em banho maria à temperatura de 37 °C por três horas. Posteriormente foram colocados em banho de gelo até esfriarem. Com o auxílio de uma bureta foram adicionados 5 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄ 85%) nos tubos que continuaram em banho de gelo para evitar a carbonização da amostra. Agitou-se rapidamente e foram deixados em repouso por 10 minutos para realização da leitura a 520 nm.

O cálculo para o conteúdo de vitamina C foi realizado através da curva padrão e os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹ de material fresco.

3.2.8 Análise estatística das análises laboratoriais físico-químicas

Os resultados encontrados foram submetidos às análises de variância e regressão. Foi aplicado o teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) para as médias referentes aos tipos morfológicos de almeirão-de-árvore a 5% de probabilidade, utilizando-se o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020) para uso público por meio do pacote MVar versão 2.1.3 e os tempos de armazenamento foram submetidos à análise de regressão, obedecendo-se ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste F e Scott & Knott.

3.2.9 Análise estatística multivariada dos dados espectrais

Os espectros das folhas dos tipos de almeirão-de-árvore foram obtidos em sala climatizada, posicionando-se as folhas individualmente utilizando a fibra óptica do espectrômetro Bruker (Optik GmbH, Ettlingen, Germany), modelo MPA e baseado em transformada de Fourier. Para a coleta dos espectros foi utilizado o software OPUS versão 7,5.

Os espectros foram obtidos diretamente na folha e cada espectro representa uma média de 32 varreduras, no intervalo de 12.500 a 3.500 cm⁻¹ e com resolução de 8 cm⁻¹.

3.2.10 Análise estatística multivariada dos dados espectrais

Os dados espectrais coletados no infravermelho próximo foram avaliados por meio de regressão por mínimos quadrados parciais (PLS-R) e pela análise de componentes principais (PCA) com o auxílio do software estatístico Chemoface[®](NUNES *et al.*, 2012). A PCA foi utilizada para verificar a similaridade espectral das diferentes amostras dos diferentes tipos morfológicos de almeirão-de-árvore. Já a regressão PLS foi usada para correlacionar os dados espectrais NIR (variáveis independentes) e o conteúdo obtido por análises de química úmida (variáveis dependentes).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

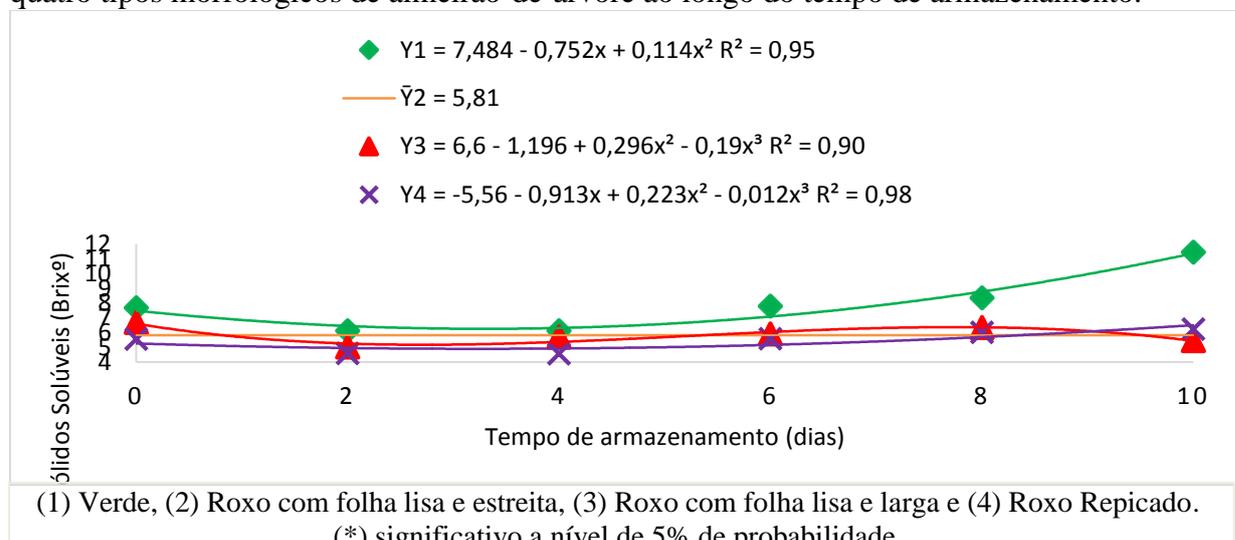
4.1 Análises físico-químicas

Verificou-se, através de análise estatística, efeito significativo da interação entre os tipos morfológicos de almeirão-de-árvore e tempos de armazenamento para Sólidos Solúveis Totais, pH, Compostos Fenólicos Totais, Carotenoides Totais e Atividade Antioxidante. Para Vitamina C, houve efeito significativo apenas para os tipos morfológicos de almeirão-de-árvore, enquanto que para Acidez Titulável Total e Antocianinas Monoméricas, apenas do tempo de armazenamento. Para a relação de 'Ratio', não se observou efeito significativo de nenhum dos fatores. Os parâmetros de coloração, Cromaticidade e Ângulo Hue apresentaram efeito significativo para os tipos morfológicos e a Luminosidade não apresentou efeito significativo para nenhum dos fatores avaliados.

4.1.1 Sólidos Solúveis Totais (SST)

Observa-se, a partir da *Figura 6* e dos dados da *Tabela 1*, que houve uma queda no teor de sólidos solúveis nos primeiros dias de armazenamento (0 dias a 2 dias) para todos os tipos morfológicos de almeirão-de-árvore e a partir de 2 (dois) dias de armazenamento, quando a maior média era 6,11 °Brix (0,25%) do almeirão-de-árvore verde, houve um aumento dos teores ao longo do tempo de armazenamento até o último dia de avaliação. Exceto para o almeirão-de-árvore roxo com folha lisa e larga que apresentou menores teores no final do período de armazenamento 5,44°Brix (0,23%).

Figura 6 - Gráfico dos teores médios encontrados de Sólidos Solúveis Totais (°Brix; %) para os quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore ao longo do tempo de armazenamento.



Fonte: Do autor (2021).

Tabela 1 - Valores médios de Sólidos Solúveis Totais (°Brix; %) de diferentes tipos de almeirão-de-árvore, em função dos tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias) condicionados em sacos de polietileno e armazenados em câmara fria a 9°C.

Tempos de Armazenamento	Verde	Roxo com folha lisa e estreita	Roxo com folha lisa e larga	Roxo repicado
0 dias	7,66 (0,28) a	6,11 (0,25) b	6,66 (0,26)b	5,55 (0,24) c
2 dias	6,11 (0,25) a	5,00 (0,23)b	5,00 (0,23)b	4,56 (0,22)c
4 dias	6,11 (0,25) a	5,78 (0,24)a	5,67 (0,24)a	4,55 (0,22)b
6 dias	7,78 (0,28) a	5,89 (0,25)b	5,89 (0,24)b	5,56 (0,24)b
8 dias	8,33 (0,29)a	6,00 (0,25)b	6,33 (0,25)b	6,00 (0,25)b
10 dias	11,44 (0,34)a	6,11 (0,25)b	5,44 (0,23) c	6,22 (0,25)b
CV= 2,7%				

OBS: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Scott & Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2021).

Observa-se que as folhas armazenadas por dois dias apresentaram os menores teores de sólidos solúveis. Nota-se, também, que o almeirão-de-árvore roxo repicado apresentou os menores teores ao longo do tempo de armazenamento, exceto no último dia de avaliação 5,44°Brix (0,23 %). Destaca-se, ainda, que o almeirão-de-árvore verde possui os maiores teores de sólidos solúveis durante todo o período de armazenamento.

Após a realização da colheita, as hortaliças consomem as suas próprias reservas para manter a sua atividade metabólica, o que causa uma degradação e pode provocar modificações na qualidade final do produto (ARAÚJO; CARVALHO; VILAS BOAS, 2020).

O teor de sólidos solúveis é uma forma indireta de quantificar a quantidade de açúcares, sendo que o teor aumenta à medida que os açúcares se acumulam nas folhas. Esses açúcares representam cerca de 85 a 90% dos sólidos solúveis, já que existem outras substâncias (ácidos orgânicos, vitaminas, fenólicos, etc) dissolvidas nos tecidos (NASCIMENTO, G. *et al.*, 2017).

Assim, o teor de sólidos solúveis acaba sendo um dos principais indicativos de sabor dos produtos hortifrutícolas, já que representa a concentração de açúcares e outros sólidos diluídos, sendo assim fundamental para a avaliação da maturação e qualidade de alimentos (SANCHES *et al.*, 2017).

Logo após a colheita (0 dias), houve uma queda nos teores de sólidos solúveis que pode ser decorrente do maior consumo dos substratos no metabolismo respiratório das folhas (MIRANDA *et al.*, 2017). Contudo, na terceira avaliação (4 dias), os teores aumentaram até o final do experimento. Miranda *et al.* (2017), cita que os teores de sólidos solúveis podem aumentar decorrente do processo de amadurecimento, por biossíntese, por degradação de

polissacarídeos (aumento do teor de açúcares simples), pela diminuição da acidez ou pela perda de água.

Bessa *et al.* (2017) salienta que a diferença nos teores de sólidos solúveis podem ter relação com as próprias cultivares, no nosso caso de estudo, com os próprios tipos morfológicos, ou até com a diferença na maturação das folhas.

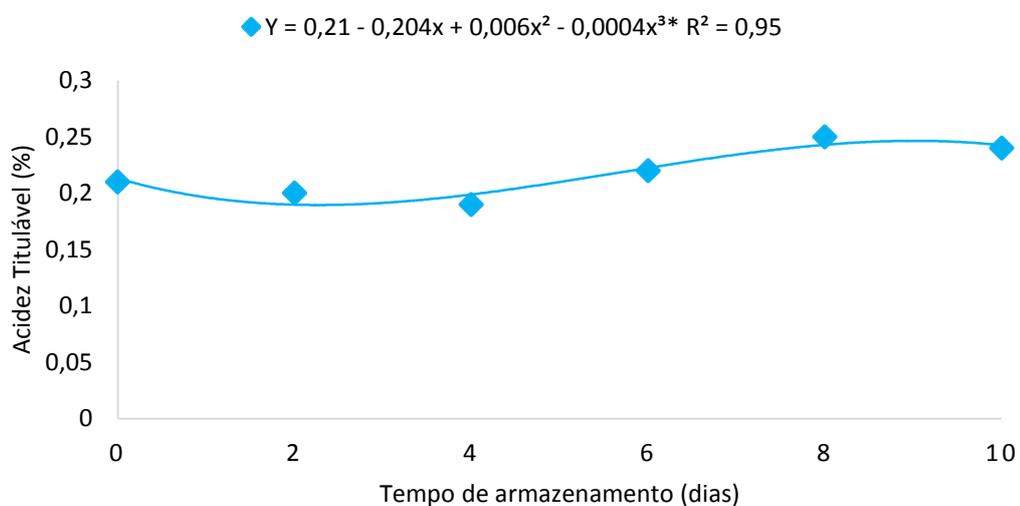
Os valores encontrados neste trabalho foram maiores que os encontrados por Correia *et al.* (2017) que ao estudar o armazenamento de almeirão-de-árvore encontrou 4,89 °Brix no terceiro dia de avaliação e 5,29 °Brix no 12º dia. O trabalho de Correia *et al.* (2017) também mostrou uma tendência de aumento dos teores de sólidos solúveis totais ao longo do tempo de armazenamento.

Nascimento *G. et al.* (2017), avaliando a pós-colheita em alface (cultivar “Júlia”) encontrou valores de 2,5 °Brix no dia da colheita e 4,5°Brix no décimo dia de avaliação.

4.1.2 Acidez Titulável Total

Para a acidez titulável total dos diferentes tipos morfológicos de almeirão-de-árvore, observa-se que não houve efeito significativo entre os fatores e o valor médio da acidez titulável total dos diferentes tipos morfológicos de almeirão-de-árvore foi de 0,215 %. No entanto, verificou-se uma pequena variação durante o período de armazenamento com tendência de aumento dos teores de acidez titulável total – *Figura 7*.

Figura 7 - Gráfico dos teores médios encontrados de Acidez titulável total (g 100g⁻¹ ácido cítrico) para os quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore ao longo do tempo de armazenamento.



Fonte: Do autor (2021).

A acidez encontrada em hortaliças é caracterizada pela presença de ácidos orgânicos que se encontram nos vacúolos das células, tanto na forma livre como combinado com sais, glicosídeos e ésteres, sendo importantes fontes de energia para os vegetais, sofrendo oxidação no ciclo de Krebs (MORENO *et al.*, 2016; SOETHE; MATTOS; STEFFENS, 2017).

As variações dos valores de acidez titulável total durante o armazenamento podem estar associadas com o metabolismo respiratório, que tanto consome quanto sintetiza ácidos orgânicos, além da variabilidade genética das amostras analisadas. Normalmente, a tendência durante o armazenamento é a diminuição do teor de acidez, já que os ácidos orgânicos são respirados ou convertidos em açúcares (SANCHES *et al.*, 2017; SOETHE; MATTOS; STEFFENS, 2017).

Portanto, quanto menor for o teor de ácidos orgânicos nos tecidos, maior será a sua deterioração (SOUZA *et al.*, 2017). Neste contexto, os tipos de almeirão-de-árvore roxo liso com folhas lisas e largas e o almeirão-de-árvore roxo liso com folhas lisas e estreitas apresentaram menores teores, havendo maior consumo dos ácidos orgânicos quando comparadas aos demais, podendo assim perder a viabilidade para o consumo primeiro.

Quando as hortaliças apresentam maiores valores de acidez titulável, ocorre um acentuado sabor ácido, que pode impactar na aceitação sensorial pelos (ARAÚJO; CARVALHO; VILAS BOAS, 2020). Além disso, os ácidos orgânicos contribuem para o aroma característico de algumas hortaliças, pois alguns componentes podem ser voláteis (BESSA *et al.*, 2017). O almeirão-de-árvore verde e o almeirão-de-árvore roxo repicado podem então apresentar sabor e odor mais característicos que os demais.

Ao analisar o armazenamento de almeirão-de-árvore Correia *et al.* (2017), encontrou valores de 0,10 (g 100g⁻¹ ácido cítrico) no primeiro dia de avaliação e 0,16 (g 100g⁻¹ ácido cítrico) no 12º dia. Já Souza *et al.* (2019) avaliando o armazenamento de repolho observou valores de 0,2 (g 100g⁻¹ ácido cítrico).

4.1.3 Relação SST/ATT, 'Ratio'

Para a relação SST/ATT não houve interação significativa entre os fatores avaliados. Ao longo do tempo de armazenamento não houve diferença estatística entre os tempos avaliados, observando-se que a média dos tempos foi de 29,68. Já para os tipos morfológicos de almeirão-de-árvore houve diferença estatística, onde o almeirão-de-árvore verde (35,02) apresentou maior valor e o almeirão-de-árvore roxo repicado (25,16) o menor – *Tabela 2*.

Tabela 2 - Valores médios da relação SST/ATT ‘Ratio’ dos diferentes tipos de almeirão-de-árvore.

Tipos morfológicos de almeirão-de-árvore	Valores da relação SST/ATT ‘Ratio’
Verde	35,02 a
Roxo liso com folha estreita	29,30 b
Roxo liso com folha larga	29,24 b
Roxo repicado	25,16 c
CV = 19,75%	

OBS: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott & Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2021).

As variações nos teores de açúcares e de acidez podem ocasionar alterações nas propriedades sensoriais do produto, especialmente na sensação de doçura e acidez, sendo a relação entre SST/ATT um indicador de sabor dos alimentos, nos indicando uma correlação do equilíbrio entre os açúcares e os ácidos dos frutos, relação essa que tende a aumentar com o amadurecimento (RANIERI *et al.*, 2015; SOUZA *et al.*, 2019).

É notório nos resultados encontrados neste trabalho, que a relação ‘Ratio’ variou conforme a variação dos teores de sólidos solúveis e acidez titulável total, ou seja, onde o teor de sólidos solúveis totais (SST) foi elevado e a acidez titulável total baixa (ATT), resultou em “Ratio” elevado (SST/ATT), conforme pode ser observado principalmente no tipo morfológico de almeirão-de-árvore verde.

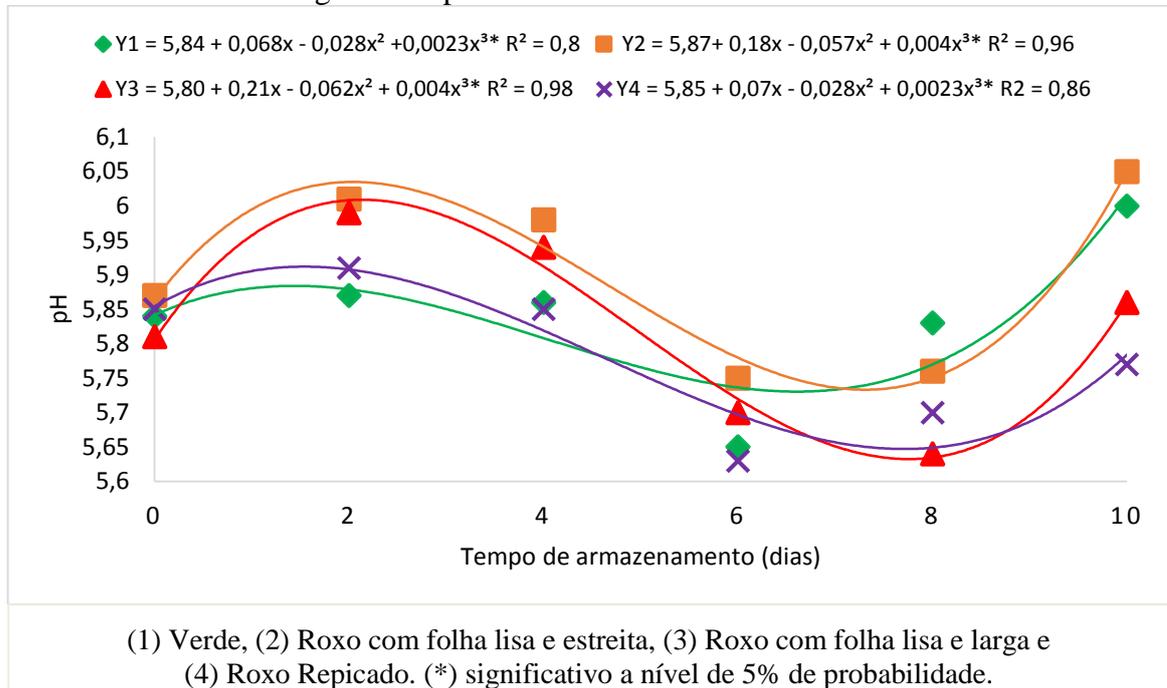
Silva *et al.* (2015), analisando o armazenamento de cebolinha comum, encontrou o valor de 47,77 para a relação SST/ATT, valor maior que os encontrados para os tipos de almeirão. Já Souza *et al.* (2017) observou valores menores para folhas de coentro, variando de $6,04 \pm 0,21$ no primeiro dia de armazenamento a $9,24 \pm 0,18$ no sexto dia. Para alface, cultivar “Júlia”, Nascimento *Get al.* (2017) também obteve menores valores, variando de $8,23 \pm 4,12$, no primeiro dia de armazenamento a $5,74 \pm 2,13$.

4.1.4 pH

Com relação ao pH houve oscilação dos valores dos diferentes tipos morfológicos de almeirão-de-árvore durante todo o período de armazenamento— *Figura 8*.

Na primeira avaliação (0 dias) o almeirão-de-árvore com folha lisa e larga (5,81) apresentou o menor valor de pH e o almeirão-de-árvore roxo com folha lisa e estreita (5,87) o maior. Nota-se que ao final da avaliação houve aumento nos valores de pH para todos os tipos morfológicos de almeirão-de-árvore, exceto para o almeirão-de-árvore roxo repicado – *Tabela 3*.

Figura 8 - Gráfico dos teores médios encontrados de pH para os quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore ao longo do tempo de armazenamento.



Fonte: Do autor (2021).

Tabela 3 - Valores médios de pH de diferentes tipos de almeirão-de-árvore, em função dos tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias) condicionados em sacos de polietileno e armazenados em câmara fria a 9°C.

Tempos de armazenamento	Verde	Roxo com folha lisa e estreita	Roxo com folha lisa e larga	Roxo repicado
0 dias	5,84 b	5,87 a	5,81 c	5,85 b
2 dias	5,87 c	6,01 a	5,99 a	5,91 b
4 dias	5,86 c	5,98 a	5,94 b	5,85 c
6 dias	5,65 c	5,75 a	5,70 b	5,63 c
8 dias	5,83 a	5,76 b	5,64 c	5,70 c
10 dias	6,00 b	6,05 a	5,86 c	5,77 d

CV = 0,3%

OBS: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Scott & Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2021).

Os resultados apresentados para pH mostram que o almeirão-de-árvore roxo com folha lisa e estreita apresentou os maiores valores em todos os tempos de avaliação, exceto aos 8 dias de armazenamento – *Tabela 3*.

As modificações nos valores de pH podem estar correlacionadas com o acúmulo de ácidos orgânicos e outros compostos nos vacúolos, presença de sistemas oxidantes e ativação da enzima clorofilase (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

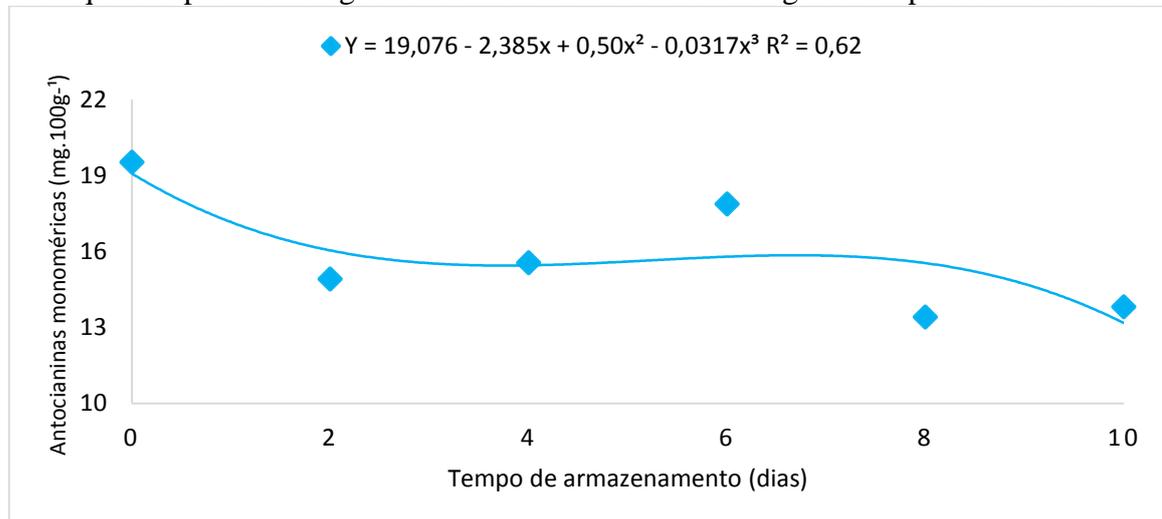
A elevação dos valores durante o armazenamento é esperada, já que com o armazenamento acontece a degradação dos ácidos orgânicos e amido, ocasionando o aumento do pH e possível redução da acidez. O pequeno aumento observado pode ser devido justamente ao consumo dos ácidos orgânicos pelo aumento da respiração característica comum em hortaliças no estágio de senescência (SOUZA *et al.*,2017). O aumento do pH não seria tão interessante já que quando há redução do pH, acontece maior durabilidade do produto final, pois produtos mais ácidos tendem a ser mais estáveis diante à deterioração.

Pereira *et al.* (2015), avaliando a pós-colheita de hortaliças, observou valores de pH de 5,8 para alface, 5,6 para couve folha e 5,6 para rúcula, valores estes menores que os observados nos tipos de almeirão-de-árvore. Já Correia *et al.* (2017), analisando o almeirão-de-árvore durante período de armazenamento, encontrou valores de 6,23 no primeiro dia de avaliação e 6,43 no 12 °dia, valores relativamente maiores que os observados neste trabalho.

4.1.5 Antocianinas monoméricas

Com relação aos teores de Antocianinas monoméricas obteve-se uma variação nos teores com uma tendência de queda ao longo do período de armazenamento– *Figura 9*.

Figura 9 - Gráfico dos teores médios encontrados de Antocianinas monoméricas (mg.100g⁻¹) para os quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore ao longo do tempo de armazenamento.



Fonte: Do autor (2021).

Destaca-se que o almeirão-de-árvore roxo repicado teve queda de 63,29% e o almeirão-de-árvore roxo com folhas lisas e estreitas 35,95% do dia da colheita ao último dia de avaliação. Vale ressaltar que folhas de almeirão-de-árvore roxo repicado apresentaram maiores teores de antocianinas monoméricas na primeira avaliação (0 dias).

Assim, analisando os teores de antocianinas monoméricas dos tipos morfológicos de almeirão-de-árvore observa-se que não houve diferença estatística entre eles, verificando-se assim o valor médio de 15,84 (mg.100g⁻¹).

As antocianinas são substâncias naturais presentes em diversos vegetais, estão associadas a açúcares, ligados aos grupos hidroxila OH, que podem apresentar variações de cores, sendo vermelha quando há presença de soluções ácidas e azuis em soluções alcalinas (FERNANDES *et al.*, 2021).

A queda nos teores de antocianinas durante o armazenamento pode estar relacionada com um aumento da atividade das enzimas peroxidase em resposta a algum estresse ocorrido nas folhas (térmico, por exemplo), ocorrendo assim à sua degradação (SANTOS, B.*et al.*, 2020). Em temperaturas mais amenas a estabilidade das antocianinas é maior. O pH também influencia nas antocianinas, isto é, quando o pH está alto causa instabilidade e quando o pH está mais baixo existe uma maior estabilidade, adquirindo, assim, uma coloração avermelhada (pH=3,0) (PAULA *et al.*, 2019).

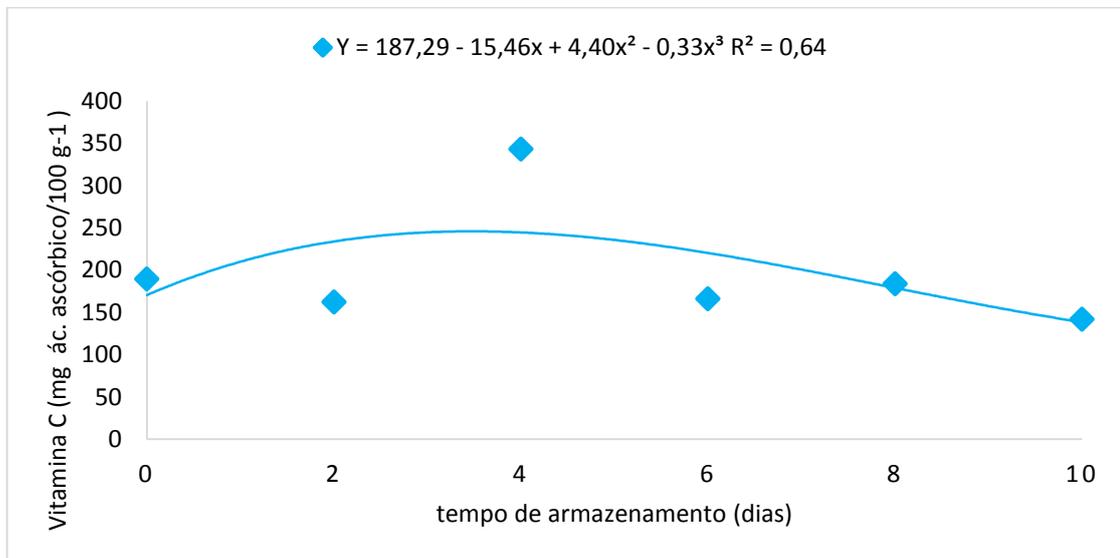
Assim, nota-se neste estudo uma pequena elevação do pH durante o armazenamento, fato que pode ter contribuído para o decréscimo nos teores de antocianinas. Fatores como: solvente, presença de oxigênio, luz, enzimas e outros componentes químicos das plantas também causam degradação das antocianinas (PAULA *et al.*, 2019).

Pesquisa realizada por Avellar *et al.* (2018) com hortaliças não convencionais, constatou teores médios de antocianinas de 6,01 (mg.100g⁻¹) para Beldroega, 3,08 (mg.100g⁻¹) para Peixinho, 14,08 (mg.100g⁻¹) para Capuchinha e 11,08 (mg.100g⁻¹) para Taioba. Já Almeida *et al.* (2014) encontrou valores de 6,58 (mg.100g⁻¹) para Repolho roxo, todos esses valores citados são menores que os encontrados para os diferentes tipos de almeirão-de-árvore deste trabalho.

4.1.6 Vitamina C

Para Vitamina C, observa-se que houve oscilações nos teores durante todo o período de armazenamento das folhas de todos os tipos morfológicos de almeirão-de-árvore. Nota-se que desde o primeiro dia de avaliação (0 dias) até o último dia (10 dias) os valores reduziram em 10% para o almeirão-de-árvore roxo com folha lisa e larga, 22,34% para o almeirão-de-árvore roxo repicado, 22,67% para o almeirão-de-árvore verde e 39,43 % para o almeirão-de-árvore roxo com folha lisa e estreita.

Figura 10 - Gráfico dos teores médios encontrados de Vitamina C (mg. ácido ascórbico/100g⁻¹) para os quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore ao longo do tempo de armazenamento.



Fonte: Do autor (2021).

Verificando-se as médias dos tipos morfológicos de almeirão-de-árvore, observa-se que o almeirão-de-árvore roxo repicado (184,24 mg. ácido ascórbico/100g⁻¹) e o almeirão-de-árvore roxo liso com folha larga (181,80 mg. ácido ascórbico/100g⁻¹) foram os que apresentaram os maiores teores de Vitamina C, não diferindo entre si. Já o almeirão-de-árvore verde (167,81 mg. ácido ascórbico/100g⁻¹) e o almeirão-de-árvore roxo liso com folha estreita (156,15 mg. ácido ascórbico/100g⁻¹) foram os que apresentaram os menores valores e também não se diferiram entre si – *Tabela 4*.

Tabela 4 - Valores médios de Vitamina C (mg. ácido ascórbico/100g⁻¹) dos diferentes tipos de almeirão-de-árvore.

Tipos morfológicos de almeirão-de-árvore	Teores médios de Vitamina C (mg. ácido ascórbico/100g ⁻¹)
Verde	167,81 b
Roxo liso com folha estreita	156,15 b
Roxo liso com folha larga	181,80 a
Roxo repicado	184,24 a

CV = 15,71%

OBS: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott & Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2021).

As variações dos teores de Vitamina C durante o período de armazenamento pode ser decorrente de uma conversão da glicose em ácido ascórbico, pela enzima GAL desidrogenase. Em condições de baixas temperaturas a atividade dessa enzima é aumentada, promovendo maior produção de Vitamina C, como forma de proteção dos tecidos causados pelos danos oxidativos do metabolismo. Assim as oscilações dos teores de Vitamina C durante o período de

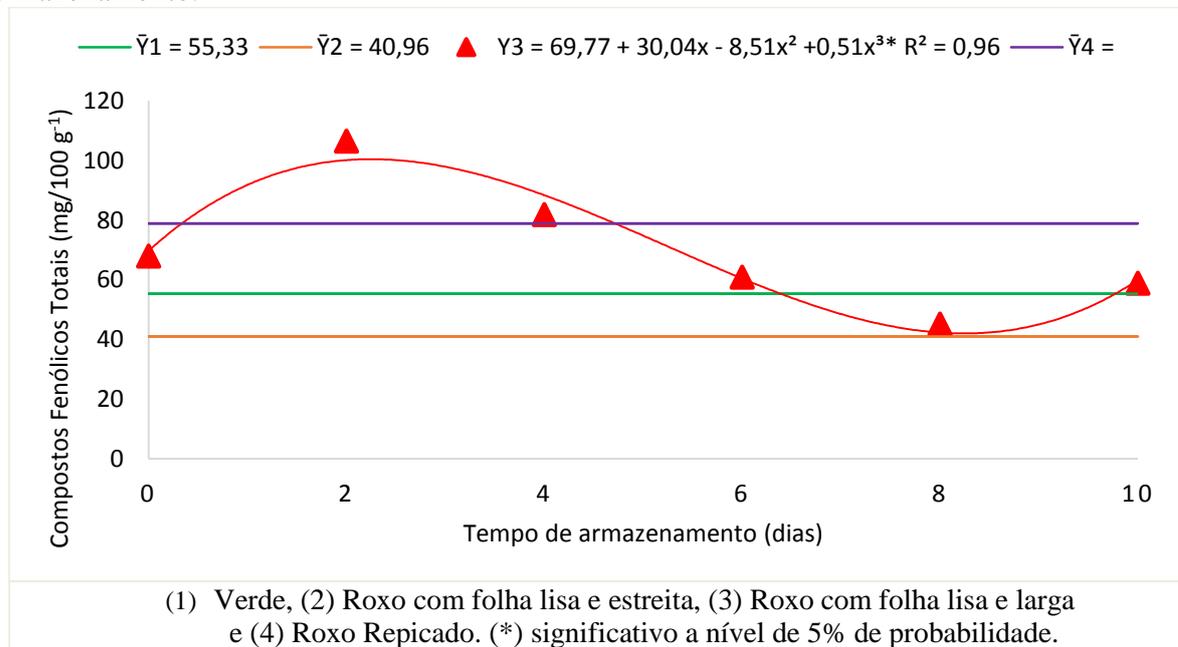
armazenamento, podem ser decorrentes da atividade da enzima GAL desidrogenase, que no momento da avaliação a alteração de temperatura e danos nos tecidos podem ter aumentado a vitamina C como forma de defesa dos seus tecidos (SOUZA *et al.*, 2019).

Observando-se de maneira geral, notou-se a redução dos teores de Vitamina C durante todo o período de armazenamento, que pode ser devido a alteração de compostos no metabolismo secundário, luminosidade na câmara ou por uma alta atividade da enzima ácido ascórbico oxidase e à menor capacidade de sintetizar esse ácido durante o armazenamento (JÚNIOR *et al.*, 2016). A Vitamina C é a mais instável das vitaminas, podendo sofrer variações por ser sensível a agentes como calor, luz e oxigênio (VIANA *et al.*, 2015).

4.1.7 Compostos Fenólicos Totais

Com relação aos teores de Compostos Fenólicos Totais, observa-se que houve interação entre os tipos morfológicos de almeirão-de-árvore e tempo de armazenamento apenas para o almeirão-de-árvore roxo com folha lisa e larga – *Figura 11*.

Figura 11 - Gráfico dos teores médios encontrados de Compostos Fenólicos Totais (mg/100 g⁻¹) para os quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore ao longo do tempo de armazenamento.



Fonte: Do autor (2021).

Os teores diminuíram do dia da colheita (0 dias) até o último dia de avaliação (10 dias) em 13,35% para o almeirão-de-árvore roxo com folhas lisas e largas e 14,99%.

A *Tabela 5* mostra que o almeirão-de-árvore roxo com folhas lisas e estreitas se difere dos demais com os menores teores em todos os tempos de avaliação. Já o almeirão-de-árvore

roxo repicado apresentou os maiores teores de compostos fenólicos totais aos 0 dias, 6 dias, 8 dias e 10 dias (88,27; 109,62; 71,60; 75,05 mg.100g⁻¹), respectivamente.

Tabela 5- Valores médios de Compostos Fenólicos Totais (mg/100 g⁻¹) de diferentes tipos de almeirão-de-árvore, em função dos tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias) condicionados em sacos de polietileno e armazenados em câmara fria a 9°C.

Tempos de armazenamento	Verde	Roxo liso com folha estreita	Roxo liso com folha larga	Roxo repicado
0 dias	59,44 b	36,72 c	67,90 b	88,27 a
2 dias	61,43 b	45,91 c	106,43 a	72,41 b
4 dias	48,98 b	36,26 b	81,81 a	56,03 b
6 dias	56,16 b	43,96 b	60,88 b	109,62 a
8 dias	55,61 b	42,17 b	45,10 b	71,60 a
10 dias	50,38 b	40,76 b	58,84 b	75,05 a
CV = 16,64%				

OBS: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Scott & Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2021).

Ao longo do período de armazenamento ocorreu a oxidação dos compostos fenólicos, o que pode resultar na redução da sua concentração. Os compostos fenólicos também podem sofrer influência do ambiente inserido, incluindo o armazenamento refrigerado, que ocasiona a oxidação enzimática e química destes compostos, colaborando na sua redução (SOETHE; MATTOS; STEFFENS, 2017).

Os compostos fenólicos têm extrema importância na determinação da qualidade de hortaliças, pois está relacionado com alguns atributos como cor, textura e sabor (SOETHE; MATTOS; STEFFENS, 2017).

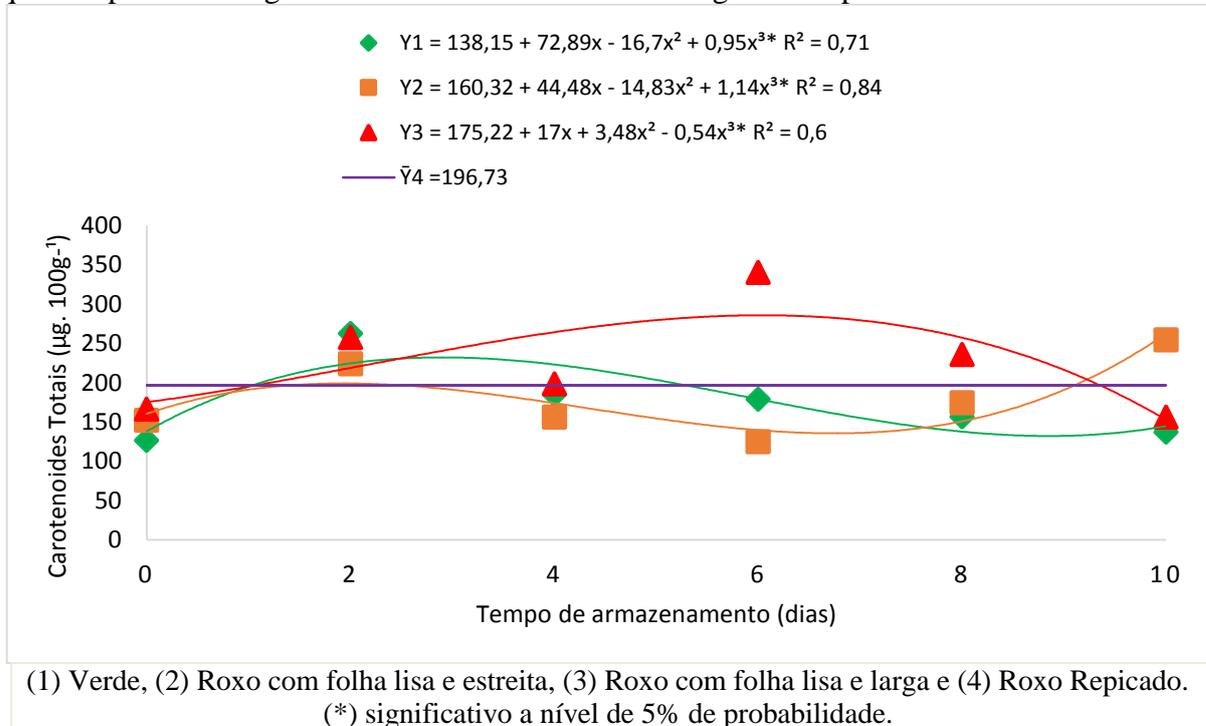
Comparando-se as médias da composição dos compostos fenólicos totais dos tipos morfológicos de almeirão árvore com outras hortaliças convencionais observa-se valores maiores que a Serralha (3.60 ± 0.79 mgg⁻¹) e Capiçoba (4.65 ± 0.42 mgg⁻¹) e menores Ora-pro-nóbis (7.86 ± 1.59 mg.g⁻¹) (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

4.1.8 Carotenoides Totais

Com base nos dados de Carotenoides totais, observa-se grande oscilação dos dados. Os tipos de almeirão-de-árvore roxo com folhas lisas e estreitas e almeirão-de-árvore verde, no primeiro dia de avaliação (0 dias), foram os que apresentaram os menores valores (152,0; 126,7µg. 100g⁻¹), respectivamente, em relação aos outros tipos. Esses mesmos tipos morfológicos foram os que apresentaram aumento do teor de carotenoides no último dia de avaliação (10 dias) quando comparado com os valores no dia da colheita. O almeirão-de-árvore

roxo com folha lisa e estreita apresentou aumento significativo de 67,49% e o almeirão-de-árvore verde de 8,24%.

Figura 12 - Gráfico dos teores médios encontrados de Carotenoide Totais ($\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) para os quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore ao longo do tempo de armazenamento.



Fonte: Do autor (2021).

Já os tipos de almeirão-de-árvore roxo com folha lisa e larga e o almeirão-de-árvore roxo repicado apresentou redução nos teores quando comparados os valores do período de 0 dias à 10 dias e o almeirão-de-árvore roxo repicado não apresentou diferença significativa ao longo do armazenamento. O almeirão-de-árvore roxo repicado, quando comparado aos demais, foi o que apresentou o maior teor a 0 dias ($192,3 \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) e teve queda de 27,45%. Já o almeirão-de-árvore roxo com folha lisa e larga apresentou ($166,3 \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) a 0 dias e teve redução de 6,15%.

Tabela 6 - Valores médios de Carotenoides Totais ($\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) de diferentes tipos de almeirão-de-árvore, em função dos tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias) condicionados em sacos de polietileno e armazenados em câmara fria a 9°C .I (continuação)

Tempos de armazenamento	Verde	Roxo liso com folha estreita	Roxo liso com folha larga	Roxo repicado
0 dias	126,71	152,02	166,34	192,34
2 dias	262,84	224,26	257,5	216,91
4 dias	185,06	156,12	198,37	166,24
6 dias	178,88 b	124,86 b	340,31 a	174,83 b
8 dias	156,83 b	174,61 b	235,77 a	290,51 a
10 dias	137,14 b	254,64 a	156,11 b	139,55 b

$$CV = 26,36\%$$

OBS: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Scott & Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2021) (conclusão).

Observa-se, na *Tabela 6*, que não houve diferença significativa entre os tipos de almeirão-de-árvore nos tempos de avaliação 0 dias, 2 dias e 4 dias. Na avaliação realizada aos 6 dias de armazenamento, o almeirão-de-árvore roxo liso com folha larga ($340,31 \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) foi o que apresentou o maior teor de carotenoides totais, se destacando dos demais. Já na avaliação aos 8 dias de armazenamento, destaca-se o almeirão-de-árvore roxo repicado e o almeirão-de-árvore roxo com folha lisa e larga ($290,51$; $235,77 \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$), respectivamente. No último dia de avaliação, 10 dias de armazenamento, o almeirão-de-árvore roxo com folhas lisas e estreitas ($254,64 \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) foi quem apresentou o maior valor.

Os carotenoides possuem a função de fotoproteção na realização da fotossíntese, atuam como estabilizadores das membranas vegetais e são responsáveis pela atividade antioxidante, absorvendo tanto oxigênio singlet quanto radicais livres, interrompendo suas reações em cadeia (MENEZES FILHO *et al.*, 2018).

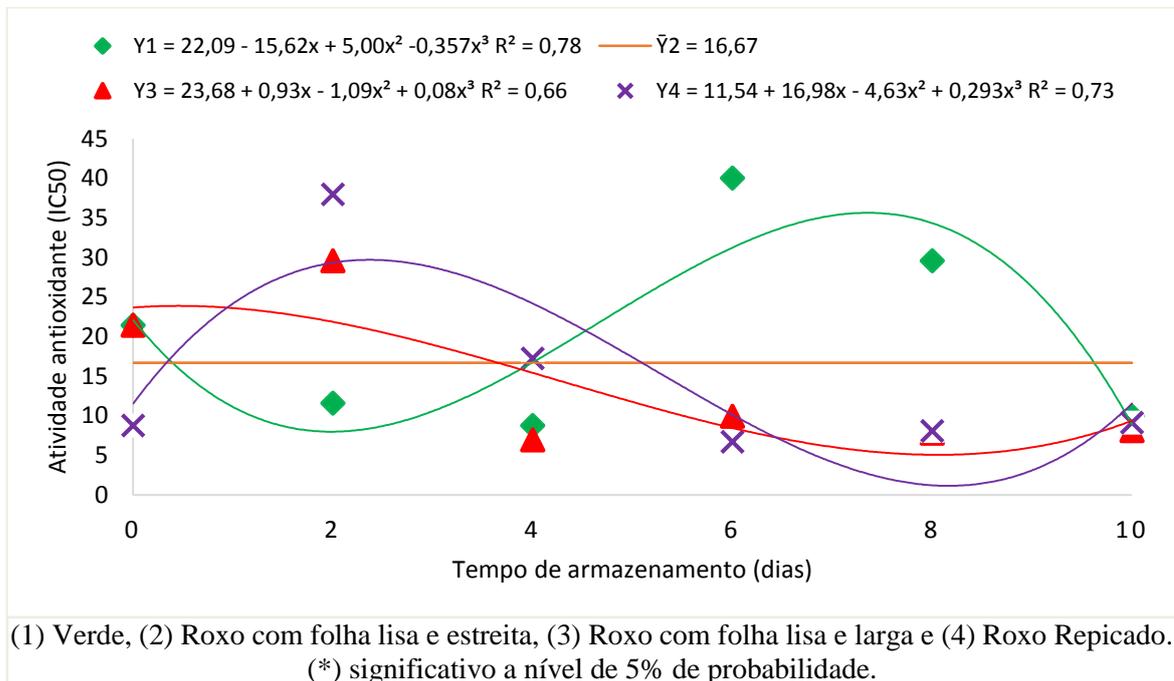
Assim, a principal causa da degradação dos carotenoides é a oxidação que depende da disponibilidade de oxigênio, do tipo de carotenoide e de seu estado físico. A degradação é incentivada pelo calor, luz, enzimas oxidativas e peróxidos, sendo inibida por antioxidantes (SILVA *et al.*, 2015).

Comparando-se com as médias, Dias *et al.* (2020) encontrou maiores valores de carotenoides totais para Alface ($270 \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$), Rúcula ($240 \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) e Cebolinha ($250 \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$). Já Viana *et al.*(2015) avaliando hortaliças não convencionais encontrou valores de carotenoides totais de $95,64$ Azedinha $\mu\text{g/g}$ de massa fresca, $83,73$ ($\mu\text{g/g}$ de massa fresca), Beldroega, Caruru $192,77$ ($\mu\text{g/g}$ de massa fresca) e $103,24$ ($\mu\text{g/g}$ de massa fresca) para Peixinho.

4.1.9 Atividade antioxidante

A *Figura 13* e a *Tabela 7* mostram os resultados da análise para inibir 50% de DPPH (IC50), utilizada para cada extrato na determinação do potencial antioxidante. Com relação à atividade antioxidante, verificou-se que não houve interação significativa entre o almeirão-de-árvore roxo com folha lisa e estreita e os tempos de armazenamento.

Figura 13 - Gráfico dos teores médios das concentrações para inibir 50% de DPPH (IC50 mg/ml) para os quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore ao longo do tempo de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2021).

Tabela 7 - Valores médios das concentrações para inibir 50% de DPPH (IC50 mg/ml) de diferentes tipos de almeirão-de-árvore, em função dos tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias) condicionados em sacos de polietileno e armazenados em câmara fria a 9°C.

Tempo de armazenamento	Verde	Roxo liso com folha estreita	Roxo liso com folha larga	Roxo repicado
0 dias	21,44	11,59	21,44	8,78
2 dias	11,59 b	9,93 b	29,58 a	37,98 a
4 dias	8,78	18,99	6,96	17,24
6 dias	40,00	23,44	9,95	6,72
8 dias	29,58	23,58	7,81	8,09
10 dias	9,93	12,48	9,13	9,14

CV = 45,89%

OBS: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Scott & Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2021).

O tipo morfológico de almeirão-de-árvore roxo com folhas lisas e largas apresentou os menores valores de atividade antioxidante pelo método do DPPH em 0 dias e 2 dias (21,44; 29,58mg ml⁻¹). A partir de 4 dias de armazenamento houve uma queda brusca nos valores chegando a 62,09 %, melhorando assim sua capacidade antioxidante. Para o almeirão-de-árvore roxo com folhas lisas e estreitas os valores oscilaram durante o período de armazenamento, sendo que começou baixo a 0 dias (11,59 ± 7,14mg ml⁻¹), aumentou a partir de 4 dias (18,99 mg ml⁻¹) e no último dia de avaliação (12,48mg ml⁻¹), caiu bruscamente, aumentando a

capacidade antioxidante. No almeirão-de-árvore roxo repicado observou-se em 0 dias (8,78 mg ml⁻¹) uma boa capacidade antioxidante, sendo que aos 2 (dois) dias de armazenamento (37,97mg ml⁻¹) houve um grande aumento e a partir daí os valores caíram até o final da avaliação, retomando, assim, a boa capacidade antioxidante. Comportamento parecido com o almeirão-de-árvore verde que apresenta aumento nos valores aos 6 (seis) dias (40,00 mg ml⁻¹) e aos 8 (oito) dias (29,58 mg ml⁻¹), mas cai bruscamente no último dia de avaliação.

Analisando os tempos de armazenamento, observou-se diferença significativa entre os tipos de almeirão-de-árvore apenas aos 2 dias de armazenamento, onde o almeirão-de-árvore roxo com folha lisa e larga e o almeirão-de-árvore roxo repicado foram os que apresentaram maiores valores (29,58; 37,98 mg ml⁻¹), respectivamente – *Tabela 7*.

Os resultados deste método são expressos no IC50, ou são representados como uma quantidade de substâncias antioxidantes presentes na amostra para diminuir ou reduzir a concentração inicial do radical DPPH em 50%. Assim, quanto menor for o valor de IC50, melhor será a sua capacidade antioxidante, ou seja, a baixa absorvância indica atividade sequestrante de radicais livres (BENEVIDES et al., 2020).

De forma geral os tipos morfológicos de almeirão-de-árvore apresentaram bom poder antioxidante devido ao grau de descoloramento da solução de DPPH, que representa um alto poder antioxidante, possuindo baixos valores de IC50 – *Tabela 7*.

A atividade antioxidante em vegetais ocorre devido à atuação de uma grande quantidade de compostos antioxidantes, que são degradados ou sintetizados de acordo com o estado fisiológico e com os níveis de estresses sofridos pelo tecido da folha durante o armazenamento (ROTILI *et al.*, 2013). Essa atividade antioxidante pode estar relacionada com o conteúdo de compostos fenólicos, carotenoides e com outros compostos bioativos, que podem estar presentes nas folhas (MORAIS *et al.*, 2017).

Benevides *et al.*(2020) estudando plantas alimentícias não convencionais encontrou valores menores de IC50, onde o Beldroegão apresentou 4,71 ±0.58, a Beldroega 7,05 ±1.36, a Serralha 2,13 ± 0.05, o Caruru 6.28±0.09 e a Urtica 6.63±0.22.

4.1.10 Coloração

Na avaliação dos parâmetros (Cromaticidade, Ângulo Hue e Luminosidade) de coloração das folhas dos diferentes tipos de almeirão-de-árvore ao longo do período de armazenamento, verificou-se que não houve interação significativa entre os fatores avaliados. Nota-se que houve diferença significativa apenas entre os tipos morfológicos de almeirão-de-árvore para a Cromaticidade e Ângulo Hue – *Tabela 8*.

Tabela 8 - Valores médios dos parâmetros de coloração referentes aos diferentes tipos de almeirão-de-árvore, em função dos tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias) condicionados em sacos de polietileno e armazenados em câmara fria a 9°C.

Tipos Morfológicos de almeirão-de-árvore	Cromaticidade	Ângulo Hue
Verde	24,20 a	104,02 a
Roxo liso com folha estreita	22,26 b	102,31 a
Roxo liso com folha larga	20,38 c	97,22 b
Roxo repicado	22,06 b	99,15 b
	CV= 10,27 %	CV = 2,89%

OBS: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Scott & Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2021).

Para o parâmetro cromaticidade (C*) que define a pureza ou intensidade da cor, todos os tipos morfológicos de almeirão-de-árvore se diferiram estatisticamente. O almeirão-de-árvore verde foi o que se destacou dos demais (24,20), seguido pelo almeirão-de-árvore roxo repicado (22,06) e com o menor valor encontra-se o almeirão-de-árvore roxo com folha lisa e larga (20,37) – *Tabela 8*.

Para os resultados encontrados para o parâmetro de Ângulo Hue°, observa-se que os tipos morfológicos almeirão-de-árvore verde e almeirão-de-árvore roxo com folha estreita foram os que apresentaram maiores valores (104,02 ; 102,31), respectivamente – *Tabela 8*.

Analisando o parâmetro de luminosidade (L*) nota-se que não houve diferença estatística entre os tipos morfológicos e a média encontrada para esse parâmetro foi de 35,37.

Analisando a *Tabela 8* de uma forma geral, conclui-se que a luminosidade (L*) manteve-se em um padrão para todos os tipos morfológicos de almeirão-de-árvore, o ângulo Hue° expressou a coloração verde. Porém, o almeirão-de-árvore roxo com folhas lisas e estreitas e o almeirão-de-árvore verde tendem a uma coloração amarelada dando, dessa forma, a impressão de um verde mais claro. A cromaticidade mostrou que a tonalidade das cores dos tipos morfológicos de almeirão-de-árvore foram diferentes, sendo o almeirão-de-árvore verde o que possui coloração mais intensa.

A alteração de cor durante o armazenamento de hortaliças é muito comum e é utilizada como critério de qualidade pelo consumidor. Alterações na cor verde para amarelo ou vermelho durante o armazenamento pode sugerir na degradação de clorofila e aparecimento dos carotenoides e também ter relação com a biossíntese de antocianinas como resposta de defesa a algum estresse sofrido na folha (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Oliveira *et al.* (2020) analisando a coloração de radicchio minimamente processado encontrou valores próximo a coloração verde, mas com tonalidades avermelhadas, já que essa

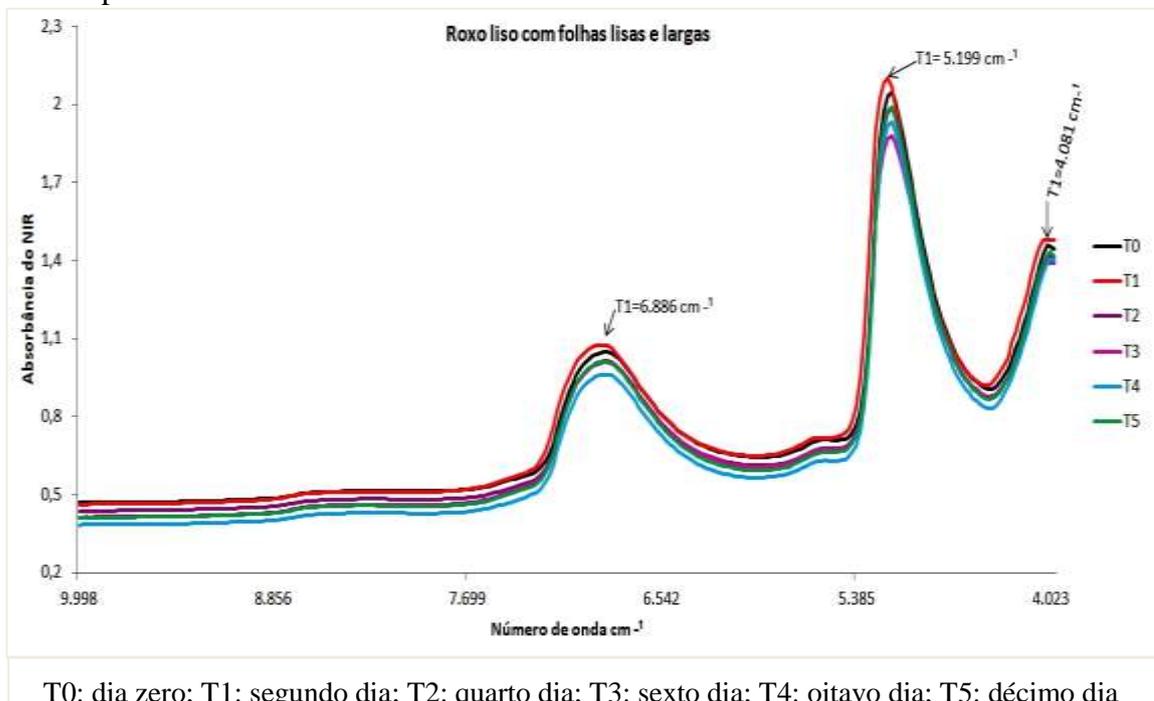
hortaliça apresenta folhas com coloração arroxeadas. Porém no nono dia de avaliação notou coloração escura e odor desagradável, característica de hortaliças armazenadas por tempo excessivo. Assim o ideal seria o consumo dessa hortaliça até entre o sexto e oitavo dia de armazenamento, para a preservação das características visuais.

Correia *et al.* (2017) observou valores maiores de L^* , para o almeirão-de-árvore em armazenamento, variando de 47,17 no primeiro dia de avaliação a 51,81 no nono dia. O autor ainda observou em seu trabalho uma intensa coloração verde no almeirão-de-árvore ao observar os valores dos parâmetros a^* e b^* .

4.2 Espectros das folhas dos tipos morfológicos de almeirão-de-árvore no infravermelho próximo (NIR)

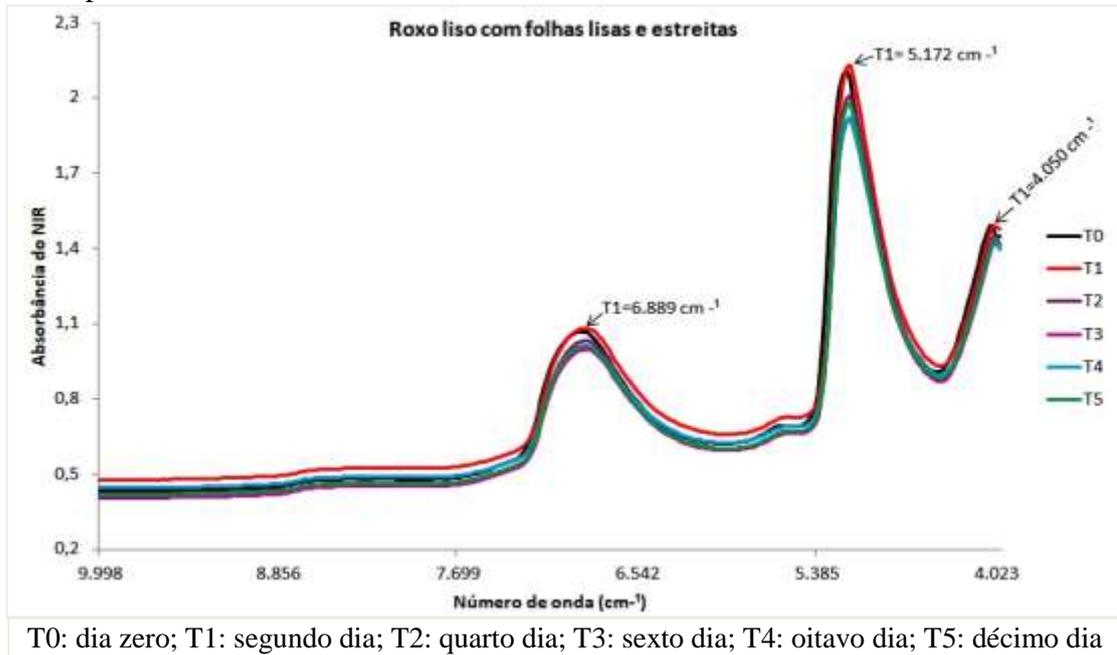
Observa-se nas Figuras 14, 15, 16 e 17 os espectros médios, obtidos por reflectância difusa, a partir das leituras espectrais feitas na superfície das folhas dos quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore em função do tempo de armazenamento.

Figura 14 – Espectros médios das folhas do almeirão-de-árvore roxo com folhas lisas e largas durante o período de armazenamento.



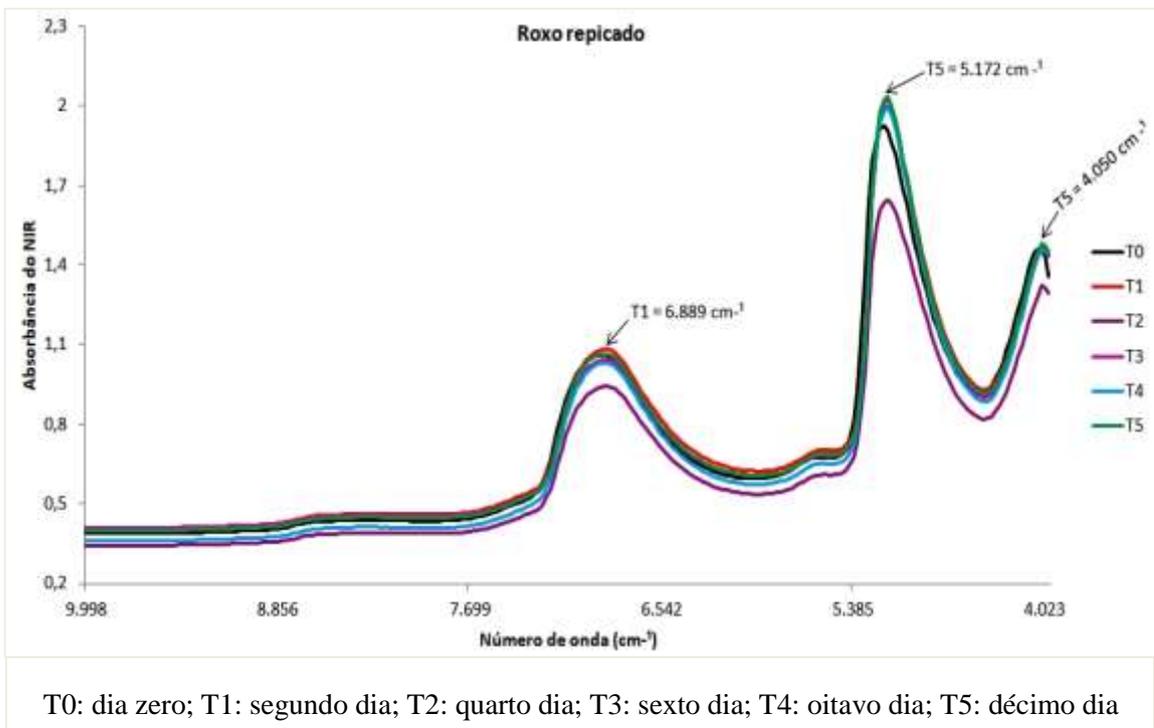
Fonte: Do autor (2020).

Figura 15 - Espectros médios das folhas do almeirão-de-árvore roxo com folhas lisas e estreitas durante o período de armazenamento.



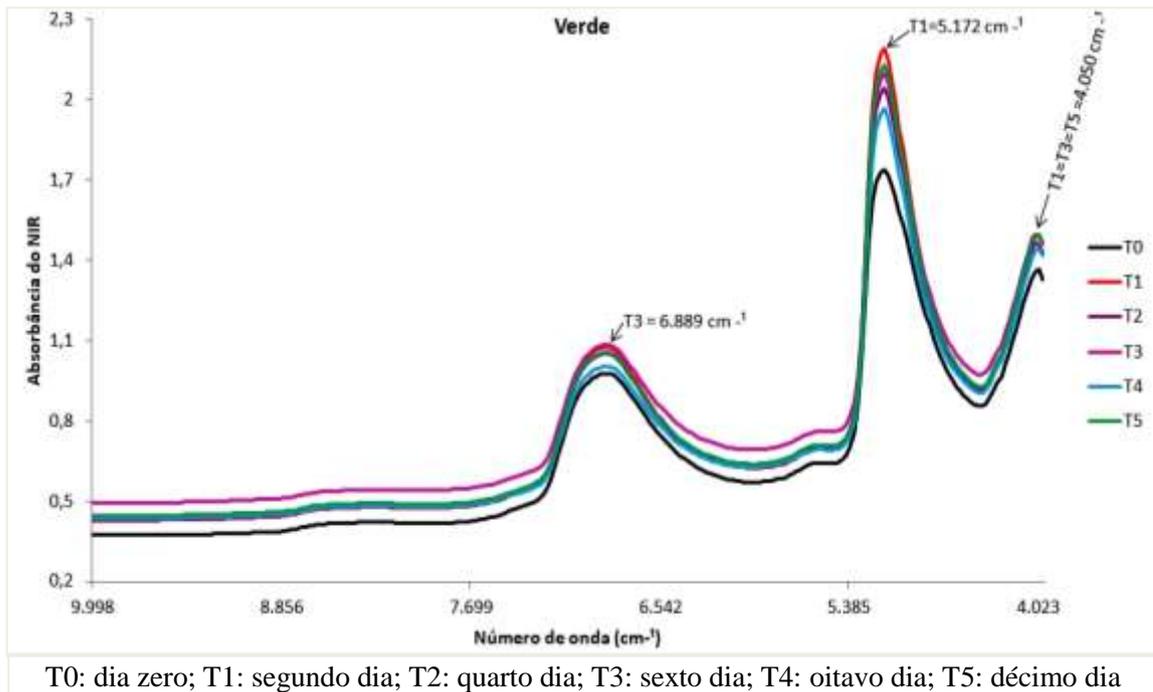
Fonte: Do autor (2020).

Figura 16 – Espectros médios das folhas do almeirão-de-árvore roxo repicado durante o período de armazenamento.



Fonte: Do autor (2020).

Figura 17 – Espectros das folhas do almeirão-de-árvore verde durante o período de armazenamento.

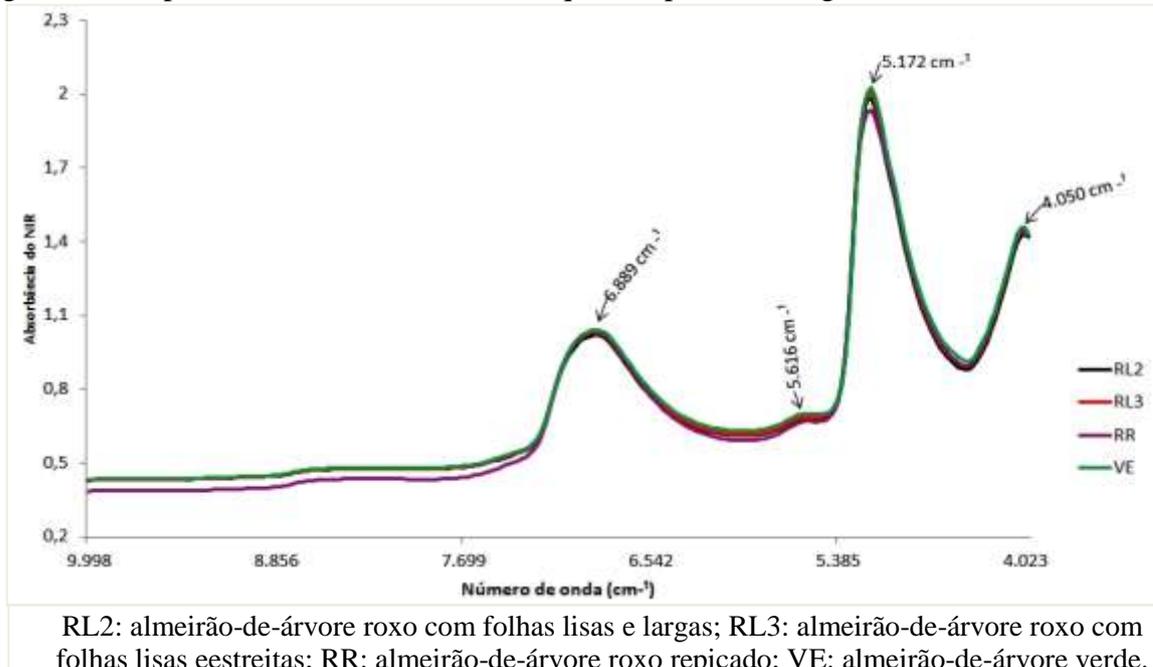


Analisando os espectros das folhas dos diferentes tipos morfológicos de almeirão-de-árvore no infravermelho próximo (NIR), percebe-se que há um padrão espectral semelhante em relação às bandas de absorção, quando comparamos as informações espectrais dos quatro tipos de almeirão-de-árvore (Figuras 14 a 17). Nas Figuras 14 e 15, o comportamento espectral é praticamente o mesmo, a sobreposição dos espectros médios referentes aos dias de armazenamento é um pouco maior, mostrando que os espectros obtidos para o almeirão-de-árvore roxo com folhas lisas e largas e o almeirão-de-árvore roxo com folhas lisas e estreitas se assemelham durante o período de armazenamento, o que demonstra uma menor variação nos aspectos relacionados a pós-colheita ao longo do período de armazenamento das folhas. Observa-se que para esses dois tipos morfológicos as maiores curvas de absorvância ocorrem no tempo de armazenamento T1.

Na Figura 16 observa-se também uma sobreposição dos espectros, porém, apesar dos valores dos picos serem parecidos, houve alternância nos maiores valores das curvas de absorvância entre o tempo de armazenamento T1 e T5, nota-se que o tempo de armazenamento T2 mostrou menores valores de absorvância. Já na Figura 17, observa-se uma menor sobreposição dos espectros quando comparados aos demais, o tempo T0 se diferencia com os menores valores de absorvância dos espectros, já os maiores valores alternam-se do tempo T3 a T1.

É importante considerar a similaridade das médias dos espectros em todas as figuras, onde as bandas e as declinações das curvas espectrais são semelhantes. Essa semelhança do padrão espectral entre os tipos morfológicos de almeirão-de-árvore já era esperado, pois se trata da mesma espécie. Isso pode ser confirmado pela *Figura 18* que é uma nova apresentação dos espectros obtidos. A análise dos espectros via NIR revelou perfis similares entre os tipos de almeirão-de-árvore e maiores valores de absorbância na região em torno de 4050 a 6800 cm^{-1} .

Figura 18 – Espectros médios das folhas dos quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore.



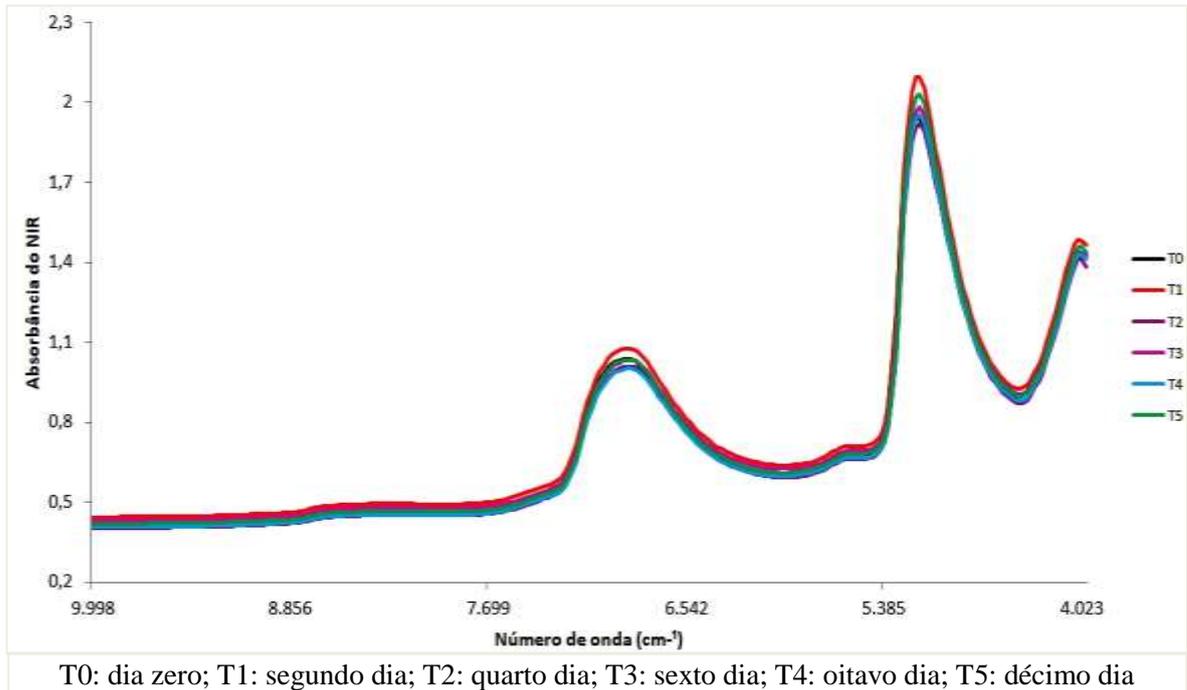
Fonte: Do autor (2020).

Na *Figura 18*, nota-se uma pequena diferença média entre os espectros do almeirão-de-árvore roxo repicado com os demais, porém, como já relatado, as bandas e as declinações das curvas espectrais são coincidentes, a exemplo das bandas aproximadas de 6.889 cm^{-1} , 5.172 cm^{-1} e 4.050 cm^{-1} . A maioria das absorções foram observadas entre a faixa de 7000 a 4000 cm^{-1} , que são atribuídas para as bandas de combinação dos grupos funcionais -C=O , -NH , -CH e C-C (VASCONCELOS *et al.*, 2018).

Frizon *et al.* (2015), avaliando folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis*), observou comportamento espectral similar ao dos almeirões, sendo que as bandas mais proeminentes destacadas por ele (6.853 cm^{-1} ; 5.799 cm^{-1} ; 4.670 cm^{-1}) coincidiram com as do trabalho.

Com relação à amplitude dos espectros ao longo do período de armazenamento, nota-se o mesmo comportamento espectral, destacando-se o tempo de armazenamento T1, que apresentou valores de absorbância um pouco superiores quando comparado com os demais tempos de armazenamento como pode-se observar na *Figura 19*.

Figura 19 - Espectros médios das folhas dos quatro tipos de almeirão-de-árvore durante o período de armazenamento.



Fonte: Do autor (2020).

Quando há seleção das regiões mais relevantes dos espectros do NIR consegue fazer uma melhor interpretação dos modelos gerados, uma vez que não só se destaca a relação entre os números de onda, mas também a relação desses números com a propriedade investigada (KAHMANN et al., 2017).

Com o auxílio do livro *Practical Guide and Spectral Atlas for Interpretive Near Infrared Spectroscopy* (WORKMAN Jr; WEYER, 2012), que apresenta uma tabela que correlaciona o comprimento de ondas (cm^{-1}) com os grupos funcionais, é possível por meio da representação gráfica dos espectros e as suas faixas espectrais determinar os prováveis grupos funcionais químicos presentes nas folhas dos quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore – *Tabela 9*.

Isso é possível pois a radiação no infravermelho, quando absorvida pelas ligações entre os átomos de cada molécula, provoca movimentos de distensão, de rotação e vibratórios, que são específicos para cada tipo de ligação covalente presente. Assim, os espectros resultantes dessa absorção são utilizados para identificar compostos, pois as curvas espectrais do composto no infravermelho próximo podem ser comparadas a uma “impressão digital” do composto. A informação contida na curva espectral é utilizada para prever a composição química da amostra (VASCONCELOS et al., 2018)

Tabela 9 – Correlação espectro-estrutura por espectroscopia de infravermelho próximo para os diferentes tipos de almeirão-de-árvore.

Faixa Espectral (cm ⁻¹)	Grupo Funcional	Tipo de Material
4.050	C-H & C-C	Polissacarídeo
5.172	O-H atribuído a água molecular (.O-H & HOH)	Polissacarídeo
5.616	C-H Metileno (.CH ₂) (Simétrica)	Hidrocarbonetos alifáticos
6.889	O-H da água / N-H amina aromática primária (o.OH ₃)	Polissacarídeo

Fonte: Workman Jr. & Weyer (2012).

A *Figura 18* e a *Tabela 9* – adaptada de Workman Jr. e Weyer (2012) – mostram os comprimentos de onda que se destacaram e que foram usados para caracterizar os tipos de almeirão-de-árvore. Foi observado a partir da correlação espectral que determinadas bandas de absorção estão em relação com determinados compostos como, hidrocarbonetos alifáticos, polissacarídeos e água. As bandas que mais se destacaram foram 4.050, 5.172 e 6.889 cm⁻¹, que podem estar relacionados a grupos funcionais críticos como átomos de carbono e hidrogênio (C-H), átomos de hidrogênio e oxigênio (O-H) e amônia (N-H).

Yang *et al.* (2017), estudando a qualidade do azevém italiano, observou picos de absorbância bem parecidos com os encontrados neste trabalho e cogitou-se que esses grupos funcionais estão relacionados com a presença de proteína bruta, fibra em detergente ácido, fibra em detergente neutro e carboidratos solúveis em água.

Em um estudo com erva-mate, Mazur *et al.* (2014) observou picos de absorbância próximos de 5300 cm⁻¹ que pode ser atribuído ao grupo O-H da água, enquanto outro sinal próximo a 6000 cm⁻¹ pode ser atribuído ao grupo C-H, geralmente associado a lipídios. Já o pico registrado entre 4000-5000 cm⁻¹ podem corresponder a vibrações de combinação dos grupos C-H, principalmente aminoácidos e ácidos graxos. De acordo com o autor, pode-se correlacionar a possível presença desses compostos nos diferentes tipos de almeirão-de-

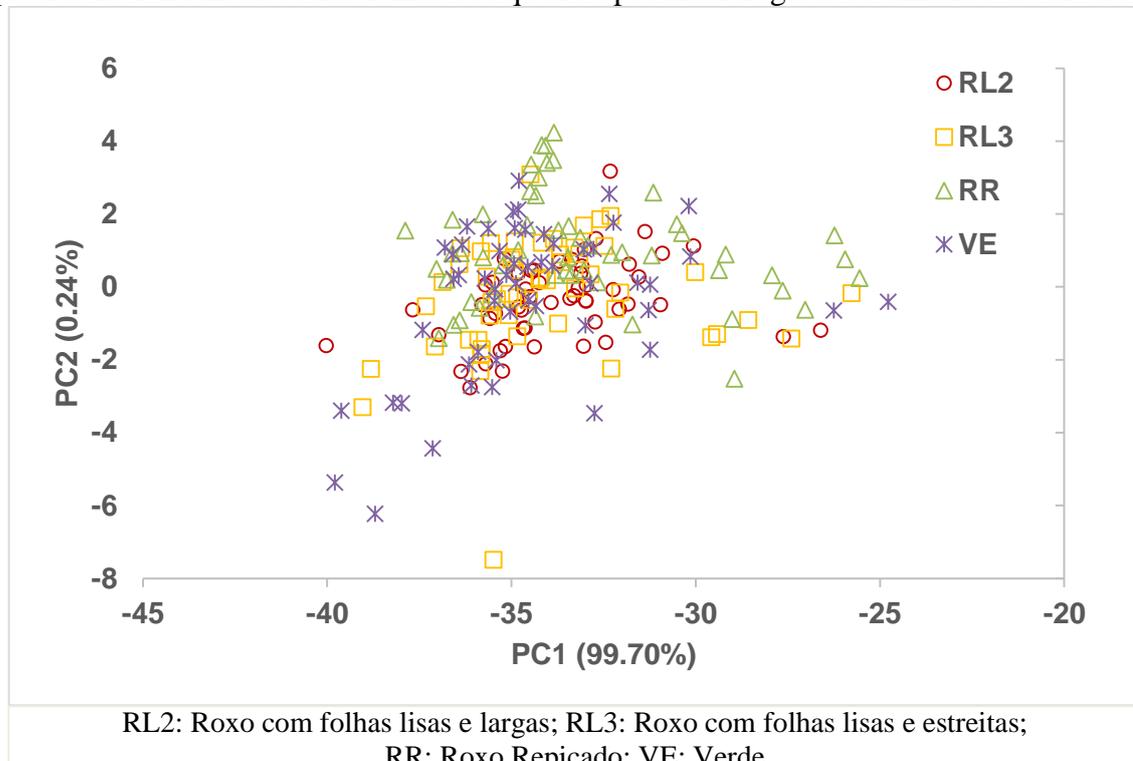
árvore. Em outro estudo com erva-mate, Frizon *et al.* (2015) destaca que o sinal próximo a 4.670 cm^{-1} , é comumente associado ao grupo C-H, particularmente de natureza fenólica.

4.3 Análise de componentes principais (PCA)

As análises de componentes principais foram realizadas através dos espectros originais, para que a avaliação prévia do comportamento espectral, a possibilidade de separação das amostras de acordo com os tipos morfológicos de almeirão-de-árvore e o tempo de armazenamento fossem obtidos.

Na *Figura 20* está o resultado da análise de componentes principais dos espectros do NIR, medidos nas folhas dos quatro tipos de almeirão-de-árvore ao longo do período de armazenamento. Observa-se que a PCA não possibilita a separação dos tipos morfológicos de almeirão-de-árvore, percebe-se a similaridade espectral entre os tipos de almeirão-de-árvore. Nesta análise, a primeira componente principal explica 99,70% da variabilidade dos dados analisados enquanto a segunda componente principal explica 0,24%, totalizando 99,94% da explicação da variação total.

Figura 20 – Gráfico bidimensional dos escores da análise de componentes principais dos espectros no NIR medidos nas folhas dos quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore.

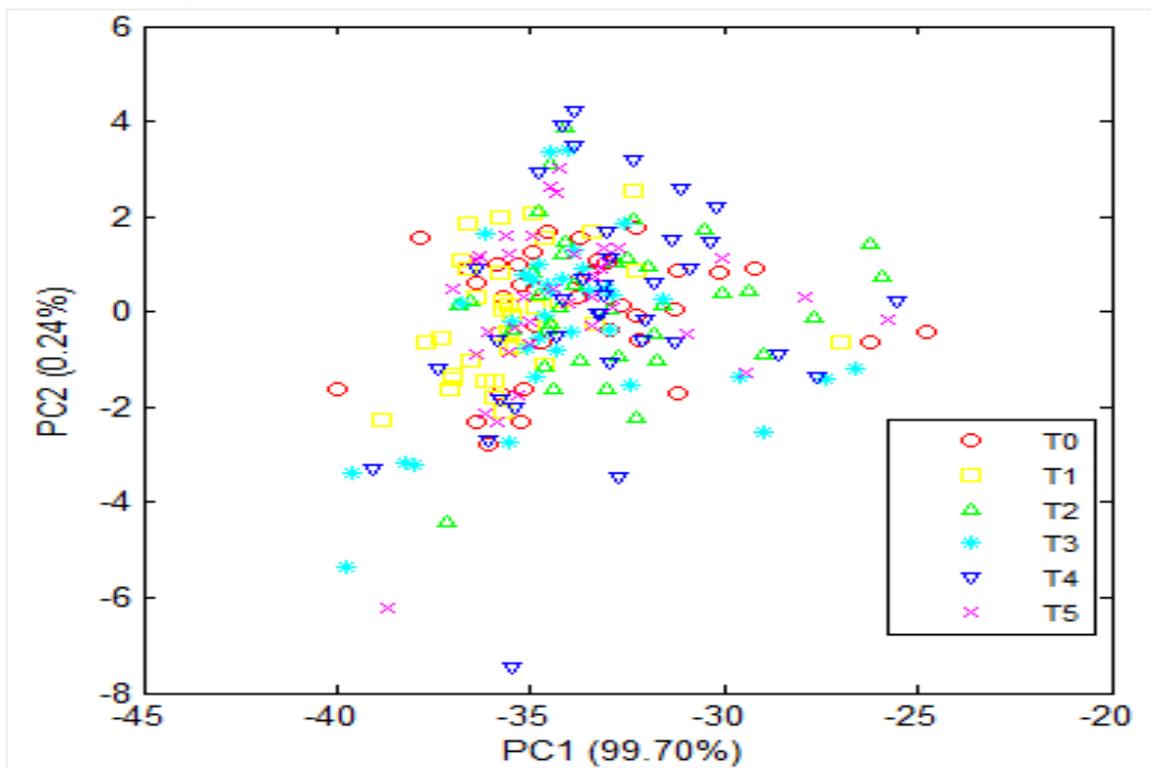


Fonte: Do autor (2020).

Assim, a similaridade espectral dos quatro tipos de almeirão-de-árvore e a decorrente sobreposição das amostras, impedem a distinção das amostras oriundas dos tipos de almeirão-de-árvore.

Essa similaridade entre os tipos de almeirão-de-árvore pode ser observada na *Figura 21*, que diz respeito aos escores das análises de componentes principais dos tempos de armazenamento para os quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore. Nota-se que ocorre grande sobreposição das amostras, o que mostra a similaridade dos espectros analisados e a não separação das amostras.

Figura 21 – Gráfico bidimensional dos escores da análise de componentes principais dos espectros no NIR medidos das folhas dos quatro tipos de almeirão-de-árvore ao longo do período de armazenamento.

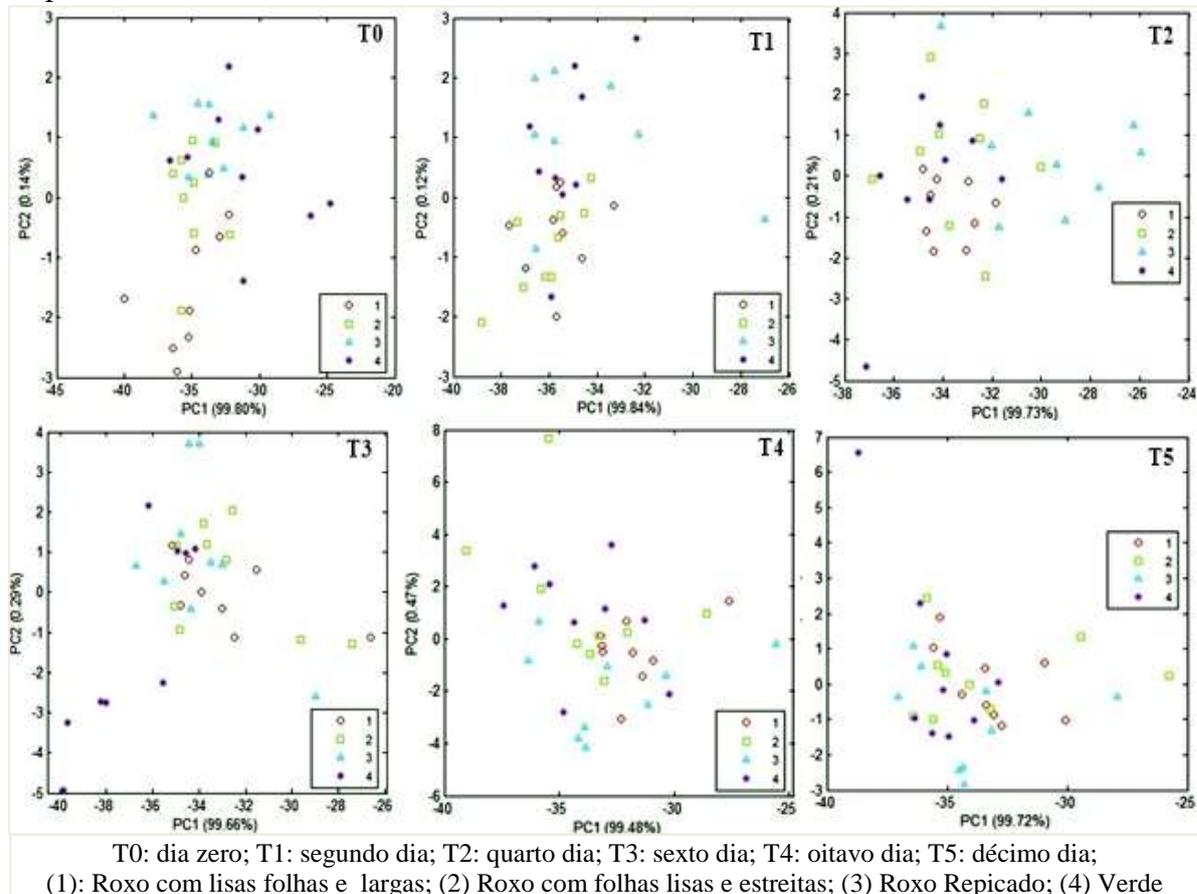


Fonte: Do autor (2020).

Nesta análise, a componente principal 1 explica 99,70% da variabilidade dos dados analisados, enquanto a componente principal 2 explica 0,24%, totalizando 99,94% da explicação da variação total.

A *Figura 22* mostra o resultado da análise de componentes principais dos espectros do NIR dos tipos morfológicos de almeirão-de-árvore em cada tempo de avaliação (T0 à T5).

Figura 22 – Gráficos bidimensional dos escores da análise de componentes principais dos espectros no NIR medidos das folhas dos quatro tipos de almeirão-de-árvore dentro de cada tempo de armazenamento.



Fonte: Do autor (2020).

Nas análises individuais para cada tempo de armazenamento a soma das componentes principais de todos foi acima de 99,94%, explicando assim a variação. Observa-se que no tempo T0 e T1 há uma pequena discrepância dos dados, ficando o almeirão-de-árvore roxo com folhas lisas e largas e o almeirão-de-árvore roxo com folhas lisas e estreitas mais próximos, há uma hipótese que o almeirão-de-árvore roxo com folhas lisas e largas foi originado do cruzamento natural do roxo com folhas lisas e estreitas, talvez explique a proximidade nos primeiros dias de avaliação. A partir do tempo T2 já nota-se a similaridade entre os quatro tipos de almeirão-de-árvore.

Com isso, nota-se a grande similaridade espectral que impede a distinção das amostras com relação aos quatro tipos de almeirão-de-árvore ao longo do período de armazenamento, que deve ser explicado pelo fato dos materiais serem da mesma espécie, ou seja, são geneticamente parecidos. Assim, a Espectroscopia do Infravermelho Próximo (NIR) não foi sensível às diferenças de características.

4.4 Regressão por mínimos quadrados parciais (PLS-R)

Foram realizadas calibrações e validações cruzadas utilizando-se a análise de regressão dos mínimos quadrados parciais para a obtenção de modelos para estimativa de algumas propriedades avaliadas nas folhas dos quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore – *Tabela 10* – a partir dos espectros originais. Segundo as estatísticas associadas aos modelos desenvolvidos, não foi possível obter modelos robustos para a predição de propriedades relacionadas à caracterização do material estudado.

Tabela 10 –Estatísticas associadas aos modelos desenvolvidos para estimar parâmetros avaliados nas folhas dos quatro tipos de almeirão-de-árvore por PLS-R

Propriedade	Via	Processamento	R ² cal	RMSEc	R ² cv	RMSEcv
DPPH	Fibra	Folha	0,145	13,68	0,057	14,555
CAROTENOIDES	Fibra	Folha	0,186	61,77	0,055	68,208
FENÓLICOS	Fibra	Folha	0,264	18,56	0,087	21,262
VITAMINA C	Fibra	Folha	0,188	32,99	0,071	35,788
RATIO (SST/ATT)	Fibra	Folha	0,07	7,119	0,016	7,4
PH	Fibra	Folha	0,421	0,094	0,195	0,113
ANTOCIANINA	Fibra	Folha	0,16	5,04	0,055	5,421
SST	Fibra	Folha	0,467	1,1	0,297	1,292
ATT	Fibra	Folha	0,231	0,045	0,123	0,049
L	Fibra	Folha	0,364	8,419	0,0002	8,716
C	Fibra	Folha	0,139	4,40	0,083	4,564
h°	Fibra	Folha	0,079	5,360	0,032	5,524

OBS: ATT: acidez total titulável; SST: sólidos solúveis totais; L: luminosidade; C: chroma; °h: ângulo Hue; R²c: coeficiente de determinação da calibração; RMSEc: erro padrão da calibração; R²cv: coeficiente de determinação da validação cruzada; RMSEcv: erro padrão da validação.

Fonte: Do autor (2021).

A qualidade das calibrações no NIR podem ser avaliadas de acordo com o coeficiente de determinação (R²) que representa o quanto de variabilidade existe nos dados contabilizados pela regressão e também de acordo com o RMSEc e RMSEcv que mostram qual a precisão de estimativa do modelo e apresentam informações sobre a dispersão do conjunto de dados. Assim, quanto mais próximos de 1 forem os valores de R² e quanto menor o RMSEc mais preciso e menos disperso será o conjunto de dados e, conseqüentemente, melhor será o modelo (NETO *et al.*, 2016).

Observa-se, na *Tabela 10*, que o melhor modelo obtido foi para pH, que apresentou valores de R²c= 0,421 e RMSEc = 0,094. Em seqüência foram os valores de ATT, com R²c 0,231 e RMSEc = 0,045.

Os valores de R² entre 0,5 e 0,65 mostram que mais de 50% da variância em Y é observado pela variável X, de forma que pode ser feita a discriminação entre as concentrações

alta e baixa. Para valores de R^2 entre 0,66 e 0,81 indicam aproximadas previsões quantitativas, assim valores de R^2 entre 0,82 e 0,90 revela boa previsão e os valores acima de 0,91 indica ótima calibração para os modelos (WILLIAMS; ANTONISZYN; MANLEY, 2019).

Diante dessa informação, nota-se que para nenhuma das características físico-químicas avaliadas houve valores de R^2 maiores que 0,50, afirmando assim que o modelo criado não foi eficiente para a predição das propriedades desse estudo com almeirão-de-árvore. Além disso, a maioria das propriedades avaliadas apresentaram altos valores de RMSEc. Assim, novamente a Espectroscopia de Infravermelho Próximo não foi sensível em predizer as diferenças dos materiais. E os valores encontrados para as propriedades talvez não tenham possuído variação suficiente para poder correlacionar os valores junto aos espectros.

Não foram encontrados trabalhos de análises do NIR referentes a almeirão-de-árvore. Porém, Neto *et al.* (2016) ao avaliar a predição de pigmentos em alface obteve sucesso na análise multivariada de PLS-R, sendo que os três modelos propostos (antocianinas, carotenoides e clorofilas) apresentaram altos coeficientes de determinação e baixos erros de estimativa para os conjuntos de dados, confirmando correlações favoráveis entre os dados espectrais e o teor de pigmento de alface.

Wang *et al.* (2020), avaliando os teores de fósforo (P) e potássio (K) em folhas de chá através do comportamento espectral obtiveram sucesso na predição dos modelos. Para P, o bom desempenho do modelo foi através dos espectros brutos com valor de $R^2_{cal} = 0,9513$, $RMSEc = 0,0837$, $R^2_{cv} = 0,9236$ e $RMSEcv = 0,1070$. Já para K o modelo apresentou valores de $R^2_{cal} = 0,9099$, $R^2_{cv} = 0,9197$, valores de $RMSEc = 0,5130$ e $RMSEcv = 0,4990$, mostrando que a análise de PLS-R é adequada para a previsão dos teores de P e K em folhas de chá.

Outro trabalho sobre a estimativa do conteúdo de água e clorofila das folhas de girassol, também obteve êxito com a análise de espectroscopia. O autor observou valores de coeficiente de determinação alto (0,8386 e 0,8097) para água e clorofila, respectivamente, indicando que os modelos foram satisfatórios (NETO *et al.*, 2016).

5 CONCLUSÃO

As análises físico-químicas apresentaram diferenças significativas para vários parâmetros avaliados ao longo do tempo de armazenamento. O aumento nos teores de sólidos solúveis, a variação dos teores de acidez e o aumento do pH, mostram o aumento da atividade do metabolismo respiratório das folhas e o aumento da degradação de ácidos orgânicos, polissacarídeos e clorofilas, induzindo a perda de qualidade das folhas.

Conseqüentemente, ocorre a ativação de diversas enzimas presentes no metabolismo que atuam na degradação e oxidação de compostos, resultando na queda dos teores de Vitamina C, Antocianinas e Compostos Fenólicos. Essas atividades metabólicas alteram a coloração das folhas fazendo assim com que elas percam a apreciação pelos consumidores.

De modo geral, a análise da qualidade físico-química dos quatro tipos morfológicos de almeirão-de-árvore sugere que o consumo e o armazenamento das folhas deve ocorrer entre o sexto e oitavo dia, sendo que após esse período ocorre a depreciação do produto.

A espectroscopia na região do infravermelho associada aos métodos quimiométricos não foi eficiente para separar os tipos morfológicos de almeirão-de-árvore, provavelmente por serem da mesma espécie, são materiais muito semelhantes.

A análise de PCA não conseguiu diferenciar os tipos de almeirão-de-árvore ao longo do período de armazenamento, pois apresentou grande similaridade espectral das amostras.

Os modelos criados pela PLS-R para a predição dos parâmetros avaliados, não foram eficientes, inviabilizando a recomendação destes modelos para estimar os parâmetros avaliados.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. E. F.; JUNQUEIRA, A. M. B.; SIMÃO, A. A.; CORRÊA, A. D. Chemical characterization of the non-conventional vegetable know as ora-pro-nobis. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 431-439, jun. 2014. Disponível em: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/10/947892/caracterizacao-quimica-das-hortalicas-nao-convencionais-conheci_s88YBmF.pdf>. Acesso em: 15 abr. de 2021.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, dez. 2013. Disponível em: <https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil>. Acesso em: 16 abr. de 2021.
- ALVES, J. A.; VILAS BOAS, E. V. B.; VILAS BOAS, B. M.; SOUZA, E. C. Maintenance of the quality of fresh-cut products made up of pumpkin, carrot, chayote, and arracacha (peruvian carrot). **Food Science and Technology**, Campinas, v. 30, n. 3, p. 625-634. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S010120612010000300009&lng=es&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 15 abr. de 2021.
- ANGELO, P.M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n.1, p. 1-9, 2007. Disponível em: <<http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v66n1/v66n1a01.pdf>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.
- ARANTES, C. R. A.; PALLAORO, D. S.; CORREA, A. R.; CAMILI, E. C.; COELHO, M. F. B. Sombreamento e substrato na produção de mudas de *Lactuca canadensis* L. **Iheringia**, Porto Alegre, v.74, n.5, p. 1-5. 2019. Disponível em: <<https://isb.emnuvens.com.br/iheringia/article/view/733/0>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.
- 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.
- AVELLAR, G. S.; ANDRADE, R. M.; BRITO, L. M.; CARLOS, L. M.; CLARETE, E. Compostos bioativos presentes em hortaliças não tradicionais cultivadas em hortas urbanas de Sete Lagoas-MG. **Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF**, Cadernos de Agroecologia 2017, Brasília/DF, v. 13, n. 1, jul. 2018. Disponível em: <<http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/190>>. Acesso em: 16 abr. de 2021.
- BALDIN, T.; TALGATTI, M.; SILVEIRA, A. G.; MARCHIORI, J. N. C.; SANTOS, G. A.; SANTOS, O. P.; VALENTE, B. M. R. T. Qualidade da madeira de *Eucalyptus benthamii* para produção de celulose por espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS). **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 126, p. 1-13, jun. 2020. Disponível em: <<https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr126/2318-1222-scifor-48-126-e3192.pdf>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.
- BARCIA, M. T.; PERTUZATTI, P. B.; JACQUES, A. C.; GODOY, H. T.; ZAMBIAZI, R. Bioactive compounds, antioxidant activity and percent composition of jambolão fruits (*Syzygium cumini*). **The natural products journal**, v. 2, n. 2, p. 129-138, 2012. Disponível em:

<https://www.academia.edu/18633579/Bioactive_Compounds_Antioxidant_Activity_and_Percent_Composition_of_Jambol%C3%A3o_Fruits_Syzygium_cumini_>. Acesso em: 16 abr. de 2021.

BENEVIDES, C. M. J.; COSTA, C. C. M.; CARDOSO, Y. P.; LOPES, M. V.; MONTES, S. S.; SOUZA, A. C. S. Heat treatment effect study on bioactive compounds of unconventional food plants. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. 1-21. 2020. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/10045>>. Acesso em: 16 abr. de 2021.

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. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2011-21732017000200368&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 16 abr. de 2021.

BOTREL, N.; FREITAS, S.; FONSECA, M. J. O.; MELO, R. A. C.; MADEIRA, N. Nutritional value of unconventional leafy vegetables grown in the Cerrado Biome/Brazil. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 1-8, jan. 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/343463266_Valor_nutricional_de_hortalicas_folhosas_nao_convencionais_cultivadas_no_Bioma_Cerrado>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Hortalças não-convencionais**: (tradicionalis). 1 ed., Brasília: MAPA/ACS, 2010. 52p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/857646/manual-de-hortalicas-nao-convencionais>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

CALLEGARI, C. R.; MATOS FILHO, A. M. Plantas Alimentícias Não Convencionais - PANCs. **Boletim Didático**, Florianópolis, n. 142, p. 1-53. 2017. Disponível em: <<https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BD/article/view/409>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

CORREIA, V. T da V.; SOUZA, N. C. R. de; TEIXEIRA, B. A.; CARLOS, L. A.; SILVA, E. C. Caracterização físico-química de almeirão-de-árvore (*Cichorium intybus* L.) minimamente processado. In: III CONGRESSO NACIONAL DE ALIMENTOS E NUTRIÇÃO; VI CONGRESSO MINEIRO DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO, 2017, Ouro Preto/MG. **Anais Alimentação: Impactos na saúde e desafios para a indústria**. Ouro Preto/MG, v. 3, n. 6, p. 1223-1226, mar. 2017. Disponível em: <<https://conan.ufop.br/2017>>. Acesso em: 16 abr. de 2021.

COVRE, E. A.; BORBA, K. R.; FERREIRA, M. D.; SPOTO, M. H. F.; SALA, F. C.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Physical-chemical and sensory characteristics of Brunela lettuce. **Revista Agrarian**, Dourados, v.13, n.48, p.265-272, jul. 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/343170234_Caracterizacao_fisicoquimica_e_sensorial_da_alface_Brunela>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

DIAS, L. A.; SILVEIRA, P. H. A. M.; OMURA, S. S.; GARCIA, B.; OLIVEIRA, R. E.V. de. Determinação de Teores de Clorofilas e Carotenoides em Alface, Rúcula e Cebolinha. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 3, n. 4, p. 3100-3107, out/dez. 2020. Disponível em:

<<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/viewFile/18290/14770>>. Acesso em: 16 abr. de 2021.

FERNANDES, M. J. S.; COSTA, J. M. F.; ALMEIDA, J. S. M.; RIBEIRO, G. K. N. As cores e o ensino de química: experimentação com indicadores naturais para o ensino de ácidos e bases. **Revista Eletrônica da Faculdade Invest de Ciência e Tecnologia**, Cuiabá/MT, v. 3, n. 1, p. 1-12. 2021. Disponível em: <<http://revista.institutoinvest.edu.br/index.php/revistainvest/article/view/25/23>>. Acesso em: 16 abr. de 2021.

FONGNZOSSIE, E. E.; NYANGONO, C. F. B.; BIWOLE, A. B.; EBAI, P. N. B.; NDIFONQWA, N. B.; MOTOVE, J.; DIBONG, S. D. Wild edible plants and mushrooms of the Bamenda Highlands in Cameroon: ethnobotanical assessment and potentials for enhancing food security. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 16, n. 1, p. 1-10, mar. 2020. Disponível em: <<https://ethnobiomed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13002-020-00362-8>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

FRIZON, C. N. T.; OLIVEIRA, G. A.; PERUSSELLO, C. A.; PERALTA-ZAMORA, P. G.; CAMLOFSKI, A. M.; ROSSA, Ü. B.; HOFFMANN-RIBANI, R. Determination of total phenolic compounds in yerba mate (*Ilex paraguariensis*) combining near infrared spectroscopy (NIR) and multivariate analysis. **LWT -Food Science and Technology**, v. 60, n. 2, p. 795-801, mar. 2015.

GALASSO, H. L.; CALLIER, M. D.; BASTIANELLI, D.; BLANCHETON, J. P.; ALIAUME, C. The potential of near infrared spectroscopy (NIRS) to measure the chemical composition of aquaculture solid waste. **Aquaculture**, v. 476, p. 134-140, jul. 2017.

GARCIA, R. C.; LOUREDO, V. F.; MATTEDI, W. C.; GARCIA Jr, R. P. Ensaios biológicos do Almeirão-roxo (*Cichorium intybus* L.) e Barbatimão (*Stryphnodendron barbatiman martius*) em ratas com menopausa cirúrgica. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v.7, n.1, p. 65-80, fev. 2010. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/REF/article/view/9596>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

GOMES, W. dos S.; PARTELLI, F. L.; OLIVEIRA, E. C. da S.; FILGUEIRAS, P. R.; CASTRO, E. V. R. de; MORELI, A. P.; DEBONA, D. G.; MOREIRA, T. R.; ALTOÉ, C. F.; PEREIRA, L. L. Espectroscopia de infravermelho para caracterização de genótipos de *coffea canephora*. **Revista Ifesciência**, v. 6, n. 3, p.35-44, dez. 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/347926660_ESPECTROSCOPIA_DE_INFRAVERMELHO_PARA_CHARACTERIZACAO_GENOTIPICA_DE_CLONES_DE_Coffea_Cane-phora>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

GORLA, F. A.; SANCHES, J. G.; FELÍCIO, A. L. S. M.; NIXDORF, S. L. Avaliação do Emprego da Técnica NIRS para a Determinação de Cafeína em Café Solúvel. **UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnologia**, Londrina, v. 12, n. 1, p. 45-49, nov. 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/262524303_Avaliacao_do_Emprego_da_Tecnica_NIRS_para_a_Determinacao_de_Cafeina_em_Cafe_Soluvel>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

GUIMARÃES, G.C. **Espectroscopia no infravermelho próximo para classificação de sementes de café quanto à qualidade, origem e cultivar**. 2016. Tese (Doutorado em

Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016. 75 p. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/11573>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

HUERGO, E. M.; GALEANO, Y. P. G.; LIMA, L. C. P. Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) do município de Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil. **Heringeriana**, v.14, n.2, p.107-132. 2020. Disponível em: <<http://revistas.jardimbotanico.ibict.br/index.php/heringeriana/article/view/917923>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Coordenação de Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paula Tiglea. 4 ed., São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p. Disponível em: <<http://www.ial.sp.gov.br/ial/publicacoes/livros/metodos-fisico-quimicos-para-analise-de-alimentos>>. Acesso em: 16 abr. de 2021.

JACOBS, B. A. J. G.; VERLINDEN, B. E.; BOBELYN, E.; DECOMBEL, A.; BLEYAERT, P.; LOMMEL, J. V.; VANDEVELDE, I.; SAEYS, W.; NICOLAÏ, B. Estimation of the prior storage period of lamb's lettuce based on visible/near infrared reflectance spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, v. 113, p. 95-105, mar. 2016.

KABAKERIS, T.; POTH, A.; INTREß, J.; SCHMIDT, U.; GEYER, M. Detection of postharvest quality loss in broccoli by means of non-colorimetric reflection spectroscopy and hyperspectral imaging. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 118, p. 322-331, out. 2015.

KAHMANN, A.; ANZANELLO, M. J.; MARCELO, M. C. A.; POZEBON, D. Near infrared spectroscopy and element concentration analysis for assessing yerba mate (*Ilex paraguariensis*) samples according to the country of origin. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 140, p. 348-360, ago. 2017.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2014.

LATTUADA, D. S.; BARROS, N.; HAGEMANN, A.; SOUZA, P. V. D. Caracterização físico-química e desenvolvimento pós-colheita de jaboticabas (*Plinia peruviana* e *P. cauliflora*). **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, v. 75, p. 1-8, ago. 2020. Disponível em: <<https://isb.emnuvens.com.br/iheringia/article/view/802>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

LAURIE, S. M.; NAIDOO, S. I. M.; MAGWAZA, L.; SHIMELIS, H.; LAING, M. Assessment of the genetic diversity of sweetpotato germplasm collections for protein content. **South African Journal of Botany**, v. 132, p. 132-139, ago. 2020.

LEBEDA, A.; DOLEŽALOVÁ, I.; NOVOTNÁ, A. Wild and weedy *Lactuca* species, their distribution, ecogeography and ecobiology in USA and Canada. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 59, n. 8, p. 1805-1822, fev.2012.

LEBEDA, A.; KŘÍSTKOVÁ, E.; KITNER, M.; MAJESKY, L.; DOLEŽALOVÁ, I.; KHOURY, C. K.; WIDRLECHNER, M. P.; HU, J.; CARVER, D.; ACHICANOY, H. A.; SOSA, C. C. Research Gaps and Challenges in the Conservation and Use of North American Wild Lettuce Germplasm. **Crop Science**, v. 59, n. 6, nov./dez. 2019. Disponível

em:<<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2135/cropsci2019.05.0350>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

LEES, D.; FRANCIS, F. Standardization of pigment analyses in cranberries. **HortScience**, v. 7, p. 83-84. 1972.

LEITE, D. O.; PRADO, R. J. Infrared spectroscopy: a presentation for high school students. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 1-9, jun. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S180611172012000200015&script=sci_abstract&tlng=en>. Acesso em: 16 abr. de 2021.

LI, J.; HUANG, W.; ZHAO, C.; ZHANG, B. A comparative study for the quantitative determination of soluble solids content, pH and firmness of pears by Vis/NIR spectroscopy. **Journal of Food Engineering**, v. 116, n. 2, p. 324-332, maio. 2013.

LIMA, A.; BAKKER, J. Near-infrared spectroscopy for monitoring peripheral tissue perfusion in critically ill patients. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 23, n. 3, p. 341-351, ago. 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbti/v23n3/v23n3a13.pdf>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

LOKKE M. M.; SEEFELDT, H. F.; SKOV, T.; EDELENBOS, M. Color and textural quality of packaged wild rocket measured by multispectral imaging. **Postharvest Biology and Technology**. v. 75 p. 86–95, jan. 2013.

LUO, X.; MASUDA, T.; MATSUBARA, K.; WADA, Y.; IKEHATA, A. The relationship between perceived freshness and water content of cabbage leaves: A near infrared imaging survey of substance distribution underlying product appearance. **LWT - Food Science and Technology**, v. 139, p. 110523, mar. 2021.

MACHADO C. M. M.; CARVALHO, P. G. B.; VIEIRA, J. V.; SILVA, J. B. C. Influência do espaçamento na quantidade de açúcares e sólidos solúveis totais em cenoura. **Horticultura brasileira**, v. 21, n. 2, 2003. Disponível em: <<http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/olpc4059c.pdf>>. Acesso em: 16 abr. de 2021.

MADEIRA, N. R.; SILVA, P. C.; BOTREL, N.; MENDONCA, J. L. de; SILVEIRA, G. S. R.; PEDROSA, M. W. **Manual de Produção de Hortaliças Tradicionais**. Brasília/DF: Embrapa, 2013. 156 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/983087/manual-de-producao-de-hortalicas-tradicionais>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

MAHANTI, N. K.; CHAKRABORTY, S. K.; KOTWALIWALE, N.; VISHWAKARMA, A. K. Chemometric strategies for nondestructive and rapid assessment of nitrate content in harvested spinach using Vis-NIR spectroscopy. **Journal of Food Science**, v. 85, n. 10, p: 3653-3662, out. 2020

MATSUURA, E. N.; SIMIONI A. R.; SAKANE K. K. Infrared spectroscopy as a tool for green tea differentiation of organic and conventional agriculture. **Revista Tecnologia e Tendências**, Novo Hamburgo, v. 10, n. 2, p. 59-74, jul./dez. 2019.

- MAZUR, L.; OLIVEIRA, G. A.; BICUDO, M. O. P.; RIBANI, R. H.; NAGATA, N.; PERALTA-ZAMORA, P. Multivariate calibration and moisture control in yerba mate by near infrared spectroscopy/Controle de umidade em erva-mate por calibracao multivariada e espectroscopia de infravermelho proximo. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 36, n. 2, p. 369-374, abr./jul. 2014. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/3032/303230170025.pdf>>. Acesso em: 17 abr. de 2021.
- MENDOZA N N. G.; RODRÍGUEZ, S. A. V.; LIMA, B. L. R. Mejoramiento de la extracción de carotenoides y capsaicinoides del ají nativo (*Capsicum baccatum*), asistido con enzimas celulolíticas. **Revista peruana de biología**, Lima, v. 27, n. 1, p. 55 – 60, mar. 2020. Disponível em: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-99332020000100055&script=sci_arttext>. Acesso em: 19 abr. de 2021.
- MENEZES FILHO, A. C. P.; OLIVEIRA FILHO, J. G.; CHRISTOFOLI, M.; SOUZA, C. F. Atividade Antioxidante, Conteúdo de Fenólicos Totais, Carotenoides e Provitamina A em Extratos Vegetais do Cerrado Goiano. **UNICIÊNCIAS**, v. 22, n. 1, p. 28-32, jun. 2018. Disponível em: <<https://revista.pgsskroton.com/index.php/uniciencias/article/view/6065>>. Acesso em: 19 abr. de 2021.
- MENEZES-MARENTES, N. A.; HERRERA-RAMÍREZ, E. J.; TARAZONA-DIAZ, M. P. Caracterización y estabilidad de un extracto rico en antocianinas a partir de corteza de gulupa. **Revista colombiana de química**, v.48, n.2, p. 27-32, 2019. Disponível em: <<http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v48n2/0120-2804-rcq-48-02-27.pdf>>. Acesso em 15 abr. de 2021.
- MICHALSKA, K.; SZNELER E.; KISIEL W. Sesquiterpene lactones from *Lactuca canadensis* and their chemotaxonomic significance. **Phytochemistry**, v. 90, p. 90-94, jun. 2013.
- MIRANDA, A. L. S.; MARQUES, D. R. P.; PASSOS, L. P.; OLIVEIRA, I. R. N. de. Efeito do tipo de embalagem e do tempo de armazenamento nas qualidades físico-químicas de cenoura minimamente processada. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 3, n. 6, set.2017. Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/2388>>. Acesso em: 17 abr. de 2021.
- MOHAMED, H.; NAGY, P.; AGBABA, J.; KAMAL-ELDIN, A. Use of near and mid infrared spectroscopy for analysis of protein, fat, lactose and total solids in raw cow and camel milk. **Food Chemistry**, v. 334, p. 127436, jan. 2021.
- MONGE, M.; KILIAN, N.; ANDERBERG, A.; SEMIR, J. Two new records of *Lactuca L.* (Cichorieae, Asteraceae) in South America. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 14, n.2, p. 117-123, abr./jul. 2016. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/3519>>. Acesso em: 14 abr. de 2021.
- MORAIS, E. C. D.; PATIAS, S. G. D. O.; FERREIRA, N. S. D. S.; PICANÇO, N. F. M.; RODRIGUES, E. C.; NASCIMENTO, E.; FARIA, R. A. P. G. D. Compostos bioativos e características físico-químicas de polpa de *araticum in natura* e pasteurizada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p. 1-9. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1981-67232017000100443&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 17 abr. de 2021.

MORENO, L. B.; SCHERWINSKI, R.; SILVA, J. M. T.; SCALON, S. D. P. Q.; CARNEVALLI, T. O. Conservação de repolho minimamente processado sob efeito de diferentes embalagens, tempo de estocagem e temperatura. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia/MS, v. 3, n. 2, p. 68-74, abr./jun. 2016. Disponível em: <<https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrimeo/article/view/1139>>. Acesso em: 17 abr. de 2021.

MOTA, J. D.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SOUSA, K. S. M. Construção de um colorímetro de baixo custo para uso em produtos agrícolas. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n.3, p. 373-384, dez. 2015. Disponível em: <<https://www.comunicatascientiae.com.br/comunicata/issue/view/22>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

MOURA, L. O.; CARLOS, L. A.; OLIVEIRA, K. G.; MARTINS, L. M.; SILVA, E. C. Physicochemical characteristics of purple Lettuce harvested at different ages. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 2, p. 489 – 495, abr./jun. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21252016000200489>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

MUÑIZ, G. I. B.; MAGALHAES, W. L. E.; CARNEIRO, M. E.; VIANA, L. C. Fundamentos e estado da arte da espectroscopia no infravermelho próximo no setor de base florestal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 865-875, out./dez. 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/945359/fundamentos-e-estado-da-arte-da-espectroscopia-no-infravermelho-proximo-no-setor-de-base-florestal>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, v.1054, n. 1-2, p.95–111, out. 2004.

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. Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/9982>>. Acesso em: 16 abr. de 2021.

NASCIMENTO, G. A. S.; SANCHES, A. G.; MOREIRA, E. G. S.; CORDEIRO, C. A. M. Tratamento hidrotérmico na conservação e qualidade pós-colheita de alface. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**. v.9, n.1, p. 65-67. 2017. Disponível em: <<http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/ccaatropica/article/view/3454/4115>>. Acesso em: 16 abr. de 2021.

NETO, A. J. S.; MOURA, L. O.; LOPES, D. C.; CARLOS, L. A.; MARTINS, L. M.; FERRAZ, L. C. L. Non-destructive prediction of pigment content in lettuce based on visible–NIR spectroscopy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 97, n. 7, p. 17-97, ago. 2016.

NUNES, C. A.; FREITAS, M. P.; PINHEIRO, A. C. M.; BASTOS, S. C. Chemoface: a novel free user-friendly interface for chemometrics. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 23, n. 11, nov. 2012. Disponível em:

<https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-50532012001100007>. Acesso em: 16 abr. de 2021.

NUNES, P. G. A. **Uma nova técnica para seleção de variáveis em calibração multivariada aplicada às espectroscopias UV-VIS e NIR**. 2008. Tese (Doutorado em Química) –Departamento de Química, Centro de Ciências Exatas e da Natureza-CCEN, Universidade Federal da Paraíba-UFPB, João Pessoa, 2008.106 p.

OHSE, S.; CARVALHO, S. M.; REZENDE, B. L. A.; OLIVEIRA, J. B.; MANFRON, P. A.; DOURADO-NETO, D. Production and chemical composition of vegetables hardwood in hydroponics. **Biosciência Journal**. v. 28, n. 2, p. 155-163, set. 2012.

OLIVEIRA, H. A. B. D.; ANUNCIACÃO, P. C.; SILVA, B. P. D.; SOUZA, Â. M. N. D.; PINHEIRO, S. S.; LUCIA, C. M. D.; CARDOSO, L. M.; CASTRO, L. C. V.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Nutritional value of non-conventional vegetables prepared by family farmers in rural communities. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.49 n.8, p. 1-10, jul. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782019000800900>. Acesso em: 17 abr. de 2021.

OLIVEIRA, L. C. P.; SOUZA, D. C. de; SILVA, L. F. L.; GUERRA, T. S.; RESENDE, L. V.; SILVA, M. L. de S. Efeito da adubação silicatada em hortaliças não convencionais. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages/SC, v. 19, n.2, p. 224-229. 2020. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/handle/1/42985>>. Acesso em: 17 abr. de 2021.

PADILHA, M. R. F.; SOUZA, V. B. do N.; SHINOHARA, N. K. S.; PIMENTEL, R. M. de M. Plantas Alimentícias não Convencionais presentes em Feiras Agroecológicas em Recife: Potencial Alimentício. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 9, p.64928-64940, set. 2020. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/16110/13180>>. Acesso em: 14 abr. de 2021.

PALLAORO, D. F.; AQUINO-ARANTES, C. R. de; RIBEIRO-CORREA, A.; CLARETE-CAMILI, E.; BARBOSA-COELHO, M. de F. Efectos de niveles de humus y sombreado en la producción de plántulas de *Lactuca canadensis* L. **Acta Agronómica**, v. 1, n. 69, p 32-37, 2020. Disponível em: <<http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v69n1/0120-2812-acag-69-01-32.pdf>>. Acesso em: 14 abr. de 2021.

PASQUINI, C. Near Infrared Spectroscopy: Fundamentals, Practical Aspects and Analytical Applications. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 14, n. 2, p. 198-219.2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-50532003000200006&script=sci_abstract>. Acesso em: 16 abr. de 2021.

PAULA, A. G. P.; HEEMANN, A. C. W.; HEEMANN, R.; LIMA, C. P. de. Evaluation of the stability of the anthocyanins of açáí in the period of 28 days under different conditions. **Brazilian Journal of health Review**, Curitiba, v. 2, n. 5, p. 4811-4823, set./out. 2019. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJHR/article/view/4172>>. Acesso em: 17 abr. de 2021.

PEDROSA, M. W. (coord.). **Hortaliças não convencionais**: alternativa de diversificação de alimentos e de renda para agricultores familiares de Minas Gerais. Belo Horizonte: Empresa

de Pesquisa Agro-pecuária de Minas Gerais- EPAMIG- CENTRO OESTE, 2012. 22p. Disponível em: <<http://www.epamig.br/download/cartilha-hortalicas-nao-convencionais/>>. Acesso em: 19 abr. de 2021.

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. Disponível em: <<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3441>>. Acesso em: 17 abr. de 2021.

PÉREZ-OROZCO, J. P.; SÁNCHEZ-HARRERA, L. M.; BARRIOS-SALGADO, E.; SUMAYA-MARTÍNEZ, M. T. Kinetics of solid-liquid extraction of anthocyanins obtained from *Hibiscus rosa-sinensis*. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 19, n. 2, p. 813-826, maio/ago. 2020. Disponível em: <<http://rmiq.org/ojs311/index.php/rmiq/article/view/830>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

POLESI, R. G.; ROLIM, R.; ZANETTI, C.; SANT'ANNA, V.; BIONDO, E. Agrobiodiversidade e segurança alimentares no vale do Taquari, RS: Plantas alimentícias não convencionais e frutas nativas. **Revista Científica Rural**, v. 19, n. 2, p. 118-135.2017. Disponível em: <<http://revista.urcamp.tche.br/index.php/RCR/article/view/198>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

PULIDO-VILLATORO, M.; ROJAS, R. M.; MUÑOZ-SERRANO, A.; CARDEÑOSA, V.; LÓPEZ, M. A. A.; FONT, R.; RÍO-CELESTINO, M. D. Caracterização e previsão por refletância no infravermelho próximo da composição mineral do foguete (*Eruca vesicaria* subsp. *Sativa* e *Eruca vesicaria* subsp. *Vesicaria*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 7, p. 1331-1340, nov. 2011.

RANIERI, E.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; OLIVEIRA, J. S. B.; MESQUINI, R. M.; CLEMENTE, E.; CRUZ, M. E. da S. Utilização de compostos bioativos de plantas medicinais na pós-colheita de tomate. **Scientia Agraria Paranaensis**, Paraná, v. 14, n. 3, p. 160-165, jul./set. 2015. Disponível em: <<http://erevista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/9111>>. Acesso em: 14 abr. de 2021.

RANIERI, G. R. (coord.). **Guia prático sobre PANCs: Plantas Alimentícias Não Convencionais**. Organização do Instituto Kairós, Coordenação de Guilherme Reis Ranieri e Ilustrações de Felipe Borges, Vinícius Nascimento e Juliana Rodrigues Gonçalves. 1 ed., São Paulo: Instituto Kairós, 2017. 44 p. Disponível em: <<http://portal.educacao.rs.gov.br/Portals/1/Files/2346.pdf>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

RECH, A. F.; WERNER, S. S. Utilização da tecnologia NIRS para predição dos valores nutricionais de forrageiras. **Agropecuária Catarinense**. v.33, n.1,p. 11-14, 2020. Disponível em: <<https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/RAC/article/view/370/711>>. Acesso em: 16 abr. de 2021.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação**. Viçosa/MG: Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais/CFSEMG, 1999. 359 p.

RIBEIRO, J. P. O. R.; MEDEIROS, A. D.; CALIARI, I. P.; TRANCOSO, A. C. R.; MIRANDA, R. M.; FREITAS, F. C. L.; SILVA, L. J.; DIAS, D. C. F. S. FT-NIR and linear discriminant analysis to classify chickpea seeds produced with harvest aid chemicals. **Food Chemistry**, v. 342, p.128324, abr. 2021.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington/DC: ILSI Press, 2001. Disponível em: <<http://beauty-review.nl/wp-content/uploads/2014/11/A-guide-to-carotenoid-analysis-in-foods.pdf>>. Acesso em: 17 abr. de 2021.

ROTILI, M. C. C.; COUTRO, S.; CELANT, V. M.; VORPAGEL, J. A.; BARP, F. K.; SALIBE, A. B.; BRAGA, G. C. Composição, atividade antioxidante e qualidade do maracujá amarelo durante armazenamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 227-240, jan./fev. 2013. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/12542/12058>>. Acesso em: 17 abr. de 2021.

RUFINO, M. S. M.; FERNANDES, F.A.N.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S. Free radical-scavenging behaviour of some north-east Brazilian fruits in a DPPH system. **Food Chemistry**, v. 114, n. 2, p.693-695, maio. 2009. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/631919/free-radical-scavenging-behaviour-of-some-north-east-brazilian-fruits-in-a-dpph-system>>. Acesso em: 17 abr. de 2021.

SALIBA, E. O. S.; GONTIJO NETO, M. M.; Rodriguez, N. M.; Miranda, L. F.; Obeid, J. A.; TEIXEIRA, G. L.; Oliveira, M. A. Predição da composição química do sorgo pela técnica de espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte**, v. 55, n.3, p. 357-360, jun. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352003000300017>. Acesso em: 16 abr. de 2021.

SAMPAIO, P.; SOARES, A.; CASTANHO, A.; BRITES, C. Determinação da amilose por espectroscopia de infravermelho próximo (NIR) - Novas abordagens analíticas. **Tecnoalimentar**, n. 12, p. 12-17, jul, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/319619826_TECNOALIMENTAR>. Acesso em: 16 abr. de 2021.

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. Disponível em: <<http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/ccaatropica/article/view/3457>>. Acesso em: 17 abr. de 2021.

SANTOS, A. F.; SILVA, F. M.; LENZI, M. K.; PINTO, J. C. Monitoring and Control of Polymerization Reactors Using NIR Spectroscopy. **Polymer-Plastics Technology and Engineering**, v. 44, n. 1, p. 1-61. 2005.

SANTOS, B. C.; SILVA, L. E. da; ANJOS, D. A. dos; MENDES, B. D. A. B.; SOUZA, C. C. E. de; ZANUTO, M. E. Estabilidade de pimentas malagueta (*Capsicum Frutescens*) em conserva durante armazenamento à temperatura ambiente. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 8, p. 56214-56231, ago. 2020. Disponível em:

<<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/14719>>. Acesso em: 19 abr. de 2021.

SANTOS, I. A.; CONCEIÇÃO, D. G.; VIANA, M. B.; SILVA, G. J.; SANTOS, L. S.; FERRÃO, S. P. B. NIR and MIR spectroscopy for quick detection of the adulteration of cocoa content in chocolates. **Food Chemistry**, v. 349, p. 129095, jul. 2021.

SANTOS, I. C. dos; SILVA, A. F.; FONSECA, M. C. M. Wild lettuce, dandelion, lamb's ears and common sow thistle: edible exotic plants. **Informe Agropecuário**, São João del-Rei/MG, v. 37, n. 295, p. 67-74. 2016.

SANTOS, P. C.; TOSATO, F.; CESCINETTO, M.; CORRÊA, T.; SANTOS, F. D.; LACERDA Jr.; PIRES, A. A.; FILGUEIRAS, P. R.; RIBEIRO, A. V. F. N.; V.; ROMÃO, W. Determinação da autenticidade de amostras de azeite comerciais apreendidas no estado do espírito santo usando um espectrofotômetro portátil na região do NIR. **Química Nova**, São Paulo, v. 43, N, 7, p. 891-900, jul. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422020000700891&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 19 abr. de 2021.

SARTORI, V.; THEODORO, H.; MINELLO, L. V.; PANSERA, M. R.; BASSO, A.; SCUR, L. (Orgs). **Plantas Alimentícias Não Convencionais – PANC : resgatando a soberania alimentar e nutricional**. Caxias do Sul/RS: Educs, 2020. 118p. Disponível em: <<https://www.uces.br/educs/livro/plantas-alimenticias-nao-convencionais-panc-resgatando-a-soberania-alimentar-e-nutricional/>>. Acesso em: 14 abr. de 2021.

SATO, R.; CILLI, L. P. L.; OLIVEIRA, B. E.; MACIEL, V. B. V.; VENTURINI, A. C.; YOSHIDA, C.M. P. Nutritional improvement of pasta with *Pereskia aculeata* Miller: a non-conventional edible vegetable. **Food Science and Technology**, Campinas, v.39, n. 1, p.28-34, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/329693206_Nutritional_improvement_of_pasta_with_Pereskia_aculeata_Miller_a_non-conventional_edible_vegetable>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

SILVA, A. P. G.; BORGES, C. D.; MIGUEL, A. C. A.; JACOMINO, A. P.; MENDONÇA, C. R. B. Características físico-químicas de cebolinhas comum e europeia. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 293-298, out./dez. 2015. Disponível em: <<http://bjft.ital.sp.gov.br/artigos>>. Acesso em: 14 abr. de 2021.

SILVA, J. J. M; ROGEZ, H. Avaliação da estabilidade oxidativa do óleo bruto de Açaí (*Euterpe oleracea*) na presença de compostos fenólicos puros ou de extratos vegetais amazônicos. **Química Nova**, v. 36, n. 3, p. 400-406, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/qn/v36n3/a09v36n3.pdf>>. Acesso em: 14 abr. de 2021.

SILVA, J. T.; SOUZA, J. C.; SILVA, D. G. B.; DE BRITO, R. N.; SOUSA, K. M. O.; NASCIMENTO, E. C. L.; BRITO, A. M. S. S. Rapadura de Caldo de Cana Pura e com Adição de Açúcar Refinado: Análise Físico-Química e Classificação por Espectroscopia NIR e Quimiometria. **Revista Virtual Química**, v.11, n.4, p. 1318-1329, jul. 2019. Disponível em: <https://rvq.s bq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1081>. Acesso em: 14 abr. 2021.

SILVA, L. F. L. E.; SOUZA, D. C. de; NASSUR, R. de C. M. R.; BITTENCOURT, W. J. M.; RESENDE, L. V.; GONÇALVES, W. M. Nutritional characterisation and grouping of

unconventional vegetables in Brazil. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 97, p. 1-6, fev. 2021.

SILVA, L. F. L. E.; SOUZA, D. C. de; RESENDE, L. V.; NASSUR, R. de C. M. R.; SAMARTINI, C. Q.; GONÇALVES, W. M. Nutritional Evaluation of Non-Conventional Vegetables in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, p. 1775-1787, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S000137652018005007104&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 14 abr. de 2021.

SOETHE, C.; MATTOS, L. M.; STEFFENS, C. Armazenamento refrigerado de pimenta dedo-de-moça ‘BRS Mari’ em embalagem polimérica. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.16, n.3, p.214-220, 2017.

SOUZA, A. G.; MAFRA, G. M.; VIEIRA, J. A.; SARAIVA, F. R. S. Efeito da refrigeração na conservação de hortaliças orgânicas minimamente processadas. **Revista Evidência**, Joaçaba, v. 19, n. 2, p. 131-148, jul./dez. 2019. Disponível em: <<https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/evidencia/article/view/21252/14003>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

SOUZA, M.; KUHNEN, S.; KAZAMA, D. C. S.; KURTZ, C.; TRAPP, T.; JÚNIOR, V. M.; COMIN, J. J. Predição dos teores de compostos fenólicos e flavonoides na parte aérea das espécies *Secale cereale* L., *Avena strigosa* L. e *Raphanus sativus* L. por meio da espectroscopia no infravermelho próximo (NIR). **Química Nova**, v. 40, n. 9, p. 1074-1081. 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/qn/v40n9/0100-4042-qn-40-09-1074.pdf>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas, métodos comprobados**. Madri: Paz Montalvo; 1967. 428p.

TERRA, S. B.; FERREIRA B. P. Conhecimento de plantas alimentícias não convencionais em assentamentos rurais. **Revista Verde**, Pombal, v. 15, n.2, p.221-228, abr./jun. 2020. Disponível em: <<https://editoraverde.org/gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/7572>>. Acesso em: 14 abr. de 2021.

TIBOLA, C. S.; MEDEIROS, E. P. de; SIMEONE, M. L. F.; OLIVEIRA, M. A. de. (ed.). **Espectroscopia no Infravermelho próximo para avaliar indicadores de qualidade tecnológica e contaminantes em grãos**. 1 ed., Brasília/DF: Embrapa, 2018. 200p. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1106595/1/ID445392018LVespectroscopia.pdf>>. Acesso em: 14 abr. de 2021.

TORRES, I.; SÁNCHEZ, M. T.; PÉREZ-MARÍN, D. Integrated soluble solid and nitrate content assessment of spinach plants using portable NIRS sensors along the supply chain. **Postharvest Biology and Technology**, v. 168, p. 111273, out. 2020.

TOSATTO, F.; BARROS, E. V.; CUNHA, D. A.; SANTOS, F. D.; CORRÊA, T.; NUNES, A.; JASTROW, I.; SILVEROL, M. A.; PINHEIRO, L. U.; SEABRA, A. C.; FIGUEIRAS, P. R.; NETO, A. C.; WANG, L.; FERREIRA, E. C.; ROMÃO, W. Análise de amostras de combustíveis por fotometria, NIR portátil e RMN de ¹H - Uma comparação com os

resultados encontrados por técnicas normatizadas. **Química Nova**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 155-167, fev. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422020000200155>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

TROMBINI, F. R. M.; LEONEL, M. Composição Físico-Química e propriedades tecnológicas da farinha de folhas de mandioca. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 29, n. 1, p. 76-81, jan./mar. 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/276508154_COMPOSICAO_FISICO-QUIMICA_E_PROPRIEDADES_TECNOLOGICAS_DA_FARINHA_DE_FOLHAS_DE_MANDIOCA>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

VASCONCELOS, K. C.; PEREIRA, M. K.; SANTOS, R. P. B.; MOURTHÉ, P. M. C.; DELVIVO, F. M.; MONTEZE, N. M.; LIMA, A. R. Análise residual de lactose em leites rotulados como “Zero Lactose” comercializados em Belo Horizonte-MG e implicações. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 3, p.16317-16326, mar. 2020. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/8295>>. Acesso em: 16 abr. de 2021.

VASCONCELOS, M. C.; OLIVEIRA, A. S.; GRANJA, J. A. A.; COSTA, J. C.; GUIMARÃES, R. M. Diferenciação de cultivares de girassol por espectroscopia no infravermelho próximo e análise multivariada, utilizando sementes e óleo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.13, n.4, p. 1-7. 2018. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v13i4a5582>. Acesso em: 16 abr. de 2021.

VIANA, M. M. S.; CARLOS, L. A.; SILVA, E. C.; PEREIRA, S. M. F.; OLIVEIRA, D. B.; ASSIS, M. L. V. Composição fitoquímica e potencial antioxidante de hortaliças não convencionais. **Horticultura Brasileira**, v.33, n.4, p. 504-509, out./dez. 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/hb/v33n4/1806-9991-hb-33-04-00504.pdf>>. Acesso em: 15 abr. de 2021.

WALSH, K. B.; BLASCO, J.; ZUDE-SASSE, M.; SUN, X. Visible-NIR ‘point’ spectroscopy in postharvest fruit and vegetable assessment: The science behind three decades of commercial use. **Postharvest Biology and Technology**, v. 168, p. 111246, out. 2020.

WANG, Y. J.; JIN, G.; LI, L. Q.; LIU, Y.; KALKHAJEH, Y. K.; NING, J. M.; ZHANG, Z. NIR hyperspectral imaging coupled with chemometrics for nondestructive assessment of phosphorus and potassium contents in tea leaves. **Infrared Physics & Technology**, v. 108, ago. 2020.

WATERHOUSE, A. L. Determination of Total Phenolics. **Current protocols in food analytical chemistry**, v. 6, n. 1, p. 257-326. 2002.

WHITAKER, T. W. The Inheritance of Certain Characters in a Cross of Two American Species of Lactuca. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, v. 71, n. 4, p. 347-355, jul. 1944.

WILLIAMS, P.; ANTONISZYN, J.; MANLEY, M. **Near-infrared technology: Getting the best out of light**. 1 ed., África do Sul: African Sun Media, 2019.

WORKMAN Jr., J.; WEYER, L. **Practical Guide and Spectral Atlas for Interpretive Near Infrared Spectroscopy**. 2 ed. Boca Raton: CRC Press, 2012. 326 p.

XAVIER, J. B.; CASTRO, D. G.; SILVA, D. M. da; ABREU, R. A. A. de; SOUZA, D. C. de; SILVA, M. L. de S. Eficiência de absorção de nutrientes em *Amaranthus* spp. **Magistra**, Cruz das Almas/BA, v. 30, p. 199-210, 2019. Disponível em: <<https://magistraonline.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/view/783>>. Acesso em: 14 abr. de 2021.

XIONG, Y.; OHASHI, S.; NAKANO, K.; JIANG, W.; TAKIZAWA, K.; LIJIMA, K.; MANIWARA, P. Application of the radial basis function neural networks to improve the nondestructive Vis/NIR spectrophotometric analysis of potassium in fresh lettuces. **Journal of Food Engineering**, v. 298, p. 110417, jun. 2021.

YANG, Z.; NIE, G.; PAN, L.; ZHANG, Y.; HUANG, L.; MA, X.; ZHANG, X. Development and validation of near-infrared spectroscopy for the prediction of forage quality parameters in *Lolium multiflorum*. **PeerJ**, v. 5, out. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/320190067_Development_and_validation_of_near_infrared_spectroscopy_for_the_prediction_of_forage_quality_parameters_in_Lolium_multiflorum>. Acesso em: 17 abr. de 2021.

ZHUANG, X. G.; SHI, X. S.; WANG, H. F.; WANG, L. L.; FANG, J. X. Rapid Determination of Green Tea Origins by Near-Infrared Spectroscopy and Multi-Wavelength Statistical Discriminant Analysis. **Journal of Applied Spectroscopy**. v. 86, n. 1, p. 76-82, abr. 2019.