

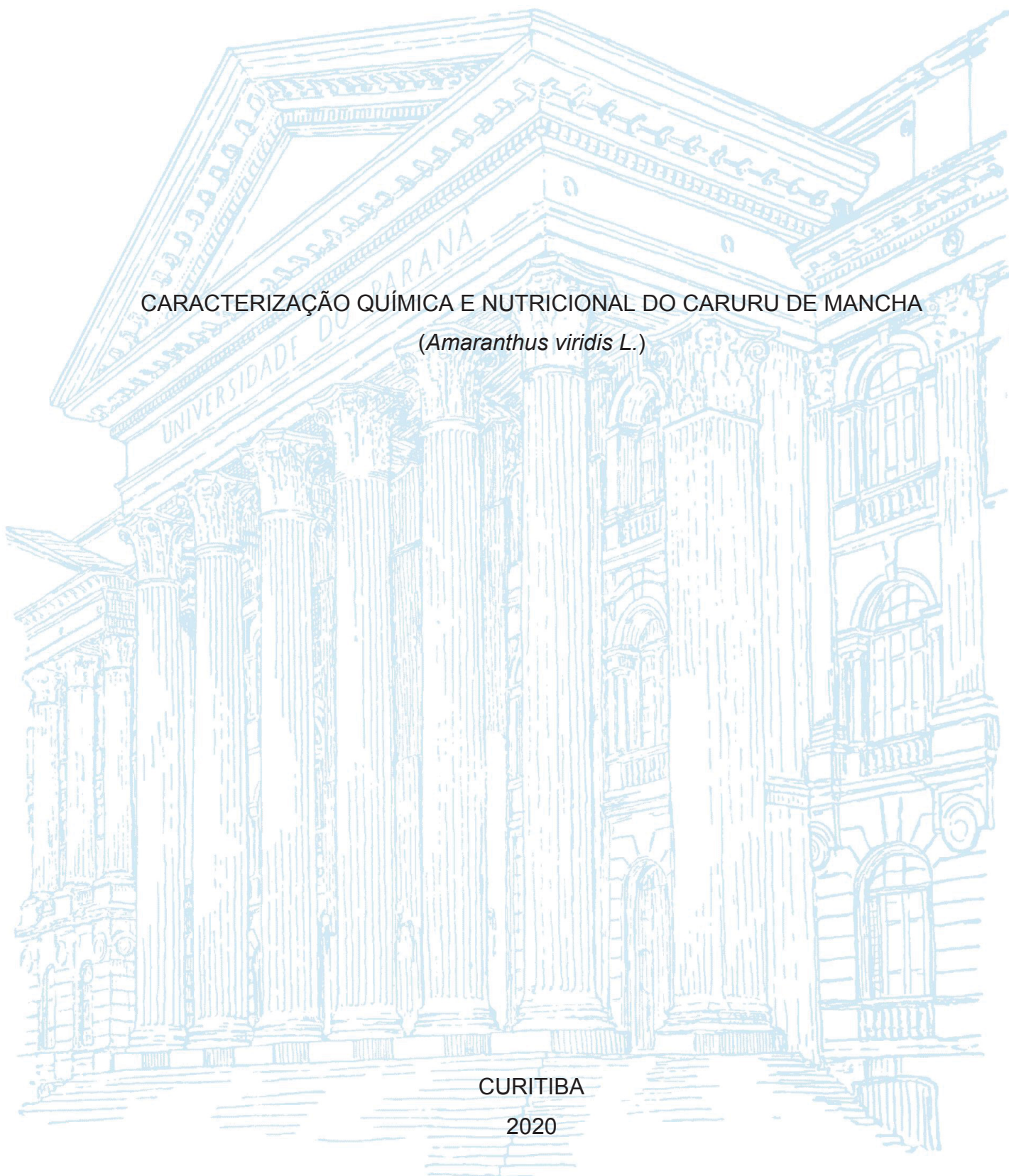
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALISSON DAVID SILVA

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E NUTRICIONAL DO CARURU DE MANCHA  
(*Amaranthus viridis* L.)

CURITIBA

2020



ALISSON DAVID SILVA

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E NUTRICIONAL DO CARURU DE MANCHA  
(*Amaranthus viridis* L.)

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Alimentação e Nutrição, Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Alimentação e Nutrição.

Orientador: Prof. Dr. Obdulio Gomes Miguel

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sila Mary R. Ferreira

CURITIBA

2020

Silva, Alisson David  
Caracterização química e nutricional do Caruru de Mancha (*Amaranthus viridis* L.) [recurso eletrônico] / Alisson David Silva – Curitiba, 2020.

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Alimentação e Nutrição. Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, 2020.

Orientador: Prof. Dr. Obdulio Gomes Miguel  
Coorientadora: Profa. Dra. Sila Mary R. Ferreira

1. *Amaranthus viridis* L. 2. Nutrição. 3. Ação antioxidante. I. Miguel, Obdulio Gomes. II. Ferreira, Sila Mary Rodrigues. III. Universidade Federal do Paraná. IV. Título.

CDD 612.3

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **ALISSON DAVID SILVA** intitulada: **CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E NUTRICIONAL DO CARURU DE MANCHA (*Amaranthus viridis*)**, sob orientação do Prof. Dr. OBDULIO GOMES MIGUEL, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 30 de Setembro de 2020.

Assinatura Eletrônica 02/10/2020 13:01:07.0

OBDULIO GOMES MIGUEL

Presidente da Banca Examinadora

(UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica 02/10/2020 11:12:18.0

CLAUDIA CARNEIRO HECKE KRUGER

Avaliador Interno

(UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica 02/10/2020 14:35:18.0

JOSIANE DE FÁTIMA GASPARI DIAS

Avaliador Externo

(UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus por me permitir que eu chegasse até aqui. Aos meus pais, por estarem sempre me apoiando e desde pequeno escutei que o mais importante é o estudo, e hoje mais do que nunca vejo que eles estavam certos. Aos meus irmãos, por sempre me incentivarem e se orgulharem da minha trajetória. À minha filha Cecilia, que mesmo sendo pequena, me ensinou e me ensina a ser uma pessoa melhor e muito do que eu faço é por ela.

A Sunie, meu amor, que desde o início me apoiou, sendo meu suporte, muito obrigado por todo o amor e à compreensão que foram essenciais em muitos dias onde às dificuldades apareceram, mas lá estava ela sempre com uma palavra de carinho e de incentivo. Por todo amor e confiança depositado em mim, te admiro muito pela pessoa que és.

Ao Alexsandro que de professor acabou se tornando um amigo, pelo incentivo que me deu abrindo a minha mente sobre o mestrado, me incentivando de várias formas ao longo dessa jornada.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Obdulio por passar seu conhecimento, pela paciência e ajuda que foram de grande valia. A Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Sila por ser uma mulher forte e que muitas vezes a sua cobrança foi fundamental para o meu crescimento e sabendo do nosso potencial queria que fôssemos sempre um pouco mais longe, meu muito obrigado para ambos por terem me conduzido nessa jornada.

Aos técnicos de laboratório, a Adriana por cada conversa, pelos incentivos quando estávamos desanimados e também pelos cafés da manhã, juntamente com o Ronaldo, José e a Jaqueline onde podia me distrair um pouco antes de iniciar o trabalho, assim como os almoços e aniversários que tivemos. Ao Luiz, por ajudar com os eletrônicos e ajuda no laboratório, juntamente com a Lindamir, que a todo momento estava disposta a ajudar e ensinar. Por último, mas não menos importante o Jair, que desde o princípio me auxiliou no laboratório em tudo que precisei e nunca se negou a explicar e ajudar. A todos meus agradecimentos por sempre me auxiliarem e pelas conversas que foram de grande importância para o meu crescimento.

As professoras do programa por cada aula ministrada e conhecimento dividido, as colegas de mestrado que sempre estiveram dispostas a ajudar em qualquer momento. Em especial às amigas que fiz por ordem de conhecimento a Eloyse que já na prova me ajudou, emprestando a inscrição, na coleta da planta e por todo o mestrado me auxiliando, seja por uma conversa ou perguntando como estava indo o

projeto, se mostrando uma pessoa de coração imenso e preocupada com todos. A Andressa que foi minha parceira de laboratório, pelas conversas e ideias trocadas, pelas imensas ajudas e horas discutidas de metodologias e resultados, assim como os momentos que não aguentávamos mais refazer a mesma análise e sempre um apoiando o outro. A Paula, onde partilhamos o laboratório, e uma marcha fitoquímica interminável, pelas explicações e correções de porcentagens, dosagens e conversões de unidades que pareciam nunca bater, mas que ao final davam certo. A Lilian que integrou o grupo e com um coração materno sempre preocupada com todos e disposta a ajudar, assim como pelos ensinamentos sobre nutrição. A Renata, que esteve me ajudando no laboratório em muitas das análises e repetições que tivemos que realizar. E por fim a Suelen, que foi fundamental e indispensável, com um conhecimento e vivência impressionante, e com um coração grandioso por ter paciência em explicar e reexplicar quantas vezes necessário, sem contar a ajuda no laboratório, na escrita da dissertação e artigo. Meu eterno agradecimento por esse grupo pela ajuda mútua, suporte e principalmente pelo crescimento em conjunto.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), e a UFPR por todo apoio material para realização dessa dissertação.

Acho que está foi a parte mais difícil da escrita por lembrar de cada momento passado até aqui, pela caminhada que me engrandeceu e me inspira a ir mais além.

## EPÍGRAFE

“Ando devagar porque já tive presa e levo esse  
sorriso porque já chorei demais”

Almir Sater

## RESUMO

A caracterização química é importante para conhecer o potencial do *Amaranthus viridis* L. podendo com isso agregar valor à planta. Assim o presente trabalho teve por objetivo caracterizar a composição química, conteúdo mineral, digestibilidade das proteínas e dos antioxidantes das partes morfológicas do *Amaranthus viridis* L. A planta foi coletada no município de Pinhais – PR, separada em folha, caule, semente, inflorescência e raiz, posteriormente processadas e analisadas. As determinações de umidade, cinzas, proteínas, lipídios, fibras, açúcares, minerais, compostos bioativos e a digestibilidade *in vitro* foram realizadas com a planta após secagem em estufa. O conteúdo de proteínas obtido foi de 16,49%, 15,68% e 14,95% das folhas, inflorescência e semente, respectivamente. As análises de screaming fitoquímico, RMN e cristalografia foram executadas com extratos mediante solventes de polaridades crescentes. A triagem fitoquímica indicou a presença de grupos químicos como os esteroides, triterpenos, saponinas entre outros, que elucidam a atividade antioxidante, também foi identificado os compostos rutina e alantoína na semente e inflorescência respectivamente. O conteúdo de compostos fenólicos totais (TPC) e flavonoides totais (TFC) apresentaram correlação positiva para todas as partes, com os ensaios antioxidantes (FRAP, DPPH e ABTS). A digestibilidade *in vitro* das proteínas ficou acima de 90% e para atividade antioxidante, TFC e TPC as amostras da folha, inflorescência e raiz diminuíram após a digestão, enquanto para semente houve um aumento de 97% para TPC e 55% para TFC. Esses resultados sugerem que o *Amaranthus viridis* L. tem potencial alimentar devido à presença de nutrientes, à disponibilidade do conteúdo proteico e dos compostos bioativos, que apresenta altos níveis de atividade antioxidante. Também mostrou potencial para uso farmacológico devido à presença de rutina e alantoína.

Palavras-chave: *Amaranthus viridis* L., caruru, composição química, composição nutricional e atividade antioxidante.

## ABSTRACT

Chemical characterization is important in order to know the potential of *Amaranthus viridis* L. and can therefore add value to the plant. Thus, the present work aimed to characterize the chemical composition, mineral content, digestibility of proteins and antioxidants of the morphological parts of *Amaranthus viridis*. The plant was collected in the municipality of Pinhais - PR, separated into leaf, stem, seed, inflorescence and root, later processed and analyzed. Determinations of moisture, ash, proteins, lipids, fibers, sugars, minerals, bioactive compounds and in vitro digestibility were carried out with the plant after drying in an oven. The protein content obtained was 16.49%, 15.68% and 14.95% of the leaves, inflorescence and seed, respectively. The phytochemical screening, NMR and crystallography analyzes were performed with extracts using solvents of increasing polarity. Phytochemical screening indicated the presence of chemical groups such as steroids, triterpenes, saponins, among others, which elucidate the antioxidant activity, the compounds rutin and allantoin in the seed and inflorescence, respectively, were also identified. The content of total phenolic compounds (TPC) and total flavonoids (TFC) showed a positive correlation for all parts, with the antioxidant tests (FRAP, DPPH and ABTS). The in vitro digestibility of proteins was above 90% and for antioxidant activity, TFC and TPC the leaf, inflorescence and root samples decreased after digestion, while for seed there was an increase of 97% for TPC and 55% for TFC. These results suggest that *Amaranthus viridis* L. has food potential due to the presence of nutrients, the availability of protein content and bioactive compounds, which has high levels of antioxidant activity. It also showed potential for pharmacological use due to the presence of rutin and allantoin.

**Keywords:** *Amaranthus viridis* L., caruru, chemical composition, nutritional composition and antioxidant activity.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 1 - MORFOLOGIA <i>Amaranthus viridis</i> L. ....   | 18 |
| FIGURA 2 - ESTRUTURA QUÍMICA DA RUTINA. ....  | 24 |
| FIGURA 3 - MUNICÍPIO DA COLETA DO <i>Amaranthus viridis</i> L. ....   | 25 |
| FIGURA 4 - EXSICATA <i>Amaranthus viridis</i> L. ....   | 26 |
| FIGURA 5 - FLUXOGRAMA DE PROCEDIMENTOS E ANÁLISES. ....   | 28 |
| FIGURA 6 - ANÁLISE DE ANTIOXIDANTES E PROTEÍNAS DE <i>Amaranthus viridis</i><br>L. ANTES E APÓS A DIGESTÃO <i>In vitro</i> . .... | 43 |
| FIGURA 7 – COMPONENTES PRINCIPAIS GERADOS INDICANDO A<br>PORCENTAGEM DE VARIÂNCIA DE CADA. ....                                   | 46 |
| FIGURA 8 - PORCENTAGEM DE VARIÂNCIA DOS 4 COMPONENTES<br>PRINCIPAIS APÓS A EXCLUSÃO DAS VAIÁVEIS CONSIDERADAS<br>FRACAS .....     | 47 |
| FIGURA 9 - PCA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO <i>Amaranthus viridis</i> L. ....  | 48 |
| FIGURA 10 - HCA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO <i>Amaranthus viridis</i> L. ....   | 49 |
| FIGURA 11 - SUBSTÂNCIA DEPOSITADA NO FUNDO DO BALÃO. ....   | 52 |
| FIGURA 12 - ESPECTRO DE RMN DE HIDROGÊNIO DA RUTINA NAS<br>SEMENTES DE <i>Amaranthus viridis</i> L. ....                          | 53 |
| FIGURA 13 - CRISTAIS FORMADOS À PARTIR DA EXTRAÇÃO. ....  | 54 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| TABELA 1 - ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE DIFERENTES ESPÉCIES DE<br><i>Amaranthus</i> .....           | 21 |
| TABELA 2 - COMPOSTOS FENÓLICOS EM DIFERENTES ESPÉCIES DE<br><i>Amaranthus</i> .....              | 23 |
| TABELA 3 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO <i>Amaranthus viridis L.</i> EM g/100g EM<br>BASE SECA.....     | 38 |
| TABELA 4 - COMPOSIÇÃO MINERAL DO <i>Amaranthus viridis L.</i> EM BASE SECA.                      | 41 |
| TABELA 5 - PESOS DAS VARIÁVEIS NAS COMPONENTES PRINCIPAIS PC1 E<br>PC2.....                      | 46 |
| TABELA 6 - SCREAMING FITOQUÍMICO EM DIFERENTES EXTRATOS DO<br><i>Amaranthus viridis L.</i> ..... | 50 |
| TABELA 7 - SCREAMING FITOQUÍMICO EM EXTRATO AQUOSO DO <i>Amaranthus<br/>viridis L.</i> .....     | 51 |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....   | <b>14</b> |
| <b>2 OBJETIVOS</b> .....  | <b>16</b> |
| 2.1 OBJETIVO GERAL .....  | 16        |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....   | 16        |
| <b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....  | <b>17</b> |
| 3.1 ASPECTOS BOTÂNICOS .....  | 17        |
| 3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS .....   | 18        |
| 3.3 METABOLITOS SECUNDÁRIOS .....   | 19        |
| 3.3.1 Atividade antioxidante .....  | 20        |
| 3.3.2 Compostos fenólicos .....   | 22        |
| 3.3.3 Rutina .....  | 23        |
| <b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....   | <b>25</b> |
| 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO .....  | 25        |
| 4.2 CARACTERÍSTICA DA COLETA .....  | 25        |
| 4.3 OBTENÇÃO DOS EXTRATOS .....   | 26        |
| 4.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS .....  | 29        |
| 4.4.1 Umidade .....   | 29        |
| 4.4.2 Cinzas .....  | 29        |
| 4.4.3 Proteínas .....   | 29        |
| 4.4.4 Lipídios .....  | 30        |
| 4.4.5 Açúcares totais .....   | 30        |
| 4.4.6 Fibra alimentar total .....   | 30        |
| 4.4.7 Carboidratos .....  | 31        |
| 4.4.8 Minerais .....  | 31        |
| 4.5 COMPOSTOS BIOATIVOS .....   | 32        |
| 4.5.1 Atividade Antioxidante .....  | 32        |
| 4.5.1.1 A capacidade sequestradora do radical livre 2,2-difenil-1-picril-hidrazil<br>(DPPH) ..... | 32        |
| 4.5.1.2 ABTS .....  | 33        |
| 4.5.1.3 Atividade Antioxidante pela redução do Ferro – FRAP .....                                 | 33        |
| 4.5.2 Doseamento de flavonoides totais (TFC) .....  | 33        |
| 4.5.3 Doseamento de compostos fenólicos totais (TPC) .....  | 34        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.6 DIGESTÃO <i>IN VITRO</i> .....  | 34        |
| 4.7 SCREAMING FITOQUIMICO.....  | 35        |
| 4.8 IDENTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS OBTIDOS POR MEIO DA EXTRAÇÃO .                                | 35        |
| 4.8.1 Preparação dos extratos .....   | 35        |
| 4.8.2 Rutina .....  | 36        |
| 4.8.3 Alantoína .....   | 36        |
| 4.9 ANALISE ESTATISTICA.....  | 37        |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>   | <b>38</b> |
| 5.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA .....  | 38        |
| 5.2 MINERAIS .....  | 40        |
| 5.3 DIGESTIBILIDADE <i>IN VITRO</i> .....   | 42        |
| 5.2 ANÁLISE DE COMPONENTE PRINCIPAL (PCA) E ANÁLISE HIERÁRQUICA<br>DE AGRUPAMENTO (HCA) ..... | 45        |
| 5.3 SCREAMING FITOQUIMICO.....  | 50        |
| 5.4 CARACTERIZAÇÃO DOS CONSTITUINTES QUIMICOS.....  | 52        |
| <b>6 CONCLUSÃO .....</b>  | <b>55</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>56</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O consumo de hortaliças se restringe a espécies convencionais. No entanto, o Brasil detém biodiversidade de plantas não convencionais, consideradas “plantas daninhas” que podem ser consumidas na alimentação (KINUPP; LORENZI, 2014; HOLT et al., 2016; LANDIS, 2017). Dentre elas, o gênero *Amaranthus*, originário da América tropical que possui em torno de 400 variedades, cultivados e consumidos pelos continentes Africano, Asiático e na América Central. O gênero é versátil empregado na alimentação, ornamentação e como corante natural (DAS, 2016; PETER; GANDHI, 2017).

O *Amaranthus* foi empregado por indianos, nepaleses, chineses e tailandeses, como extratos para tratar infecções urinárias, condições ginecológicas, diarreia, dor, distúrbios respiratórios, diabetes e como diurético. (AGRA et al., 2008; PETER; GANDHI, 2017). Além disso, dispõe de diferentes metabolitos secundários, como a quercetina, rutina, luteína,  $\beta$ -caroteno, pois são responsáveis em combater os radicais livres auxiliando no tratamento de doenças (JIMÉNEZ-AGUILAR; GRUSAK, 2017; NEVES; CUNHA; DE PAULA, 2019).

As folhas de diversas espécies do gênero dispõem de minerais, vitaminas e compostos bioativos. Sendo consumidas *in natura*, em saladas, ou em refogados (VAN JAARVELD et al., 2014; JIMÉNEZ-AGUILAR; GRUSAK, 2017). A semente do *Amaranthus*, popularmente chamada de amaranto é conhecida como pseudo-cereal, por possuir características semelhantes aos cereais. São ricas em proteínas, ácidos graxos mono e poli-insaturados, com ômega 3 e 6 e antioxidantes, que podem ser de interesse farmacológico e industrial. (VALCÁRCEL-YAMANI; CAETANO DA; LANNES, 2012; MIR; RIAR; SINGH, 2018; ZHANG; KANG; CHE, 2019).

Em relação às proteínas de origem vegetal, a digestibilidade é menor quando confrontados com as proteínas de origem animal. Isso devido à conformação da proteína, pois os vegetais possuem mais estruturas  $\beta$  conferindo maior resistência a desnaturação e a proteólise no trato gastrointestinal. Assim como as diferenças de pH e enzimas digestivas afetam a liberação dos compostos bioativos e antioxidantes (CARBONARO; MASELLI; NUCARA, 2015; CARBONARO et al., 2019)

Dentre o gênero temos a espécie *Amaranthus viridis* L., conhecido popularmente como caruru de mancha, pois a folha contém uma mancha a qual é uma peculiaridade da espécie. A folha é a parte comestível mais consumida, a qual dispõe

de vitaminas, minerais e antioxidantes (SHARMA; GUPTA; RAO, 2012; JIMÉNEZ-AGUILAR; GRUSAK, 2017; WELCOME; VAN WYK, 2019). Relatos trazem que a espécie possui atividade antioxidante, antidiabéticas, anti-hiperlipidêmicas e cardioprotetora (RAGHU VEER A DIXIT; A, 2013; SARAVANAN et al., 2013; FASUAN; AKANBI, 2018). Isso demonstra um potencial alimentar e farmacológico a ser explorado na planta, pois ela contém nutrientes que são capazes de melhorar deficiências nutricionais e metabólitos de interesse humano que são benéficos à saúde (JIMOH; AFOLAYAN; LEWU, 2018).

Por essa razão o presente trabalho tem como objetivo caracterizar a composição química, conteúdo mineral, digestibilidade das proteínas e dos antioxidantes das partes morfológicas do *Amaranthus viridis L.*

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar a composição química, conteúdo mineral, digestibilidade das proteínas e dos antioxidantes das partes morfológicas (folha, caule, semente, inflorescência e raiz) do *Amaranthus viridis L.*

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a composição nutricional dos componentes vegetais.
- Determinar a atividade antioxidante, compostos fenólicos (TPC) e flavonoides (TFC) nos componentes vegetais.
- Determinar a digestibilidade *in vitro* das proteínas, antioxidantes, TPC e TFC.
- Analisar os componentes fitoquímicos presentes.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 ASPECTOS BOTÂNICOS

O Gênero *Amaranthus* pertence à classe Equisetopsida C. Agardh, subclasse Magnoliidae Novák ex Takht., superordem Caryophyllanae Takht., ordem Caryophyllales Juss ex Bercht. & J. Presl, família *Amaranthaceae* Juss. e ao gênero *Amaranthus* L. (TROPICOS, 2019).

O *Amaranthus* é herbáceo de caule prostrado, folhas alternadas, ovais a lineares, porém algumas espécies possuem a borda recortada ou lisa. As flores são encapsuladas nas inflorescências. As sementes lenticulares e minúsculas são dispersas por vento, água ou pássaros. A caracterização taxonômica muitas vezes é difícil devido a planta se autopolinizar e ser polinizada por outras espécies, o que gera outros híbridos (ASSAD et al., 2017).

O gênero é uma dicotiledônea que utiliza a via fotossintética C4, caracterizada por possuir melhor desempenho fotossintético podendo suportar melhor estresse ambiental. Em geral, o gênero prefere temperaturas quentes e luminosidade alta, se desenvolvendo bem nos trópicos, mas possui espécies que desenvolvem em áreas frias. Tem em torno de 75 espécies que são divididas em dois grandes grupos: amarantos de grão e amarantos de folhas (CAI; CORKE; WU, 2004; ESCUDERO; LUCO; GIMÉNEZ, 2004).

A *Amaranthus viridis* L. é uma planta anual com estrutura ereta e ramificada, com ramos muitas vezes arroxeados. Pode atingir de 30 a 60 cm de altura e as folhas longas pecioladas e ovais. As flores da planta são muito pequenas, de cor verde pálido e ficam arranjadas em pequeno aglomerados em finos terminais afilados e cachos axilares, semelhantes a espigões (RAHMAN; GULSHANA, 2014). Conforme pode ser vista a morfologia da planta na FIGURA 1.

FIGURA 1 - MORFOLOGIA *Amaranthus viridis* L.

LEGENDA:

A- Ramo floral;

B- Flor masculina;

C- Flor feminina;

D- Semente;

FONTE: (LEITÃO FILHO, 1968).

### 3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Os vegetais dispõem de macronutrientes, vitaminas e minerais essenciais para a manutenção da saúde humana. O gênero *Amaranthus* é promissor por possuir características singulares em relação a esses compostos (JIMOH; AFOLAYAN; LEWU, 2018)

As folhas de algumas espécies como *Amaranthus blitus*, *Amaranthus tricolor*, *Amaranthus cruentus*, são utilizadas na alimentação (FABIO; PARRAGA, 2017; NEUGART et al., 2017), elas contêm ácidos graxos essenciais, como ácido linolênico,

ácido linoleico, ácido palmítico entre outros que são benéficos a saúde (TANG et al., 2014; KACHIGUMA et al., 2015).

As sementes possuem proteína em maior quantidade se comparado ao trigo, milho, arroz e sorgo (MLAKAR et al., 2010; MBURU et al., 2011). Dispõem de ferro, fósforo, magnésio e pró vitaminas A, E e do complexo B (JIMÉNEZ-AGUILAR; GRUSAK, 2017). Diante disso, as sementes de espécies como *Amaranthus caudatus*, *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus hypochondriacus*, são utilizados na forma de farinhas para produção de pães, bolos, biscoitos e massas (CASELATO-SOUSA; AMAYA-FARF, 2012; FABIO; PARRAGA, 2017). Substituindo a farinha de trigo obtém um produto com maior teor de proteínas, fibras alimentares, ferro, zinco, magnésio e potássio. Outra característica da semente é não possuir glúten, o que pode ser uma alternativa para pessoas celíacas, além disso o fato de não possuir reduz o tempo de cozimento quando utilizado na elaboração de massas alimentícias (CHAUHAN; SAXENA; SINGH, 2015; CÁRDENAS-HERNÁNDEZ et al., 2016; RYBICKA; GLISZCZYNSKA-SWIGLO, 2017). No continente asiático algumas espécies são empregadas como pigmentos naturais em razão da presença de betacianinas (ZHU; CAI; CORKE, 2010).

### 3.3 METABOLITOS SECUNDÁRIOS

As plantas são produtoras dos metabolitos secundários, como os flavonoides, alcaloides, terpenoides, fenilpropanoides, entre outros. São utilizados no meio farmacêutico, como base produtos farmacológicos devido à ação biológica desses compostos na saúde humana. Do mesmo modo são empregados nas indústrias de cosméticos, perfumaria e agroquímicos (RASOOL HASSAN, 2012; SANCHITA; SHARMA, 2018).

Os metabolitos são produzidos nas plantas pelas vias de glicose ou ácido chiquímico. Eles são distribuídos nas diferentes partes da planta e em concentrações diferenciadas, devido as condições ambientais e crescimento do vegetal que podem influenciar as quantidades dos metabolitos ou aparecimento de outros compostos. Também são utilizados para a sobrevivência das plantas como defesa natural frente aos predadores (LI et al., 2020).

Além disso, os metabolitos secundários por dispor de inúmeros compostos contém diversas funções. Podem auxiliar no combate aos radicais livres, prevenindo

o processo inflamatório, há relatos de ação hipoglicemiante e podem ser aplicados na conservação de produtos alimentícios (NG et al., 2019).

### 3.3.1 Atividade antioxidante

Os seres humanos possuem sistemas antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos para proteger contra danos causados por radicais livres, os quais se ligam aos radicais evitando a auto oxidação. Esses que são espécies químicas com elétrons desemparelhados que interagem com oxigênio, nitrogênio ou outros radicais, causando danos irreversíveis ao corpo (KURUTAS, 2016; COELHO et al., 2018).

As doenças cardiovasculares e o câncer podem ser desencadeados pela ação nociva dos radicais livres (FARHANGI; NAJAFI, 2018) que podem ser minimizados ou prevenidos pelos antioxidantes. Esse são obtidos de forma endógena ou exógena, sendo a forma exógena advinda dos alimentos que contém atividade antioxidante prontamente absorvível, eliminando assim os radicais livres ou quelando os metais (KURUTAS, 2016; COELHO et al., 2018).

Espécies do gênero *Amaranthus* assim como vegetais, legumes e frutas são fontes de antioxidantes e podem ajudar a prevenir o envelhecimento precoce arterial (FERREIRA et al., 2019). Dentre as espécies pode existir variação das quantidades, assim como entre as partes morfológicas (KRAUJALIS et al., 2013; JIMÉNEZ-AGUILAR; GRUSAK, 2017). Na TABELA 1, pode ser visualizado os métodos utilizados na avaliação de atividades antioxidantes das espécies do gênero *Amaranthus*.

TABELA 1 - ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE DIFERENTES ESPÉCIES DE *Amaranthus*.

| Espécie  | Método | Resultados                       | Autores                           |
|--|--------|----------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Amaranthus viridis</i>  | DPPH   | IC 50% = 47,23 ± 0,66 µg/mL      | Kumari, Elancheran e Devi, (2018) |
|  | ABTS   | IC 50% = 47,61 ± 1,31 µg/mL      |                                   |
|  | NO     | IC 50% = 64,33 ± 2,01 µg/mL      |                                   |
| <i>Amaranthus spinosus</i>   | DPPH   | 27,32 µg/mL                      | Rjeibe at al., (2018)             |
| <i>Amaranthus tricolor</i>   | DPPH   | 14,33 ± 0,23 a 31,06 ± 0,24 µg/g | Sarker e Oba, (2018)              |
|  | ABTS   | 31,74 ± 0,19 a 67,69 ± 0,31 µg/g |                                   |
| <i>Amaranthus Sp.</i><br>( <i>Amaranthus cruentus</i> e<br><i>Amaranthus hypochondriacus</i> ) | DPPH   | 6,26 µmol de TE/g                | Tang et al., (2016)               |
|  | FRAP   | 6,76 µmol de AAE                 |                                   |
|  | ORAC   | 6.69 µmol de TE/g                |                                   |
| <i>Amaranthus lividus</i>  | DPPH   | IC 50% = 93 ± 2,44 µg/mL         | AL-Manun et al., (2016)           |
| <i>Amaranthus hybridus</i>   | DPPH   | IC 50% = 28 ± 1,8 µg/mL          |                                   |
| <i>Amaranthus hypochondriacus</i><br>(semente em forma de farinha)                             | DPPH   | 49,84 % a 59,89 %                | Awolu, Osemeke e Ifesan, (2016)   |
| <i>Amaranthus viridis</i> (Folha)  | DPPH   | 115,74 µg/ml                     | Salvamani et al., (2016)          |
|  | NO     | 244,36 µg/ml                     |                                   |
| <i>Amaranthus viridis</i> (Semente)  | DPPH   | 189,21 µg/ml                     | Salvamani et al., (2016)          |
|  | NO     | 299,40 µg/ml                     |                                   |
| <i>Amaranthus viridis</i> (Caule)  | DPPH   | > 300 µg/ml                      | Lee at al., (2015)                |
|  | NO     | > 300 µg/ml                      |                                   |
| <i>Amaranthus viridis</i>  | DPPH   | 97,5 ± 10,4 mg/kg                | Lee at al., (2015)                |
|  | ORAC   | 1660,2 ± 19,1 µmol TE/g FW       |                                   |
| <i>Amaranthus viridis</i>  | DPPH   | 1,39 ± 0.18 µmol TE/g FW         | Tukun at al., (2014)              |
| <i>Amaranthus spinosus</i>   | DPPH   | 0,41 ± 0.05 µmol TE/g FW         |                                   |

Fonte: O autor (2019).

Legenda: ABTS - 2,2-Azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid, DPPH - Diphenyl-1-picrylhydrazyl, FRAP - Poder antioxidante redutor de ferro, NO – Oxido nítrico, ORAC - Capacidade de absorção do radical de oxigênio, TE – Trolox equivalente, AAE – ácido ascórbico equivalente, FW – Livre de água.

### 3.3.2 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos formam uma classe de compostos orgânicos que advêm do metabolismo secundário das plantas, são produzidos em quantidades variáveis com a finalidade de proteção contra patógenos e pragas. São caracterizados por possuir um ou mais anéis aromáticos do grupamento fenol. Podem se associar a outros componentes como carboidratos, lipídios, aminas e ácidos orgânicos assim como podem ser encontrados livres (ARRUDA et al., 2019).

Possuem uma grande variação na sua estrutura química, sendo descritos mais de 8.000 estruturas fenólicas categorizadas em classes, entretanto as de importância para dieta humana são os ácidos hidroxibenzoicos, ácidos hidroxicinâmicos, flavonoides e proantocianidinas (VUOLO; LIMA; MARÓSTICA JUNIOR, 2019). Na alimentação os compostos fenólicos estão presentes nos alimentos e bebidas de origem vegetal, como frutas, legumes, chá, café, vinho, cereais, nozes, oleaginosas, ervas e especiarias (SHAHIDI; AMBIGAIPALAN, 2015).

O *Amaranthus* possui, o ácido hidroxicinâmico, ácido caféico e ácido ferúlico (SCHRÖTER et al., 2018). As folhas do amaranto contêm quantidade superior desses quando comparado a quinoa a qual espécie pertence a mesma família *Amaranthaceae*. Os flavonoides glicosídeos do mesmo modo são encontrados no amaranto, a quercetina e kaempferol, em quantidades de interesse para a nutrição. Porém os níveis de flavonoides dentro do gênero variam conforme a espécie. Além disso, a planta possui outros metabolitos secundários, como a quercetina, ácido elágico e ácido gálico que possuem ações farmacológicas. (NEUGART et al., 2017).

Os fenólicos além de estarem correlacionados com o efeito antioxidante, apresentam efeitos benéficos a saúde, reduzindo efeitos inflamatórios e antimicrobianos (CĂLINOIU; VODNAR, 2018; MIKLASIŃSKA-MAJDANIK et al., 2018). Por isso a importância do consumo de vegetais e frutas que detêm esses compostos, pois eles auxiliam na prevenção de doenças não transmissíveis, como câncer, diabetes e obesidade (DE CAMARGO et al., 2018).

A TABELA 2 apresenta a metodologia e o conteúdo de compostos fenólicos nas espécies de *Amaranthus*.

TABELA 2 - COMPOSTOS FENÓLICOS EM DIFERENTES ESPÉCIES DE *Amaranthus*

| Espécie                               | Compostos Fenólicos | Método          | Resultados                | Autor(es)               |
|---------------------------------------|---------------------|-----------------|---------------------------|-------------------------|
| <i>Amaranthus caudatus</i>            | Ácido Gálico        | HPLC            | 3.91 ± 0.15 mg/g          | Peiretti et al., (2017) |
|                                       | Ácido Vanílico      | HPLC            | 2.29 ± 0.09 mg/g          |                         |
|                                       | Catequinas          | HPLC            | 7.69 ± 0.32 mg/g          |                         |
| <i>Amaranthus hybridus</i>            | Ácido Gálico        | HPLC            | 1.29±0.01 mg/g            | Obob et al., (2016)     |
|                                       | Ácido Cafeico       | HPLC            | 3.65±0.01 mg/g            |                         |
|                                       | Ácido Elágico       | HPLC            | 10.48±0.03 mg/g           |                         |
| <i>Amaranthus viridis</i>             | Ácido Gálico        | Folin-Ciocalteu | 0.33 ± 0.03 mg GAE/g      | Tukun et al., (2014)    |
| <i>Amaranthus spinosus</i>            | Ácido Gálico        | Folin-Ciocalteu | 0.04 ± 0.01 mg GAE/g      |                         |
| <i>Amaranthus gangeticus</i> (Folhas) | Ácido Gálico        | Folin-Ciocalteu | 84.99 ± 13.02 mg GAE/100g | Saxena et al., (2007)   |

Fonte: O autor (2019).

Legenda: GAE – ácido gálico equivalente.

### 3.3.3 Rutina

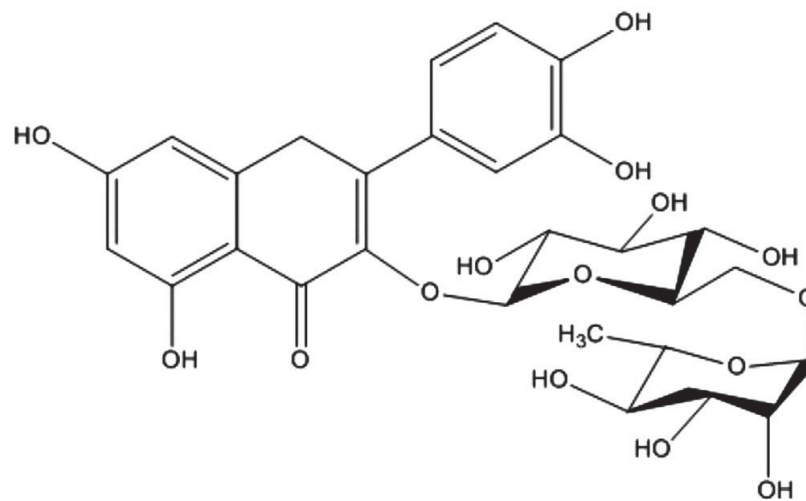
A rutina é um flavonoide com aparência de pó cristalino amarelado. Identificado pela primeira vez na planta *Ruta graveolens*, conhecida popularmente por arruda (CHEN et al., 2001). Ela é comumente encontrada em vegetais, frutos, chás e vinho (GULLÓN et al., 2017). Dispõe de relevância farmacológica, pois pode ser benéfica na redução do LDL e como hepatoprotetor (LIU et al., 2017), melhora do controle glicêmico e perfil lipídico (GHORBANI, 2017). Pode ter efeito antimicrobiano, contra a *Escherichia coli*, *Shigella sonnei*, *Klebsiella sp.* e *Pseudomonas aurugonossa*. Tratamento contra infecções virais causadas por retrovírus, ortomixovírus, vírus do herpes, vírus da hepatite B e hepatite C. Também demonstrou atividade antifúngica contra cepas de *Candida gatti* (GANESHPURKAR; SALUJA, 2017).

Testes com a rutina *in vitro* e *in vivo*, demonstraram evidências nos mecanismos cardioprotetores, principalmente na hipertrofia e remodelação cardíaca.

Sendo assim um fármaco em potencial para o sistema cardiovascular, entretanto nenhum relatado até o momento sobre sua possível toxicidade (SITI et al., 2020).

No gênero *Amaranthus* a rutina foi encontrada em folhas da espécie *A. paniculatus* (KRAUJALIS et al., 2015), sementes, caule, brotos e flores de diferentes espécies como *A. caudatus*, *A. cruentus* e *A. hypochondriacus* (LI et al., 2015). Possui uma estrutura formada de hidrogênio, oxigênio e carbono (FIGURA 2).

FIGURA 2 - ESTRUTURA QUÍMICA DA RUTINA.



Fonte: Ghorbani, (2017)

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

Este é um estudo experimental laboratorial que visou caracterizar a composição química, composição nutricional e biológica das partes botânicas, folha, caule, semente, inflorescência e raiz do *Amaranthus viridis* L.. As análises foram realizadas nos laboratórios dos Departamentos de Nutrição e de Farmácia da Universidade Federal do Paraná – Campus Jardim Botânico, Curitiba – Paraná.

### 4.2 CARACTERÍSTICA DA COLETA

A coleta foi realizada no Centro Paranaense de Referência Agroecológica – CPRA em Pinhais – PR, conforme FIGURA 3 (Coordenadas 25°22'36"S 49°6'50"O, Elevação 930m), sendo coletados aproximadamente 20 Kg da planta, que foram encontradas em canteiros em pousio. As plantas inteiras foram armazenadas em saco de polipropileno entrelaçado, possibilitando a ventilação e transportadas para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos no Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Paraná, no Campus Jardim Botânico.

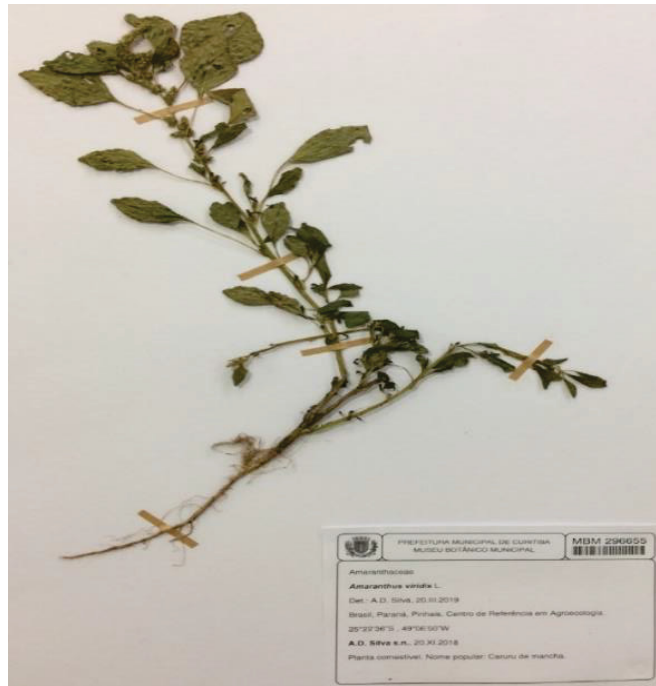
FIGURA 3 - MUNICÍPIO DA COLETA DO *Amaranthus viridis* L.



Fonte: Adaptado do Google imagens (2019).

Uma exsicata da planta foi preparada e identificada botanicamente sendo depositada no herbário do Museu Botânico de Curitiba – Paraná, Brasil, sobre o registro o número de registro MBM296655. O projeto está cadastrado no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético (SisGen) sob o número A162817.

FIGURA 4 - EXSICATA *Amaranthus viridis* L.



Fonte: O autor (2019).

#### 4.3 OBTENÇÃO DOS EXTRATOS

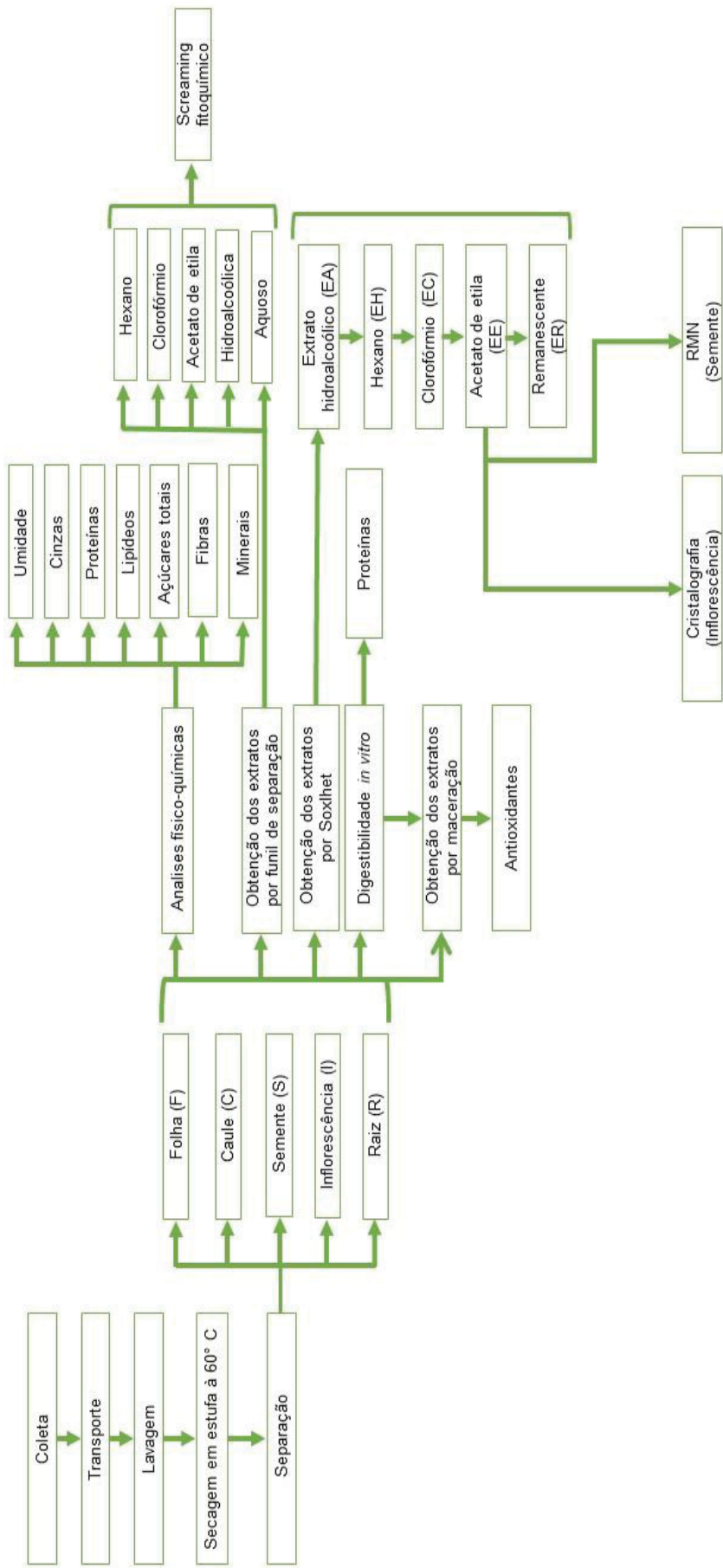
As plantas foram lavadas em água corrente para retirada dos resíduos de solo presente nas raízes ou quaisquer sujidades presentes. Em seguida as plantas foram transferidas para a estufa a 65° C por 24 horas aproximadamente. Após esse período as folhas, caule e raiz foram separadas e submetidas a trituração em moinho de facas tipo willye Fortinox®, modelo Star FT 50 (Piracicaba – Brasil), embaladas em polietileno e seladas a vácuo, marca Sulpack® (Caxias do Sul – Brasil) e armazenadas em freezer.

A separação das sementes das inflorescências ocorreu por tamisação, mediante agitador eletromagnético, marca Bertel®, (Caieiras – Brasil) com peneiras variando entre 850 mm a 250 mm, onde a semente ficou retida na peneira de 250 mm restando a inflorescência nas peneiras de 850 mm, e seguindo o mesmo procedimento

de trituração. As amostras foram embaladas em sacos de polipropileno e levados a refrigeração ( $-5^{\circ}\text{C}$ ), para posterior análise.

Abaixo a FIGURA 5 ilustra por um fluxograma os procedimentos para os preparos das amostras e as análises realizadas com cada parte da planta.

FIGURA 5 - FLUXOGRAMA DE PROCEDIMENTOS E ANÁLISES.



Fonte: O autor (2020).

#### 4.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas, realizadas em triplicata, foram de acordo a AOAC – *Association of Official Analytical Chemists* (2012) sendo elas umidade, cinzas, proteínas, lipídios e teor de fibra alimentar.

##### 4.4.1 Umidade

Com as partes da planta devidamente trituradas, sucedeu a pesagem em balança analítica de aproximadamente 5 g de cada parte, adicionados em pesa-filtro devidamente padronizados e identificados. Foram levados à estufa a 105° C e pesados regularmente até obtenção de peso constante da amostra e após isso calcula por diferença.

##### 4.4.2 Cinzas

Os cadinhos previamente padronizados pesaram se 5 gramas da amostra e levados para carbonização em chapa elétrica. Após, as amostras foram incineradas em mufla a 550°C por 8 horas, sendo resfriados em dessecador e posteriormente pesados. O teor de cinzas foi obtido por diferença da amostra após incineração e o peso do cadinho.

##### 4.4.3 Proteínas

Foi realizado um processo de digestão de proteínas por Kjeldahl, a qual se determina a quantidade de nitrogênio da amostra. Foi utilizado aproximadamente 1 grama de amostra de cada parte da planta sendo digerido com ácido sulfúrico e catalisador formando sulfato amoniacal. Em seguida realizada a destilação por arraste de vapor de amônia, a qual foi retida em erlenmeyer com ácido bórico a 4% ficando com coloração verde onde se titulou com ácido sulfúrico 0,02M até a viragem para coloração cor-de-rosa. Feito esse procedimento a determinação se deu pela equação descrita abaixo, com o fator de conversão de 6,25.

$$\% \text{ de Proteínas} = \frac{V \times 0,000028 \times fc \times F \times 100}{P}$$

Onde:

V = Volume de ácido sulfúrico gasto na titulação

P = Peso da amostra

F = Fator de conversão (6,25)

fc = Fator de correção da solução do ácido

#### 4.4.4 Lipídios

Para análise foi utilizado 3 gramas de amostra de cada parte da planta, em papel filtro e colocado no extrator de Soxhlet acoplado em condensador de bolas e balão de fundo chato previamente padronizados. Sendo mantido por 8 horas em aquecimento para total extração, ao final o balão foi levado à estufa para secagem e posteriormente pesado. Por diferença de peso entre o balão padronizado e com extrato etéreo resultou na porcentagem de lipídios.

#### 4.4.5 Açúcares totais

Com 0,5 g da amostra seca devidamente pesados foram adicionados 100 mL de água destilada onde utilizou-se 100 µg da mistura para a análise. Numa série de tubos de ensaio adicionou-se concentrações crescentes de glucose variando entre 10 a 70 µg e o volume completado até 1 mL com água destilada. Em seguida foi acrescentado 1 ml de reativo fenol e 5 ml de ácido sulfúrico concentrado, após 20 minutos realizada a leitura em espectrofotômetro a 490 nm e comparado a curva padrão. (DUBOIS et al., 1956).

#### 4.4.6 Fibra alimentar total

A metodologia realizada conforme o método n° 985.29. Foi pesado 1 g de amostra em béqueres e adicionado 50 mL de solução tampão fosfato (pH 7,0) e 100 µL de α-amilase termoresistente. O béquer foi coberto com papel alumínio e levado ao banho-maria com agitação à 95°C por 30 minutos. Em seguida com a amostra em temperatura ambiente ajustado o pH a 7,5 e acrescentado 5 mg de protease, novamente levado ao banho-maria à 60°C por 30 minutos sob agitação constante.

Após o resfriamento a temperatura ambiente se estabelece o pH a 4 adicionando HCl, inclui 300 µg de amiloglucosidase e novamente banho-maria à 60°C por 30 minutos. Posteriormente acrescentado 280 mL de etanol 95% aquecido, e deixa se em repouso por 1 hora.

Em cadinhos padronizados foi colocado a amostra filtrada, transferindo todo resíduo. Com a estufa à 100°C os cadinhos foram secos e o resíduo calculado em seguida, determinada as proteínas e cinzas para reduzir do valor total e por diferença obter o valor de fibras. Os resultados foram expressos em fibras solúveis e insolúveis, tendo em vista que a soma dos dois é a fibra total.

#### 4.4.7 Carboidratos

Para os carboidratos foi utilizado o método de Muller e Tobin (1980) com adaptações, por diferença existente entre cem o teor de umidade, cinzas, proteínas, lipídios, açúcares totais, fibras solúveis e insolúveis, de acordo com a equação abaixo:

$$\% \text{ de carboidratos} = 100 - U - C - P - L - AT - FS - FI$$

Na qual:

U – Umidade

C – Cinzas

P – Proteínas

L – Lipídios

AT – Açúcares totais

FS – Fibras Solúveis

FI – Fibras Insolúveis

#### 4.4.8 Minerais

Foram utilizados 70 mg de cada amostra seca, adicionados 6 ml de HNO<sub>3</sub> e levados ao ultrassom por 15 minutos em seguida adicionados 2 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 35% (v:v). A mistura foi aquecida em placa elétrica a 70 °C por 20 minutos e filtrada a 0,45µm, após o procedimento foi realizado a análise de minerais usando um espectrômetro de emissão óptica de plasma acoplado indutivamente iCap Axial (ICP-OES, Thermo Scientific iCap 6000, Waltham, MA, EUA). As condições experimentais foram: fluxo de gás no plasma: 12,0 L / min; fluxo de gás auxiliar: 0,5 L / min; caudal

de gás de arraste: 0,7 L / min; potência de radiofrequência (RF): 1,15 kW e tempo de estabilização: 10 s. Os comprimentos de onda dos elementos analisados variam de 182.034 nm a 766.490 nm. As calibrações foram realizadas usando soluções aquosas padrão.

#### 4.5 COMPOSTOS BIOATIVOS

Os extratos foram preparados por maceração segundo Dragana et al., (2016); García-Cruz et al., (2017); Popovi et al., (2020), com algumas modificações. Foi utilizado 1g das amostras secas e moídas (em duplicata) adicionados a 10 mL de metanol em tubos falcon. Os tubos foram agitados em vortex, levados a banho ultrassônico por 15 min e então centrifugados a 3000 rpm por 10 minutos, o sobrenadante foi retirado. A fase sólida seguiu para segunda extração semelhante. Os sobrenadantes foram combinados e filtrados para análise de compostos bioativos. As amostras foram diluídas 1:1 em metanol 50%.

##### 4.5.1 Atividade Antioxidante

A atividade antioxidante foi determinada por três metodologias, sendo a primeira de redução do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH), a segunda pela captura do radical 2,2' – azinobis – (3 – ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS), a terceira por redução do Ferro (FRAP), sendo os três métodos por leitura em espectrofotométricas na região do UV. A curva de calibração foi preparada por uma solução padrão de Trolox, um sintético análogo à vitamina E, em uma diluição seriada de 0,0016 mol/L à 0,000075 mol/L. Os resultados de DPPH, ABTS e FRAP foram expressos em mMol de equivalentes de Trolox por 100 g de amostra seca.

##### 4.5.1.1 A capacidade sequestradora do radical livre 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH)

Foi realizada de acordo Brand-Williams; Cuvelier; Berset (1995) com alterações para microplaca conforme Ávila et al. (2019), a qual avalia a capacidade sequestradora do radical livre DPPH, de coloração purpura, sendo reduzido formando

o difenil – picrilhidrazina de coloração amarelada, com desaparecimento da absorção e sendo medida pelo decréscimo da absorbância.

As amostras de semente e inflorescência foram diluídas novamente na concentração de 1:10 devido à alta atividade antioxidante. Em cada poço da microplaca foram adicionados 10 µL de amostra e 190 µL da solução de DPPH, em seguida as placas foram colocadas em repouso no escuro por 30 minutos, e posteriormente a leitura foi realizada em 570 nm.

#### 4.5.1.2 ABTS

A perda de coloração do cátion-radical ABTS (cor azul esverdeado), que foi produzido pela reação com persulfato de potássio, foi avaliado após a adição de uma amostra contendo antioxidantes (HUANG; BOXIN; PRIOR, 2005). A metodologia foi utilizada conforme Re et al. (1999), com modificações de Ávila et al.(2019). Foram adicionadas em microplaca 10 µL de amostra e 200 µL de solução ABTS. Foram colocados em repouso, no escuro por 30 minutos e a leitura feita em 690 nm.

#### 4.5.1.3 Atividade Antioxidante pela redução do Ferro – FRAP

A capacidade do antioxidante em reduzir o  $Fe^{3+}$  (oxidado) em  $Fe^{2+}$  (reduzido) – FRAP, que ocorre pela presença de tripiridiltriazina (TPTZ) em condições ácidas (pH 3,6) e formando um complexo de coloração azul intensa.

Foi avaliada de acordo com Benzie e Strain (1996), com adaptações para microplaca conforme Barbi et al. (2018). As amostras de semente e inflorescência foram diluídas na concentração de 1:10 devido apresentar alta atividade antioxidante. Sendo assim em cada poço da microplaca foram adicionados 10 µL de amostra e 300 µL da solução de FRAP. Foram colocados em repouso, no escuro por 30 minutos e a leitura feita em 570 nm.

#### 4.5.2 Doseamento de flavonoides totais (TFC)

Os flavonoides totais foram determinados de acordo com Zhishen; Mengcheng; Jianming (1999), com modificações para microplaca. Foram adicionados 10 µL de amostra e 90 µL de  $NaNO_2$ , após 5 minutos acrescentou 10 µL de  $AlCl_3$  e

aguardou mais 5 minutos para incluir 5 µL de NaOH. Em seguida as microplacas foram mantidas em ambiente escuro por 30 minutos e a leitura feita em 515 nm. O resultado foi expresso em miligramas equivalente de catequina (CE) por 100 g de amostra seca.

#### 4.5.3 Doseamento de compostos fenólicos totais (TPC)

O doseamento foi realizado conforme a metodologia de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI, 1965), com adaptações para microplaca Ávila et al. (2019).

Em cada poço foram adicionados 10 µL de amostra, 170 µL de água destilada e 15 µL do reagente Folin-Ciocalteu. A placa permaneceu em ambiente escuro por 1 hora e a leitura foi realizada em 690 nm.

O resultado foi expresso em miligramas equivalente de ácido gálico (EAG) por 100 g de amostra seca.

#### 4.6 DIGESTÃO *IN VITRO*

O protocolo utilizado foi de acordo com Minekus et al., (2014). Constituído de três fases sendo oral, gástrica e intestinal, onde cada fase tem seus fluidos de sais preparados antecipadamente. Pesam 5 gramas das amostras adicionados de 7 ml de fluido salivar, 1 ml de alfa-amilase (alfa-amilase da solução de *Aspergillus niger*, 12143 U/mL, Sigma®) a 1500 U/ml (120 µl amilase + 880 µl fluido salivar), 50 µl de CaCl<sub>2</sub>, 1950 µl de H<sub>2</sub>O e incubados por 2 min a 37°C. Na fase gástrica acresce 15 ml de fluido gástrico, 3,2 ml de pepsina (pepsina da mucosa gástrica suína, 727 U/mg, Sigma®) a 2500U/ml (0,4g de pepsina + 4ml de fluido gástrico), 10 µl de CaCl<sub>2</sub>, 400 µl de HCl 0,1M, 1,39 ml H<sub>2</sub>O, ajustar o pH em torno de 3, incubar por 2 horas em banho maria a 37°C. A fase intestinal adiciona 22 ml de fluido intestinal, 10 ml de pancreatina (8 x USP, Sigma®) a 800 U/ml (40 mg de pancreatina + 10 ml de fluido intestinal), 5 ml de bile (Sigma®) a 800 U/ml (0,12g de bile + 5 ml de fluido intestinal), 80 µL de CaCl<sub>2</sub>, 2,46 de H<sub>2</sub>O, ajustar o pH para 7 e levar ao banho maria a 37° C por 2 horas. Realizado esse procedimento as amostras foram liofilizadas para posterior análise de proteínas e atividade antioxidante.

## 4.7 SCREAMING FITOQUIMICO

Este estudo é um levantamento qualitativo dos grupos metabólicos presentes. Inicialmente foi preparado um extrato alcoólico, utilizando 40 gramas de cada parte adicionando álcool etílico a 70 % na quantidade de 200 ml, colocou em banho-maria por uma hora a 70° C para posterior filtragem, completando o volume novamente lavando o material extraído (MIGUEL, 2003).

O procedimento seguinte consistiu em concentrar a 1/3 o extrato alcoólico levar em funil separador, adiciona se os solventes por polaridade crescente do hexano, clorofórmio e acetato de etila. Adicionou se 20 ml por vez de solvente, agitando o balão para extração dos compostos de cada fração. Ao final se obteve 4 frações dos solventes correspondentes e todos mantidos sobe refrigeração (MIGUEL, 2003).

A partir das frações seguiram as pesquisas de alcaloides (reativos de Mayer, Dragendorff, Bouchard e Bertrand) (OGUNYEMI, 1979; PAWASKAR, 2007; VENKATESAN et al., 2008), flavonoides (reação de Taubock, ensaio de Pacheco, reação de Shinoda) (HARBONE, 1973; PAWASKAR, 2007), esteroides/triterpenos (reação 26 de Liebermann-Burchard e reação Keller Kelliani) (PAWASKAR, 2007; SIVARAJ et al., 2011) (PAWASKAR, 2007; SIVARAJ et al., 2011), cumarinas (extração com éter e verificação em câmara de luz ultravioleta (PHANIDEEPTHIYADAV et al., 2013), antraquinonas ( reação de Borntraeger) (AL-DAIHAN et al., 2013; PHANIDEEPTHIYADAV et al., 2013) e iridoides (floroglucinol e ácido sulfúrico) (MOREIRA, 1979; MIGUEL, 2003).

Para as pesquisas de antocianinas (OBOUAYEBA et al., 2015) heterosídeos saponínicos (PAWASKAR, 2007; SIVARAJ et al., 2011), heterosídeos cianogenéticos (FRANCISCO; PINOTTI, 2000), taninos (PAWASKAR, 2007; SIVARAJ et al., 2011) e amino grupos (MOREIRA, 1979; MIGUEL, 2003), utilizou o extrato aquoso 20% preparado pela maceração a quente em banho-maria a 70° C.

## 4.8 IDENTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS OBTIDOS POR MEIO DA EXTRAÇÃO

### 4.8.1 Preparação dos extratos

Os extratos foram obtidos por aparelho soxhlet modificado, inicialmente adicionou-se a amostra seca e solvente etanol a 80%, e em refluxo por 72 horas permanecendo sobre aquecimento. Após esse período o extrato foi filtrado a vácuo em funil de Büchner e o volume reduzido em rotaevaporador a 1/5, uma parte desse extrato foi seco totalmente dando origem ao extrato hidroalcolico (EA) (CARVALHO, 2001).

Posteriormente o extrato hidroalcolico que foi reduzido foi submetido novamente a extração líquido-líquido para obter os extratos em solventes de polaridades crescentes, hexano (EH), clorofórmio (EC) e acetato de etila (EE), restando o extrato remanescente (ER). Os materiais que permaneceram ao fundo do balão foram separados e analisados. (CARVALHO, 2001).

#### 4.8.2 Rutina

Após o último fracionamento do solvente acetato de etila da semente, resultou um pó amorfo amarelado, o qual foi separado por filtração a vácuo com auxílio do funil de Büchner e papel filtro quantitativo, o qual foi levado a estufa para secar a 60° C por aproximadamente 30 minutos. Um miligrama da amostra foi solubilizado em DMSO deuterado e analisado com a metodologia de espectroscopia de ressonância magnética nuclear (RMN), utilizando em aparelho Bruker DPX 200, operando a 4,7 Tesla, observando os núcleos de  $^1\text{H}$  e  $^{13}\text{C}$  à 200,13 e 50,62 MHz, respectivamente. Gerando um espectro de  $^1\text{H}$  e  $^{13}\text{C}$ , onde a identificação foi realizada por meio do Software Mestre Nova 11.0.

#### 4.8.3 Alantoína

Os cristais isolados no extrato etílico da inflorescência foram submetidos a análise por difratometria de raios X de monocristal (DRXM) realizado pelo departamento de química da UFPR.

Os dados de difração foram coletados empregando um difratômetro Bruker – D8 Venture equipado com detector de área Photon 100 CMOS, duas fontes de radiação monocromática de Mo-K  $\alpha$  ( $\lambda = 0,7107 \text{ \AA}$ ) e Cu-K  $\alpha$  ( $\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$ ), e dispositivo Kryoflex II, para realização de coletas à baixa temperatura. A análise foi realizada a 300 K utilizando-se a fonte de Cu-K  $\alpha$ .

Para a realização da análise foi selecionado um fragmento cristalino de uma porção de cristais imersos em óleo mineral, o qual foi transferido cuidadosamente para um *micro-mount* que foi fixado no goniômetro do difratômetro. Os dados foram processados utilizando o programa APEX3. Os parâmetros de célula unitária encontrados foram comparados com dados da literatura utilizando a base de dados do CCDC (Cambridge Crystallographic Data Centre) de acordo com o seguinte número de depósito na base de dados número 1102175.

#### 4.9 ANALISE ESTATISTICA

Os resultados foram expressos em média  $\pm$  desvio padrão. Análise de variância (ANOVA) foi aplicada para detectar diferenças significativas entre as amostras e o teste de Dunckan foi utilizado para comparar as médias que apresentaram diferença ( $p < 0,05$ ), mediante software SASM-Agri Versão 8.2.

A análise multivariada foi realizada utilizando análise de componentes principais (PCA) e análise hierárquica de agrupamento (HCA) para avaliação dos dados. A análise de componentes principais (PCA) realizada sobre a matriz de dados foi composta por 19 variáveis (análises químicas e de compostos bioativos) e 5 amostras (partes morfológicas do *Amaranthus viridis L.*). Como pré-processamento foi utilizado o auto escalamento e em seguida obtiveram-se os scores e os loadings. Para PCA os componentes principais adotados foram os com autovalores  $>0,6$ , para explicar a projeção das amostras no biograma e a análise bidimensional foi baseada em correlações lineares. Para HCA, a métrica euclidiana e método de Ward foram utilizados para avaliar as semelhanças entre as partes da planta. Os testes foram realizados utilizando o software Statistica 10 (StatSoft Inc., EUA).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A TABELA 3 abaixo apresenta os resultados para a composição química das partes do *Amaranthus viridis L.*

TABELA 3 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO *Amaranthus viridis L.* EM g/100g EM BASE SECA.

|                   | Folha                     | Caule                     | Semente                   | Inflorescência            | Raiz                      |
|-------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Umidade           | 7,52 ± 0,38 <sup>c</sup>  | 5,03 ± 0,03 <sup>d</sup>  | 11,7 ± 0,10 <sup>a</sup>  | 9,01 ± 0,11 <sup>b</sup>  | 4,63 ± 0,11 <sup>e</sup>  |
| Cinzas            | 17,57 ± 0,18 <sup>a</sup> | 10,72 ± 0,08 <sup>d</sup> | 6,86 ± 0,13 <sup>e</sup>  | 13,52 ± 0,23 <sup>b</sup> | 11,38 ± 0,24 <sup>c</sup> |
| Proteínas         | 16,49 ± 0,18 <sup>a</sup> | 4,60 ± 0,20 <sup>e</sup>  | 14,95 ± 0,19 <sup>c</sup> | 15,68 ± 0,03 <sup>b</sup> | 5,76 ± 0,30 <sup>d</sup>  |
| Lipídios          | 3,77 ± 0,21 <sup>b</sup>  | 1,41 ± 0,14 <sup>c</sup>  | 6,30 ± 0,05 <sup>a</sup>  | 4,09 ± 0,09 <sup>b</sup>  | 1,65 ± 0,34 <sup>c</sup>  |
| Açúcares totais   | 1,09 ± 0,04 <sup>a</sup>  | 1,48 ± 0,06 <sup>a</sup>  | 0,27 ± 0,01 <sup>b</sup>  | 0,57 ± 0,01 <sup>b</sup>  | 1,15 ± 0,04 <sup>a</sup>  |
| Fibras Solúveis   | 4,55 ± 0,02 <sup>a</sup>  | 4,41 ± 0,01 <sup>ab</sup> | 0,68 ± 0,01 <sup>c</sup>  | 4,47 ± 0,01 <sup>ab</sup> | 2,95 ± 0,01 <sup>b</sup>  |
| Fibras Insolúveis | 39,05 ± 0,01 <sup>c</sup> | 56,56 ± 0,01 <sup>a</sup> | 29,92 ± 0,01 <sup>d</sup> | 41,70 ± 0,01 <sup>b</sup> | 57,47 ± 0,01 <sup>a</sup> |
| Carboidratos      | 8,99 ± 1,06 <sup>c</sup>  | 16,19 ± 1,09 <sup>b</sup> | 28,55 ± 0,76 <sup>a</sup> | 10,34 ± 2,63 <sup>c</sup> | 15,46 ± 1,53 <sup>b</sup> |

Média seguida com letras diferentes na mesma coluna indica, diferença estatística de acordo com o teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

A umidade das partes da planta desidratada apresentou diferença significativa, variando de 4,63 g/100g para raiz a 11,7 g/100g para a semente. Os resultados encontrados corroboram com valores obtidos em estudos anteriores, de 9,44 g/100g para *Amaranthus caudatus* (KONG; BAO; CORKE, 2009) e 13,9 g/100g para *Amaranthus paniculatus* (REPO-CARRASCO-VALENCIA et al., 2009). A umidades das sementes também se aproximou da média encontrada para outras espécies (CORKE; CAI; WU, 2016). A umidade precisa ser controlada a fim de evitar o crescimento bacteriano e promover a conservação dos produtos desidratados (PRIOR, 1979). Assim sendo a raiz, parte da planta responsável pela captura e distribuição de água, apresentou a menor umidade, enquanto a semente apresentou valor mais elevado para umidade e carboidratos, a qual necessita maior quantidade de água e energia para posteriormente germinar (JUNG; LEE; PARK, 2020; ZAFERANIEH; MAHDAVI; TORABI, 2020). Também a umidade está relacionada ao conteúdo de carboidrato (28,55 g/100g) que possui como propriedade higroscopicidade ~~higroscopicidade~~ (ZHANG et al., 2019). [\(referencia\)](#)

Em relação a fração das cinzas ou resíduo mineral, a partes variaram de 17,57 g/100g para as folhas à 6,86 g/100g para as sementes. Quando comparado a semente de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) (2,8 g/100g) a semente *A. viridis* contém duas vezes mais resíduo mineral ( 6,8 g/100g) (PEREIRA et al., 2019).

As folhas se destacam representando 28,6 % do teor proteico da planta, seguidos da inflorescência com 27,2 % e a semente com 26 %, as três partes juntas correspondem a 81,9% do total de proteínas da planta, sugerindo a alegação de planta como fonte de proteína (BRASIL, 2012). Quando comparado o teor proteico da folha (16,49 g/100g), com a ora-pro-nóbis (18,66 g/100g), que possui alto teor, elas se assemelham (TRENNEPOHL, 2016). Na folha *in natura*, ela contém 3,75 g/100g de proteínas e comparando com vegetais folhosos como espinafre, beralha e acelga que possuem 3,2 g/100g, 1,8 g/100g e 2,4 g/100g, respectivamente de proteína, as folhas se destacam, apresentando quantidade superior (RASTOGI; SHUKLA, 2013). A semente com 14,95 g/100g de proteína tem valor equivalente a espécie *A. cruentus* (14,9 g/100g) e são maiores que o trigo (12,3 g/100g), milho (8,9 g/100g) e arroz (7,5 g/100g) (COELHO et al., 2018). Quando comparado a semente de quinoa (*Chenopodium quinoa*), da mesma família do *Amaranthus*, a mesma possui 12,10 g/100g de proteína (CLÁUDIA et al., 2014), o que representa 18,8% a mais na semente do *A. viridis*.

O teor lipídico das folhas de 3,77 g/100g foi similar ao encontrado para outras espécies do gênero que variam de 2,13 a 3,59 g/100g (TANG et al., 2014). A semente foi a parte com maior teor lipídico (6,3 g/100g), próximo ao conteúdo presente em sementes de outras variedade de *Amaranthus* (6,98 a 7,22 g/100g) e semelhante a semente de quinoa (6,03 a 6,74 g/100g) (TANG et al., 2016). Confrontando com outras espécies do gênero, a semente apresentou valor similar das espécies *A. cruentus* (5,6 – 8,1 g/100g), *A. hypochondriacus* (6,1 – 7,3 g/100g), *A. caudatus* (5,8 – 10,9 g/100g) (JOSHI et al., 2018).

A planta de espécies do gênero *Amaranthus* contém em média 3,44 g/100g de lipídios, além de ácidos graxos essenciais. Isso sugere que o consumo da planta pode ser vantajoso, pois apresenta elevada quantidade de lipídios de boa qualidade (TANG et al., 2014, 2016) e óleos advindos de fontes vegetais são insaturados e benéficos à saúde .

Em relação aos açúcares totais os dados demonstraram que o caule obteve a maior quantidade de 1,48 g/100g seguido da raiz com 1,15 g/100g. As duas partes em

conjunto correspondem a 57% do total de açúcares da planta. A presença de açúcares já foi relatado por Jhade et al. (2011) nas raízes.

Em relação às fibras dietéticas, as solúveis, que são responsáveis por retardar o esvaziamento gástrico (LOW et al., 2020), foram encontradas em maior quantidade nas folhas. O conteúdo de fibras solúveis variou de 0,68 a 4,65 g/100g e a semente mostrou níveis mais baixos em comparação com as outras partes ( $P < 0,05$ ). Em relação à fibra insolúvel, o caule e a raiz apresentaram quantidade significativamente maior, sendo que todos os valores foram superiores a 30% do total de fibras. O consumo desses, caule e raiz podem ser importantes para aumentar a saciedade e diminuir o LDL (LOW et al., 2020). Os resultados das fibras foram usados para calcular a contribuição do caule e raiz em relação à ingestão de referência alimentar (DRI) de fibras alimentares para mulheres de 19 a 50 anos e homens de 14 a 50 anos saudáveis, no qual a quantidade necessária é de 25 g/dia e 38 g/dia, respectivamente. O consumo de uma porção de 30 g de caule e raiz desidratados conteria 17g de fibras, o que representaria 44% e 68% da DRI recomendado para homens e mulheres adultos, respectivamente.

## 5.2 MINERAIS

A TABELA 4 apresenta a composição mineral das partes morfológicas do *Amaranthus viridis* L., expressos em mg/g e µg/g em base seca. Os minerais são fundamentais para funções no organismo e a falta ou excesso podem causar doenças (COSTA-PINTO, 2020). O cálcio previne fraturas, diminui os riscos de câncer de cólon, litíase renal e hipertensão (ROONEY et al., 2018) e é essencial na formação óssea durante a infância e na prevenção da osteoporose na fase adulta (MIR-MARQUÉS et al., 2015; GA et al., 2019). A maior concentração de cálcio foi encontrada na folha (25,85 mg/g) enquanto a semente apresentou a menor média (5,97 mg/g). Entretanto, a quantidade de cálcio na semente foi superior ao registrado por outros autores de 1,26 mg/g, 2,43 mg/g e 4,40 mg/g, para *A. cruentus*, *A. hybridus* e *A. lividus*, respectivamente (KACHIGUMA et al., 2015).

Uma porção de 30 gramas de folha seca contém o equivalente a 775,5 mg de cálcio e 179,1 mg na semente. Levando em consideração a DRI que é de 1000 mg/dia, o conteúdo de cálcio equivale a 77% e 18% da recomendação, respectivamente. O potássio exerce função nos sistemas renais e nervoso e a ingestão pode reduzir a

pressão arterial e o caule e inflorescência não diferiram estatisticamente no conteúdo de 38 mg/g (KOVESDY et al., 2017; HAO et al., 2019) de potássio. O conteúdo de magnésio, fósforo e sódio foram mais expressivos nas folhas, semente e inflorescência, respectivamente. O magnésio está associado a melhora de níveis glicêmicos em diabetes tipo 1 (RODRIGUES; MELO; DOMINGUETI, 2020) e no tipo 2 com a resistência à insulina (AKTER et al., 2018). O fosforo está presente na camada fosfolipídica das células, nucleotídeos e ácidos nucleicos, exerce função óssea e em conjunto com cálcio leva a menor redução da massa óssea. No entanto, o consumo excessivo de fosforo advindos de aditivos alimentares pode causar complicações renais (SHAPIRO; HEANEY, 2003; DASARATHY; LABRADOR, 2018; GUTIÉRREZ et al., 2020).

TABELA 4 - COMPOSIÇÃO MINERAL DO *Amaranthus viridis* L. EM BASE SECA

| Minerais                  | Folha                      | Caule                     | Semente                    | Inflorescência             | Raiz                       |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Minerais essenciais       |                            |                           |                            |                            |                            |
| Ca (mg/g)                 | 25,85 ± 0,12 <sup>a</sup>  | 6,83 ± 0,16 <sup>d</sup>  | 5,97 ± 0,27 <sup>d</sup>   | 12,56 ± 0,42 <sup>b</sup>  | 8,55 ± 0,06 <sup>c</sup>   |
| K (mg/g)                  | 28,53 ± 0,15 <sup>b</sup>  | 38,52 ± 0,23 <sup>a</sup> | 6,66 ± 0,19 <sup>c</sup>   | 38,16 ± 0,68 <sup>a</sup>  | 29,14 ± 0,10 <sup>b</sup>  |
| Mg (mg/g)                 | 12,53 ± 0,03 <sup>a</sup>  | 3,22 ± 0,01 <sup>e</sup>  | 4,27 ± 0,02 <sup>d</sup>   | 7,48 ± 0,21 <sup>b</sup>   | 5,61 ± 0,03 <sup>c</sup>   |
| Na (mg/g)                 | 1,18 ± 0,01 <sup>b</sup>   | 0,97 ± 0,02 <sup>c</sup>  | 0,77 ± 0,01 <sup>d</sup>   | 1,30 ± 0,05 <sup>a</sup>   | 0,98 ± 0,01 <sup>c</sup>   |
| P (mg/g)                  | 6,64 ± 0,03 <sup>c</sup>   | 5,89 ± 0,03 <sup>d</sup>  | 8,73 ± 0,02 <sup>a</sup>   | 8,27 ± 0,15 <sup>b</sup>   | 8,12 ± 0,03 <sup>b</sup>   |
| Elementos Traço           |                            |                           |                            |                            |                            |
| Fe (mg/g)                 | 0,26 ± 0,03 <sup>b</sup>   | 0,05 ± 0,02 <sup>d</sup>  | 0,33 ± 0,23 <sup>a</sup>   | 0,14 ± 0,02 <sup>c</sup>   | 0,32 ± 0,02 <sup>a</sup>   |
| Cr (µg/g)                 | 4,24 ± 0,01 <sup>c</sup>   | 4,11 ± 0,01 <sup>c</sup>  | 5,36 ± 0,01 <sup>b</sup>   | 4,14 ± 0,01 <sup>c</sup>   | 12,56 ± 0,01 <sup>a</sup>  |
| Cu (µg/g)                 | 6,41 ± 0,01 <sup>b</sup>   | 3,07 ± 0,01 <sup>d</sup>  | 6,14 ± 0,01 <sup>b</sup>   | 4,81 ± 0,01 <sup>c</sup>   | 7,44 ± 0,01 <sup>a</sup>   |
| Zn (µg/g)                 | 25,42 ± 0,01 <sup>b</sup>  | 18,29 ± 0,02 <sup>c</sup> | 24,95 ± 0,01 <sup>b</sup>  | 19,50 ± 0,01 <sup>c</sup>  | 29,76 ± 0,01 <sup>a</sup>  |
| Contaminantes inorgânicos |                            |                           |                            |                            |                            |
| Al (µg /g)                | 317,44 ± 0,01 <sup>c</sup> | 77,39 ± 0,01 <sup>e</sup> | 434,88 ± 0,21 <sup>b</sup> | 173,22 ± 0,01 <sup>d</sup> | 487,44 ± 0,01 <sup>a</sup> |
| Ni (µg/g)                 | 0,73 ± 0,01 <sup>b</sup>   | 0,55 ± 0,01 <sup>b</sup>  | 0,73 ± 0,01 <sup>b</sup>   | 1,00 ± 0,01 <sup>ab</sup>  | 1,43 ± 0,01 <sup>a</sup>   |
| Li (µg/g)                 | 0,55 ± 0,01 <sup>ab</sup>  | 0,43 ± 0,01 <sup>bc</sup> | 0,35 ± 0,01 <sup>c</sup>   | 0,58 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,65 ± 0,01 <sup>a</sup>   |
| Ba (µg/g)                 | 12,20 ± 0,01 <sup>b</sup>  | 9,86 ± 0,01 <sup>c</sup>  | 3,15 ± 0,01 <sup>e</sup>   | 5,67 ± 0,01 <sup>d</sup>   | 15,83 ± 0,01 <sup>a</sup>  |

Média seguida com letras diferentes na mesma coluna, indica diferença estatística (n=3) de acordo com o teste de Duncan (p≤0,05).

A quantidade de minerais disponível nas partes da planta depende da característica, disponibilidade e capacidade de absorção no solo. (LIU et al., 2008; SARKER; OBA, 2018). Sendo assim, a raiz, parte da planta que tem maior contato com o solo, apresentou maior quantidade de elementos traços (Fe, Cr, Cu e Zn) e

concentrações de elementos inorgânicos (Al, Ni, Li e Ba). O ferro, que é essencial para o funcionamento do organismo por fazer parte de proteínas e cofatores (DAHER; MANCEAU; KARIM, 2017), não diferiu estatisticamente para semente (0,33 mg/g) e raiz (0,32 mg/g). O cromo que auxilia a insulina no transporte da glicose (LIPKO; DEBSKI, 2018) foi maior para raiz (12,56 µg/g). O cobre, em baixos níveis séricos, está relacionado com a infertilidade e aborto espontâneo (SKALNAYA et al., 2019). O zinco auxilia no sistema imunológico, cognição (MOHAMMED; ABDULLAH, 2020) e na saúde intestinal prevenindo inflamação e lesão intestinal (BARMAN; SRINIVASAN, 2019).

A determinação de elementos inorgânicos e metais pesados em alimentos atraiu uma atenção significativa devido aos efeitos tóxicos e nutricionais desses elementos ou de seus compostos. A exposição ao níquel pode causar dermatites e carcinogênese (Zambelli et al., 2016). O lítio pode ser utilizado para tratamento de distúrbios de humor, porém o consumo elevado pode causar problemas renais ou intoxicação (SCHOOT et al., 2020). O bário é considerado não essencial para o organismo (LAMB et al., 2013) pois está relacionado a má formação do feto (PI et al., 2019).

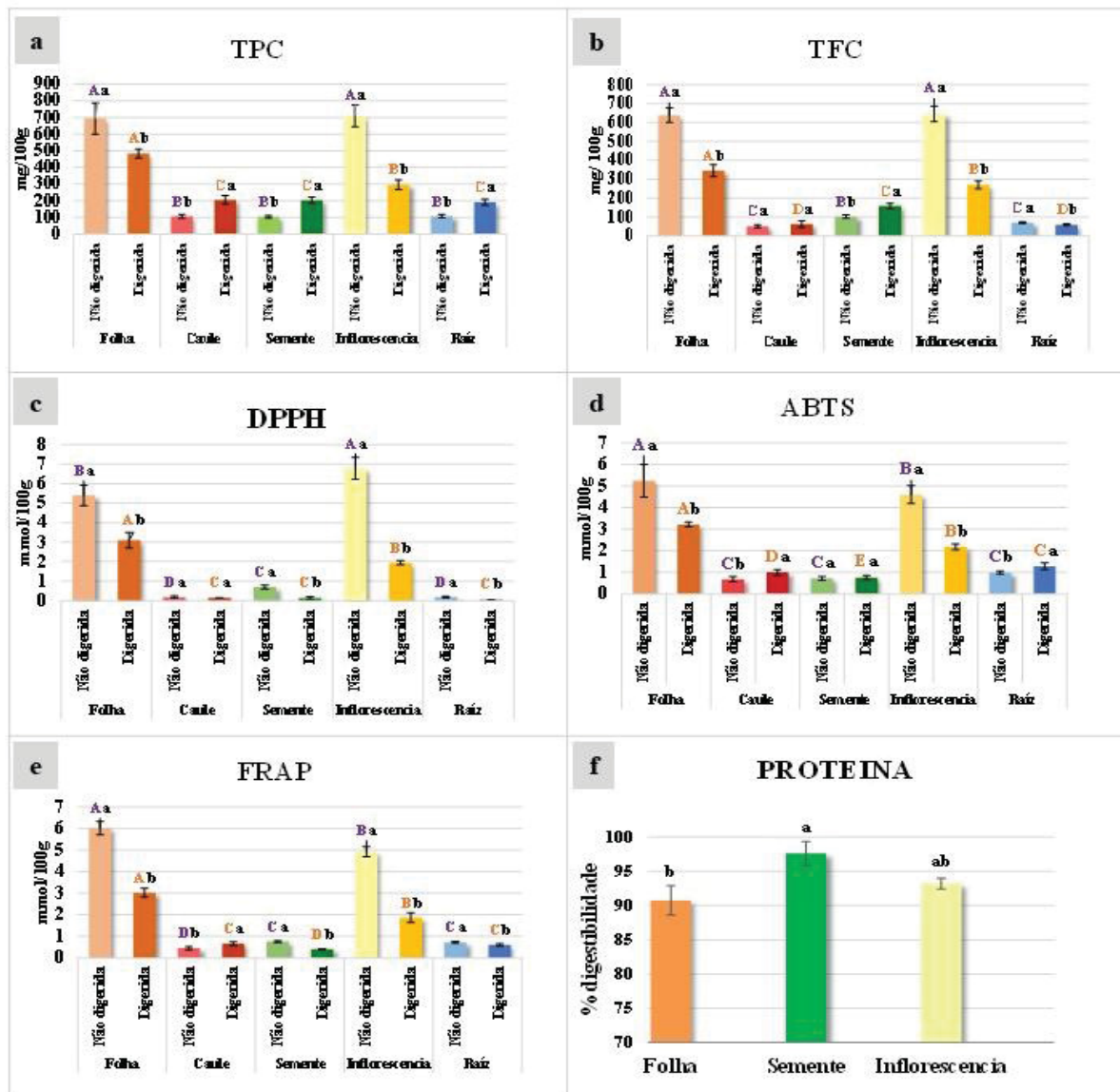
O consumo da raiz de *Amaranthus viridis L.* em forma de chá, pode ser comparável ao ginseng (MEINHART et al., 2018), bardana (MAGHSOUMI-NOROUZABAD et al., 2019) e o gengibre (ALASKAR et al., 2020). A ingestão diária de infusão preparada com 2 g de raiz seca de *Amaranthus* contém 974,88 µg de Al, 2,86 µg de Ni, 1,43 µg de Li e 31,66 µg de Ba. Considerando o limite máximo diário (2 mg/kg) a ser ingerido pra um indivíduo de 60 kg (AGUILAR et al., 2008), isso representaria 5,7% de Al (JECFA, 2011), 0,8% de Ni (EMEA, 2008), 0,1% de Li (SCHRAUZER, 2013) e 0,1% de Ba (SOMMERFELD et al., 2014). Os níveis são baixos e não representam risco à saúde humana. Além disso, elementos como cádmio, cobalto e chumbo não foram detectados.

### 5.3 DIGESTIBILIDADE *IN VITRO*

Os compostos bioativos antes e após digestão das partes da planta são apresentados na FIGURA 6. Pode ser inferido que a planta por inteiro é fonte de antioxidantes. Os teores mais altos dos compostos fenólicos totais (TPC) foram quantificados na folha (693,95 mg/100) e inflorescência (709,30 mg/100g). Valor

superior aos relatados anteriormente de 11,25 mg/100g de TPC para inflorescência de *A. saturoioides* utilizando água como solvente (GOLTZ et al., 2018) e ao 4,97 mg/g de TPC para a folha de *A. viridis* com extração alcoólica (BORDOLOI et al., 2016). O teor de flavonoides totais (TFC) seguiu o mesmo padrão do TPC, com a folha (638,00 mg/100g) e inflorescência (643,90 mg/100g) apresentando os maiores valores. Quantidade superior ao relatado por Sarker & Oba, (2018) para *A. tricolor* de 335,86 µg/g para TFC. As variações dos fenólicos e flavonoides pode ser devido a fatores ambientais como estresse hídrico, disponibilidade de nutrientes, variedade da espécie, entre outros aspectos.

FIGURA 6 - ANÁLISE DE ANTIOXIDANTES E PROTEÍNAS DE *Amaranthus viridis* L. ANTES E APÓS A DIGESTÃO *In vitro*.



Legenda: a) Fenólicos Totais (TPC); b) Flavonoides Totais (TFC) e atividade antioxidante pelos ensaios de eliminação de radicais livres c) DPPH, d) ABTS e poder antioxidante da redução do ferro e) FRAP, f) Digestibilidade das proteínas;

De acordo com a análise de correlação de Pearson, TPC e TFC apresentaram correlação positiva ( $r = 0.955$ ,  $p < 0.01$ ), com DPPH ( $r = 0.974$  e  $0.959$ , respectivamente), FRAP ( $r = 0.96$  e  $0.97$ , respectivamente) e ABTS ( $r = 0.96$  e  $0.96$ , respectivamente). Corroborando com os achados de Rocchetti et al. (2019) em sementes de *Amaranthus*.

A maior capacidade de eliminação do radical DPPH foi evidenciado para a inflorescência (6,78 mmol/100g), enquanto a raiz e o caule apresentaram a menor (0,18 mmol/100g). Os dados de Datta et al. (2019), que utilizaram a mesma espécie e diferentes solventes, variou entre 4,17% e 13,12% de inibição do DPPH. Para eliminação do radical ABTS, a folha apresentou maior potencial (5,24 mmol/100g) enquanto, caule (0,68 mmol/100g), semente (0,72 mmol/100g) e raiz (0,99 mmol/100g) os menores valores, não diferindo estatisticamente. O poder de redução férrico variou de 6,02 mmol/100g para folha a 0,45 mmol/100g para o caule. Corroborando com Li et al. (2015) que também avaliaram as partes morfológicas de *A. hypochondriacus* e *A. caudatus* separadas em semente, caule, folhas, flores e brotos, as folhas apresentaram os maiores valores de FRAP.

Após o processo de digestão, o TPC da semente, caule e raiz aumentaram em 96%, 93% e 78%, respectivamente. Enquanto a folha e inflorescência diminuíram significativamente em 30% e 58%. Os flavonoides após a digestão, para a semente aumentaram em 55%, no caule permaneceu sem diferença significativa e as outras partes diminuíram estatisticamente o teor. Estudo com sopa de folha de bambu mostrou que a disponibilidade dos compostos fenólicos não foi afetada pela digestão (MA et al., 2020) entretanto, em infusão de chás decresceram durante o processo digestório (CARABAJAL et al., 2020).

Os antioxidantes apresentaram comportamento semelhante aos compostos fenólicos. A folha, inflorescência e semente para os três ensaios de DPPH, ABTS e FRAP diminuíram o potencial antioxidante após a digestão. No DPPH, somente o caule permaneceu estável após a digestão. Corroborando com Chen et al. (2020), que verificaram que sementes de gergelim diminuíram a capacidade de captura do radical DPPH após a digestão. Para o ensaio de eliminação do radical ABTS, o caule e a raiz aumentaram o poder antioxidante após a digestão em 47% e 30%, respectivamente e o valor da semente permaneceu constante. Esse comportamento foi relatado por Gallego et al. (2020), em presuntos onde após o processo digestório apresentou maior

potencial de redução do radical ABTS. Para o poder de redução do ferro, somente o caule aumentou 48% após a digestão. As outras partes apresentaram uma diminuição de FRAP, corroborando com o estudo de Moyo et al. (2020) para folhas de espinafre.

A digestibilidade *in vitro* das proteínas (Fig. 6f), foi analisada nas partes de maior teor proteico, folha (90%), semente (97%) e inflorescência (93%). A semente apresentou a melhor digestibilidade. Hejazi et al. (2016) usando metodologia semelhante para comparar a digestibilidade em diferentes condições de germinação de *A. caudatus*, obtiveram 83% de digestibilidade, 14% menor que o encontrado para *A. viridis*. Em farinha de *Amaranthus mantegazzianus*, utilizando a mesma metodologia, o resultado final da digestão foi de 71% (RODRÍGUEZ; GARCÍA FILLERÍA; TIRONI, 2020). Com sementes de sorgo (*Sorghum sp.*) modificada geneticamente para obter maior digestibilidade, apresentou 80% ao final, ou seja, 17% menor que o caruru de mancha (LIU et al., 2019).

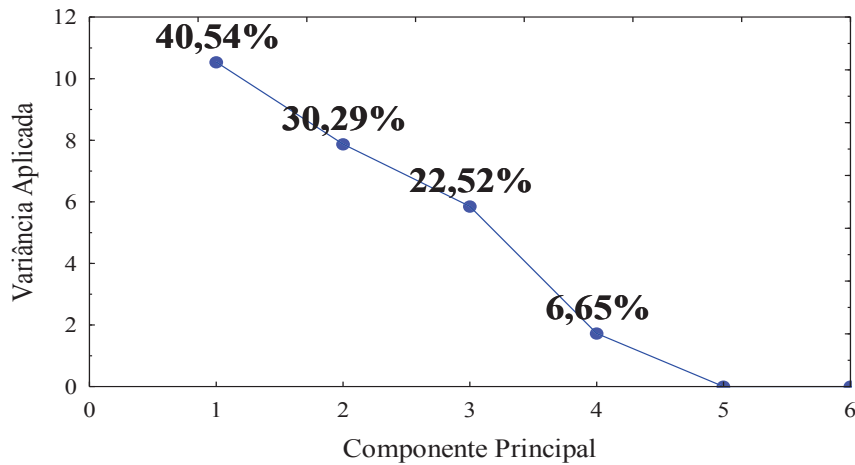
## 5.2 ANÁLISE DE COMPONENTE PRINCIPAL (PCA) E ANÁLISE HIERÁRQUICA DE AGRUPAMENTO (HCA)

A análise de componentes principais (PCA) e a análise de agrupamento hierárquico (HCA) foram realizadas para visualizar subgrupos dentro dos dados e detectar padrões nas partes morfológicas do amaranto em relação às variáveis analisadas (análise química, potencial antioxidante e compostos bioativos).

Primeiramente a análise de componentes principais (PCA) foi realizada sobre a matriz de dados composta por 26 variáveis (análises químicas, potencial antioxidante e compostos bioativos) e 5 amostras (partes morfológicas do *Amaranthus viridis L.*). Dentre as 4 componentes principais geradas, as duas primeiras descreveram aproximadamente 70,84 % da variância total dos dados. A PC1 explicou 40,54% e a PC2 explicou 30,29 %.

A FIGURA 7 apresenta o gráfico das componentes principais geradas bem como sua variância explicada.

FIGURA 7 – COMPONENTES PRINCIPAIS GERADOS INDICANDO A PORCENTAGEM DE VARIÂNCIA DE CADA.



Fonte: O autor (2020)

Os pesos das variáveis relativos a cada componente principal foram apresentados na TABELA 5. Para facilitar a identificação das variáveis com maior importância em relação à combinação linear de cada componente, foram selecionados somente os pesos das componentes principais maiores que 0,600 e menores que -0,600.

TABELA 5 - PESOS DAS VARIÁVEIS NAS COMPONENTES PRINCIPAIS PC1 E PC2.

(Continua)

| Variáveis         | PC1           | PC2           |
|-------------------|---------------|---------------|
| Umidade           | 0,143         | <b>0,947</b>  |
| Cinzas            | <b>-0,934</b> | -0,087        |
| Proteínas         | -0,424        | <b>0,905</b>  |
| Lipídios          | 0,143         | <b>0,977</b>  |
| Açúcares totais   | -0,226        | <b>-0,906</b> |
| Fibras Solúveis   | <b>-0,851</b> | -0,509        |
| Fibras Insolúveis | 0,012         | <b>-0,975</b> |
| Carboidratos      | <b>0,916</b>  | 0,336         |
| Ca                | <b>-0,818</b> | 0,228         |
| K                 | <b>-0,644</b> | -0,691        |
| Mg                | <b>-0,796</b> | 0,332         |
| Na                | <b>-0,944</b> | -0,039        |
| P                 | 0,382         | <b>0,633</b>  |
| Cr                | 0,428         | -0,332        |

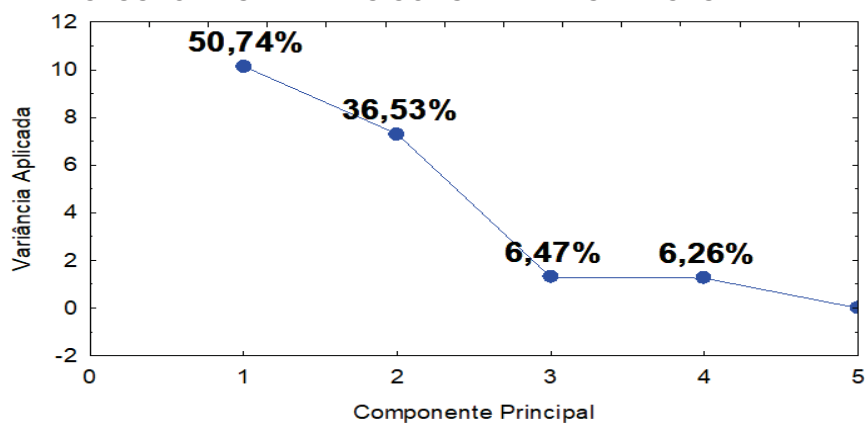
| Variáveis | (continuação) |               |
|-----------|---------------|---------------|
|           | PC1           | PC2           |
| Cu        | 0,148         | 0,363         |
| Fe        | 0,381         | 0,526         |
| Zn        | 0,305         | 0,143         |
| Al        | 0,463         | 0,357         |
| Ni        | 0,092         | -0,141        |
| Li        | -0,503        | -0,324        |
| Ba        | -0,188        | <b>-0,671</b> |
| ABTS      | <b>-0,928</b> | 0,355         |
| DPPH      | <b>-0,876</b> | 0,425         |
| FRAP      | <b>-0,912</b> | 0,394         |
| TFC       | <b>-0,901</b> | 0,422         |
| TPC       | <b>-0,925</b> | 0,365         |

Fonte: O autor (2020).

Observou-se que os minerais Cr, Cu, Fe, Zn, Al, Ni e Li foram as variáveis que fracamente influenciaram em ambos os componentes 1 e 2 selecionados. Desta forma, optou-se por excluir estas variáveis e a análise de componentes principais foi então realizada novamente na matriz composta apenas pelas 20 variáveis com maior importância e as 5 amostras (partes morfológicas do *Amaranthus viridis L.*).

Os dois primeiros componentes principais que anteriormente descreveram aproximadamente 70,84 % da variância total dos dados, com as 20 variáveis de maiores pesos, apresentaram 87,27% da variância total dos componentes, conforme pode ser visualizado na FIGURA 8.

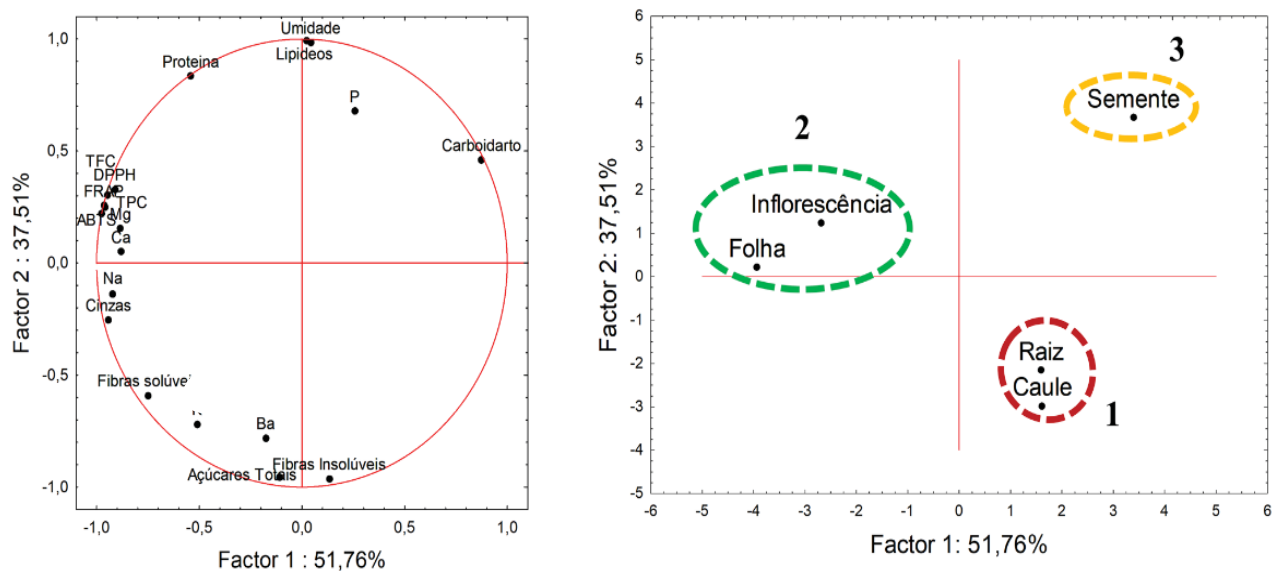
FIGURA 8 - PORCENTAGEM DE VARIÂNCIA DOS 4 COMPONENTES PRINCIPAIS APÓS A EXCLUSÃO DAS VAIÁVEIS CONSIDERADAS FRACAS



Fonte: O autor (2020)

PCA é uma técnica de análise de dados exploratória projetada para representar as variações de um conjunto de dados. Os gráficos de PCA são apresentados na FIGURA 9. O primeiro componente principal (PC 1) explicou 51,76% da variância total dos dados. As partes da planta de amaranto foram separadas ao longo do PC1 por diferenças observadas em cinzas, fibras solúveis, carboidratos, Ca, Mg, Na, atividade antioxidante (ABTS, DPPH e FRAP), flavonóides e compostos fenólicos. O segundo componente principal (PC2) explicou 37,51% da variância total dos dados. As amostras foram separadas ao longo do PC2 por diferenças observadas em umidade, proteína, lipídios, açúcares totais, fibra insolúvel, K, P e Ba.

FIGURA 9 - PCA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO *Amaranthus viridis* L.



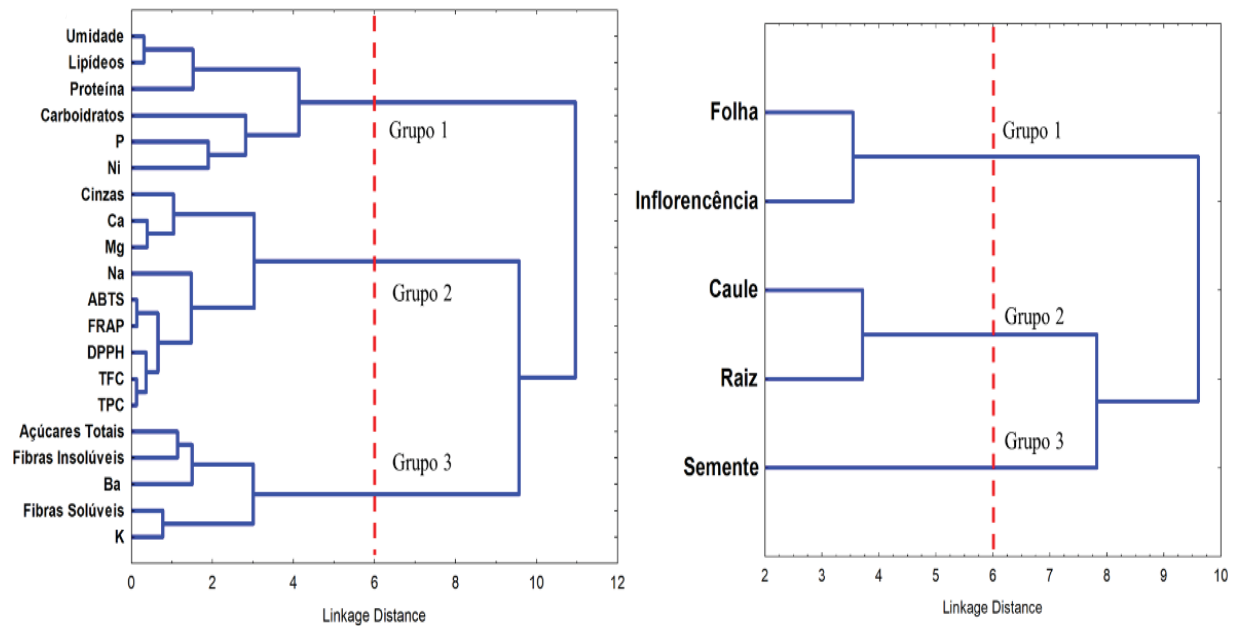
Fonte: O autor (2020).

Como pode ser visto no gráfico do PCA (Figura 9), as partes da planta foram divididas em três grupos separados com base em suas semelhanças. O Grupo 1 localizou-se no quadrante negativo e apresentou o maior valor para fibra insolúvel e açúcares totais, e o menor valor para umidade, proteína e teor de lipídios. O Grupo 2 localizou-se no quadrante positivo do lado esquerdo e apresentou o maior teor de cinzas, Ca, Mg, Na, proteína, atividade antioxidante, compostos fenólicos e flavonóides totais, além da menor quantidade de carboidratos e açúcares totais. O Grupo 3 situou-se no quadrante positivo do lado direito e continha o maior teor de lipídios, umidade, carboidratos e P, bem como o menor valor de fibra solúvel e insolúvel, Ca, K, Na, Ba e açúcares totais.

Corroborando com os resultados do PCA, a análise de agrupamento hierárquico (HCA) estabelece conexões entre as amostras (FIGURA 10), criando um

dendrograma no qual as amostras análogas são agrupadas, e a similaridade é função da distância euclidiana entre as amostras. Três agrupamentos foram observados no dendrograma: as folhas e a inflorescência constituíram o Grupo 1; Grupo 2 continha as amostras de caule e raiz; e o Grupo 3 foi formado exclusivamente pelas sementes.

FIGURA 10 - HCA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO *Amaranthus viridis* L.



Fonte: O autor (2020).

Classificar as partes da planta em grupos pode ajudar a compreender as características específicas do amaranto. As raízes e o caule têm funções de fixação e suporte morfológicamente semelhantes, apresentando uma estrutura celular com maior quantidade de lignina e maior teor de fibra insolúvel do que as outras partes (KUSTER et al., 2018). As folhas e inflorescências são derivadas da gema lateral e são as partes mais expostas ao Mg, que está presente na molécula de clorofila. Contêm maior quantidade de Ca e antioxidantes, incluindo metabólitos secundários (TFC e TPC), que têm função protetora da planta contra invasores e / ou predadores e estresse ambiental (MAHAJAN; KUIRY; PAL, 2020). A alta quantidade de Na encontrada nas folhas e inflorescência está correlacionada com a regulação da pressão osmótica e balanço hídrico dentro da planta (NAVARRO et al., 2007, 2020). Embora originadas da inflorescência, as sementes apresentam características diferentes das demais partes da planta. O teor de P nas sementes de amaranto pode estar relacionado à formação de ATP e conseqüente acúmulo de energia na forma de amido, que está correlacionado à elevada quantidade de carboidratos. Esses

elementos presentes nas sementes são essenciais para a posterior germinação (SONG et al., 2019).

A análise hierárquica de agrupamento revelou três grupos principais (FIGURA 9) e confirmou, em alto grau, os resultados extraídos da PCA anterior, fornecendo uma visão geral das amostras e suas semelhanças. Além disso, a PCA proporcionou melhor interpretação dos grupos que se formaram naturalmente no HCA por diferenciar a contribuição dos dados relativos à produção na formação dos grupos. Porém, por meio de métodos estatísticos multivariados, foram extraídos os componentes principais, o que proporcionou uma redução no número de variáveis originais, sendo que ambas as técnicas podem ser úteis na quimiometria.

Além disso, o método de agrupamento pode ser implementado como parte de uma ferramenta de tomada de decisão. O PCA e o HCA sugeriram que as folhas e inflorescências do amaranto apresentam o maior potencial antioxidante e maior teor de compostos fenólicos, flavonoides, Ca, Mg, Na e proteína. No entanto, as raízes e o caule contêm a maior quantidade de fibra insolúvel e açúcares totais, e as sementes contêm maior teores de umidade, bem como maior teor de lipídios, carboidratos e P. Portanto, a análise estatística multivariada utilizada neste estudo foi eficiente na análise das partes morfológicas do amaranto com base nas características físico-químicas, potencial antioxidante e compostos bioativos.

### 5.3 SCREEMING FITOQUIMICO

A TABELA 6 apresenta os resultados qualitativos dos metabolitos secundários das partes da planta *A. viridis*.

TABELA 6 - SCREEMING FITOQUÍMICO EM DIFERENTES EXTRATOS DO *Amaranthus viridis* L.  
(Continua)

| Grupos Metabólicos | Extratos | Folha | Caule | Semente | Inflorescência | Raiz |
|--------------------|----------|-------|-------|---------|----------------|------|
| Icalóides          | EH       | -     | -     | -       | -              | -    |
|                    | EC       | -     | -     | -       | -              | -    |
|                    | EE       | -     | -     | -       | -              | -    |
|                    | EA       | +     | +     | -       | +              | -    |
| Antocianidinas     | EH       | -     | -     | -       | -              | -    |
|                    | EC       | -     | -     | -       | -              | -    |
|                    | EE       | -     | -     | +       | -              | -    |
|                    | EA       | -     | -     | -       | -              | -    |

(continuação)

| Grupos Metabólicos       | Extratos | Folha | Caule | Semente | Inflorescência | Raiz |
|--------------------------|----------|-------|-------|---------|----------------|------|
| Heterosídeos Flavônicos  | EH       | +     | -     | -       | -              | -    |
|                          | EC       | -     | -     | -       | -              | -    |
|                          | EE       | -     | +     | -       | +              | -    |
|                          | EA       | +     | -     | +       | +              | -    |
| Esteroides e triterpenos | EH       | +     | +     | +       | +              | +    |
|                          | EC       | +     | +     | +       | +              | +    |
|                          | EE       | +     | +     | +       | +              | +    |
|                          | EA       | -     | -     | -       | -              | -    |
| Iridoidais               | EH       | +     | -     | -       | +              | -    |
|                          | EC       | -     | -     | -       | -              | -    |
|                          | EE       | -     | -     | -       | -              | -    |
|                          | EA       | -     | -     | -       | -              | -    |
| Cumarinas                | EH       | -     | -     | -       | -              | -    |
|                          | EC       | -     | -     | -       | -              | +    |
|                          | EE       | -     | -     | -       | -              | -    |
|                          | EA       | -     | -     | -       | -              | -    |

Legenda: EH: Extrato hexano; EC: Extrato clorofórmio; EE: Extrato Etila; EA: Extrato Hidroalcoólico;

Os resultados foram positivos para os esteroides e triterpenos, que estavam presentes em três extratos e em todas as partes botânicas da planta, sugerindo a presença desses metabolitos na planta. De acordo com Jhade et al. (2011), a espécie *A. spinosus* apresentou resultados positivos nos extratos de clorofórmio e éter de petróleo para o metabolito triterpeno e negativo para os esteroides.

Resultados similares positivos para esteroides foram registrados para folhas, em espécies *A. spinosus*, *A. hybridus*, *A. deflexus*, *A. retroflexus* e *A. viridis*. (CARVALHO et al., 2019).

A TABELA 7 mostra os resultados dos grupos metabólicos referentes ao extrato aquoso.

TABELA 7 - SCREAMING FITOQUIMICO EM EXTRATO AQUOSO DO *Amaranthus viridis* L.

| Grupos Metabólicos | Folha | Caule | Semente | Inflorescência | Raiz |
|--------------------|-------|-------|---------|----------------|------|
| Saponinas          | +     | +     | +       | +              | +    |
| Taninos            | +     | -     | +       | +              | -    |
| Ac. Voláteis       | -     | -     | -       | -              | -    |
| Ac. Fixos          | +     | -     | +       | +              | +    |
| Heterosídeos       | -     | -     | -       | -              | -    |
| Antocianidinas     | -     | -     | +       | -              | -    |
| Amino Grupos       | +     | +     | +       | +              | +    |

Fonte: O autor (2019).

As saponinas são metabólitos secundários com composição apolar e em solução aquosa produzem espuma ao ser agitadas e pode apresentam sabor amargo, sugerindo o desinteresse para o consumo. Também, apresentam ação detergente e emulsificante (VINCKEN et al., 2007; MOGHIMIPOUR; HANDALI, 2015).

Os estudos de Ayoka et al. (2016) e Carvalho et al. (2019), mostraram resultados negativos para saponinas em *A. viridis*, porém positivos para outras espécies do mesmo gênero. Entretanto, o resultado encontrado neste trabalho foi positivo para saponina em todas as partes da planta, corroborando com o estudo de Chichioco-Hernandez e Paguigan (2010). Outro trabalho com *A. viridis* testou folha e semente para taninos, ambos apresentaram resultados positivos, e para as saponinas o resultado foi negativo (AHMED; HANIF; TEHREEMA, 2013). Assim sendo, a metodologia empregada pode influenciar no resultado final.

Os amino grupos sugerem a presença de proteínas na planta ou de outro composto que possua nitrogênio na sua composição, pois foi o composto avaliado pela metodologia. Esse resultado foi similar a Carvalho et al. (2019), que avaliou as folhas de diferentes espécies do gênero e encontraram resultado positivo para os amino grupos.

#### 5.4 CARACTERIZAÇÃO DOS CONSTITUINTES QUIMICOS

Ao final da extração da semente, no extrato acetato de etila, depositou-se no fundo do balão substância de coloração amarelada (FIGURA 11), que foi submetida à ressonância magnética nuclear (RMN).

FIGURA 11 - SUBSTÂNCIA DEPOSITADA NO FUNDO DO BALÃO.

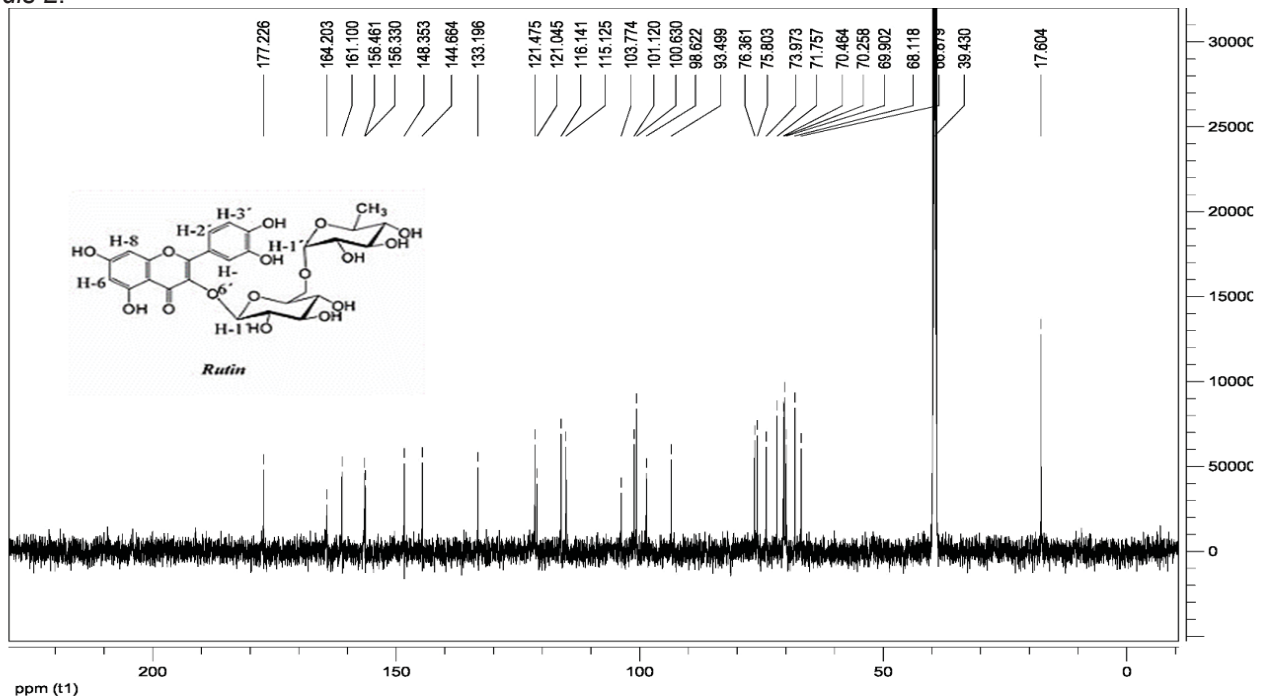


Fonte: O autor (2019).

Após análise, foi gerado um espectro de hidrogênio (FIGURA 12), o qual foi comparado a outro espectro de RMN do composto rutina da planta *Indigofera hirsuta* (MOURA; VILEGAS; SANTOS, 2011). Dessa forma foi possível comparar os picos de hidrogênio e confirmar o composto como rutina (30,40,5,7-tetra-hidroxi-flavona-3-rutinosídeo).

A rutina é um flavonoide encontrado em frutas, chás e vinho, na planta de *Amaranthus viridis L.* e foi anteriormente constatada por Bordoloi et al., (2016), porém não foi identificado a parte da planta na qual se encontrava. O composto atenua acúmulo de lipídios reduzindo os triglicerídeos e ajuda em lesões oxidativas (LIU et al., 2017), tem potencial preventivo no tratamento de patologias associadas ao diabetes (GHORBANI, 2017).

FIGURA 12 - ESPECTRO DE RMN DE HIDROGÊNIO DA RUTINA NAS SEMENTES DE *Amaranthus viridis L.*



Fonte: O autor (2019).

Os cristais encontrados ao final da extração com acetato de etila na inflorescência (FIGURA 13), foram identificados como alantoína, cuja conformação é a 8.024Å b 5.15Å c 14.80Å,  $\alpha$  90°  $\beta$  92,92°, com um volume de 611 Å.

A alantoína até o momento não havia sido encontrada no gênero *Amaranthus*, sendo que a substância tem utilidade farmacológica e pode ser utilizada em polímeros para recuperação epitelial, pois promove a proliferação celular (MENEZES et al., 2020).

FIGURA 13 - CRISTAIS FORMADOS À PARTIR DA EXTRAÇÃO.



Fonte: O autor (2019)

A alantoína é um carreador de alcaloide, farmacologicamente ativa e com aceitação na indústria de cosméticos para base de loções e cremes, devido a ações protetoras da pele (XU; SUNG; HAN, 2011). Apresenta potencial antioxidante e efeito positivo frente aos fibroblastos da pele humana (SOWA et al., 2018). Estudo em ratos induzidos a neuropatia, com administração de alantoína, demonstraram que o composto foi benéfico, diminuindo os sintomas causados pela ação medicamentosa do tratamento de câncer (N S; MOHAMAD; RAZDAN, 2019).

Devido ao efeito de favorecer a proliferação celular tecidual a inserção de alantoína vem sendo testada em membranas de quitosanas, que são utilizadas para recuperação de lesões (MENEZES et al., 2020). Assim como, em camundongos, se mostrou benéfica protegendo a mucosa gástrica contra agentes estressores (MOREIRA et al., 2018).

## 6 CONCLUSÃO

A caracterização nutricional permite observar a potencialidade de consumo da planta e as diferenças entre as partes morfológicas do vegetal. A folha contém maior conteúdo de proteínas, fibras solúveis, cálcio e magnésio, o caule e raiz com quantidade significativa de fibras insolúveis. A raiz se destacou em minerais com a presença de elementos traço (Fe, Cr, Cu e Zn) e inorgânicos (Al, Ni, Li e Ba). Os compostos bioativos todas as partes apresentaram atividade antioxidante e conteúdo de fenólicos e flavonoides, além de duas substâncias extraídas a rutina com potencial antioxidante e a alantoína com características farmacológicas. Quando realizada a digestão dos compostos bioativos o TPC e TFC da folha, inflorescência e raiz diminuíram ao contrário da semente que houve um aumento de 97% e 55%, respectivamente. O potencial antioxidante reduziu após a digestão para as partes, somente no caule que o DPPH não houve alteração e ABTS e FRAP aumentou. As proteínas obtiveram uma digestibilidade acima dos 90% para as partes morfológicas.

A planta tem qualidades nutricionais promissoras para ser empregada como proteína vegetal, base proteica de formula enteral, suplemento a base rutina presente na semente. Também pode ser empregado em produtos farmacológicos a base de alantoína tanto para proteção como recuperação epitelial, devido ao efeito sobre os fibroblastos da pele. Além disso, há necessidade de estudo futuro para identificar o perfil de aminoácidos e identificação de aminoácido limitante, a fim de desenvolvimento de produtos à base de proteínas de origem vegetal.

Mediante o conhecimento e valorização do *Amaranthus viridis* L. poderão surgir novos postos de trabalho e renda aos agricultores familiares que possam a vir cultivar essa planta.

## REFERÊNCIAS

AGRA, M. D. F. et al. Survey of medicinal plants used in the region Northeast of Brazil. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 18, n. 3, p. 472–508, 2008.

AGUILAR, F. et al. Safety of aluminium from dietary intake - Scientific Opinion of the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Food Contact Materials (AFC). **EFSA Journal**, v. 6, n. 7, p. 1–34, 2008.

AHMED, S. A.; HANIF, S.; TEHREEMA, I. Phytochemical profiling with antioxidant and antimicrobial screening of *Amaranthus viridis* L. leaf and seed extracts. **Open Journal of Medical Microbiology**, v. 3, n. September, p. 164–171, 2013.

AKTER, S. et al. Association of dietary and serum magnesium with glucose metabolism markers: The Furukawa Nutrition and Health Study. **Clinical Nutrition ESPEN**, v. 24, p. 71–77, 1 abr. 2018.

AL-DAIHAN, S. et al. Antibacterial activity and phytochemical screening of some medicinal plants commonly used in Saudi Arabia against selected pathogenic microorganisms. **Journal of King Saud University - Science**, 2013.

AL-MAMUN, M. A. et al. Assessment of antioxidant, anticancer and antimicrobial activity of two vegetable species of *Amaranthus* in Bangladesh. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 16, n. 1, p. 1–11, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s12906-016-1130-0>>.

ALASKAR, A. et al. Effect of daily ginger consumption on platelet aggregation. **Journal of Herbal Medicine**, v. 20, n. November 2019, p. 100316, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.hermed.2019.100316>>.

AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International (19th ed.)**. Gaithersburg, Md: AOAC International. [s.l.: s.n.]

ARRUDA, H. S. et al. Effects of high-intensity ultrasound process parameters on the phenolic compounds recovery from araticum peel. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 50, n. August, p. 82–95, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.09.002>>.

ASSAD, R. et al. **Biology of Amaranths**. [s.l.] The Botanical Review, 2017.

ÁVILA, S. et al. Bioactive compounds and biological properties of Brazilian stingless bee honey have a strong relationship with the pollen floral origin. **Food Research International**, v. 123, n. January, p. 1–10, 2019.

AWOLU, O. O.; OSEMEKE, R. O.; IFESAN, B. O. T. Antioxidant, functional and rheological properties of optimized composite flour, consisting wheat and amaranth

seed, brewers' spent grain and apple pomace. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 2, p. 1151–1163, 2016.

AYOKA, O. A. et al. Neuro-endocrine effects of aqueous extract of *Amaranthus viridis* (Linn.) leaf in male Wistar rat model of cyclophosphamide-induced reproductive toxicity. **Toxicology Reports**, v. 3, p. 608–619, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.toxrep.2016.07.007>>.

AZADI, B.; KUBOW, S.; NAJDI, S. Improvement of the in vitro protein digestibility of amaranth grain through optimization of the malting process. **Journal of Cereal Science journal**, v. 68, p. 59–65, 2016.

BARMAN, S.; SRINIVASAN, K. Chemico-Biological Interactions Ameliorative effect of zinc supplementation on compromised small intestinal health in streptozotocin-induced diabetic rats. **Chemico-Biological Interactions**, v. 307, n. October 2018, p. 37–50, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cbi.2019.04.018>>.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. **Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Innere Medizin**, v. 73, p. 70–76, 1996.

BORDOLOI, M. et al. Studies on some edible herbs: Antioxidant activity, phenolic content, mineral content and antifungal properties. **Journal of Functional Foods**, v. 23, p. 220–229, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2016.02.028>>.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995.

BRASIL. Resolução RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Anvisa Diário Oficial da União**, 2012. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/rdc0054\\_12\\_11\\_2012.pdf/c5ac23fd-974e-4f2c-9fbc-48f7e0a31864](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/rdc0054_12_11_2012.pdf/c5ac23fd-974e-4f2c-9fbc-48f7e0a31864)>.

CAI, Y. Z.; CORKE, H.; WU, H. X. Amaranth Production and Development. In: **Encyclopedia of Grain Science**. [s.l.: s.n.]p. 1–10.

CĂLINOIU, L. F.; VODNAR, D. C. Whole Grains and Phenolic Acids: A Review on Bioactivity, Functionality, Health Benefits and Bioavailability. **Nutrients**, v. 10, n. 11, p. 1615, 2018.

CARABAJAL, M. P. A. et al. Influence of in vitro gastro-duodenal digestion on

the antioxidant activity of single and mixed three “Jarilla” species infusions. **Journal of Herbal Medicine**, v. 19, p. 100296, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.hermed.2019.100296>>.

CARBONARO, M. et al. Pulses and food security: Dietary protein, digestibility, bioactive and functional properties. **Trends in Food Science and Technology**, v. 93, n. 228, p. 53–68, 1 out. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.022>>. Acesso em: 23 mar. 2020.

CARBONARO, M.; MASELLI, P.; NUCARA, A. Structural aspects of legume proteins and nutraceutical properties. **Food Research International**, v. 76, n. P1, p. 19–30, 1 out. 2015.

CÁRDENAS-HERNÁNDEZ, A. et al. PT NU SC. **Journal of Cereal Science**, v. 4, n. 4, p. 92–102, 2016.

CARVALHO, J. L. D. S. **CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO FITOQUÍMICO E ANÁLITICO DO *Nasturtium officinale* R. BR., BRASSICACEAE**. 2001. Universidade Federal do Paraná, 2001.

CARVALHO, M. S. S. et al. Allelopathic potential and phytochemical screening of ethanolic extracts from five species of *Amaranthus* spp. in the plant model *Lactuca sativa*. **Scientia Horticulturae**, v. 245, n. October 2018, p. 90–98, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.001>>.

CASELATO-SOUSA, M.; AMAYA-FARF, J. State of Knowledge on Amaranth Grain : A Comprehensive Review. v. 77, n. 4, p. 93–104, 2012.

CHAUHAN, A.; SAXENA, D. C.; SINGH, S. Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus* spp.) flour. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, n. 2, p. 939–945, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.115>>.

CHEN, C. C. et al. Water-soluble glycosides from *Ruta graveolens*. **Journal of Natural Products**, v. 64, n. 7, p. 990–992, 2001.

CHICHIOCO-HERNANDEZ, C. L.; PAGUIGAN, N. D. Phytochemical profile of selected Philippine plants used to treat asthma. **Pharmacognosy Journal**, v. 2, n. 8, p. 198–202, 2010. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0975-3575\(10\)80092-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0975-3575(10)80092-6)>.

CLÁUDIA, A. et al. Characterisation of nutrient profile of quinoa ( *Chenopodium quinoa* ), amaranth ( *Amaranthus caudatus* ), and purple corn ( *Zea mays* L .) consumed in the North of Argentina : Proximates , minerals and trace elements. **Food**

**Chemistry**, v. 148, p. 420–426, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.155>>.

COELHO, L. M. et al. Emerging opportunities in exploring the nutritional/functional value of amaranth. **Food and Function**, v. 9, n. 11, p. 5499–5512, 2018.

CORKE, H.; CAI, Y.; WU, H. **Amaranth : Overview**. [s.l: s.n.]

COSTA-PINTO, R. vitamins and energy. **Anaesthesia and Intensive Care Medicine**, v. 21, n. 3, p. 157–161, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2019.12.006>>.

DAHER, R.; MANCEAU, H.; KARIM, Z. Iron metabolism and the role of the iron-regulating hormone hepcidin in health and disease. **La Presse Medicale**, v. 46, n. 12, p. e272–e278, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.lpm.2017.10.006>>.

DAS, S. **Amaranthus: A promising crop of future**. [s.l: s.n.]

DASARATHY, J.; LABRADOR, H. **Bone Health in Women Primary Care - Clinics in Office Practice** W.B. Saunders, , 1 dez. 2018. .

DE CAMARGO, A. C. et al. Opinion on the Hurdles and Potential Health Benefits in Value-Added Use of Plant Food Processing By-Products as Sources of Phenolic Compounds. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 11, p. 3498, 2018.

DRAGANA, C. et al. Identification and quantification of phenolic compounds in berry skin , pulp , and seeds in 13 grapevine varieties grown in Serbia. v. 211, p. 243–252, 2016.

DUBOIS, M. et al. Colorimetric Method for Determination. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350–356, 1956.

EMA. **Guideline on the Specification Limits for Residues of Metal Catalysts or Metal Reagents**. February 2008. Disponível em: <[https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/guideline-specification-limits-residues-metal-catalysts-metal-reagents\\_en.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/guideline-specification-limits-residues-metal-catalysts-metal-reagents_en.pdf)>. Acesso em: 16 fev. 2020.

ESCUADERO, N. L.; LUCO, J. M.; GIMÉNEZ, M. S. Comparison of the Chemical Composition and Nutritional Value of *Amaranthus cruentus* Flour and Its Protein Concentrate Comparison of the Chemical Composition and Nutritional Value. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 59, n. February, p. 15–21, 2004.

FABIO, A. Di; PARRAGA, G. Origin , Production and Utilization of

Pseudocereals. In: HAROS, C. M.; SCHONLECHNER, R. (Ed.). **Pseudocereals: Chemistry and Technology**. [s.l: s.n.]p. 1–27.

FARHANGI, M. A.; NAJAFI, M. Dietary total antioxidant capacity (TAC) among candidates for coronary artery bypass grafting (CABG) surgery: Emphasis to possible beneficial role of TAC on serum vitamin D. **PLoS ONE**, v. 13, n. 12, p. 1–13, 2018.

FASUAN, T. O.; AKANBI, C. T. Application of osmotic pressure in modification of *Amaranthus viridis* starch. **Lwt**, v. 96, n. December 2017, p. 182–192, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.05.036>>.

FERREIRA, P. M. P. et al. Cruciferous Vegetables as Antioxidative, Chemopreventive and Antineoplastic Functional Foods: Preclinical and Clinical Evidences of Sulforaphane Against Prostate Cancers. **Current Pharmaceutical Design**, v. 24, n. 40, p. 4779–4793, 2019.

FRANCISCO, I. A.; PINOTTI, M. H. P. Cyanogenic glycosides in plants. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 43, n. 5, p. 487–492, 2000.

GA, E. et al. Calcium and vitamin D supplementation and bone health in Marine recruits : E ff ect of season ☆. v. 123, n. June 2018, p. 224–233, 2019.

GANESHPURKAR, A.; SALUJA, A. K. The Pharmacological Potential of Rutin. **Saudi Pharmaceutical Journal**, v. 25, n. 2, p. 149–164, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jsps.2016.04.025>>.

GARCÍA-CRUZ, L. et al. Betalains and phenolic compounds profiling and antioxidant capacity of pitaya ( *Stenocereus spp.* ) fruit from two species ( *S . Pruinusus* and *S . stellatus* ). **Food Chemistry**, v. 234, p. 111–118, 2017.

GHORBANI, A. Mechanisms of antidiabetic effects of flavonoid rutin. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, v. 96, n. October, p. 305–312, 2017.

GOLTZ, C. et al. Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from Macela (*Achyrocline satureioides*) extracts. **Industrial Crops and Products**, v. 115, n. February, p. 227–234, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.02.013>>.

GULLÓN, B. et al. Rutin: A review on extraction, identification and purification methods, biological activities and approaches to enhance its bioavailability. **Trends in Food Science and Technology**, v. 67, p. 220–235, 2017.

GUTIÉRREZ, O. M. et al. Effects of phosphorus and calcium to phosphorus consumption ratio on mineral metabolism and cardiometabolic health. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, p. 108374, mar. 2020.

HAO, G. et al. Dietary sodium and potassium and risk of diabetes: A prospective study using data from the China Health and Nutrition Survey. **Diabetes and Metabolism**, p. 14–17, 2019.

HARBONE, J. B. **Phytochemical Methods**. [s.l: s.n.]

HOLT, A. R. et al. Food production, ecosystem services and biodiversity: We can't have it all everywhere. **Science of the Total Environment**, v. 573, p. 1422–1429, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.139>>.

HUANG, D.; BOXIN, O. U.; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 6, p. 1841–1856, 2005.

JECFA. **JECFA**. Disponível em: <<https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/search.aspx?fcc=2>>. Acesso em: 5 abr. 2020.

JHADE, D. et al. Pharmacognostic standardization, physico-and phytochemical evaluation of *Amaranthus spinosus* Linn. root. **Journal of Young Pharmacists**, v. 3, n. 3, p. 221–225, 2011.

JIMÉNEZ-AGUILAR, D. M.; GRUSAK, M. A. Journal of Food Composition and Analysis Minerals , vitamin C , phenolics , flavonoids and antioxidant activity of *Amaranthus* leafy vegetables. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 58, p. 33–39, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2017.01.005>>.

JIMOH, M. O.; AFOLAYAN, A. J.; LEWU, F. B. Suitability of *Amaranthus* species for alleviating human dietary deficiencies. **South African Journal of Botany**, v. 115, p. 65–73, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.01.004>>.

JOSHI, D. C. et al. From zero to hero: the past, present and future of grain amaranth breeding. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 131, n. 9, p. 1807–1823, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00122-018-3138-y>>.

JUNG, S. Y.; LEE, S. J.; PARK, H. Investigation of water transport around the root for a plant using X-ray imaging technique. **Measurement**, v. 151, p. 107159, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107159>>.

KACHIGUMA, N. A. et al. Chemical and Mineral Composition of *Amaranthus* ( *Amaranthus L.* ) Species Chemical and Mineral Composition of *Amaranthus* ( *Amaranthus L.* ) Species Collected From Central Malawi. **Journal of Food Research**, v. 4, n. June, p. 92–102, 2015.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS (PANC) NO BRASIL**. [s.l: s.n.]

KONG, X.; BAO, J.; CORKE, H. Physical properties of Amaranthus starch. **Food Chemistry**, v. 113, n. 2, p. 371–376, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.028>>.

KOVESDY, C. P. et al. Potassium homeostasis in health and disease: A scientific workshop cosponsored by the National Kidney Foundation and the American Society of Hypertension. In: *Journal of the American Society of Hypertension*, **Anais...**2017.

KRAUJALIS, P. et al. Antioxidant Properties and Preliminary Evaluation of Phytochemical Composition of Different Anatomical Parts of Amaranth. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 68, n. 3, p. 322–328, 2013.

KRAUJALIS, P. et al. Optimization of rutin isolation from Amaranthus paniculatus leaves by high pressure extraction and fractionation techniques. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 104, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2015.06.022>>.

KUMARI, S.; ELANCHERAN, R.; DEVI, R. Phytochemical Screening, Antioxidant, Antityrosinase, and Antigenotoxic Potential of Amaranthus Viridis Extract. **Indian journal of pharmacology**, v. 50, n. 3, p. 130–138, 2018. Disponível em: <[https://www.ncbi.nlmfile:///C:/Users/ads\\_a/OneDrive/Mestrado/Amaranthus/Antioxidante/Abdulla, 2016.pdffile:///C:/Users/ads\\_a/OneDrive/Mestrado/Amaranthus/Antioxidante/Abdulla, 2016.pdf.nih.gov/pubmed/30166750](https://www.ncbi.nlmfile:///C:/Users/ads_a/OneDrive/Mestrado/Amaranthus/Antioxidante/Abdulla, 2016.pdffile:///C:/Users/ads_a/OneDrive/Mestrado/Amaranthus/Antioxidante/Abdulla, 2016.pdf.nih.gov/pubmed/30166750)>.

KURUTAS, E. B. The importance of antioxidants which play the role in cellular response against oxidative/nitrosative stress: Current state. **Nutrition Journal**, v. 15, n. 1, p. 1–22, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s12937-016-0186-5>>.

KUSTER, V. C. et al. Structural adaptation and anatomical convergence in stems and roots of five plant species from a “Restinga” sand coastal plain. **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 243, p. 77–87, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.flora.2018.03.017>>.

LAMB, D. T. et al. Bioavailability of Barium to Plants and Invertebrates in Soils Contaminated by Barite. 2013. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/sharingguidelines>>. Acesso em: 8 abr. 2020.

LANDIS, D. A. Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services. **Basic and Applied Ecology**, v. 18, p. 1–12, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.baae.2016.07.005>>.

LEE, Y. H. et al. An appraisal of eighteen commonly consumed edible plants as functional food based on their antioxidant and starch hydrolase inhibitory activities. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 14, p. 2956–2964, 2015.

LEITÃO FILHO, H. de F. Espécies de Amaranthus que ocorrem como invasoras no Município de Campinas. **Bragantia**, v. 27, n. 2, p. 477–491, 1968.

LI, H. et al. Characterization of phenolics, betacyanins and antioxidant activities of the seed, leaf, sprout, flower and stalk extracts of three Amaranthus species. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 37, p. 75–81, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2014.09.003>>.

LI, Y. et al. The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 148, n. December 2019, p. 80–89, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.006>>.

LIPKO, M.; DEBSKI, B. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology Mechanism of insulin-like effect of chromium ( III ) ions on glucose uptake in C2C12 mouse myotubes involves ROS formation. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 45, n. October 2017, p. 171–175, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2017.10.012>>.

LIU, D. et al. Hexavalent chromium uptake and its effects on mineral uptake , antioxidant defence system and photosynthesis in Amaranthus viridis L . **Bioresource Technology**, v. 99, p. 2628–2636, 2008.

LIU, G. et al. Increasing protein content and digestibility in sorghum grain with a synthetic biology approach. **Journal of Cereal Science**, v. 85, p. 27–34, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.11.001>>.

LIU, Q. et al. Rutin exhibits hepatoprotective effects in a mouse model of non-alcoholic fatty liver disease by reducing hepatic lipid levels and mitigating lipid-induced oxidative injuries. **International Immunopharmacology**, v. 49, n. June, p. 132–141, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.intimp.2017.05.026>>.

LOW, D. Y. et al. Cereal dietary fibres influence retention time of digesta solid and liquid phases along the gastrointestinal tract. **Food Hydrocolloids**, v. 104, p. 105739, 2020.

MA, Y. et al. Phenolics and antioxidant activity of bamboo leaves soup as affected by in vitro digestion. **Food and Chemical Toxicology**, v. 135, n. September, p. 110941, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.110941>>.

MAGHSOUMI-NOROUZABAD, L. et al. Effect of *Arctium lappa* linne (Burdock) root tea consumption on lipid profile and blood pressure in patients with knee osteoarthritis. **Journal of Herbal Medicine**, v. 17–18, n. April, p. 100266, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.hermed.2019.100266>>.

MAHAJAN, M.; KUIRY, R.; PAL, P. K. Understanding the consequence of environmental stress for accumulation of secondary metabolites in medicinal and aromatic plants. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, n. December 2019, p. 100255, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2020.100255>>.

MBURU, M. W. et al. Properties of a Complementary Food based on Amaranth Grain (*Amaranthus cruentus*) Grown in Kenya. v. 1, n. 9, p. 153–178, 2011.

MEINHART, A. D. et al. Analysis of chlorogenic acids isomers and caffeic acid in 89 herbal infusions (tea). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 73, n. April, p. 76–82, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.08.001>>.

MENEZES, J. E. S. A. et al. Preparation, structural and spectroscopic characterization of chitosan membranes containing allantoin. **Journal of Molecular Structure**, v. 1199, p. 126968, 2020.

MIGUEL, O. G. **Ensaio Sistemático de Análise Fitoquímica**. [s.l.: s.n.]

MIKLASIŃSKA-MAJDANIK, M. et al. Phenolic compounds diminish antibiotic resistance of staphylococcus aureus clinical strains. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 10, 2018.

MINEKUS, M. et al. A standardised static in vitro digestion method suitable for food—an international consensus. **Food and Function**, v. 5, n. 6, p. 1113–1124, 2014.

MIR-MARQUÉS, A. et al. Mineral profile of kaki fruits (*Diospyros kaki* L.). **Food Chemistry**, v. 172, p. 291–297, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.076>>.

MIR, N. A.; RIAR, C. S.; SINGH, S. Nutritional constituents of pseudo cereals and their potential use in food systems: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 75, n. January, p. 170–180, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.016>>.

MLAKAR, S. G. et al. GRAIN AMARANTH AS AN ALTERNATIVE AND. p. 135–145, 2010.

MOGHIMIPOUR, E.; HANDALI, S. Saponin: Properties, Methods of Evaluation and Applications. **Annual Research & Review in Biology**, v. 5, n. 3, p. 207–220,

2015.

MOHAMMED, H.; ABDULLAH, N. Zinc status ( intake and level ) of healthy elderly individuals in Riyadh and its relationship to physical health and cognitive impairment. **Clinical Nutrition Experimental**, v. 29, p. 10–17, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.yclnex.2019.12.001>>.

MOREIRA, D. et al. Effect of allantoin on experimentally induced gastric ulcers : Pathways of gastroprotection. v. 821, n. December 2017, p. 68–78, 2018.

MOREIRA, E. A. Marcha sistemática de análise em fitoquímica. **Tribuna Farmacêutica**, v. 47, n. 1, p. 1–19, 1979.

MOURA, A. C. da S.; VILEGAS, W.; SANTOS, L. C. dos. IDENTIFICAÇÃO DE ALGUNS CONSTITUINTES QUÍMICOS DE *Indigofera hirsuta* LINN. (FABACEAE) POR CLAE-IES-EM (TOF) E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIRRADICALAR. **Quimica nova**, v. 34, n. 7, p. 1136–1140, 2011.

MULLER, H. G.; TOBIN, G. **Nutrition and food processing**. London, UK: Croom Helm., 1980.

N S, V.; MOHAMAD, A.; RAZDAN, R. Allantoin attenuates deficits of behavioural and motor nerve conduction in an animal model of cisplatin-induced neurotoxicity in rats. **Animal Models and Experimental Medicine**, v. 2, n. 2, p. 114–120, 2019.

NAVARRO, A. et al. Effects of sodium chloride on water potential components, hydraulic conductivity, gas exchange and leaf ultrastructure of *Arbutus unedo* plants. **Plant Science**, v. 172, n. 3, p. 473–480, 2007.

NAVARRO, A. et al. Effects of sodium chloride on water potential components, hydraulic conductivity, gas exchange and leaf ultrastructure of *Arbutus unedo* plants. **Field Crops Research**, v. 172, n. 3, p. 107678, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107678>>.

NEUGART, S. et al. Indigenous leafy vegetables of Eastern Africa — A source of extraordinary secondary plant metabolites. **Food Research International**, v. 100, p. 411–422, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.02.014>>.

NEVES, M. F.; CUNHA, M. R.; DE PAULA, T. Effects of Nutrients and Exercises to Attenuate Oxidative Stress and Prevent Cardiovascular Disease. **Current Pharmaceutical Design**, v. 24, n. 40, p. 4800–4806, 2019.

NG, K. R. et al. Antimicrobial and antioxidant activities of phenolic metabolites from flavonoid-producing yeast: Potential as natural food preservatives. **Food**

**Chemistry**, v. 270, n. April 2018, p. 123–129, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.077>>.

OBOH, G. et al. Polyphenolic compositions and in vitro angiotensin-I-converting enzyme inhibitory properties of common green leafy vegetables: A comparative study. **Food Science and Biotechnology**, v. 25, n. 5, p. 1243–1249, 2016.

OBOUAYEBA, A. P. et al. Phytochemical Analysis , Purification and Identification of Hibiscus Anthocyanins. v. 3, n. August, p. 156–168, 2015.

OGUNYEMI, A. O. Proceedings of a Conference on African Medicinal Plants. (Ife-Ife: Univ Ife, Ed.) In: **Anais...**1979.

PAWASKAR, S. M. Evaluation of phytochemical and antioxidative potential of aqueous whole plant extract of Mimosa pudica. **Indian Journal of Clinical Biochemistry**, v. 22, p. 27, 2007.

PEIRETTI, P. G. et al. Antioxidative activities and phenolic compounds of pumpkin (*Cucurbita pepo*) seeds and amaranth (*Amaranthus caudatus*) grain extracts. **Natural Product Research**, v. 31, n. 18, p. 2178–2182, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/14786419.2017.1278597>>.

PEREIRA, E. et al. Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. **Food Chemistry**, v. 280, n. December 2018, p. 110–114, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.068>>.

PETER, K.; GANDHI, P. Rediscovering the therapeutic potential of *Amaranthus* species : A review. **Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 4, n. 3, p. 196–205, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejbas.2017.05.001>>.

PHANIDEEPTHIYADAV, C. S. D. et al. Phytochemical evaluation of *nyctanthesarbortristis*, *nerium oleander* and *catharathnusroseus*. **Indian Journal of Research in Pharmacy and Biotechnology**, v. 1, n. 3, p. 333–338, 2013.

PI, X. et al. Association between concentrations of barium and aluminum in placental tissues and risk for orofacial clefts. **Science of the Total Environment**, v. 652, p. 406–412, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.262>>.

POPOVI, B. M. et al. Comparison between polyphenol profile and bioactive response in blackthorn (*Prunus spinosa* L.) genotypes from north Serbia-from raw data to PCA analysis. v. 302, n. May 2019, 2020.

PRIOR, B. A. Measurement of Water Activity in Foods: A Review. **Journal of**

**Food Protection**, v. 42, n. 8, p. 668–674, 1979.

RAGHU VEER A DIXIT, V. S. R. K. A. C. A. B. Y. P. A. I.; A. Journal of Pharma Research. **Journal of Pharma Research**, v. 2, n. 11, p. 22–33, 2013.

RAHMAN, A. H. M. M.; GULSHANA, M. I. A. Taxonomy and Medicinal Uses on Amaranthaceae Family of Rajshahi, Bangladesh. **Applied Ecology and Environmental Sciences**, v. 2, n. 2, p. 54–59, 2014. Disponível em: <<http://pubs.sciepub.com/aees/2/2/3/index.html>>.

RASOOL HASSAN, B. A. Medicinal Plants (Importance and Uses). **Pharmaceutica Analytica Acta**, v. 03, n. 10, p. 2–3, 2012.

RASTOGI, A.; SHUKLA, S. Amaranth: A New Millennium Crop of Nutraceutical Values. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 53, n. 2, p. 109–125, 2013.

RE, R. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9–10, p. 1231–1237, 1999.

REPO-CARRASCO-VALENCIA, R. et al. Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (*Amaranthus caudatus*). **Journal of Cereal Science**, v. 49, n. 2, p. 219–224, 2009.

RJEIBI, I. et al. HPLC–DAD identification of polyphenols from ethyl acetate extract of *Amaranthus spinosus* leaves and determination of their antioxidant and antinociceptive effects. **Inflammopharmacology**, n. 0123456789, p. 1–10, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10787-018-0482-0>>.

ROCCHETTI, G. et al. Gluten-free flours from cereals, pseudocereals and legumes: Phenolic fingerprints and in vitro antioxidant properties. **Food Chemistry**, v. 271, n. February 2018, p. 157–164, 2019.

RODRIGUES, A. K.; MELO, A. E.; DOMINGUETI, C. P. Association between reduced serum levels of magnesium and the presence of poor glycemic control and complications in type 1 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. **Diabetes and Metabolic Syndrome: Clinical Research and Reviews**, v. 14, n. 2, p. 127–134, 1 mar. 2020.

RODRÍGUEZ, M.; GARCÍA FILLERÍA, S. F.; TIRONI, V. A. Simulated gastrointestinal digestion of amaranth flour and protein isolate: Comparison of methodologies and release of antioxidant peptides. **Food Research International**, v.

138, n. PA, p. 109735, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109735>>.

ROONEY, M. R. et al. Trends in calcium supplementation , National Health and Nutrition Examination Survey ( NHANES ) 1999 – 2014. **BONE**, v. 111, p. 23–27, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.bone.2018.03.007>>.

RYBICKA, I.; GLISZCZYNSKA-SWIGLO, A. Gluten-Free Flours from Different Raw Materials as the Source of Vitamin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> and B<sub>6</sub>; **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, v. 63, n. 2, p. 125–132, 2017. Disponível em: <[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jnsv/63/2/63\\_125/\\_article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jnsv/63/2/63_125/_article)>.

SALVAMANI, S. et al. Anti-HMG-CoA reductase, antioxidant, and anti-inflammatory activities of amaranthus viridis leaf extract as a potential treatment for hypercholesterolemia. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2016, 2016.

SANCHITA; SHARMA, A. **Gene Expression Analysis in Medicinal Plants Under Abiotic Stress Conditions**. [s.l.] Elsevier Inc., 2018.

SARAVANAN, G. et al. Cardioprotective activity of Amaranthus viridis Linn: Effect on serum marker enzymes, cardiac troponin and antioxidant system in experimental myocardial infarcted rats. **International Journal of Cardiology**, v. 165, n. 3, p. 494–498, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2011.09.005>>.

SARKER, U.; OBA, S. Response of nutrients, minerals, antioxidant leaf pigments, vitamins, polyphenol, flavonoid and antioxidant activity in selected vegetable amaranth under four soil water content. **Food Chemistry**, v. 252, p. 72–83, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.097>>.

SAXENA, R. et al. Antioxidant activity of commonly consumed plant foods of India: Contribution of their phenolic content. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 58, n. 4, p. 250–260, 2007.

SCHOOT, T. S. et al. **Systematic review and practical guideline for the prevention and management of the renal side effects of lithium therapy** *European Neuropsychopharmacology* Elsevier B.V., , 1 fev. 2020. .

SCHRAUZER, G. N. Journal of the American College of Nutrition Lithium : Occurrence , Dietary Intakes , Nutritional Essentiality Lithium : Occurrence , Dietary Intakes , Nutritional Essentiality. **Journal of the American College of Nutrition**, n.

September 2014, p. 37–41, 2013.

SCHRÖTER, D. et al. Natural diversity of hydroxycinnamic acid derivatives, flavonoid glycosides, carotenoids and chlorophylls in leaves of six different amaranth species. **Food Chemistry**, v. 267, n. March 2017, p. 376–386, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.043>>.

SHAHIDI, F.; AMBIGAIPALAN, P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects - A review. **Journal of Functional Foods**, v. 18, p. 820–897, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>>.

SHAPIRO, R.; HEANEY, R. P. Co-dependence of calcium and phosphorus for growth and bone development under conditions of varying deficiency<sup>o</sup>. v. 32, p. 532–540, 2003.

SHARMA, N.; GUPTA, P. C.; RAO, C. V. Nutrient content, mineral content and antioxidant activity of *Amaranthus viridis* and *Moringa oleifera* leaves. **Research Journal of Medicinal Plant**, v. 6, n. 3, p. 253–259, 2012.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. A Calorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-phosphotungstic Acid Reagents. **American Society for Ethnology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144–158, 1965.

SITI, H. N. et al. Roles of rutin in cardiac remodeling. **Journal of Functional Foods**, v. 64, n. October 2019, p. 103606, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103606>>.

SIVARAJ, R. et al. PRELIMINARY PHYTOCHEMICAL ANALYSIS OF AEGLE MARMELOS, RUTA GRAVEOLENS, OPUNTIA DELLINI, EUPHORBIA ROYLEANA AND EUPHORBIA ANTIQUORUM. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v. 2, n. 1, p. 111–127, 2011.

SKALNAYA, M. G. et al. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology Serum levels of copper , iron , and manganese in women with pregnancy , miscarriage , and primary infertility. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 56, n. August, p. 124–130, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2019.08.009>>.

SOMMERFELD, K. et al. Barium Determination in Gastric Contents , Blood and Urine by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry in the Case of Oral Barium Chloride Poisoning. **Journal of Analytical Toxicology**, v. 38, p. 380–382, 2014.

SONG, T. et al. Combining alternate wetting and drying irrigation with reduced

phosphorus fertilizer application reduces water use and promotes phosphorus use efficiency without yield loss in rice plants. **Agricultural Water Management**, v. 223, n. June, p. 105686, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105686>>.

SOWA, I. et al. Proliferative and antioxidant activity of *Symphytum officinale* root extract. **Natural Product Research**, v. 32, n. 5, p. 605–609, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1326492>>.

TANG, Y. et al. Lipids, Tocopherols, and Carotenoids in Leaves of Amaranth and Quinoa Cultivars and a New Approach to Overall Evaluation of Nutritional Quality Traits. 2014.

TANG, Y. et al. Assessing the fatty acid, carotenoid, and tocopherol compositions of amaranth and quinoa seeds grown in Ontario and their overall contribution to nutritional quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, n. 5, p. 1103–1110, 2016.

TRENNEPOHL, B. I. **Caracterização físico-química, atividade antioxidante e atividades biológicas da espécie *Pereskia aculeata* Mill.** 2016. Universidade Federal do Paraná, 2016.

TROPICOS. ***Amaranthus deflexus* L.** Disponível em: <<http://legacy.tropicos.org/Name/1100015>>. Acesso em: 19 jan. 2019.

TUKUN, A. B. et al. Antioxidant capacity and total phenolic contents in hydrophilic extracts of selected Bangladeshi medicinal plants. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v. 7, n. S1, p. S568–S573, 2014.

TUROLA BARBI, R. C. et al. *Eriobotrya japonica* seed as a new source of starch: Assessment of phenolic compounds, antioxidant activity, thermal, rheological and morphological properties. **Food Hydrocolloids**, v. 77, p. 646–658, 2018.

VALCÁRCEL-YAMANI, B.; CAETANO DA, S.; LANNES, S. Applications of Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) and Amaranth (*Amaranthus* Spp.) and Their Influence in the Nutritional Value of Cereal Based Foods. **Food and Public Health**, v. 2012, n. 6, p. 265–275, 2012. Disponível em: <<http://journal.sapub.org/fph>>.

VAN JAARSVELD, P. et al. Nutrient content of eight African leafy vegetables and their potential contribution to dietary reference intakes. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 33, n. 1, p. 77–84, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2013.11.003>>.

VENKATESAN, D. et al. Identification of Phytochemical Constituents of *Aegle*

marmelos Responsible for Antimicrobial Activity against Selected Pathogenic Organisms. v. 13, 30 nov. 2008.

VINCKEN, J. P. et al. Saponins, classification and occurrence in the plant kingdom. **Phytochemistry**, v. 68, n. 3, p. 275–297, 2007.

VUOLO, M. M.; LIMA, V. S.; MARÓSTICA JUNIOR, M. R. **Phenolic Compounds: Structure, Classification, and Antioxidant Power**. [s.l.] Elsevier Inc., 2019.

WELCOME, A. K.; VAN WYK, B. E. An inventory and analysis of the food plants of southern Africa. **South African Journal of Botany**, v. 122, p. 136–179, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.11.003>>.

XU, B.; SUNG, C.; HAN, B. Crystal structure characterization of natural allantoin from edible lichen *Umbilicaria esculenta*. **Crystals**, v. 1, n. 3, p. 128–135, 2011.

ZAFERANIEH, M.; MAHDAVI, B.; TORABI, B. South African Journal of Botany Effect of temperature and water potential on *Alyssum homolocarpum* seed germination: Quantification of the cardinal temperatures and using hydro thermal time. **South African Journal of Botany**, v. 131, p. 259–266, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.02.006>>.

ZHANG, Y. et al. Effects of internal structure and chemical compositions on the hygroscopic property of bamboo fiber reinforced composites. **Applied Surface Science**, v. 492, n. April, p. 936–943, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.05.279>>.

ZHANG, Z. shan; KANG, Y. jie; CHE, L. Composition and thermal characteristics of seed oil obtained from Chinese amaranth. **Lwt**, v. 111, n. December 2018, p. 39–45, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.007>>.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**, v. 64, p. 555–559, 1999.

ZHU, F.; CAI, Y. Z.; CORKE, H. Evaluation of Asian salted noodles in the presence of *Amaranthus* betacyanin pigments. **Food Chemistry**, v. 118, n. 3, p. 663–669, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.041>>.