



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

GISELLE CRISTINE DA SILVA MELO

**USO DE MÉTODOS NÃO CONVENCIONAIS VISANDO A OBTENÇÃO DE
EXTRATOS NATURAIS ENRIQUECIDOS DE BIOMOLÉCULAS A PARTIR
DE REJEITOS VEGETAIS DESCARTADOS EM FEIRAS LIVRES**

BELÉM

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

GISELLE CRISTINE DA SILVA MELO

**USO DE MÉTODOS NÃO CONVENCIONAIS VISANDO A OBTENÇÃO DE
EXTRATOS NATURAIS ENRIQUECIDOS DE BIOMOLÉCULAS A PARTIR
DE REJEITOS VEGETAIS DESCARTADOS EM FEIRAS LIVRES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, como um dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Manoel da Cruz Rodrigues.

BELÉM
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M528u Melo, Giselle Cristine da Silva
 Uso de métodos não convencionais visando a obtenção de extratos naturais enriquecidos de biomoléculas a partir de rejeitos vegetais descartados em feiras livres / Giselle Cristine da Silva Melo. — 2018
 84 f. : il. color
- Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA), Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.
 Orientação: Prof. Dr. Antonio Manoel da Cruz Rodrigues
 Coorientação: Profa. Dra. Luiza Helena Meller da Silva.
1. Compostos bioativos. 2. atividade antioxidante. 3. refractance window. 4. extração. 5. ultrassom. I. Rodrigues, Antonio Manoel da Cruz, *orient.* II. Título
-

CDD 664.0284

GISELLE CRISTINE DA SILVA MELO

**USO DE MÉTODOS NÃO CONVENCIONAIS VISANDO A OBTENÇÃO DE
EXTRATOS NATURAIS ENRIQUECIDOS DE BIOMOLÉCULAS A PARTIR
DE REJEITOS VEGETAIS DESCARTADOS EM FEIRAS LIVRES**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antonio Manoel da Cruz Rodrigues
(FEA/ITEC/UFPA – Orientador)

Profa. Dra. Luiza Helena Meller da Silva
(PPGCTA/ITEC/UFPA – Coorientadora)

Profa. Dra. Cristiane Maria Leal Costa
(PPGEQ/ITEC/UFPA – Membro externo)

Prof. Dra. Geormenny Rocha dos Santos
(PPGCTA/ITEC/UFPA – Membro interno)

BELÉM

2018

AGRADECIMENTOS

A Deus que sempre me protege, ilumina e guia!

Aos meus pais Cristiano e Socorro Melo pela dedicação, paciência, carinho e amor inesgotável em todos os momentos da minha vida. E meus irmãos Danielle, Eliane, Jefferson e Wilson pelo amor, incentivo, carinho e proteção. Família, obrigada por entenderem a minha ausência e por não medirem esforços para me ajudar a conquistar esse objetivo. Eu amo vocês incondicionalmente!

Ao meu esposo Diego Aires por ser um dos meus maiores incentivadores nesta caminhada de renúncias, que somente quem segue a carreira acadêmica entende. Pelo apoio, companheirismo, conselhos e paciência. És um espelho como pessoa e profissional. Obrigada por ser meu amor!

Aos meus orientadores Prof^o Dr. Antonio Manoel e Prof^a Dra. Luiza Meller, pela orientação e ensinamentos repassados, apoio e compreensão em momentos difíceis. Obrigada pela confiança a mim depositada!

Ao professor Dr. Renan Chisté pelos ensinamentos repassados de grande colaboração a este estudo. Obrigada pela atenção e paciência com que sempre me recebeu.

Ao professor Dr. Otávio Carrera pelos ensinamentos e análises realizadas que engrandeceram muito este trabalho. E a todos os colegas do Laboratório de -PPGF, que de alguma forma contribuíram com este trabalho.

À professora Dra. Alessandra Lopes pela cedência de alguns equipamentos utilizados para a realização de importantes análises para a conclusão deste trabalho. E a todos os colegas do Laboratório de Biotecnologia que de alguma forma contribuíram com este trabalho.

À professora Dra Simone Paz (Laboratório de Caracterização Mineral-PPGGC/UFPA) e ao Prof. Cláudio Remédios (Laboratório de Difração de Raios X - PPGF/UFPA) pela realização de importantes análises para o fechamento deste trabalho. Em especial à Dra Graziela Telles pelo profissionalismo e carinho com que me recebeu. Obrigada!

Aos membros da banca examinadora por aceitarem avaliar esse estudo e por suas contribuições.

A todos os colegas de Laboratório de Medidas Físicas (LAMEFI) pelas trocas de conhecimentos e apoio diários. Especialmente aqueles que me auxiliaram no processamento da matéria prima e algumas análises (Brenda, Larissia, Raiane, Rebeca, Rafaela, Dayala, Jaqueline, Esdras, Mayra, Lauana, Carina, Aline, Robson, Paulo,

Hayanna). Meu profundo agradecimento pela amizade, apoio, conselhos, trocas de conhecimento e momentos de descontração.

A AGROPALMA pela doação de matéria prima cedida para realização de extração assistida por ultrassom.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de alimentos PPGCTA – UFPA. À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A Universidade Federal do Pará, onde busquei minha qualificação profissional, conquistei valiosas amizades, encontrei um amor para toda vida, com os melhores professores aprendi e procurei extrair as melhores lições as quais levarei para minha vida profissional.

Muito obrigada!

RESUMO

Rejeitos vegetais provenientes dos processos de seleção em feiras livres e mercados são gerados diariamente. Grande parte deste material é descartado como lixo, porém pode apresentar potencial nutricional, em função de seus compostos bioativos ainda presentes. No entanto, a estabilidade destes compostos ao processamento e armazenamento gera preocupações quanto à exposição a luz, temperatura, tempo de secagem e extração, entre outros.

Neste contexto, este trabalho fez uso de métodos não convencionais (secagem por *refractance window* e extração assistida por ultrassom) com a finalidade de viabilizar a obtenção de extratos enriquecidos de biomoléculas de interesse a partir dos rejeitos vegetais descartados em feiras livres. O rejeito utilizado neste estudo, foram tomate (*Lycopersicon esculentum*), pimenta (*Capsicum frutescens L.*) e jambu (*Acmella oleracea*). A partir destes rejeitos, foi preparado um *blend* nas proporções 1:1:1. Todos estes rejeitos foram previamente secos a 70°C por 30 minutos empregando o sistema de *refractance window*. Como controle os mesmos produtos foram liofilizados. Para avaliação dos extratos foi efetuada a determinação: carotenoides totais, compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante. Foi avaliada também suas características termogravimétricas dos produtos obtidos.

Os resultados demonstraram que os vegetais apresentaram boa estabilidade térmica na temperatura de secagem por *refractance window* (70°C) sem sofrer degradação da molécula. Esta secagem teve efeito positivo no teor de carotenoides do tomate em relação ao jambu e pimenta, porém, os compostos fenólicos do *blend* foram mais fortemente influenciados pela pimenta e jambu, mostrando que a contribuição antioxidante do tomate foi inferior, representando uma alternativa de secagem de compostos sensíveis. A extração assistida por ultrassom utilizando 50% (etanol:oleína) como solvente apresentou maior retenção de carotenoides e atividade antioxidante, no entanto a extração utilizando 100% etanol apresentou melhores resultados na extração de compostos fenólicos.

Palavras-chave: compostos bioativos, atividade antioxidante, *refractance window*, extração, ultrassom, biomassa vegetal.

ABSTRACT

Vegetable waste from selection processes in free markets and markets are generated daily. Much of this material is discarded as garbage, but it may present nutritional potential, due to its bioactive compounds still present. However, the stability of these compounds to processing and storage raises concerns about exposure to light, temperature, drying time and extraction, among others.

In this context, this work made use of unconventional methods (refractance window drying and ultrasonic assisted extraction) with the purpose of making feasible the obtaining of enriched extracts of biomolecules of interest from discarded vegetable waste in free markets. The rejects used in this study were tomato (*Lycopersicon esculentum*), pepper (*Capsicum frutescens* L.) and jambu (*Acmella oleracea*). From these wastes a 1: 1: 1 blend was prepared. All these wastes were previously dried at 70 ° C for 30 minutes using the refractance window system. As a control the same products were lyophilized. For the evaluation of the extracts the determination was made: total carotenoids, total phenolic compounds and antioxidant capacity. Its thermogravimetric characteristics of the obtained products were also evaluated.

The results showed that the plants showed good thermal stability at the drying temperature by refraction window (70°C) without suffering degradation of the molecule. This drying had a positive effect on the carotenoid content of the tomato in relation to the jambu and pepper, but the phenolic compounds of the blend were more strongly influenced by the pepper and jambu, showing that the antioxidant contribution of the tomato was inferior, representing a drying alternative of sensitive compounds. Ultrasonic assisted extraction using 50% (ethanol: olein) as solvent showed higher retention of carotenoids and antioxidant activity, however the extraction using 100% ethanol showed better results in the extraction of phenolic compounds.

Key words: bioactive compounds, antioxidant activity, refractance window, extraction, ultrasound, vegetal biomass.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>).....	18
Figura 2. Pimenta de cheiro (<i>Capsicum frutescens L.</i>). Fonte: Autor.....	19
Figura 3. Jambu (<i>Acmella oleracea</i>). Fonte: Autor.....	20
Figura 4. Estágios da biossíntese de carotenoides e suas possíveis transformações. 1) dessaturação, 2) ciclização, 3) hidroxilação, 4) epoxidação, e 5) rearranjo de epóxido de furanoxido. Fonte: Rodriguez-Amaya (2001) adaptado.....	24
Figura 5. Estrutura molecular plana do β -caroteno, licopeno, luteína e zeaxantina.....	25
Figura 6. Esquema do equipamento Refractance window	29
Figura 7. Esquema de funcionamento do Refractance window. Fonte: Autor.....	30
Figura 8. Esquema sistema de extração assistida por ultrassom	32
Figura 9. Fluxograma do processamento e quantificação dos compostos bioativos nos vegetais.	36
Figura 10. Imagens dos pós de tomate, pimenta, jambu e blend, obtidos por liofilização e refractance window.....	49
Figura 11. FTIR das matérias primas LIO e RW.	50
Figura 12. Análises de TG e DTA das matrizes vegetais: tomate, pimenta, jambú e blend.	51
Figura 13. Carotenoides Totais nas matrizes vegetais	52
Figura 14. Compostos fenólicos nas matrizes vegetais e <i>blend</i> in natura, LIO e RW ..	55
Figura 15. Capacidade antioxidante das matérias primas pelo método ABTS.	57
Figura 16. Atividade antioxidante das matérias primas pelo sistema β -caroteno/ác. linoleico	58
Figura 17. Resultados para atividade antioxidante método ABTS e β -caroteno/ác. linoleico, carotenoides e compostos fenólicos dos extratos obtidos através de ultrassom.	60

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Composição centesimal média do tomate.....	17
Tabela 2 Composição centesimal média do jambu.....	20
Tabela 3. Ensaio de extração assistida por ultrassom	38
Tabela 4. Caracterização do rejeito úmido das matrizes vegetais.	44
Tabela 5 Atividade de água e umidade das matrizes e blend secos por liofilização e refractance window.....	46
Tabela 6 Cor das matrizes vegetais in natura, secas por liofilização e RW.	47
Tabela 7. Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os compostos bioativos e a capacidade antioxidante (base seca) para o tomate, pimenta, jambu e blend.....	59
Tabela 8. Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os compostos bioativos e a capacidade antioxidante (base seca) das amostras de Blend seco por refractance window, em função das amplitudes da onda sonora utilizada nas extrações por ultrassom.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS

aw: Atividade de água
BLIO: Blend liofilizado
BRU: Blend rejeito úmido
BRW: Blend *refractance window*
CFT: Compostos Fenólicos Totais
DPPH: radical 2,2-difenil-1-picrihidrazil
FRAP: *Antioxidant Power in Iron Reduction*
JLIO: Jambu liofilizado
JRU: Jambu rejeito úmido
JRW: Jambu *refractance window*
LIO: Liofilizada
ORAC: *Oxygen Radical Absorbance*
PLIO: Pimenta liofilizada
PRU: Pimenta rejeito úmido
PRW: Pimenta *refractance window*
RU: Rejeito úmidos
RW: *Refractance window*
TEAC: *Trolox Equivalent Antioxidant Capacity*
TLIO: Tomate liofilizado
TRU: Tomate rejeito úmido
TRW: Tomate *refractance window*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 Geral	15
2.2 Específicos.....	15
3 REVISÃO DA LITERATURA	16
3.1 Resíduos Orgânicos Vegetais	16
3.1.1 Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>).....	17
3.1.2 Pimenta (<i>Capsicum frutescens L</i>).....	18
3.1.3 Jambu (<i>Acmella oleracea</i>).....	19
3.2 Capacidade Antioxidante.....	21
3.3 Compostos bioativos	23
3.3.1 Carotenoides	23
3.2.2 Compostos Fenólicos Totais.....	26
3.4 Aspectos Funcionais E Tecnológicos De Vegetais Desidratados	27
3.5.1 Secagem.....	28
3.5 Extração De Compostos Bioativos	30
3.6 Transformada de Fourier Infravermelho (FTIR).....	33
3.7 Análise Termogravimétrica (TGA)	33
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
4.1 Materia Prima	35
4.1.1 Obtenção da Matéria Prima	35
4.1.2 Processamento	35
4.2 Processo De Secagem.....	36
4.2.1 Liofilização.....	37
4.2.2 <i>Refractance Window</i>	37
4.3 Processo De Extração Assistida por Ultrassom.....	38
4.4 Caracterização Físico-Química Das Matrizes Vegetais	38
4.5 Caracterização das matrizes em pó.....	39
4.5.1 Atividade de Água (aw).....	39

4.5.2 Análises Microbiológicas	39
4.5.3 Cor Instrumental	39
4.5.4 Transformada de Fourier infravermelho (FTIR)	40
4.5.5 Análise Termogravimétrica (TG e DTA simultâneo)	40
4.6 Determinação dos Compostos Bioativos	40
4.6.1 Pré-tratamento dos extratos oleosos	41
4.6.2 Determinação de Carotenoides Totais	41
4.6.3 Determinação Compostos Fenólicos Totais	42
4.7 Capacidade Antioxidante.....	42
4.7.1 Método ABTS	42
4.7.2 Sistema β -caroteno/ácido linoleico.....	43
4.8 Análise Estatística	44
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1 Caracterização Físico-Química das Matrizes Vegetais	44
5.2 Caracterização das Matrizes em pó	45
5.2.1 Atividade de água (a_w) e Umidade.....	45
5.2.2 Avaliação Microbiana.....	46
5.2.3 Cor Instrumental	46
5.2.4 Transformada de Fourier infravermelho (FTIR)	49
5.2.4 Termogravimétrica (TG) e (DTA) de tomate, pimenta, jambú e <i>blend</i>	51
5.3 Compostos Bioativos e atividade antioxidante nas matrizes e <i>blend</i> em pó	52
5.3.1 Carotenoides totais	52
5.3.2 Compostos fenólicos	54
5.3.3 Capacidade antioxidante.....	56
5.4 Determinação dos Compostos Bioativos Obtidos da Extração Assistida por Ultrassom.....	60
6 Conclusão	64
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

Dados apresentados pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), mostram que a taxa de desperdício de alimentos no mundo é extremamente elevada, onde o descarte equivale em média a 1/3 do alimento que é produzido. Este desperdício, evidencia problemas econômicos, ambientais e até mesmo sociais. A extensão dos números do desperdício indica a complexidade de um problema que começa quando o alimento é colhido no campo e em seguida processado, armazenado e transportado, até chegar na mesa do consumidor. Muitos alimentos são descartados devido terem sofrido alguma injúria proveniente de má manipulação, ou por não ter uma “aparência comercial”, por serem pequenos demais ou simplesmente terem formatos não convencionais (GUSTAVSSON *et al.*, 2013; BRUINSMA, 2015).

Frutas e verduras são componentes base em uma dieta equilibrada e seu consumo está associado a redução de doenças coronarianas, cardiovasculares e até alguns tipos de câncer e doenças degenerativas. Estes benefícios estão relacionados à presença de compostos com ação antioxidante, além de vitaminas, minerais e fibras, que exercem comprovadamente ação efetiva na eliminação de radicais livres, danosos a tecidos e células, o que intensifica a busca por fontes naturais de antioxidantes (IGNAT, VOLF, POPA, 2011; REDDY *et al.*, 2009; BARNARD *et al.*, 2014; PASINETTI *et al.*, 2015; KHALIL *et al.*, 2012; SIRIAMORNUN, KAISOON & MEESO, 2012).

Jambu (*Acmella oleraceai*), Pimenta (*Capsicum frutescens sp.*) e Tomate (*Lycopersicon esculentum*) são espécies vegetais muito consumidas na Região Norte do Brasil que podem ser incluídas no grupo de vegetais que originam muito descarte ao longo de suas cadeias produtivas. Embora sejam descartadas, por questões comerciais, essas matrizes vegetais do ponto de vista nutricional, são importantes fontes de biocompostos. Dentre estes, tem-se, compostos fenólicos, carotenoides, ácido ascórbico e tocoferóis, e têm recebido atenção por sua eficácia na prevenção da oxidação lipídica. (BORGES, 2009; CZEPAK E SANTANA, 2011; KOLLMANNBERGER *et al.*, 2011; LI *et al.*, 2017).

No entanto, o processamento e extração destes biocompostos geram algumas preocupações como, o tempo, temperatura de processamento, extração e utilização de solventes verdes e renováveis, de forma a maximizar a retenção destes compostos, além

de garantir um produto seguro, de qualidade, e que sua produção agrida minimamente o meio ambiente.

No campo da ciência, tecnologia e engenharia de alimentos, existem variadas técnicas de processamento que podem ser utilizadas para valorizar alimentos vegetais provenientes do descarte, mantendo suas propriedades nutricional e funcional, assim como, sua viabilidade de utilização tecnológica na indústria de alimentos (IOANNOU *et al.*, 2012).

A secagem, por exemplo, é uma tecnologia amplamente utilizada que remove boa parte da água do alimento, aumentando sua vida útil, além de minimizar os custos com transporte, facilitando sua utilização em preparos. Porém, possui diversas limitações, quanto à utilização na presença de compostos sensíveis, pois pode provocar diversas alterações químicas de degradação de vitaminas, minerais, pigmentos e outros compostos sensíveis a luz, oxigênio e calor. Por isso, no intuito de manter a qualidade nutricional e características (cor, aroma e sabor) destes produtos, a procura por métodos que minimizem estes impactos com menor custo, tem intensificado. Neste contexto, *Refractance Window* surge como uma técnica de secagem que tem demonstrado bons resultados, inclusive quando comparados a liofilização e spray dryer (OCHOA-MARTÍNEZ *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2016a).

A etapa de extração gera grande preocupação quando se fala de compostos bioativos. Neste sentido, a extração assistida por ultrassom, pode ser utilizada para extrair eficientemente compostos bioativos de alimentos desidratados e líquidos, para que sejam concentrados e/ou quantificados (DIAS *et al.*, 2017). É uma técnica de processamento físico que não depende do uso de solventes orgânicos (como hexano, éter de petróleo) para extração, onde a interação entre o ultrassom e o material gera uma cavitação devido a variação de pressão do líquido formando bolhas (ZHANG *et al.*, 2017). Este método aumenta a eficiência de extração através do fenômeno de cavitação acústica, que ocasiona ruptura das células vegetais, facilitando o fluxo de solvente, aumentando assim, a dessorção da matriz de amostras sólidas (RASHED *et al.*, 2016).

No contexto de valorização dos rejeitos gerados em feiras livres e aplicação de métodos ambientalmente corretos, este trabalho, pretende indicar uma alternativa de utilização para os rejeitos vegetais de tomate (*Lycopersicon esculentum*) pimenta (*Capsicum spp.*) e jambu (*Acmella oleracea l.*), oriundos do processo de seleção na feira do Ver-o-Peso. Através da determinação de sua estabilidade após secagem por *Refractance Window* nestas matrizes vegetais, e de um *blend* formado por estes na

proporção (1:1:1); e dos compostos bioativos extraídos por meio de extração assistida por ultrassom no blend seco por *Refractance window* produzido a partir dos rejeitos vegetais.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar os compostos bioativos obtidos da extração assistida por ultrassom utilizando como solvente o etanol e a oleína de palma e o efeito da secagem por *refractance window*TM sobre as propriedades e atividades destes biocompostos em blend de tomate, pimenta e jambu oriundos de descarte.

2.2 ESPECÍFICOS

- Produzir um *blend* com rejeitos de tomate, pimenta e jambu na proporção (1:1:1);
- Realizar a liofilização e a secagem por *refractance window* das matrizes vegetais (jambu, pimenta e tomate) individualmente, e de sua mistura (*blend*);
- Realizar caracterização físico-química, térmica e espectroscópica dos pós obtidos através da secagem por liofilização e *refractance window*;
- Determinar os compostos bioativos e capacidade antioxidante das matrizes isoladas e no *blend* produzido;
- Realizar extração assistida por ultrassom dos compostos bioativos do *blend* seco por *Refractance window*, utilizando oleína de palma e etanol como solventes;
- Avaliar os compostos bioativos e capacidade antioxidante no extrato obtido.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 RESÍDUOS ORGÂNICOS VEGETAIS

A escassez de alimentos em várias partes do planeta seria menos preocupante se os excessivos índices de desperdício fossem diminuídos. O Brasil tem apresentado índices elevados de desperdício de alimentos, fato que afeta a economia e acentua os problemas sociais (GUSTAVSSON *et al.*, 2013).

Estima-se que no Brasil, do total de desperdício de alimentos, 10% ocorre durante a colheita; 50% no manuseio e transporte dos alimentos; 30% nas centrais de abastecimento e os últimos 10% ficam diluídos entre os supermercados e consumidores representando valores entre 7,5 a 10 milhões de toneladas por ano no desperdício de alimentos (ALEXANDRATOS & BRUINSMA, 2012).

De acordo com o anuário brasileiro de hortaliças, 26,3 milhões de toneladas de alimentos são descartadas (CARVALHO, KIST & POLL, 2013). O setor de hortifruti corresponde a quase metade dos alimentos desperdiçados no Brasil, segundo o mesmo levantamento. Isso se deve à vida útil dos produtos, que não chega a ultrapassar sete dias. Este estudo afirma também que, 30% da produção é jogada fora sem qualquer aproveitamento somente na fase de pós-colheita no Brasil, e 1,3 bilhão de toneladas de alimentos são desperdiçados anualmente no mundo.

A nível municipal, o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do Município de Belém – PGRS (BELÉM), mostra que a cidade produz aproximadamente 908 ton/dia de resíduos sólidos, incluindo resíduos oriundos de coleta domiciliar, feiras e mercados, comercio e resíduos hospitalares, o que representa uma produção de aproximadamente 651 gramas/habitante/dia, sendo que os resíduos de origem domiciliar se somam em 70% de lixo orgânico (FREIRE, 2010).

Como matéria prima para realização deste trabalho foram utilizados tomate, pimenta e jambu. Material vegetal disponível em abundância em feiras de distribuição de alimentos, onde o destino destes produtos não vendidos é, geralmente, o lixo. Pertencem à este grupo produtos fora do padrão de mercado, que apresentam algum tipo de injúria causada por mau manuseio, são muito pequenas ou apresentando manchas, porém apresentam-se saudáveis para o consumo.

3.1.1 Tomate (*Lycopersicon esculentum*)

O tomateiro é uma dicotiledônea pertencente à família Solanaceae, espécie *Lycopersicon esculentum*, originária da América do Sul, cujo fruto passa a ser largamente consumido em vários países europeus no século XVIII. Posteriormente, no século XIX, o tomate foi introduzido no Brasil pelos italianos (CURRENCE, 1963).

O tomate, possui baga carnosa, suculenta e, quando maduro, apresenta coloração avermelhada (WARNOCK, 1991) (Ver figura 1). Possui elevada umidade variando entre 91% e 95% (b. u.). O tomate é rico em vitaminas A, C e E, e minerais como cálcio, ferro e fósforo. Sua composição química varia conforme sua variedade, tipo de solo, local de cultivo e tipo de cultura e das condições climáticas durante o período de cultivo (GOULD, 1992; BASHIR, 2017). A Tabela 1 apresenta a composição centesimal média do tomate da variedade italiano.

Tabela 1. Composição centesimal média do tomate.

Composição	%
Umidade	95,88 ± 0,05
Cinzas	0,41 ± 0,03
Lipídios	0,12 ± 0,06
Proteínas	0,66 ± 0,04
Carboidratos	3,33

Fonte: Monteiro et al. (2008)

O Brasil lidera a produção de *Lycopersicon esculentum* destinado ao processamento industrial na América do Sul (CZEPAK E SANTANA, 2011). Estima-se que 77% da produção no país seja destinada ao consumo *in natura*. O restante é direcionado para o processamento de polpa, normalmente feito a partir de tomates rasteiros (BRUINSMA, 2015). Em 2010 a área plantada de tomate para fins industriais, correspondeu cerca de 22 mil ha e produção aproximada de 1,6 milhões de toneladas.

Nas indústrias produtoras de sucos e polpas de tomate, 5 a 10% do peso do fruto é tido como resíduo. A produção industrial de tomate gera uma enorme quantidade de resíduos anualmente (CZEPAK E SANTANA, 2011). No entanto, estes frutos ainda apresentam grandes quantidade de nutrientes que têm enorme potencial na indústria de

alimentos. Este é composto basicamente de sementes, cascas e pequena porção de polpa, sendo que a percentagem de tais frações é dependente do produto desejado.



Figura 1. Tomate (*Lycopersicon esculentum*). **Fonte.** Veja, 2013.

O licopeno e o β -caroteno são os principais carotenoides presentes no tomate. Westphal *et al.* (2014) realizaram estudos sobre os conteúdos de carotenóides e vitamina E presentes nas sementes de duas variedades de tomate por HPLC, bem como sua capacidade antioxidante foi analisada e identificou que as sementes continham pequenas quantidades de (all-E) -lutein e (all-E) -zeaxantina. O fruto, por sua vez, apresenta grandes quantidades de all-trans-licopeno (COOPERSTONE *et al.*, 2016). Segundo Sharma e Le Maguer (1996), o licopeno constitui 83% do total.

A biodisponibilidade do licopeno em vegetais é um fator de importância, pois sua ação depende da quantidade necessária no consumo, pois esses compostos podem ser perdidos durante o processamento (JAYATHUNGE *et al.*, 2016). Neste sentido há um interesse em se obter técnicas que diminuam a degradação desses compostos.

3.1.2 Pimenta (*Capsicum frutescens L*)

Pimentas do gênero *Capsicum* são muito populares em muitas partes do mundo devido a sua pungência, aroma e cor (SOUSA *et al.*, 2006). Elas são usadas industrialmente como agentes corantes e aromatizantes em molhos, sopas, carnes processadas, doces e bebidas alcoólicas (KOLLMANNBERGER *et al.*, 2011). O Brasil, é um dos maiores produtores mundiais de pimenta do gênero *Capsicum*. No ano de 2005, a pimenta foi o segundo vegetal mais exportado do Brasil, com um volume de exportação de aproximadamente 9.222 toneladas (MENGARDA & LOPES, 2012).

Na região amazônica é muito comum a utilização da pimenta de cheiro quando apresenta coloração verde por atribuir sabor e aroma aos preparos alimentícios. Este tipo de pimenta não possui ardência marcante e conforme seu amadurecimento sua coloração se altera de verde para alaranjado, figura 2, momento em que geralmente são descartadas.



Figura 2. Pimenta de cheiro (*Capsicum frutescens* L.). **Fonte.** Autor.

Estudos realizados com pimentas do tipo Habanero Dourado e Scotch Bonnet identificaram quantidades elevadas de luteína e β -caroteno em pimentas verdes e nas laranja grandes proporções de anteraxantina, capsantina e zeaxantina (DAS, *et al.*, 2016). Segundo este mesmo estudo, o nível de pungência é determinado pelas quantidades de capsaicinoides, alcaloides. Giuffrida *et al.* (2013), avaliaram a composição de carotenoides em 12 variedades de pimenta, onde identificou 52 carotenoides e uma grande variação na composição destes entre os cultivares avaliados. Identificaram nas pimentas vermelhas, grandes quantidades de β -caroteno, no entanto, as pimentas do tipo Serrano, Tabasco e Jalapeno não apresentaram β -caroteno, mas possuíam elevado teor de capsantina.

3.1.3 Jambu (*Acmella oleracea*)

O jambu (*Acmella oleracea* L. R. K. Jansen), planta típica da região norte do Brasil, é uma herbácea perene, com crescimento predominantemente prostrado, atingindo cerca de 30 a 40 cm de altura, ver figura 3. Quando cultivado, efetua-se o manejo com a colheita periódica de ramos (HONÓRIO *et al.*, 2011). A variedade mais comumente utilizada é a de flores amarelas, mas também outra variedade produzida é a de flor roxa (GUSMÃO & GUSMÃO, 2013).



Figura 3. Jambu (*Acmella oleracea*). **Fonte.** Autor.

O jambu vem ganhando espaço no mercado cosmético e de fármacos devido principalmente à presença de espilantol, que é o responsável pelo “tremor” característico causado na boca pela planta ao ingerida; assim como apresenta capacidade antioxidante, atividade antimicrobiana contra alguns microrganismos (WONGSAWATKUL et al. 2008; PRACHAYASITTIKUL et al. 2009).

Estudos sobre características importantes do jambu como a qualidade nutricional, composição centesimal e compostos bioativos ainda são escassos. Dados do IBGE (2011) indicam a composição centesimal do jambu, conforme tabela 2.

Tabela 2 Composição centesimal média do jambu.

Composição	%
Umidade	89,00
Cinzas	1,41
Lipídios	0,30
Proteínas	1,9
Carboidratos	7,39

Fonte: IBGE (2011)

Não há na literatura muitos estudos sobre o perfil de carotenoides na *Acmella oleracea*. No entanto, já é conhecido que folhas verdes são ricas em luteína (D'ESTE et al., 2017). Quanto aos carotenoides existentes em jambu, Maldonado-Robledo et al., (2003) revela que a presença de clorofila em folhosas mascara as cores de outros pigmentos.

3.2 CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

Os antioxidantes, que podem ser naturais ou sintéticos, são uma ferramenta importante de combate aos radicais livres e apresentam-se como alternativa para prevenir a deterioração oxidativa dos alimentos, minimizando assim os danos que esses compostos oxidativos poderiam causar no corpo humano (MELO & GUERRA, 2002; HUANG, OU & PRIOR, 2005). Por serem muito reativos, a presença destes radicais livres tem grande impacto na manutenção das funções fisiológicas normais (BIANCHI E ANTUNES, 1999; VEGA-GÁLVEZ et al., 2009).

Podem ser classificados como antioxidantes primários ou secundários, conforme seu mecanismo de ação. Os primários são compostos de estrutura fenólica, por exemplo, que promovem a inativação ou remoção dos radicais livres (formados durante a iniciação ou propagação da reação oxidativa) através da doação de átomos de hidrogênio a estas moléculas interrompendo a reação em cadeia. Nos antioxidantes secundários, o mecanismo de ação promove a eliminação de radicais (alcoxila e peroxila) formados através da doação de átomos de hidrogênio a estas moléculas, interrompendo a reação em cadeias (SIMIC & JAVANOVIC, 1994; MADHAVI & SALUNKHE, 1995; SOARES, 2002).

A capacidade antioxidante de um composto, pode ser medida, *in vitro*, por uma série de métodos descritos na literatura (GUPTA, 2015). É difícil dizer com precisão a capacidade antioxidante através de um único método, pois a complexidade de cada matriz alimentar é diferente, por tanto, a capacidade antioxidante não deve ser concluída em um único teste sendo necessário se obter uma conclusão utilizando mais de um teste, além disso, é difícil comparar um teste com outro, pois eles podem variar em diferentes aspectos. Por isso, é importante se obter o conhecimento profundo da matriz a ser analisada para poder escolher criticamente, os melhores métodos de capacidade antioxidante (LÓPEZ-ALARCÓN E DENICOLA, 2013). Geralmente os testes *in vitro* se utilizam de técnicas de aprisionamento de radicais livres e são até de maneira geral simples de serem executados (GUPTA, 2015). Para Pérez-Jiménez et al. (2008) é recomendado a utilização de pelo menos dois métodos, já que não há nenhum método oficial padronizado.

Os métodos ORAC e TRAP são baseados na eliminação de radicais peroxílicos; FRAP e CUPRAC na potência de redução de metal; teste desoxirribose baseado na

eliminação de radicais hidroxílicos; ABTS e DPPH na eliminação de radicais orgânicos, etc. (RE et al., 1999; ZIYATDINOVA, SNEGUREVA & BUDNIKOV, 2017; HAMLAOUI et al., 2018). De todos esses métodos, ABTS, FRAP, DPPH e ORAC são alguns dos mais amplamente utilizados (PRIOR, WU & SCHAICH, 2005; PÉREZ-JIMÉNEZ & SAURA-CALIXTO, 2006).

Os métodos baseados em transferência de átomos de hidrogênio medem a capacidade de um antioxidante para extinguir os radicais livres através da doação de hidrogênio, enquanto os métodos baseados em transferência de elétrons detectam a capacidade de um potencial antioxidante em transferir um elétron para reduzir qualquer composto, como metais e radicais (SHAHIDI & AMBIGAIPALAN, 2015).

O método ABTS (2,2-azino-bis-(3-etil-benzotiazolina-6-ácido sulfônico) ou TEAC (tradução do inglês Atividade antioxidante equivalente Trolox) a 734 nm, determina a atividade antioxidante total pela captura do radical ABTS⁺. O radical do ABTS⁺ forma-se no início da análise, e é solúvel tanto em água como em solventes orgânicos, permitindo a análise de amostras tanto hidrofílicas como lipofílicas (LE GRANDOIS *et al.*, 2016). Com a adição de um antioxidante ocorre a redução do ABTS⁺ promovendo a perda da coloração do meio reacional. Com a extensão da perda de cor, a porcentagem de inibição é determinada. Este método, pode ser expresso através de uma curva de determinação, onde se utiliza o antioxidante Trolox como padrão. O Trolox é um composto solúvel em substâncias polares, ou ainda, através de equações para determinação da atividade antioxidante (RE et al., 1999; PÉREZ-JIMÉNEZ & SAURA-CALIXTO (2006), ACHAT *et al.*, 2016).

O método do β -caroteno/ácido linoleico avalia a atividade de inibição de radicais livres gerados durante a peroxidação do ácido linoleico. O sistema β -caroteno/ác. linoleico está fundamentado em medidas espectrofotométricas da descoloração (oxidação) do β -caroteno induzida pelos produtos de degradação oxidativa do ácido linoléico. Nesta metodologia, o sistema formado por β -caroteno e ácido linoléico é induzido a uma rápida descoloração na ausência de um antioxidante. O radical livre é formado pelo ácido linoléico e por um átomo de hidrogênio, retirado de um dos grupos metila, da molécula de β -caroteno. A taxa de descoloração da solução de β -caroteno é determinada pela medida entre a diferença da leitura espectrofotométrica inicial a 470 nm e após 60 min (MATTHÄUS, 2002).

3.3 COMPOSTOS BIOATIVOS

Os compostos bioativos obtidos através de uma alimentação saudável e equilibrada promovem diversos benefícios à saúde, fortalecem o sistema imunológico, o que reduz o estresse oxidativo e risco a desenvolvimento de patologias, como o câncer e doenças cardíacas, já que estes possuem capacidade de neutralizar radicais livres resultantes de processos oxidativos que ocorrem no sistema celular (CROFT et al., 2017; DE SILVA et al, 2017; PIRES et al., 2018; QIU et al. 2018).

Alimentos vegetais podem conter teores significativos de compostos bioativos tais como tocoferóis, compostos fenólicos e carotenoides, que colaboram na prevenção de diversas doenças através de mecanismos atribuídos aos seus efeitos antioxidantes, que protegem as biomoléculas da ação dos radicais livres (ARRANZ; PÉREZ-JIMÉNEZ; SAURA-CALIXTO, 2008; DAMODARAN *et al.*, 2009; ETTINGER, 2013). em estudos sobre compostos bioativos presentes em fruta e vegetais, relataram suas propriedades benéficas à saúde.

Com isso, têm-se intensificado os estudos em alimentos que exerçam não somente capacidade nutritiva, como possuam atividades funcionais. Neste contexto, os compostos bioativos, mesmo que em pequenas quantidades, podem exercer efeitos preventivos em distúrbios fisiológicos (SIRÓ et al., 2008).

3.3.1 Carotenoides

Carotenoides são pigmentos naturais que variam do amarelo ao vermelho, lipossolúveis e solúveis em solventes orgânicos (acetona, álcool, éter etílico, clorofórmio e acetato de etilo), são facilmente solúveis em éter de petróleo, hexano e tolueno; extremamente instáveis, sensíveis à luz, ao calor excessivo e exposição à ácidos, podendo degradar durante seu processamento e armazenamento (LEMOS, 2012; RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

Apresentam-se como tetraterpenos que são formados por oito unidades isoprenoides de cinco carbonos, sua molécula é linear e simétrica de ordem invertida no centro. Este esqueleto pode ser modificado por rotas diversas, como mostra a Figura 4, tais como reações de hidrogenação, desidrogenação, ciclização, migração de dupla ligação, encurtamento ou extensão da cadeia, rearranjo, isomerização, introdução de

substituintes e oxidação (VINÍCIUS TRÊS *et al.*, 2007). Responsáveis pela coloração viva das plantas e vegetais, esses compostos possuem ação antioxidante, conferida por sua principal característica de conter em sua estrutura química 40 carbonos, que consiste em ligações duplas conjugadas que fazem com que os carotenoides absorvam energia através de um processo de transferência de energia não radioativo (DAMODARAN *et al.*, 2009).

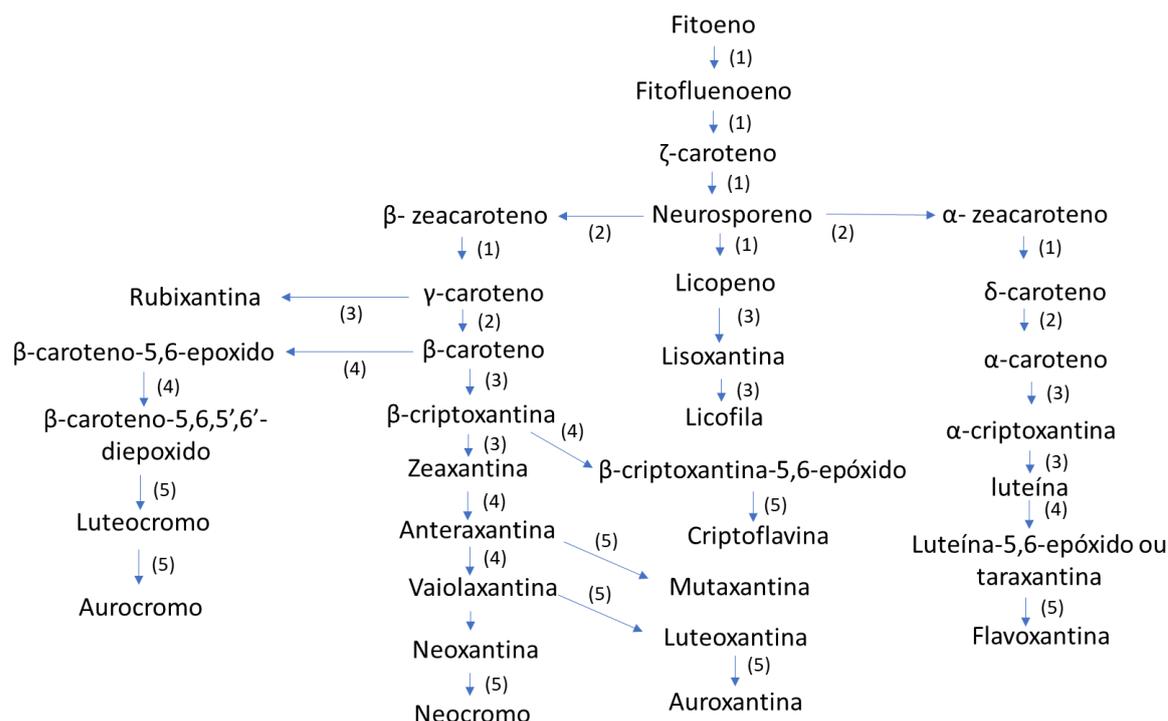


Figura 4. Estágios da biossíntese de carotenoides e suas possíveis transformações. 1) dessaturação, 2) ciclização, 3) hidroxilação, 4) epoxidação, e 5) rearranjo de epóxido de furanoxido. **Fonte.** Rodriguez-Amaya (2001) adaptado.

Nos carotenoides presentes nos alimentos a configuração *trans* das duplas ligações ocorre mais frequentemente do que a configuração *cis*. Estudos realizados por Moller & Loft, (2004) e Pimentel; Francki & Gollücke, (2005), indicam que o grande número de insaturações conjugadas presentes nas moléculas de carotenoides são responsáveis pela coloração intensa verificada nestes compostos. Assim, quanto maior o número de insaturações, mais intensa é a cor. Embora essencial para sua função, esta quantidade elevada de duplas ligações, os tornam mais predispostos à degradação por oxidação.

Os carotenoides podem ser classificados como carotenos (carotenoides formados por hidrocarbonetos) ou xantofilas (carotenoides que possuem pelo menos uma molécula

de oxigênio em sua estrutura). Possuem ação antioxidante e pró-vitamina A. Os principais carotenoides com ação pró-vitamínicos A são: β -caroteno, α -caroteno, γ - caroteno e β -criptoxantina; entre os não pró-vitamínicos estão a luteína, zeaxantina e licopeno (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; VICARIO; HEREDIA, 2004; RODRIGUEZ-AMAYA, 2001) Ver Figura 5.

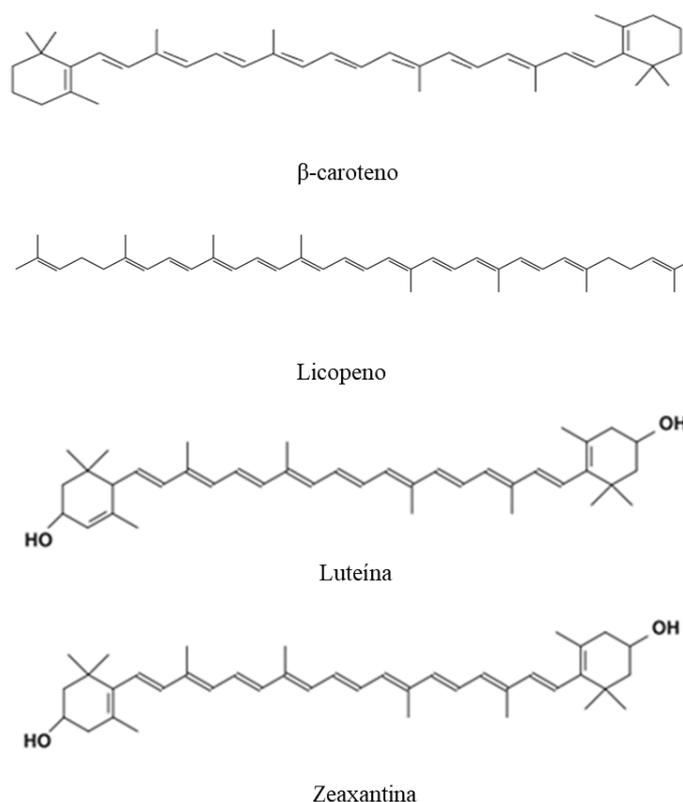


Figura 5. Estrutura molecular plana do β -caroteno, licopeno, luteína e zeaxantina.

Fonte. Rodriguez-Amaya (2001) adaptado.

Segundo Rodriguez-Amaya (2001), o β -caroteno é o carotenoide mais comum nos alimentos, seja como composto majoritário ou em menor proporção, pode vir acompanhado de α -caroteno e do γ -caroteno em concentrações muito mais baixas. Possui importante papel na manutenção da visão, que permite a visão em penumbra através da púrpura visual. Bem como, possui função de proteção da pele e de mucosas, atuando também, no metabolismo das gorduras. Quando consumido, uma parte do β -caroteno é metabolizada transformando-se em vitamina A e o restante é armazenado para necessidades futuras do organismo. (VINÍCIUS TRÊS *et al.*, 2007).

O licopeno é um carotenoide presente em vegetais como tomate, melancia, dentre outras frutas vermelhas. Sintetizado por plantas e microrganismos, é responsável pela cor vermelha em vegetais. Seu consumo está relacionado com a redução do risco de várias doenças crônicas, como câncer, doenças cardíacas entre outros (PHINNEY *et al.*, 2017). Possui maior reatividade e propriedade antioxidante que o β -caroteno devido à presença de duas ligações duplas não conjugadas em sua composição, que fazem com que a capacidade do licopeno de se ligar ao oxigênio seja duas vezes maior, Ver Figura 5 (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

Luteína e zeaxantina são dois carotenoides que conferem proteção aos olhos contra danos gerados por radicais livres e radiação UV, como esses compostos não são produzidos pelo corpo humano se torna interessante o consumo dos mesmos (MURILLO *et al.*, 2010). São isômeros, por possuírem a mesma fórmula química, diferenciando-se pela localização da ligação dupla de um dos anéis, conforme figura 5 (ARUNA E BASKARAN, 2010).

A luteína age como um filtro de luz como um todo, mas também filtra a luz azul, que tem sido apontada como a mais nociva para o olho. Um tipo de pigmento de cor amarela presente em alimentos como folhas de cor verde escura, brócolis, espinafre, couve, milho, abacate, laranja, kiwi, uvas, suco de laranja, abobrinha, ovo, pimenta e abóbora (NWACHUKWU *et al.*, 2016).

3.2.2 Compostos Fenólicos Totais

Os compostos fenólicos são os principais metabolitos secundários das plantas, sendo encontrados em grandes quantidades em alimentos e bebidas à base de vegetais e considerados benéficos para a saúde humana (AWE *et al.*, 2013).

Os compostos fenólicos são um grupo de antioxidantes que atuam sobre os radicais livres, combatendo o envelhecimento celular causado por sua ação. Originados do metabolismo secundário de plantas, têm extrema importância no crescimento e reprodução vegetal, têm ação protetora contra raios ultravioletas e agentes patogênicos. São responsáveis pela cor, aroma, adstringência e estabilidade oxidativa presentes em alimentos (ANGELO E JORGE, 2007; PYRZYNSKA; BIESAGA, 2009). São encontrados em frutas cítricas, como limão, laranja e tangerina, além de outras frutas à exemplo da cereja, uva, ameixa, pêra, maçã e mamão, sendo encontrados em maiores

quantidades na polpa que no suco da fruta. Está presente também, em pimenta verde, brócolis, repolho roxo, cebola, alho e tomate (PIRES et al., 2018).

Angelo e Jorge (2007), definem os fenólicos como substâncias em que há presença de anel aromático, possuindo um ou mais substituintes hidroxílicos, somando-se a seus grupos funcionais. Existe milhares de fenóis, destacando-se os flavonoides, ácidos fenólicos, fenóis simples, cumarinas, taninos, ligninas e tocoferóis. Possui estrutura variável, devido à diversidade de combinações que podem acontecer na natureza, os polifenóis possuem diversas funções. Estas combinações fenólicas podem ser categorizadas em várias classes. Dentre os fenólicos, destacam-se como mais comuns antioxidantes naturais os flavonoides, os ácidos fenólicos, os taninos e os tocoferóis (BORGES, 2009).

A atividade antioxidante dos compostos fenólicos está ligada à sua estrutura química e propriedade redutora. Estas características exercem importante papel na neutralização ou sequestro de radicais livres e quelação de metais de transição, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo. Este fato torna os compostos fenólicos muito eficientes na prevenção da autoxidação. (BALASUNDRAM; SUNDAM; SAMMAN, 2006; BABBAR et al., 2011). A ressonância do anel aromático presente na estrutura destes antioxidantes fenólicos forma intermediários relativamente estáveis (HUBER; HOFFMANN-RIBANI; RODRIGUEZ-AMAYA, 2009).

3.4 ASPECTOS FUNCIONAIS E TECNOLÓGICOS DE VEGETAIS DESIDRATADOS

A alta umidade de frutos e vegetais frescos, é responsável pela sua elevada perecibilidade, e sua baixa vida de prateleira, o que pode ser agravado, ainda, por práticas inadequadas de manipulação (QUINTERO RUIZ *et al.*, 2014). Esta vida útil, pode ser controlada através de processos de secagem onde a remoção da água diminui consideravelmente reações enzimáticas e não enzimáticas além da deterioração microbiana, mantendo as características nutricionais e sensoriais dessas matérias primas vegetais (KUROZAWA *et al.*, 2012).

Produtos vegetais desidratados e em pó tem ampla aplicação na indústria de alimentos. A indústria de confeitaria e padaria em geral utiliza-se de frutos e legumes desidratados em doces, molhos, chás, pudins, alimentos para crianças e bebês. Esses

produtos são, particularmente também empregados na forma de pós de frutos e hortaliças, como aditivos alimentares com ação funcional atuando na melhoria nutricional dos alimentos, como ingredientes para a indústria de bebidas, corantes naturais, aromatizantes em iogurtes, sorvetes entre outros (CAMIRE *et al.*, 2007).

Viuda-Martos *et al.* (2012) mostraram que co-produtos em pó de sementes de romã podem ser considerados um ingrediente potencial em produtos alimentares, aumentando seu conteúdo de fibra dietética total e melhorando suas propriedades tecnológicas. Oszmiański *et al.* (2016), estudaram diferentes métodos de preparo de pó de *Lonicera caerulea* L. var. *kamtschatica*, sua composição química e capacidade antioxidante, e verificaram que o pó obtido da casca do fruto é mais rico em compostos bioativos do que o obtido do fruto inteiro. Também se pode utilizar pós de frutas e vegetais como ingredientes em massas instantâneas, ou sopas desidratadas entre outros (ARGYROPOULOS *et al.*, 2011).

A qualidade de um produto vegetal em pó é extremamente dependente das condições do processo de secagem e de moagem, das propriedades físicas, composição e sistemas de produção (orgânico ou convencional). Esses fatores determinarão o valor nutricional e funcional, tecnológico e comercial do produto final (DEVAHASTIN E NIAMNUY, 2010; ZHANG *et al.*, 2012).

3.5.1 Secagem

No processo de secagem busca-se a redução da quantidade de água no alimento evitando a criação das condições propícias para o desenvolvimento de microrganismos, por este motivo eleva a vida útil de alimentos. No entanto, a utilização de elevadas temperaturas durante o processo de secagem degrada o alimento, gerando perda de vitaminas e valor nutricional (DE MENEZES *et al.*, 2009). Estes fatores, levam a busca de alternativas de secagem que minimizem estes impactos.

Liofilização

A liofilização é um processo de secagem realizado em condições especiais, ocorre através da sublimação da água presente no alimento utilizando vácuo e baixas temperaturas. Onde há necessidade de congelamento prévio do alimento a ser (GARCIA, 2009). O processo de liofilização é composto de três estágios: estágio de congelamento,

onde o alimento torna-se completamente sólido devido a utilização de temperaturas inferiores ao seu ponto de início de congelamento; estágio de secagem primária, em que a água congelada é removida do alimento através do processo de sublimação e estágio de secagem secundária, no qual há dessorção da água ligada através de um leve aquecimento (VIEIRA *et al.*, 2012). A secagem por liofilização permite a manutenção das características sensoriais e nutricionais dos alimentos devido à ausência de ar e utilização de baixas temperaturas, que permite a minimização da maioria das reações de deterioração promovendo um produto seco de excelente qualidade. Por este motivo, este método de secagem é recomendável para produtos termosensíveis (GARCIA, 2009). Uma grande desvantagem deste processo é seu elevado custo causado pela própria aquisição do equipamento, além da etapa de congelamento e elevada energia requerida para sublimação e remoção do vapor de água gerado (ROSA *et al.*, 2009).

Refractance Window

O processo de secagem por *Refractance Window* utiliza a água para fornecer a energia necessária ao produto a ser seco. Em 1986 este método foi patenteado por Magoon e desenvolvido no ano 2000 pela empresa MCD Technologies. Evranuz *et al.* (2011) afirmam, que dependendo das condições de secagem, este método representa importante alternativa à liofilização, spray-dryer, e entre outros, por manter a qualidade dos alimentos, reduzindo os efeitos da secagem sobre eles, ver figura 6.

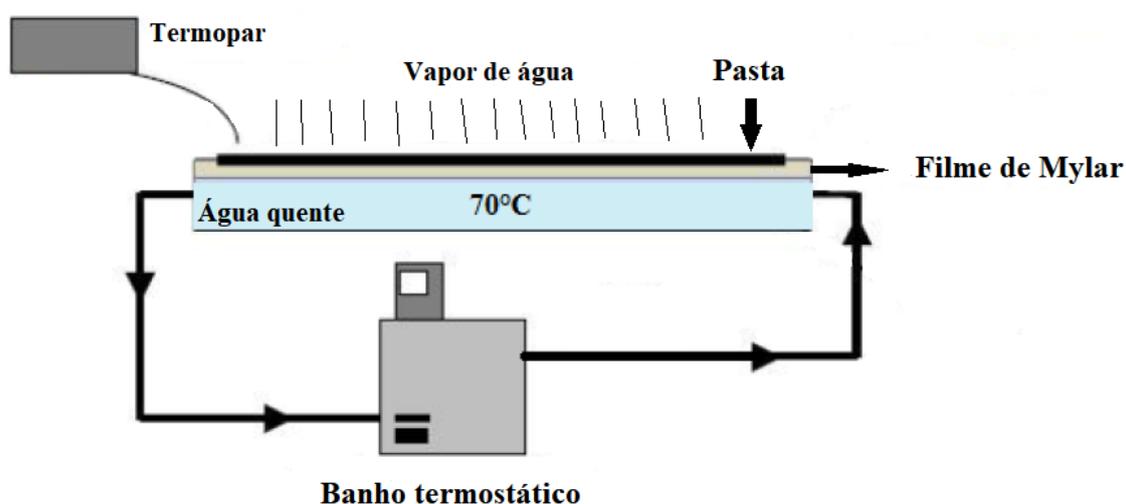


Figura 6. Esquema do equipamento *Refractance window*. **Fonte.** Adaptado de Castoldi (2012).

Através da figura 7, pode-se observar o esquema de funcionamento do equipamento de *refractance window*, no qual uma fina camada do produto é uniformemente espalhada sobre a superfície de um filme de poliéster transparente especial (*Mylar*, do fabricante *DuPont*), que flutua em água quente (ou qualquer outro líquido), utilizado para transmitir o calor ao produto pelos mecanismos de condução, convecção e radiação, considerando que a radiação passa diretamente através da membrana para o produto a ser seco. Além de lidar com uma gama diversificada de produtos líquidos, o processo de *Refractance Window* se aplica a transformar polpa de frutas, legumes, ervas e outros produtos relacionados em pó, filmes comestíveis e concentrados com alto valor agregado (NINDO E TANG, 2007).

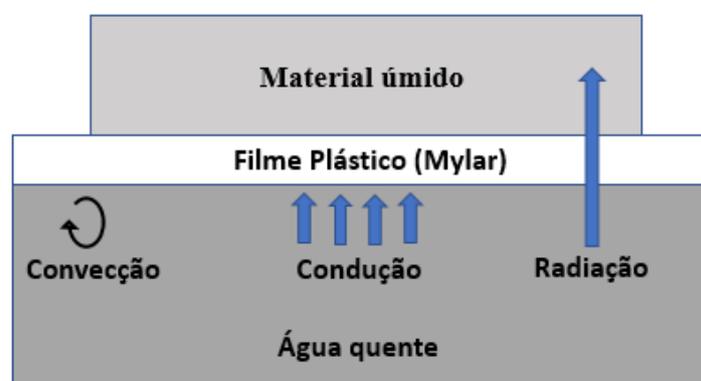


Figura 7. Esquema de funcionamento do *Refractance window*. **Fonte.** Autor

3.5 EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS

Diversos fatores podem influenciar a eficiência da extração de compostos bioativos, como a natureza da amostra, o tamanho de partícula, tempo, temperatura, tipo de solvente, além da metodologia. A literatura descreve vários métodos de extração destes compostos, dentre eles estão, extração por soxhlet, por maceração, assistida por micro-ondas, assistida por ultrassom e extração por fluido supercrítico (BRUM & ARRUDA, 2009; LIDIA, 2015; CALGARO, *et al.*, 2017; FERNÁNDEZ *et al.*, 2018; KUSUMA, ALTWAY & MAHFUD, 2018).

A extração utilizando solventes orgânicos é amplamente aplicada no isolamento de compostos bioativos presentes em vegetais, onde sua eficiência depende tanto do solvente utilizado (devido à diferença de polaridade entre eles); quanto do método de extração envolvido (ANDREO & JORGE, 2006). Os métodos mais utilizados são extração por

sohxlet e maceração, onde os solventes mais comumente utilizados são hexano, tolueno, éter etílico, clorofórmio, dicloroetano, etanol, metanol, propanol, isopropanol, acetona, xileno e benzeno. Estes métodos de extração possuem alguns inconvenientes como elevado gasto energético, demandam muito solvente e tempo para realização da extração, podendo deixar resíduos de solvente no produto.

Um ponto crítico da extração de compostos bioativos é a preocupação com a qualidade do extrato, que pode ser influenciada por diversos fatores, como a metodologia utilizada para a extração, a natureza da matriz vegetal utilizada como amostras, o tamanho das partículas da amostra, assim como, o solvente e a concentração utilizada, o tempo e a temperatura de extração (ANDREO & JORGE, 2006). Observe-se, então, uma importante evolução nas pesquisas na busca por novas alternativas de métodos de extração e solventes menos agressivos ao meio ambiente e que gerem um bom rendimento.

Neste sentido, a extração assistida por ultrassom surge como um método verde de extração pois não necessita de solventes orgânicos convencionais como, hexano, éter de petróleo, dentre outros. Ocorre em menor tempo quando comparado aos demais métodos, além de aumentar o rendimento de extração lipídica, extraindo também, carotenoides e clorofila (ZHANG *et al.* 2017)

Na extração assistida por ultrassom, ver esquema da figura 8, a extração ocorre através de um fenômeno conhecido como cavitação provocada pela interação entre a amostra e o ultrassom, causando a ruptura da parede celular do vegetal, forçando a remoção de seus compostos para o meio extrator (BAHADAR E KHAN, 2013; RASHED *et al.*, 2016; ZHANG *et al.*, 2017). Segundo Capote e De Castro (2007) & Chemat e Khan (2011), a técnica de extração por ultrassom converte energia elétrica em pulsos vibratórios através da energia das ondas que é transmitida em uma frequência acima de 20 kHz, inaudível pelos homens. Estes pulsos têm a função de gerar um fenômeno de cavitação, causando um colapso nas bolhas que são formadas dentro da amostra que geram o rompimento de sua estrutura celular, maximizando a liberação dos compostos extraíveis e elevando a transferência de massa para o solvente (LEE *et al.*, 2012; WANG E WELLER, 2006).

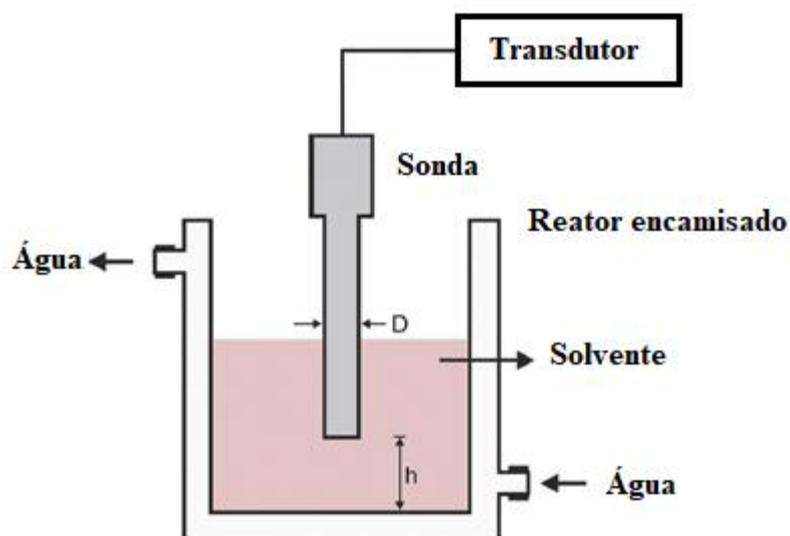


Figura 8. Esquema sistema de extração assistida por ultrassom. **Fonte.** Dias (2017). Adaptado.

A propagação das ondas sonoras na matéria ocorre por meio de uma variação na pressão empregada no líquido durante o processo de cavitação, levando ao afastamento e aproximação de moléculas repetidamente e conseqüente formação de microbolhas que implodem, liberando uma quantidade elevada de calor (CHEMAT E KHAN, 2011). O mecanismo de extração se dá devido a implosão destas microbolhas, causadas por materiais sólidos contidos no sistema, havendo então a formação de jatos que colidem sobre a superfície deste material sólido (SHIRSATH, SONAWANE & GOGATE, 2012). Ainda referente a este estudo, estas implosões geram, também, uma elevação de temperatura, aumentando a solubilidade e a difusividade dos compostos no meio, o que eleva a eficiência de extração.

A extração por ultrassom de sonda é um método simples, de baixo custo, tempo de extração e temperatura reduzidos e tem a possibilidade de utilização de vários tipos de solventes para realização da extração, além de ser considerado um processo de extração “verde” pois utiliza quantidades reduzidas de solvente, bem como, energia necessária (WANG *et al.*, 2013).

Este tipo de extração alia-se a ação de solvente orgânico. Rashed *et al.* (2016) relataram a utilização de oleína de palma para extração em *Lavandula pubescens*. Neto *et al.* (2013), utilizaram hexano como solvente em algas na extração assistida por ultrassom obtendo teores lipídicos entre 15,5 % e 39,5 %. Solventes de baixo custo, como álcoois,

devido às ligações de hidrogênio, possuem forte lipoafinidade, no entanto por sua natureza polar possui um limite de afinidade lipídica (HALIM *et al.*, 2011).

Fernández *et al.* (2018), verificaram o potencial de extração de compostos fenólicos utilizando processo assistido por ultrassom de alta eficiência em diferentes matrizes, onde foram determinados 14 fenóis. Em seu estudo, Lianfu e Zelong (2008), obtiveram 89,4% licopeno em extração assistida por ultrassom, onde as condições ótimas de frequência de 40 KHz de processamento ultrassônico, a proporção de solventes para pasta de tomate foi de 10,6: 1 (V / W) e o tempo de extração deve ser 6 minutos e temperatura de extração de 86,4 °C.

3.6 TRANSFORMADA DE FOURIER INFRAVERMELHO (FTIR)

Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) trata-se de uma técnica espectroscópica de absorção, que envolve transições moleculares de estados vibracionais ou rotacionais de baixa energia (4000 a 400 cm^{-1}). Como o número e o tipo de transições que a molécula sofre, estão relacionados com o número e o tipo de ligações que ela contém, as informações contidas em espectros deste tipo permitem a identificação de grupos funcionais. Dentro deste contexto, destaque pode ser dado à região da impressão digital (1200 a 700 cm^{-1}), que é reconhecida por evidenciar pequenas diferenças na estrutura e constituição da amostra, o que resulta em uma significativa mudança na distribuição dos picos de absorção nesta região do espectro (MIRANDA, GONÇALVES & PESSOA AMORIM, 2001). De qualquer forma, a presença de vários constituintes em uma amostra, aumenta a probabilidade de sobreposição dos sinais de absorção nos espectros de infravermelho.

3.7 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA)

É uma técnica de análise térmica onde a perda ou ganho de massa da amostra é determinada em função da temperatura e/ou tempo, enquanto a amostra é submetida a uma programação controlada de temperatura. Esta técnica nos permite entender as mudanças causadas pelo aquecimento na massa de uma determinada substância, o que permite estabelecer a faixa de temperatura em que elas adquirem composição química

fixa, definida e constante; além da temperatura em que começam a decompor. Bem como, acompanhar o andamento de reações de desidratação (perda de umidade), oxidação, combustão, decomposição, entre outros (CANEVALORO, 2004; CRAIG & READING, 2006; HSIEH, 2017).

As curvas termogravimétricas ou, simplesmente, curvas de TGA são construídas com o registro da massa da amostra em função da temperatura ou do tempo. Estas curvas podem e devem ser derivadas (primeira) registrando-se a DTG (termogravimetria derivada) que fornece informações da derivada primeira da variação da massa em relação ao tempo ou em função da temperatura (CANEVALORO, 2004).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIA PRIMA

4.1.1 Obtenção da Matéria Prima

Neste trabalho foram utilizados como matéria prima os descartes Jambu (*Acmella oleracea* l.), Tomate (*Lycopersicon esculentum*) e Pimenta de cheiro (*Capsicum* spp.) na feira do Ver-o-Peso em Belém-PA. A escolha deste material foi feita com base no critério estabelecido pelos feirantes que são: aparência, grau de maturação avançado, injúria e deformações. O material coletado foi acondicionado em embalagens flexíveis e encaminhados ao Laboratório de Medidas Físicas-UFPA para processamento

4.1.2 Processamento

Inicialmente no processo de seleção foi realizado o descarte daqueles frutos que indicavam presença de deterioração. Para higienização, os materiais foram lavados em água corrente e sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm por 10 minutos. Posteriormente, foi realizada retirada das sementes da pimenta e do tomate e no caso do jambu as raízes. Cada matriz foi processada individualmente em um multiprocessador de bancada tipo facas (BLACK e DECKER, HC32, BRASIL). Em seguida, foi elaborado um *blend* de tomate, pimenta e jambu na proporção (1:1:1). Todas as amostras foram armazenadas em embalagens plásticas e protegidas da luz à temperatura de aproximadamente -18°C até sua utilização. Estes rejeitos ainda úmidos foram codificados como tomate (TRU), pimenta (PRU), jambu (JRU) e *blend* (BRU). A Figura 9 mostra o fluxograma do processo.

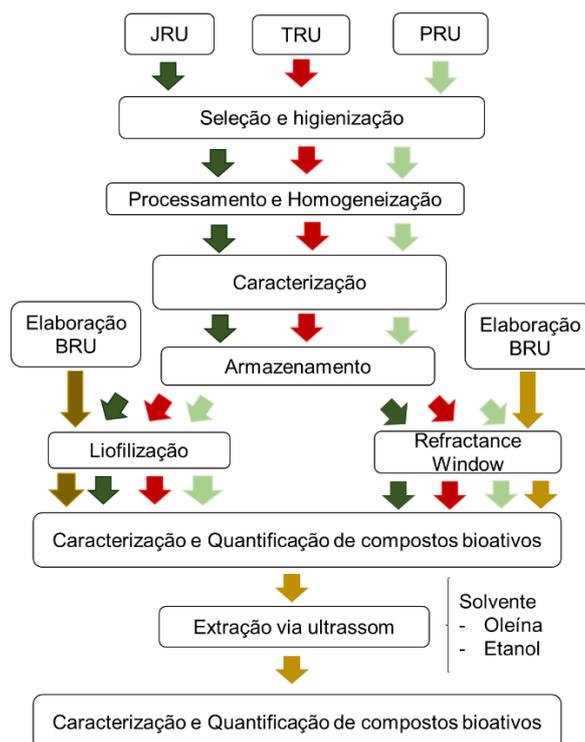


Figura 9. Fluxograma do processamento e quantificação dos compostos bioativos nos vegetais. **Fonte.** Autor.

Todas as amostras TRU, PRU, JRU e BRU foram secas por liofilização e por refractance window, cujas condições de secagem estão descritas nos itens 4.2.1 e 4.2.2, respectivamente. Os pós obtidos, foram caracterizados e tiveram seus compostos bioativos e capacidade antioxidante determinados. Posteriormente, o blend seco por RW foi utilizado para a extração por ultrassom dos compostos bioativos presentes na amostra, onde foi utilizado oleína de palma e etanol como solvente, conforme descrito no item 4.3. Em seguida, foram determinados os compostos bioativos e atividade antioxidante dos extratos obtidos por ultrassom.

4.2 PROCESSO DE SECAGEM

Para a secagem das amostras (TRU, PRU, JRU e BRU) foram aplicados dois métodos diferentes: *Refractance Window* (RW) e Liofilização (LIO), este último utilizado como método de controle.

4.2.1 Liofilização

Para fins de comparação, as amostras individuais de jambu, tomate e pimenta; e *blend* (1:1:1), foram submetidas ao processo de liofilização (Terroni, LS3000, São Paulo, Brasil) por 48 h, à temperatura de -18°C e - 200µmHg de vácuo. Estas amostras liofilizadas foram codificadas como tomate (TLIO), pimenta (PLIO), jambu (JLIO) e *blend* (BLIO). Após 48h de secagem as amostras foram trituradas em multiprocessador e armazenados em embalagens de polietileno, e selados com auxílio de uma seladora à vácuo (Digitalc, SVC 400, São Paulo), permanecendo fechados e à temperatura de -18°C até o momento da realização das análises.

4.2.2 *Refractance Window*

O equipamento utilizado para a realização dos experimentos de secagem por *Refractance Window* foi construído no Laboratório de Medidas Físicas/ UFPA, conforme os princípios do equipamento comercial, operando em regime descontínuo.

O equipamento é composto por um reservatório de aço inoxidável e possui dimensões de secagem de 8 x 80 cm, sobre o qual é fixado um filme plástico termoresistente (Mylar) com espessura de 0,25mm, um banho termostático (QUIMIS, M23211, São Paulo, Brasil), responsável pelo aquecimento e circulação de água no reservatório.

As amostras foram espalhadas sobre o secador à uma espessura de 0,2 mm e secas à temperatura de 70°C, por um período de 30 minutos. As amostras secas foram trituradas em multiprocessador e armazenados em embalagens de polietileno, selados com auxílio de uma seladora à vácuo (Digitalc, SVC 400, São Paulo), permanecendo fechados e à temperatura de -18°C até o momento da realização das análises. Estas amostras após secagem pelo método *refractance window* foram codificadas como tomate (TRW), pimenta (PRW), jambu (JRW) e *blend* (BRW), respectivamente. As condições para o processo de secagem por *refractance window* foram estabelecidas conforme dados descritos na literatura por Ochoa-Martinez, et al. (2012).

4.3 PROCESSO DE EXTRAÇÃO ASSISTIDA POR ULTRASSOM

Amostras de BRW foram submetidas a processo de extração assistida por ultrassom com diferentes solventes, sendo estes oleína de palma (100%), etanol (100%), e oleína de palma/etanol (1:1). Onde 1g de amostra de BRW foi misturada à 20mL de solvente na razão 1:20 (soluto/solvente) em tubos Falcon de 50mL e posteriormente foram encaminhados a uma célula de equilíbrio (encamisada) no qual é possível efetuar o controle de temperatura no sistema. Em seguida, as amostras foram sonicadas com a utilização de um ultrassom (Qsonica Sonicators-Q700, USA). As condições de sonicação foram estabelecidas conforme Shirsath, Sonawane e Gogate, (2012), utilizando sonda com diâmetro de 3,2 mm submersa a uma profundidade de 30 mm na amostra, durante 5 minutos, à temperatura de $30 \pm 1^\circ\text{C}$, frequência de 20kHz e amplitude variando em 50, 65 e 80%. Foram realizados 9 ensaios, conforme tabela 3.

Tabela 3. Ensaios de extração assistida por ultrassom

Ensaios	Proporção % (etanol:oleína)	Amplitude (%)
1	100:0	50
2	0:100	50
3	50:50	50
4	100:0	80
5	0:100	80
6	50:50	80
7	100:0	65
8	0:100	65
9	50:50	65

4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS MATRIZES VEGETAIS

As análises físico-químicas das amostras *JRU*, *TRU*, *PRU* e *BRU*, foram realizadas no Laboratório de Medidas Físicas da Universidade Federal do Pará e imediatamente após seu processamento, para evitar a degradação das amostras e os resultados de lipídios,

proteínas, carboidratos e cinzas expressos em base úmida (b.u.). Estas análises foram realizadas em triplicata, os teores de umidade, cinzas, lipídeos e proteínas foram medidos utilizando metodologias indicadas pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005). Umidade foi determinada gravimetricamente após secagem em estufa à 105°C até peso constante. O teor de cinzas determinado gravimetricamente após incineração da matéria orgânica em forno de mufla (550 °C) até peso constante, lipídeos através de gravimetria após extração soxhlet utilizando como solvente éter de petróleo e proteína total pelo método de Kjeldahl como fator de conversão nitrogênio para proteínas 6,25. O teor de sólidos solúveis foi determinado, utilizando um refratômetro digital (ABBE, LMAR1317) com leitura direta sendo os resultados expressos em °Brix de acordo com o método n° 932.12 da AOAC (2005).

4.5 CARACTERIZAÇÃO DAS MATRIZES EM PÓ

4.5.1 Atividade de Água (aw)

A atividade de água (aw) dos pós foi determinada utilizando um higrômetro (Aqualab, 4TEV, Washington, EUA), a temperatura ambiente de 25°C e após prévia calibração do equipamento com soluções salinas na mesma temperatura.

4.5.2 Análises Microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas de acordo com os padrões exigidos pela legislação vigente (BRASIL, 2001): Bolores e leveduras; e coliformes a 45°C.

4.5.3 Cor Instrumental

As amostras foram colocadas em uma superfície preta e a cor medida em três diferentes pontos da amostra selecionados aleatoriamente. As leituras foram realizadas em triplicata por meio de colorímetro CR-310 Minolta. Os atributos de cor das amostras foram expressos em coordenadas do sistema CIELAB como valores de L *, a *, b * e

chroma (C^*). A variação no eixo L^* representa mudanças na luminosidade, com uma faixa de 0 = preto e 100 = branco; a coordenada a^* é responsável pela cromaticidade ($+a^*$ = vermelho; $-a^*$ = verde) e a b^* ($+b^*$ = amarelo; $-b^*$ = azul). Foi calculado a intensidade de cor ou croma (c^*) (Equação 1) e a diferença de cor total (ΔE) (Equação 2) (SHEWFELT et al., 1988).

$$c^*_{ab} = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad \text{Eq. 1}$$

A mudança de cor nas amostras após o processamento de secagem foi expressa como diferença de cor total (ΔE) de acordo com a Eq (2).

$$\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde ΔL^* , Δa^* e Δb^* representam as diferenças entre os valores de L^* , a^* e b^* , respectivamente, das amostras secas e ainda úmidas.

4.5.4 Transformada de Fourier infravermelho (FTIR)

Os espectros no infravermelho das amostras requeridas foram obtidos por reflectância total atenuada (ATR), utilizando-se um espectrômetro (Thermo, Nicolet iS50 FT-IR), na região espectral de 4000-400 cm^{-1} , a 100 scans e resolução de 4 cm^{-1} . A aquisição dos dados foi realizada através do software OMNIC.

4.5.5 Análise Termogravimétrica (TG e DTA simultâneo)

A perda de massa do blend e de matrizes vegetais secas foi avaliada por termogravimetria (TG). As análises térmicas foram realizadas em equipamento NETZSCH, STA 449 F3 Jupiter; no laboratório de difração de raios X (PPGF/ UFPA). Com variação de temperatura no intervalo de -150°C até 1000°C ; com taxa de aquecimento de $10^\circ\text{C}/\text{min}$, temperatura variando de ambiente a 500°C , fluxo do gás de 50ML e gás N_2 em cadinho de alumina.

4.6 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS

As análises de compostos bioativos foram realizadas nas matrizes e *blend in naturas*, liofilizadas e secas por *RW* e nos extratos obtidos após extração por ultrassom

do *blend RW*. No entanto, para as análises referentes aos extratos oleosos se fez necessária realização de uma etapa de pré-tratamento (4.6.1), visto que os extratos obtidos com oleína (lipofílicos) não são solúveis nas soluções hidrofílicas, empregadas nas análises de fenólicos totais (4.6.3), ABTS e Sistema β -caroteno/ácido linoleico (4.7.2).

4.6.1 Pré-tratamento dos extratos oleosos

Uma fração de 2mL dos extratos oleosas submetidos à extração assistida por ultrassom (EAU) foi adicionada a um béquer de 50 mL, onde foi adicionado 2 mL de hexano, mais 5 mL de solução metanol:água (60:40) e a mistura foi mantida sob agitação em agitador orbital (MARCONI, MA832) por 20 minutos. Após essa etapa, o material contido na fase de fundo foi coletado com auxílio de uma pipeta e armazenada. A fração contida na fase de topo, resultante da etapa anterior, foi adicionada mais 5 mL de solução metanol:água (60:40) e repetido o procedimento descrito anteriormente, ao final a fase fundo recolhida após cada etapa foram misturadas e a fase topo (oleosa) foi descartada.

4.6.2 Determinação de Carotenoides Totais

A determinação dos carotenoides totais das amostras de tomate, pimenta jambu e *blend in natura*, liofilizadas e secas por *RW* foi realizada conforme descrito por Rodriguez-Amaya (2001). O composto majoritário de cada matéria prima, foi verificado após varredura, no intervalo de comprimento de onda de 350 a 700 nm, ver Apêndice I, em espectrofotômetro (Thermo Scientific, Evolution 60, EUA).

Desta maneira, a leitura das absorbâncias para as amostras de jambu, pimenta e *blend*, onde a luteína é majoritária foi realizada no comprimento de onda de 445 nm, λ_{max} de absorção da luteína em etanol. No entanto, para as amostras de tomate, onde o licopeno é majoritário, utilizou-se éter de petróleo em comprimento de onda de 470 nm. As leituras das absorbâncias dos extratos obtidos após a extração por ultrassom de amostra BRW, que possui a luteína como composto majoritário (ver Apêndice Id), foram realizadas no comprimento de onda de 445 nm. Para a leitura das absorbâncias dos extratos oleosos foi

efetuada a diluição dos mesmos em éter dietílico na proporção (2:10). A concentração de carotenoides totais foi calculada a partir da Lei de Lambert-Beer, conforme Equação 3:

$$C(\mu g \cdot g^{-1}) = \frac{Abs \cdot 10^4 \cdot V \cdot f_{dil}}{E_{1cm}^{1\%} \cdot m} \quad \text{Eq.3}$$

Onde C é a concentração de carotenoides totais (expressa como luteína para as amostras de *blend*, jambu e pimenta; e licopeno para o tomate), Abs é a absorbância do extrato a 445 nm (luteína) ou 470 (licopeno); V o volume em mL; m a massa de amostra e $E_{1cm}^{1\%}$ é o coeficiente de absorvidade, conforme Gross (1991), que corresponde a 2550 para luteína em etanol (utilizadas para os cálculos em jambu, pimenta e *blend*), ou 3450 para licopeno em éter de petróleo (utilizado para os cálculos em tomate), e 2600 para luteína em éter dietílico (nos extratos de *blend RW*).

4.6.3 Determinação Compostos Fenólicos Totais

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado pelo método descrito por Singleton e Rossi (1965) e modificado por (Georgé *et al.*, 2005), que se baseia na reação com o reagente de Folin-Ciocalteu. A quantificação foi feita em espectrofotômetro a 760 nm. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por 100 g de amostra, utilizando curva padrão de ácido gálico (ver Apêndice IIa). Todas as medições foram realizadas em triplicata.

4.7 CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

4.7.1 Método ABTS

A determinação de atividade antioxidante pelo método ABTS foi realizada conforme metodologia proposta por Re *et al.* (1999), onde mede-se a diminuição de concentração do radical ABTS [ácido 2,2-azino-bis (3- etilbenzotiazolin) -6-sulfônico] capturado pelos antioxidantes testados da amostra e pelo equivalente hidrossolúvel de trolox. O extrato foi preparado a partir de aproximadamente 1 grama para as amostras secas (LIO e RW) e 6 gramas para as amostras *RU*, utilizando como solvente extrator

metanol a 50%, acetona a 70% e água destilada, o qual será homogeneizado, centrifugado (11.000 rpm por 15 minutos) e filtrado em duas etapas, este filtrado foi transferido para um balão volumétrico e aferido para 50mL com água destilada.

Para obtenção da curva padrão, as amostras foram analisadas em triplicata, após preparo e leitura do padrão de trolox 2mM, em diferentes diluições (ver Apendice IIb). A leitura foi realizada em espectrômetro à 734 nm após 6 minutos da mistura do radical ABTS (5ml de solução de ABTS 7mM e 88µL de solução de persulfato de potássio 140mM), com o extrato da amostra em diferentes diluições, utilizando o álcool etílico como branco.

4.7.2 Sistema β-caroteno/ácido linoleico

A capacidade antioxidante utilizando o sistema β-caroteno/ácido linoleico foi realizada de acordo com o método descrito por Matthäus (2002), onde 40 mg de ácido linoleico e 400 mg de Tween 20 foram transferidos para um balão e adicionado 1 mL de uma solução de β-caroteno (3,34 mg/mL) em clorofórmio. Após esse processo o clorofórmio foi removido por evaporação em rota evaporador a 40 ° C, por aproximadamente 10 minutos. Em seguida, adicionou-se lentamente 100 mL de água destilada ao resíduo e a solução foi agitada vigorosamente para formar uma emulsão estável. Dessa emulsão foi retirado uma alíquota de 5 mL e adicionado em tubos de ensaio, juntamente com 200 µL da solução da amostra a ser avaliada. A absorvância foi lida tanto no branco (emulsão sem β-caroteno) quanto nas amostras a 470 nm. Em seguida os tubos foram colocados em banho termostático a 50° C e a absorvância foi medida em intervalos de 15 min até atingir 60 min. Os resultados foram expressos em percentagem da atividade antioxidante, calculado a partir da Equação 2:

$$AA(\%) = \left[1 - \frac{(Absc_{inicial} - Absc_{final})}{(Absam_{inicial} - Absam_{final})} \right] \cdot 100 \quad \text{Eq.4}$$

Onde %AA = Percentagem da atividade antioxidante; Absc_{inicial} = Absorvância inicial do controle Absc_{final} = Absorvância final do controle; Absam_{inicial} = Absorvância inicial da amostra; Absam_{final} = Absorvância final da amostra.

4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas dos resultados foram realizadas por meio do software Statistica versão 7.0 (STATSOFT INC., 2004), através da análise de variância (ANOVA) e teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS MATRIZES VEGETAIS

A Tabela 4 apresenta os resultados da caracterização físico-química das matrizes vegetais utilizadas neste trabalho.

Tabela 4. Caracterização do rejeito úmido das matrizes vegetais.

Análises	TRU	PRU	JRU	BRU
Umidade (%)	96,06 ± 0,06 ^a	90,75 ± 0,11 ^b	93,23 ± 0,31 ^c	93,12 ± 0,06 ^c
Cinzas (%)	0,11 ± 0,01 ^a	0,55 ± 0,08 ^b	0,18 ± 0,03 ^{ac}	0,30 ± 0,09 ^c
Lipídeos (%)	0,72 ± 0,01 ^a	1,46 ± 0,18 ^b	0,49 ± 0,02 ^a	0,92 ± 0,06 ^a
Proteína (%)	1,02 ± 0,02 ^a	2,35 ± 0,3 ^b	1,63 ± 0,04 ^c	1,3 ± 0,27 ^{ac}
Carboidrato (%)	2,10	4,90	4,47	4,36
Sólidos Solúveis (°Brix)	4,6 ± 0,06 ^a	4,4 ± 0,06 ^a	4,5 ± 0,1 ^a	4.5 ± 0.06 ^a

Letras diferentes na horizontal diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Médias em triplicata ± DP.

O conteúdo de umidade foi o constituinte majoritário em todas as amostras, variando de 90,75% (PRU) a 96,06 % (TRU). Todos os valores da umidade, obtidos para os rejeitos das três diferentes matrizes vegetais, apresentaram concordância aos descritos na literatura para essas amostras frescas (MONTEIRO et al., 2008; DAMBROS, 2014; DA SILVA, 2015). Por meio da análise estatística foi verificado que existe diferença significativa ($p \leq 0,05$) do valor da umidade entre as diferentes amostras. Entretanto, quando foi efetuada análise estatística comparativa da amostra *BRU* em relação as amostras TRU, PRU e JRU verifica-se não haver diferença significativa ($p \geq 0,05$) do valor da umidade entre as amostras *BRU* e JRU.

É importante ressaltar, que esses produtos mesmo destinados ao descarte, apresentaram valores para as características físico-química próximos aos de produtos frescos com valor comercial (MONTEIRO et al., 2008; DAMBROS, 2014; DA SILVA, 2015).

Em relação ao teor de cinzas presente nas matérias primas, foi verificado que o JRU (0,18%) não apresentou diferença significativa com o TRU (0,11%) e o BRU (0,30%), no entanto estes últimos apresentaram significativa diferença entre si. A pimenta mostrou diferença significativa entre todos os outros. Esses valores refletem o conteúdo de minerais das amostras, que pode ser influenciado por tipos de cultivares, maturação e matriz vegetal (ISMAIL; HAMAD & ELRAGHY, 2017).

Para o teor de lipídeos verificamos que o tomate (0,72%), jambu (0,49%) e *blend* (0,92%) não apresentaram diferença significativa entre si.

O teor de sólidos solúveis não apresentou diferença significativa entre as amostras. Esta característica confere importante atributo de qualidade nos vegetais, e está diretamente relacionado com a decisão de compra pelo consumidor, além disso, é um parâmetro muito utilizado na determinação da maturidade de matrizes vegetais, assim como, na definição do tempo de colheita (BIANCHI et al., 2018; ZHANG et al., 2016).

5.2 CARACTERIZAÇÃO DAS MATRIZES EM PÓ

5.2.1 Atividade de água (a_w) e Umidade

Na Tabela 5, estão apresentados os valores de atividade de água e umidade após as matérias primas serem submetidas à diferentes métodos de secagem. Verifica-se que para o *blend* e o jambu não ocorreu diferença significativa ($p \geq 0,05$), quando os dois métodos de secagem são comparados. Já as amostras de tomate (TLIO e TRW) e pimenta (PLIO e PRW) apresentaram diferença significativa entre si ($p \leq 0,05$).

Os valores obtidos de atividade de água nos produtos secos apresentam resultados próximos aos verificados na literatura para produtos liofilizados e *refractance window* (CAPARINO et al., 2013, NINDO & TANG, 2007). Em ambos métodos de secagem a a_w atingiu valores inferiores à 0,6 o que não favorece crescimento microbiano no produto. No entanto, ainda podem estar suscetíveis à oxidação lipídica, cuja faixa de atividade de água de proteção estaria entre 0,3 e 0,4 (FENNEMA, 2009).

Os valores para o método *RW* encontram-se muito próximos aos valores de umidade obtidos pelo método LIO. Se levarmos em conta o tempo de operação de cada método podemos afirmar que a secagem por *RW* torna-se competitiva e vantajosa. Haja visto que o tempo de duração para secagem por liofilização foi de aproximadamente 48h, enquanto que a secagem por *RW* teve duração de 20 a 40 minutos.

Tabela 5 Atividade de água e umidade das matrizes e *blend* secos por liofilização e *refractance window*

Amostras	Análises	Tomate	Pimenta	Jambu	Blend
aw	LIO	0,34 ± 0,003 ^a	0,31 ± 0,002 ^a	0,207 ± 0,036 ^a	0,24 ± 0,007 ^a
	<i>RW</i>	0,25 ± 0,04 ^b	0,26 ± 0,01 ^b	0,212 ± 0,005 ^a	0,26 ± 0,03 ^a
Umidade (%)	LIO	18,94 ± 0,07 ^a	16,06 ± 0,64 ^a	5,52 ± 0,40 ^a	13,84 ± 0,63 ^a
	<i>RW</i>	19,39 ± 0,20 ^b	14,54 ± 0,06 ^b	6,76 ± 0,12 ^b	12,05 ± 0,35 ^b

Letras diferentes na vertical diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Médias em triplicata ± DP. aw: atividade de água.

5.2.2 Avaliação Microbiana

Foram realizadas análises microbiológicas nas amostras RU e secas por *RW* que apresentaram resultado negativo para coliformes para ambas as amostras. Para bolores, as amostras RU apresentaram em média $6,2 \times 10^4$ UFC/g, após secagem por *RW* as amostras tiveram o valor reduzido para $3,0 \times 10^4$ UFC/g. Todas as amostras apresentaram valores em acordo com os aceitáveis pela ANVISA, certificando que as amostras residuais não apresentariam riscos microbiológicos para o consumo humano.

As amostras LIO e *RW* após serem submetidas a diferentes métodos de secagem indicaram baixa atividade de água (Tabela 5), o que não favorece crescimento microbiano.

5.2.3 Cor Instrumental

A cor é um dos atributos mais importantes na escolha de um alimento para o consumo, e se deve à presença de compostos como carotenoides, compostos fenólicos entre outros (GENEVOIS, FLORES & DEESCALADA PLA, 2014).

A Tabela 6 apresenta os valores médios das coordenadas cromáticas a^* , b^* , c^* , h^* , L^* e ΔE , para rejeitos úmidos e secos por diferentes métodos das matrizes vegetais.

Tabela 6 Cor das matrizes vegetais in natura, secas por liofilização e RW.

Matriz Vegetal	a^*	b^*	c^*	L^*	ΔE calc.
TRU	33,36 ± 6,15 ^a	28,31 ± 5,05 ^a	43,75 ± 7,96 ^a	46,38 ± 4,31 ^a	-
TLIO	16,25 ± 0,53 ^b	35,47 ± 0,36 ^a	39,02 ± 0,53 ^{ab}	42,65 ± 0,29 ^{ab}	251,86 ± 58,2 ^a
TRW	28,25 ± 0,26 ^a	33,58 ± 0,55 ^a	43,88 ± 0,58 ^b	38,95 ± 0,67 ^b	75,43 ± 39,16 ^b
PRU	15,97 ± 0,89 ^c	29,73 ± 0,61 ^b	33,74 ± 0,83 ^c	35,88 ± 2,25 ^c	-
PLIO	17,7 ± 0,21 ^d	45,20 ± 0,28 ^c	48,54 ± 0,21 ^d	54,05 ± 0,79 ^d	231,58 ± 25,23 ^c
PRW	14,21 ± 0,59 ^e	38,06 ± 0,67 ^d	40,62 ± 0,84 ^e	48,12 ± 0,81 ^e	60,89 ± 14,94 ^d
JRU	-3,33 ± 0,17 ^f	16,17 ± 0,48 ^e	16,53 ± 0,43 ^f	31,68 ± 1,21 ^f	-
JLIO	-4,93 ± 0,29 ^g	26,77 ± 0,99 ^f	27,22 ± 1,04 ^g	42,42 ± 3,08 ^g	282,02 ± 60,47 ^e
JRW	-4,38 ± 0,31 ^g	9,81 ± 1,06 ^g	10,75 ± 1,0 ^h	23,71 ± 1,59 ^h	39,05 ± 18,21 ^f
BRU	2,86 ± 0,47 ^h	21,77 ± 0,31 ^h	22,35 ± 0,69 ⁱ	33,82 ± 0,52 ⁱ	-
BLIO	1,86 ± 0,36 ⁱ	27,87 ± 0,95 ⁱ	28,35 ± 0,57 ^j	44,86 ± 0,81 ^j	75,87 ± 9,45 ^g
BRW	1,65 ± 0,08 ⁱ	25,55 ± 0,34 ^j	25,61 ± 0,34 ^k	40,31 ± 0,77 ^k	13,36 ± 0,99 ^h

Letras diferentes na vertical diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Médias em triplicata ± DP.

Em relação a análise de cor, a coordenada a^* é responsável pela dimensão verde-vermelho ($+a^*$ = vermelho; $-a^*$ = verde). Conforme esperado, o tomate apresentou valores mais elevados de a^* , isto ocorre devido a coloração avermelhada característica do licopeno presente em tomate. As amostras de pimenta apresentaram valores positivos de a^* devido tratar-se de pimentas maduras que apresentam coloração alaranjada nesta fase, segundo Chitarra e Chitarra (2005), este fato se deve à degradação da clorofila que ocorre durante o processo de amadurecimento de pimentas. Para as amostras de jambu foram observados valores negativos devido a coloração verde característica de folhosas. Amostras de *blend* apresentaram valores positivos menores que o tomate e pimenta, o que demonstra a contribuição desses dois vegetais à mistura. As amostras de TRU e TRW, não apresentaram diferença significativa entre si, bem como, o JLIO e JRW; e BLIO e BRW; as demais amostras apresentaram diferença significativa entre si ($p \leq 0,05$).

Em relação a coordenada b^* ($+b^*$ = amarelo; $-b^*$ = azul). As amostras *RU* para todas as matrizes apresentaram valores mais baixos de b^* , indicando ser mais amarelada, exceto para o jambu que apresentou menor valor para amostra JRW ($9,81 \pm 1,06$). As amostras

de tomate não apresentaram diferença significativa entre si para os valores de b^* , as demais matrizes apresentaram significativa diferença entre RU , LIO e RW . Estudos realizados por SAJILATA; SINGHAL e KAMAT, 2008, apontam que algumas xantofilas, como a luteína, por exemplo, exibem uma cor vermelha quando presente em altas concentrações, mas uma cor amarela intensa em concentrações mais baixas devido à luz que é absorvida pelas ligações duplas da molécula.

O croma (c^*) expressa a saturação ou intensidade da cor. As cores neutras são representadas por valores próximos de zero, enquanto que as cores intensas têm valores próximos de 60 (MENDONÇA et al., 2003). A pimenta e o tomate apresentaram valores mais próximos de 60 indicando coloração mais intensa quando comparadas as amostras de jambu e *blend* que apresentaram menor valor de c^* . Estatisticamente as amostras de TRU e $TLIO$, assim como $TLIO$ e TRW não apresentaram diferença significativa, no entanto as amostras TRU e TRW diferiram significativamente. As amostras das demais matrizes diferiram significativamente entre si.

Através dos valores de L^* podemos observar as mudanças na luminosidade (PATHARE et al., 2013), com uma faixa de 0 = preto e 100 = branco. Na tabela 5, os valores de L^* indicaram que nas amostras de pimenta, jambu e *blend* apresentaram diferença significativa entre as amostras RU , LIO e RW , no entanto, as amostras de tomate não apresentaram diferença significativa entre as amostras TRU e $TLIO$; e $TLIO$ e TRW , porém TRU e TRW apresentam significativa diferença entre si.

O parâmetro ΔE representa a diferença de coloração entre as amostras RU e as secas por diferentes métodos. Os valores de ΔE para todas as matrizes apresentaram maior variação na coloração em relação as amostras RU , na secagem realizada através de LIO quando comparadas as amostras secas por RW . Todas as amostras apresentaram diferença significativa de cor após o processo de secagem realizado pelos dois métodos estudados. Conforme ilustrado na Figura 10.

As alterações dos parâmetros de cor no material seco por liofilização e *refractance window*, descritas acima, podem ser influenciadas pelo processamento, temperatura, isomerização e oxidação que geram importantes impactos nos compostos bioativos, podendo mudar também, sua atividade biológica. Segundo Rodriguez-Amaya, (2001), os carotenoides são extremamente predispostos à isomerização e oxidação durante o processamento e armazenamento de vegetais, causando alteração na cor e atividade biológica. Esta oxidação depende de diversos fatores como presença de oxigênio, metais, enzimas, lipídeos insaturados, exposição à luz, além do tipo e estado físico do

carotenoide, aumento da área superficial, duração e temperatura do tratamento térmico aos quais estes materiais são expostos.



Figura 10. Imagens dos pós de tomate, pimenta, jambu e *blend*, obtidos por liofilização e *refractance window*. **Fonte.** Autor.

5.2.4 Transformada de Fourier infravermelho (FTIR)

Os picos dos espectros FTIR-ATR do tomate, pimenta, jambú e *blend*, liofilizado e seco por *refractance window*, que representam todos os grupos funcionais presentes nas moléculas que constituem estas matrizes vegetais, estão descritos na Figura 11, onde estão relacionadas, para os métodos de secagem por LIO e RW, as vibrações atribuídas aos grupos funcionais: OH; CH₂; CH₃; C=O; C=C; C–O; –C–C, nos seus respectivos comprimentos de onda, ou faixa de comprimento de onda correspondente, demonstrados (CASTAÑEDA-PÉREZ *et al.*, 2013; DOMINGUEZ-MARTINEZ *et al.*, 2014). Pode-se verificar que a região de 1730 a 800 cm⁻¹ são as vibrações de grupos funcionais relacionados a compostos fenólicos, conforme descrito por Cascant *et al.*, 2016 e Preserova *et al.*, 2015. É possível observar também, que há uma grande semelhança nos espectros de tomate, pimenta, jambu e *blend*, embora os mesmos picos apareçam em diferentes intensidades de absorbância. Estes grupos constituem as moléculas dos compostos bioativos e antioxidantes dessas matérias primas (ABBAS *et al.*, 2017; COBADELA-VELASCO *et al.*, 2018; DOMINGUEZ-MARTINEZ *et al.*, 2014; SLIVERSTEIN *et al.*, 2014).

Nota-se também, que os espectros do *blend* seguiram comportamentos semelhantes à pimenta e ao jambu do que do tomate. Além disso, a diferença nas intensidades de absorvância dos espectros entre os tratamentos térmicos, LIO e RW foi mais elevada nas amostras de Blend que nas demais matrizes, sendo bastante perceptível a 1051 a 1027 cm^{-1} . Frizon *et al.*, (2015), indicou esta região espectral como sendo correspondente a vibrações de grupos funcionais presentes em anéis piranose que podem ser de anéis aromáticos, ou até mesmo carboidratos muitas vezes constituintes das matrizes poliméricas dos vegetais, como a celulose por exemplo (ALEIXANDRE-TUDO *et al.*, 2018; CASCANT *et al.*, 2016; SOCRATES *et al.*, 2001). Polímeros de celulose são bem relatados na literatura por suas habilidades farmacêuticas, nutracêuticas, na formação de hidrogel e retenção de água e até mesmo com ação bioativa contra câncer e anti-inflamatória (CREDOU & BERTHELOT, 2014; LIU, WILLFÖR, & XU, 2015; MORRIS *et al.*, 2013).

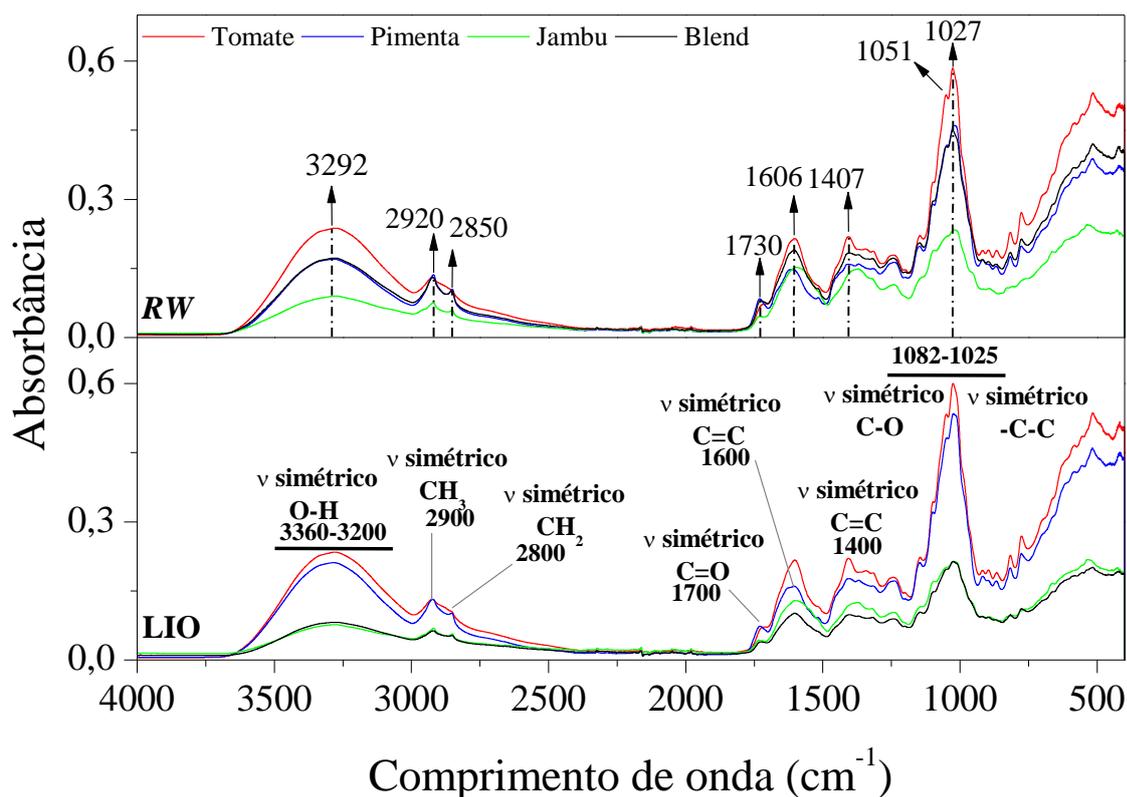


Figura 11. FTIR das matérias primas LIO e RW.

5.2.4 Termogravimétrica (TG) e (DTA) de tomate, pimenta, jambú e *blend*.

As análises de TG e DTA das matrizes vegetais: tomate, pimenta, jambú e *blend* estão apresentadas na Figura 12. É possível observar, em todas as amostras, que houve três estágios de degradação sendo um primeiro referente à perda de água (84,95°C – 88,28°C) (TRIPATHI, SAHU & GANESAN, 2016), o segundo estágio referente a degradação térmica da matriz vegetal (310,96°C – 320,15°C) e um terceiro estágio referente ao término da degradação da molécula (DEMIRBAS, 2006).

Esses dados são importantes, uma vez que trazem informações do efeito da temperatura na estabilidade térmica das matérias-primas. No caso do tratamento térmico por *RW*, o fato de a temperatura de secagem não ter passado de 70°C, não comprometeu bruscamente as matrizes vegetais em termos de degradação térmica.

Esses resultados estão de acordo com estudos realizados anteriormente. Llorach-Massana *et al.*, (2017), avaliou a degradação térmica em tomate, onde identificaram três estágios de perda de massa, onde o primeiro está relacionado com a perda de água e a degradação da hemicelulose (25°C a 250°C) o segundo com a degradação da celulose (250°C a 400°C) e o terceiro estágio envolvendo degradação térmica de lignina (400°C a 550°C).

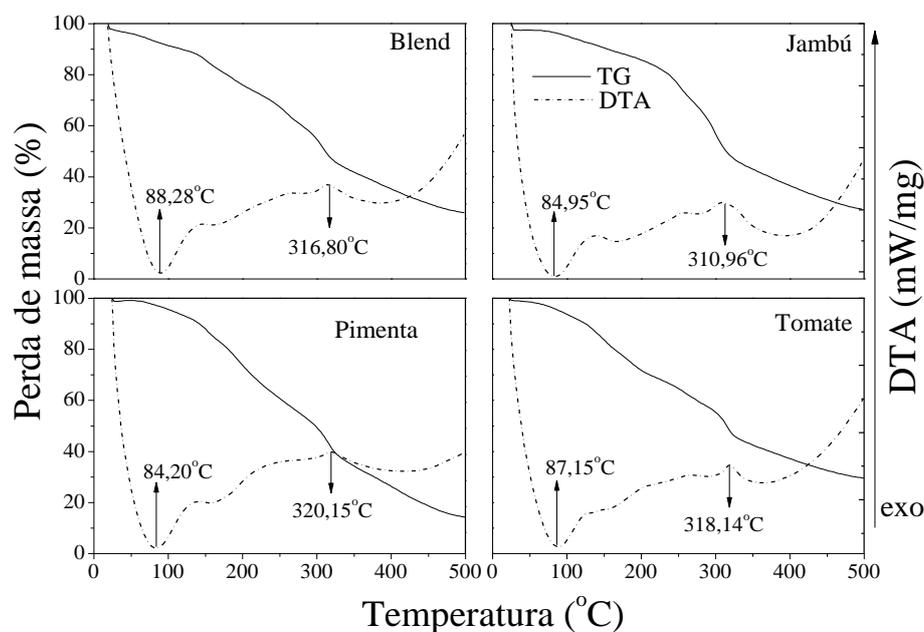
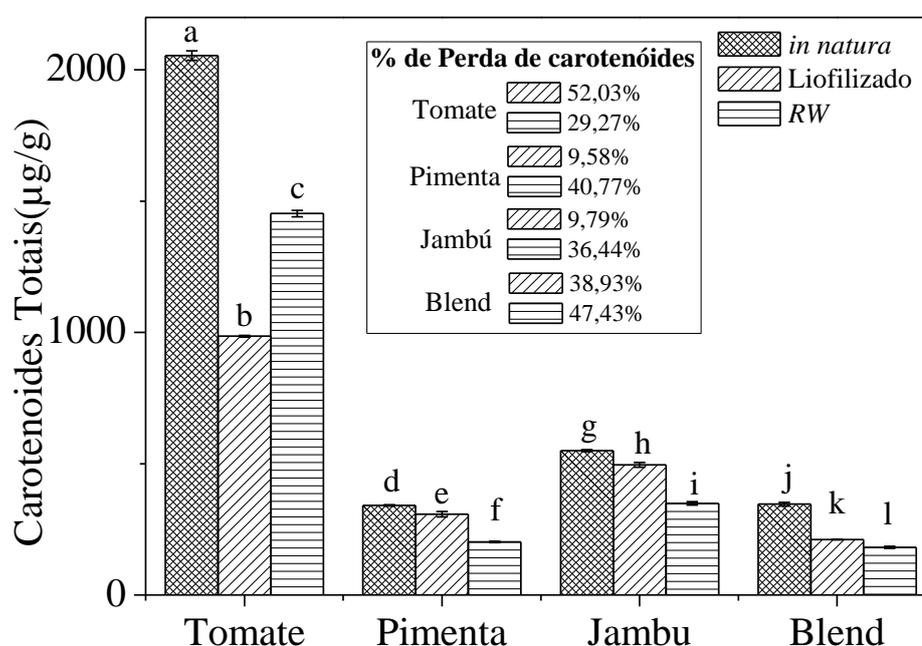


Figura 12. Análises de TG e DTA das matrizes vegetais: tomate, pimenta, jambú e *blend*.

5.3 COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE NAS MATRIZES E BLEND EM PÓ

5.3.1 Carotenoides totais

A Figura 13 apresenta os teores de carotenoides totais, em base seca, das amostras RU, LIO e RW para o tomate, pimenta, jambu e *blend*, onde pode-se perceber que todos apresentaram diferença significativa entre si ($p < 0,05$). Os resultados foram expressos em seus carotenoides majoritários, sendo o licopeno para o tomate e a luteína para os demais.



*Letras iguais não diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Figura 13. Carotenoides Totais nas matrizes vegetais

Inicialmente, o que chama atenção é a diferença expressiva entre os resultados encontrados para o licopeno presente no rejeito de tomate em comparação as concentrações de luteína presentes nas demais matrizes vegetais e *blend*.

Verificou-se que no tomate o teor de licopeno foi de 2054,45 µg/g, valor maior do que o encontrado por DURIGON et al. (2016), (1084,14 µg/g). O estágio de maturação,

a variedade e o clima são fatores que podem alterar o teor de licopeno em tomates, além do processamento (ARIAS et al. 2000). Além disso, fatores genéticos (variedades), ambientais (temperatura, luz, água e condições de solo), técnicas agrícolas (formas de cultivo, período de colheita), armazenamento pós colheita, entre outros, podem exercer influência sobre o conteúdo de licopeno (VINHA et al., 2014; VINHA et al., 2015).

Quanto ao comportamento dos carotenoides em relação aos diferentes métodos de secagem, verificou-se que, houve uma perda no teor de licopeno de 52,03% no TLIO, em relação a TRU. Perdas semelhantes de licopeno em tomates que foram liofilizados já foram relatadas na literatura (52,49%) (DURIGON et al., 2016).

Já a secagem por *refractance window* causou uma perda menor de licopeno no TRW (29,27%), em relação ao TRU, e conservou 47,45% do teor de licopeno em relação ao processo de liofilização. Isto evidencia que a secagem por RW (70°C), foi capaz de potencializar a disponibilidade de licopeno em relação ao LIO.

Comportamento semelhante foi encontrado por CHANG et al., (2006), quando observaram maior teor de licopeno em pó de tomate, processado por ar quente, do que por liofilização e atribuíram isso à maximização do processo de isomerização do licopeno devido ao aquecimento, o que altera sua conformação de *trans* para *cis*, além disso, o aquecimento, facilita a ruptura das paredes celulares, diminuindo a interação do licopeno com o tecido vegetal, tornando-o mais acessível.

É evidente o efeito da temperatura sobre o licopeno ou compostos bioativos, todavia é sempre relevante relacioná-la com o tempo. Segundo Ranveer, (2018), o licopeno sofre dois tipos de alterações (isomerização *trans-cis* reversível e oxidação irreversível) que podem ser influenciadas pela temperatura. Isto indica que, provavelmente o tempo de secagem por RW não seja suficiente para que ocorra degradação do licopeno, favorecendo, assim, o processo de liberação das frações aderidas nos tecidos e tornando-as mais disponível, logo, o fator tempo, também pode ter contribuído para os melhores resultados ao RW em termos de teor de carotenoides totais. Este resultado, corrobora com o encontrado por Muratore et al., (2008), onde o tempo de secagem teve maior relevância do que a temperatura, na retenção de licopeno e β -caroteno em fatias de tomate.

Outro fator que podemos assumir como vantajoso na secagem por RW é o tempo de residência da amostra em condições de temperaturas elevadas. Na secagem por LIO o tempo da amostra para atingir as condições ideais de umidade e atividade de água final (Tabela 5) foi de aproximadamente 48h, enquanto que a secagem por RW o tempo de residência médio foi 30 minutos. Cabe também mencionar a eficiência do método RW

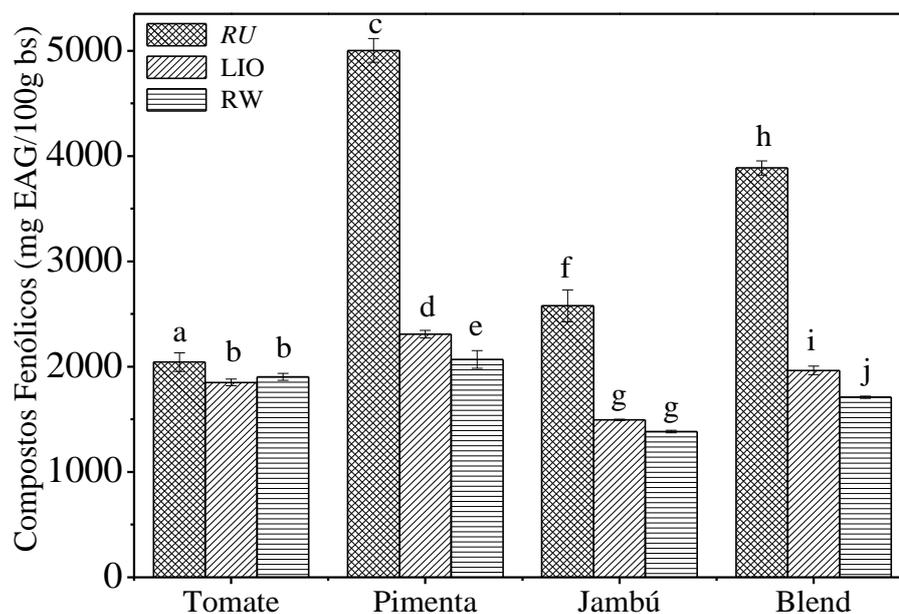
quando também comparado à métodos tradicionais de secagem como secagem em estufa, onde o tempo de residência é em média de 12h (CHANG *et al.*, 2006; REN *et al.*, 2018).

Embora o licopeno no tomate (RU: 2054,45 $\mu\text{g/g}$; LIO: 985,52 $\mu\text{g/g}$; RW: 1453,12 $\mu\text{g/g}$), apareça em teores bem mais elevados do que a luteína na pimenta (RU: 340,71 $\mu\text{g/g}$; LIO: 308,08 $\mu\text{g/g}$; RW: 201,82 $\mu\text{g/g}$) e jambu (*in natura*: 549,40 $\mu\text{g/g}$; LIO: 495,62 $\mu\text{g/g}$; RW: 349,19 $\mu\text{g/g}$), foi a luteína que se apresentou como composto majoritário no blend baseado na varredura espectrofotométrica deste composto. Kyrakosyan *et al.*, 2010, comenta que em misturas de vegetais, as proporções mássicas das frações podem exercer influência nos teores de bioativos e suas respectivas capacidades antioxidantes.

Referente ao teor de carotenoides totais para a pimenta, jambu e *blend* verificou-se que a liofilização provocou menores perdas de luteína em relação ao RW para a pimenta (9,58% e 40,77%) e o jambu (9,79% e 36,44%), respectivamente, porém para carotenoides no *blend* (38,93% e 47,43%) esse comportamento foi mais severo nos dois processos, respectivamente. Song *et al.*, (2018), em estudos com suco de milho, observou que a luteína foi mais suscetível a degradação em altas temperaturas, em relação ao β e α caroteno. O autor explica que as questões estruturais das moléculas desses carotenoides podem determinar sua estabilidade térmica.

5.3.2 Compostos fenólicos

A Figura 14 mostra os resultados de compostos fenólicos em base seca nos produtos RU, LIO e RW.



*Letras iguais não diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Figura 14. Compostos fenólicos nas matrizes vegetais e *blend* in natura, LIO e RW

Quanto aos diferentes métodos de secagem aplicados, os teores de compostos fenólicos totais (CFT) para as amostras TLIO e TRW foram respectivamente, 1849,91 mg EAG/100g e 1903,13 mg EAG/100g. Para as amostras JLIO e JRW os teores de CFT foram respectivamente, 1495,20 mg EAG/100g e 1384,87 mg EAG/100g. Por meio da análise estatística (ANOVA fator 1) constatou-se não haver variação significativa entre as respostas para estas duas amostras quando submetidas aos diferentes métodos de secagem. porém apresentaram significativa diferença de suas amostras de rejeitos úmidos (tomate: 2044,02 mg EAG/100g e jambu: 2577,48 mg EAG/100g).

No caso da pimenta, onde o CFT foram PRU (5002,48 mg EAG/100g), PLIO (2308,20 mg EAG/100g) e PRW (2069,15 mg EAG/100g), as respostas obtidas apresentaram diferença significativa entre si ($p \leq 0,05$). Neste sentido, Vega-Gálvez *et al.*, (2009), em estudo com pimentas vermelhas submetidas à secagem por circulação de ar quente, relataram redução de aproximadamente 78% de compostos fenólicos. Evidenciando a maior capacidade de retenção de compostos bioativos dos métodos de LIO e RW, comparados à métodos convencionais, devido à diversos fatores como, temperatura, tempo, exposição à luz, e dentre outros.

Os resultados de CFT encontrados para as amostras de PRU apresentaram quantidade de compostos fenólicos duas vezes mais elevados do que os obtidos nas demais matrizes. O teor de compostos fenólicos nas amostras de *blend* seguiram o mesmo comportamento observado para as pimentas, onde para todas as amostras RU, LIO e RW, (3886,52 mg EAG/100g, 1964,28 mgEAG/100g e 1710,24 mgEAG/100g), respectivamente, diferiram significativamente entre si.

As amostras dos rejeitos úmidos para todas as matrizes estudadas apresentaram valores mais elevados de compostos fenólicos em relação aos valores encontrados na literatura para vegetais frescos. Segundo Chitarra & Chitarra, (2005), muitos compostos fenólicos são sintetizados durante o amadurecimento dos frutos.

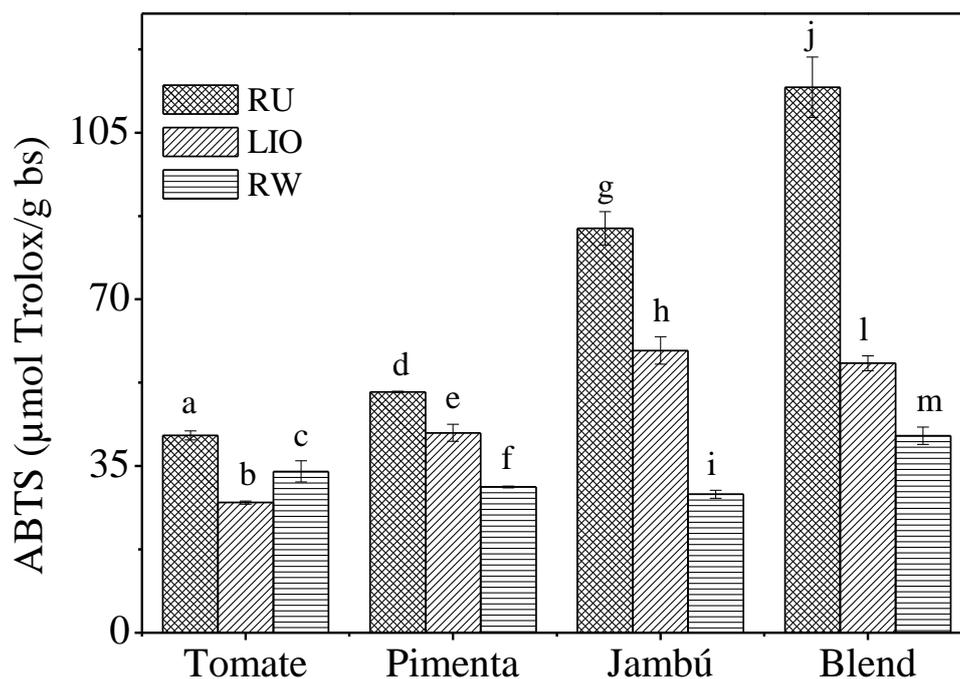
Sipos *et al.*, (2017), apresentaram para variedades de tomate cereja, teores de compostos fenólicos totais entre 86.12 a 134,56 mg EAG/100g. Assim como, Abul-Fadl & Ghanem (2011), também encontraram menores teores de compostos fenólicos em tomate fresco (296 mgEAG/100g). Valores de 106 a 277 mg EAG/100g também foram encontrados em pimenta mexicana (DE JESÚS ORNELAS-PAZ *et al.*, 2010).

No entanto, as quantidades de compostos fenólicos verificados, por Carvalho *et al.*, (2015), em vários genótipos de pimenta do gênero *Capsicum*, variaram de 215 a 1103 mg EAG/100g, os autores atribuíram esta variação aos diferentes genótipos avaliados. Vega-Gálvez *et al.*, (2009), em estudos com pimenta vermelha, também encontraram valores elevados de compostos fenólicos (1359 mg EAG/100g).

Os resultados da Figura 14, também evidenciam que os compostos fenólicos do *blend*, foram mais influenciados pelas matrizes de pimenta e jambú devido a um padrão de comportamento entre os mesmos, que é bem diferente no tomate. Awe *et al.*, (2013), investigou atividade antioxidante e compostos fenólicos em *blend* de extratos de três vegetais (cacau, flor de hibisco e gengibre), e relata que o gengibre não teve real contribuição nas atividades antioxidantes e que houve de alguma forma supressão de algum composto bioativo em relação a outros.

5.3.3 Capacidade antioxidante

A atividade antioxidante presente nas amostras das matrizes vegetais (RU, LIO e RW) foi avaliada pelos métodos ABTS (Figura 15) e sistema β -caroteno/ác. linoleico (Figura 16).



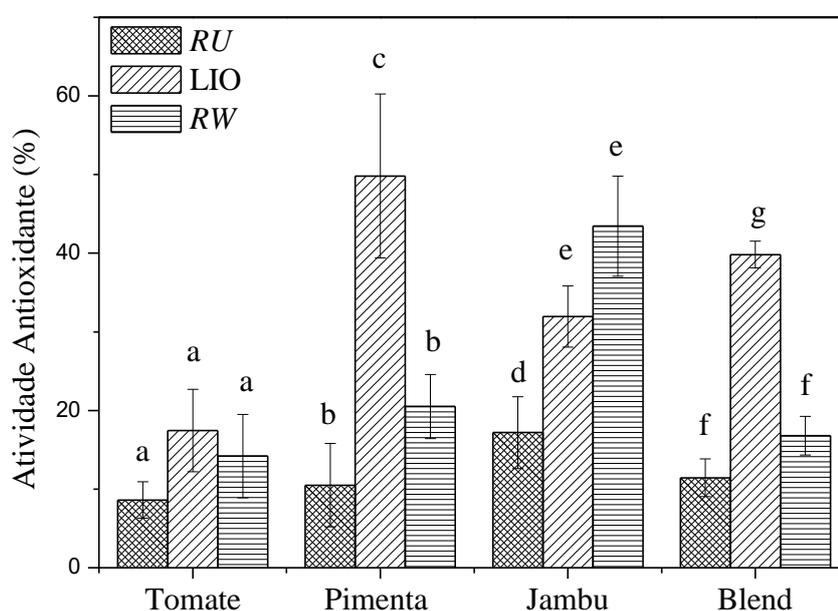
*Letras iguais não diferem significativamente ($p \geq 0,05$).

Figura 15. Capacidade antioxidante das matérias primas pelo método ABTS.

Na Figura 15, pode-se perceber que todas as amostras diferenciaram significativamente ($p \leq 0,05$) entre si. É possível observar também, com exceção do tomate, que as outras amostras submetidas a secagem por RW apresentaram maior perda da capacidade antioxidante em relação as amostras LIO, este efeito foi observado em pesquisas anteriores (REN, 2018; CELLI et al., 2016). Comparando os diferentes métodos de secagem aplicados, observa-se que a capacidade antioxidante (método ABTS) das amostras RW para pimenta, jambu e *blend* apresentaram valores inferiores aos obtidos por LIO. Celli *et al.*, (2016), observaram que a qualidade de pós secos RW é semelhante a pós obtidos por liofilização, com a vantagem de necessitar de tempos mais curtos de secagem, e gerar menor custo energético.

O tomate, por outro lado, apresentou um desempenho inverso, onde os resultados para RW apresentaram-se superiores aos verificados para LIO, conforme evidenciado também em carotenoides e compostos fenólicos (Figuras 13 e 14), onde foi destacado o efeito da secagem por *refractance window* em melhorar a biodisponibilidade do licopeno confirmando sua ação antioxidante (DURIGON et al., 2016). Além disso, através da

correlação linear (Tabela 7), é possível confirmar a estreita relação existente entre os compostos fenólicos e ABTS nas matrizes (pimenta, jambú e *blend*), onde também aparecem correlações lineares significativas ($\alpha < 0,05$) entre ABTS e carotenoides para matrizes (jambú e pimenta), e entre atividade antioxidante β -caroteno/ác. Linoleico (Figura 15) para matrizes (pimenta e *blend*) e compostos fenólicos para matrizes (jambú e *blend*). Shahid & Ambigaipalan, (2015), assim como e Sultana, Anwar & Iqbal, (2008), relatam que existe uma relação direta entre o conteúdo fenólico e a atividade antioxidante em vegetais.



*Letras iguais não diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Figura 16. Atividade antioxidante das matérias primas pelo sistema β -caroteno/ác. linoleico

Esta estreita relação entre os compostos fenólicos e capacidade antioxidante β -caroteno/ác. Linoleico (Tabela 7), pode estar intimamente ligada à sua forma de captura de radicais livres através da transferência de hidrogênio. Segundo Sang, *et al.*, (2002), o potencial antioxidante dos compostos fenólicos depende do número e disposição dos grupos hidroxila nas moléculas de interesse.

Quanto aos efeitos de secagem observa-se, na figura 15, que a pimenta e o blend apresentaram comportamento similar, onde as amostras LIO exibiram maior atividade

antioxidante que as RW, havendo diferença significativa entre elas. No tomate não foi verificada diferença significativa entre as amostras, mas também, pode-se observar valores LIO superiores a RW. Já para o jambu, é possível notar um comportamento divergente das demais matérias primas, onde as amostras RW apresentaram valores superiores às LIO, no entanto não apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$), mas diferenciaram-se significativamente das amostras RU.

Tabela 7. Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os compostos bioativos e a capacidade antioxidante (base seca) para o tomate, pimenta, jambu e blend.

Variáveis	TOMATE				PIMENTA				JAMBU				BLEND				
	CF	C	A	β -C	CF	C	A	β -C	CF	C	A	β -C	CF	C	A	β -C	
TOMATE	CF	1	1,00*	0,98	-0,99	-0,97	0,46	0,64	-0,86	0,94	0,49	0,67	-0,75	0,93	0,91	0,89	-0,83
	C	1,00*	1	0,97	-0,99	-0,98	0,49	0,67	-0,85	0,95	0,52	0,69	-0,77	0,94	0,92	0,91	-0,81
	A	0,98	0,97	1	-0,99	-0,90	0,26	0,47	-0,95	0,84	0,30	0,50	-0,59	0,83	0,80	0,78	-0,93
	β -C	-0,99	-0,99	-0,99	1	0,95	-0,37	-0,56	0,91	-0,90	-0,40	-0,59	0,68	-0,89	-0,86	-0,84	0,88
PIMENTA	CF	-0,97	-0,98	-0,90	0,95	1	-0,65	-0,80	0,73	-0,99	-0,68	-0,82	0,88	-0,99	-0,98	-0,97	0,68
	C	0,46	0,49	0,26	-0,37	-0,65	1	0,98	0,05	0,74	1,00*	0,97	-0,93	0,76	0,79	0,81	0,12
	A	0,64	0,67	0,47	-0,56	-0,80	0,98	1	-0,17	0,87	0,98	1,00*	-0,99	0,88	0,91	0,92	-0,10
	β -C	-0,86	-0,85	-0,95	0,91	0,73	0,05	-0,17	1	-0,63	0,01	-0,20	0,31	-0,62	-0,57	-0,54	1,00*
JAMBU	CF	0,94	0,95	0,84	-0,90	-0,99	0,74	0,87	-0,63	1	0,76	0,88	-0,93	1,00	1,00	0,99	-0,58
	C	0,49	0,52	0,30	-0,40	-0,68	1,00*	0,98	0,01	0,76	1	0,98	-0,95	0,78	0,82	0,83	0,08
	A	0,67	0,69	0,50	-0,59	-0,82	0,97	1,00*	-0,20	0,88	0,98	1	-0,99	0,89	0,92	0,93	-0,13
	β -C	-0,75	-0,77	-0,59	0,68	0,88	-0,93	-0,99	0,31	-0,93	-0,95	-0,99	1	-0,94	-0,96	-0,97	0,25
BLEND	CF	0,93	0,94	0,83	-0,89	-0,99	0,76	0,88	-0,62	1,00*	0,78	0,89	-0,94	1	1,00	1,00	-0,56
	C	0,91	0,92	0,80	-0,86	-0,98	0,79	0,91	-0,57	1,00	0,82	0,92	-0,96	1,00*	1	1,00	-0,51
	A	0,89	0,91	0,78	-0,84	-0,97	0,81	0,92	-0,54	0,99	0,83	0,93	-0,97	1,00	1,00	1	-0,48
	β -C	-0,83	-0,81	-0,93	0,88	0,68	0,12	-0,10	1,00*	-0,58	0,08	-0,13	0,25	-0,56	-0,51	-0,48	1

CF: Fenólicos Totais (mgEAG 100g⁻¹); C: Carotenoides (mg g⁻¹); A: ABTS (μ M trolox g⁻¹); β -C: Sistema β -caroteno/ác.linoleico (%). Significância: $\alpha < 0,05$.

*correlação estaticamente significativa: $P < 0,043$

Valores negativos demonstram correlação negativa e valores positivos correlação positiva. Quanto mais próximo do valor 1, maior a associação entre as variáveis.

5.4 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS OBTIDOS DA EXTRAÇÃO ASSISTIDA POR ULTRASSOM

Na Figura 16 estão apresentados os resultados para o comportamento dos carotenoides, compostos fenólicos e capacidade antioxidante (ABTS e sistema β -caroteno/ác. linoleico) nos extratos obtidos através da extração assistida por ultrassom utilizando oleína de palma e etanol como solventes.

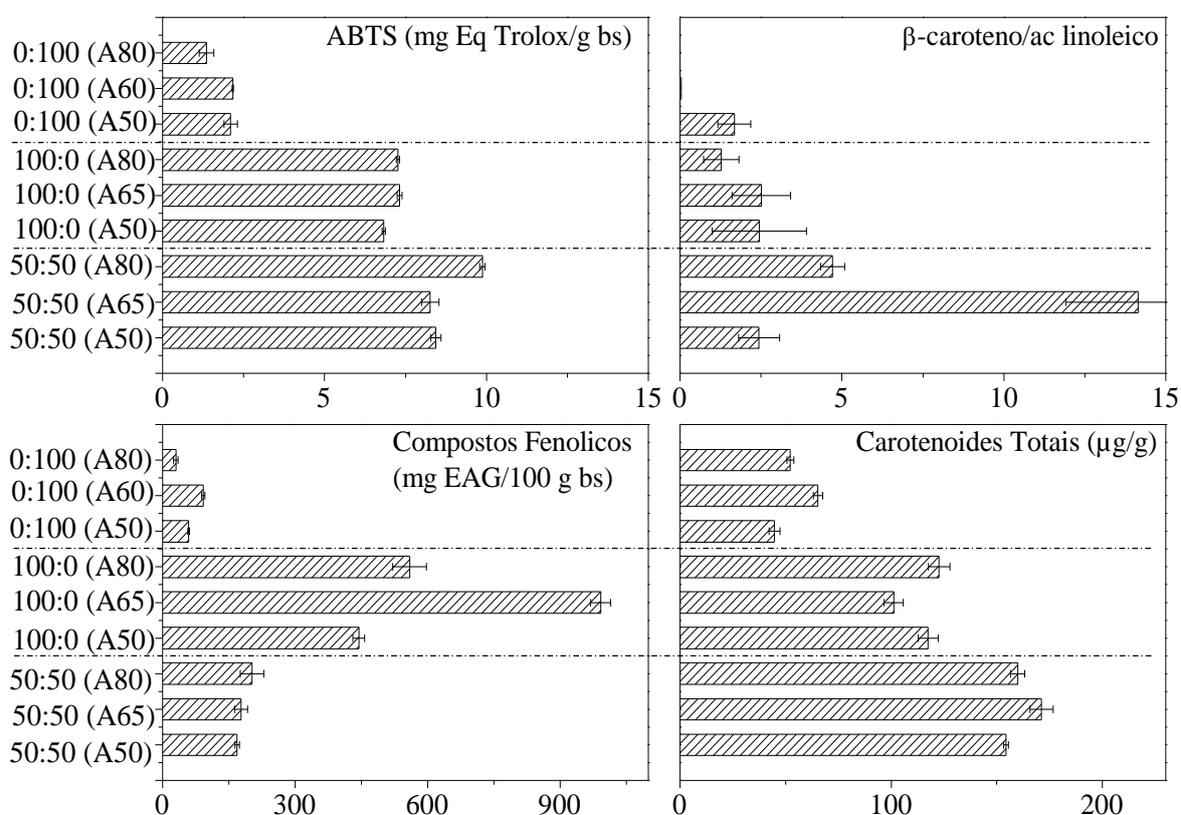


Figura 17. Resultados para atividade antioxidante método ABTS e β -caroteno/ác. linoleico, carotenoides e compostos fenólicos dos extratos obtidos através de ultrassom.

Em relação aos compostos fenólicos os dados verificados na Figura 17 indicam que os ensaios realizados com 100% etanol tiveram melhores respostas, 100:0(A65), 100:0(A80), 100:0(A50), cujos resultados obtidos foram, respectivamente, 991,96 mg EAG/100g, 559,26 mg EAG/100g, 444,17 mg EAG/100g. Os extratos obtidos com etanol apresentaram valores de compostos fenólicos significativamente mais elevados que os

extratos obtidos com solvente contendo oleína, em parte ou em sua totalidade. Fatores como a elevada diferença de polaridade existente entre o etanol e óleos vegetais influenciaram nestes resultados. Já é conhecido a excelente afinidade que os compostos fenólicos apresentam com compostos polares, como por exemplo o etanol (CHISTE *et al.*, 2011). Então quanto maior a polaridade, mais eficiente a extração de compostos fenólicos.

Tomsik *et al.*, (2016), também, afirmam que a polaridade dos solventes está intimamente ligada a solubilidade e a facilidade de extração de compostos fenólicos, assim como, Rosello-Soto *et al.* (2015) soma ainda, a viscosidade, densidade e tensão superficial do solvente utilizado.

Tabela 8. Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os compostos bioativos e a capacidade antioxidante (base seca) das amostras de Blend seco por refractance window, em função das amplitudes da onda sonora utilizada nas extrações por ultrassom.

Amplitude	Compostos bioativos	ABTS	β -
		($\mu\text{M trolox g}^{-1}$)	caroteno/ác.linoleico (60 min)
		R	
50	Fenólicos Totais (mgAGE 100g ⁻¹)	0,53	0,73
	Carotenoides ($\mu\text{g g}^{-1}$)	1,00*	0,94
65	Fenólicos Totais (mgAGE 100g ⁻¹)	0,45	-0,27
	Carotenoides ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0,85	0,98
80	Fenólicos Totais (mgAGE 100g ⁻¹)	0,52	0,77
	Carotenoides ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0,74	0,85

Significância: $p < 0,05$. r: coeficiente de correlação

*correlação estaticamente significativa entre o composto bioativo e a atividade antioxidante.

Valores negativos demonstram correlação negativa e valores positivos correlação positiva. Quanto mais próximo do valor 1, maior a associação entre os compostos bioativos e atividade antioxidante (ABTS e β -caroteno/ác.linoleico).

Para os carotenoides, os melhores resultados foram obtidos quando se utilizou a proporção de 50% etanol/oleína, cujos teores foram 17,12 $\mu\text{g/g}$, 15,98 $\mu\text{g/g}$ e 15,44 $\mu\text{g/g}$, respectivamente para os ensaios 50:50 (A65), 50:50 (A80), 50:50 (A50). Diversos fatores podem influenciar a extração de carotenoides, como grupo funcional (polaridade), comprimento da cadeia dos carotenoides existentes, tipo de matriz vegetal da amostra e seus componentes, assim como a umidade do material (SAINI & KEUM, 2018). Este mesmo estudo, indica que o licopeno e o β -caroteno são carotenoides apolares altamente lipofílicos, devido à sua estrutura de hidrocarbonetos conjugados sem grupos funcionais polares. Já a luteína tem sua polaridade aumentada devido a presença de grupos funcionais polares, como a hidroxila. Amorim-Carrilho et al., 2014, concluíram em seu estudo que uma mistura de etanol/hexano (4:3) é indicada como solvente na extração simultânea de carotenoides polares e apolares em amostras vegetais. Neste sentido, verifica-se que a utilização da mistura de etanol/oleína (1:1) como solvente atribui um efeito sinérgico na extração de carotenoides no blend.

De forma similar aos carotenoides, a capacidade antioxidante por ABTS, onde observa-se também que os resultados não apresentaram diferença expressiva entre as variações de amplitudes utilizadas, ver Figura 16. No entanto, quando comparamos o comportamento da atividade antioxidante entre os diferentes tipos de solvente, verifica-se que os ensaios utilizando mistura de etanol e oleína como solvente (50:50(A80), 50:50(A50) e 50:50(A65)) apresentaram maior retenção da capacidade oxidativa nos extratos (9,87 $\mu\text{M Trolox/g}$, 8,44 $\mu\text{M Trolox/g}$ e 8,26 $\mu\text{M Trolox/g}$), respectivamente. Por outro lado, as extrações realizadas utilizando somente o etanol como solvente (100:0(A65), 100:0(A80) e 100:0(A50)) apresentaram bons resultados (7,32 $\mu\text{M Trolox/g}$, 7,27 $\mu\text{M Trolox/g}$ e 6,83 $\mu\text{M Trolox/g}$), porém inferiores aos ensaios contendo mistura (etanol:oleína) como solventes. Assim, pode-se supor que a polaridade dos antioxidantes fenólicos contidos no blend está mais próxima da polaridade da mistura etanol:oleína.

Diversos autores citados anteriormente, verificaram que a capacidade antioxidante nos extratos é extremamente dependente da utilização de misturas de solventes de diferentes polaridades. Tomsik et al., (2016) em seu estudo, demonstraram que a concentração de etanol desempenhou papel fundamental na extração de compostos de flavonóides em alho, devido à polaridade adequada para a extração. Ali et al. (2017), também apontaram o efeito da mistura entre solventes na extractabilidade de agentes antioxidante em pimenta. Demonstrando que o sucesso da extração está intimamente

relacionado à escolha do solvente de maior afinidade com o composto que se deseja recuperar.

Referente à atividade antioxidante obtida por sistema β -caroteno/ác. linoleico, observou-se uma diferença significativa entre os ensaios. O extrato obtido a partir da extração utilizando o solvente de proporção de 50% etanol:oleína foi mais eficaz para inibir a oxidação do β -caroteno, 14,14% (50:50(A65)) em relação aos demais extratos, que tiveram resultados entre 1,27% e 4,71%, com exceção dos ensaios 0:100(A65) e 0:100(A80) onde não foi detectada atividade antioxidante.

É importante destacar que os melhores resultados para carotenoides e capacidade antioxidante foram para os ensaios onde utilizou-se mistura etanol:oleína como solvente, e que há uma correlação linear significativa entre eles, como pode ser observado na Tabela 8, onde os carotenoides e ABTS apresentaram correlação perfeita e de maneira similar quando comparamos carotenoides e β -C percebe-se uma elevada correlação entre elas (0,94).

Este comportamento nos permite evidenciar o potencial de aplicabilidade na utilização de óleos vegetais como solvente na otimização da extração de biocompostos, principalmente com fins alimentícios.

6 CONCLUSÃO

A produção de pós é uma boa alternativa para a utilização dos rejeitos de tomate, pimenta e jambu oriundos do processo de seleção em feiras e estabelecimentos comerciais, já que estes materiais seriam direcionados a descarte. Os processos de secagem LIO e *RW* não modificaram bruscamente as matérias primas em termos físico-químicos e resultaram em pós bastante semelhantes em termos de umidade e atividade de água conferindo-lhes boa estabilidade microbiológica. Foi nítida a mudança de coloração nos pós após o processo de secagem, porém o método *de refractance window* conservou mais a coloração indicando maior preservação dos pigmentos.

As análises de FTIR-ATR indicaram semelhança de grupos funcionais de compostos bioativos em todas as amostras secas, além de, indicar que no *blend* o processo de secagem LIO ou *RW* pode interferir na presença de grupos funcionais provenientes de diferentes matérias prima.

As amostras possuem uma boa estabilidade térmica à temperatura de secagem por *refractance window* de 70 °C. Os resultados indicaram que a secagem por *refractance window* teve efeito positivo no teor de carotenoides no tomate em relação ao jambu e pimenta, porém, as características bioativas relacionadas aos compostos fenólicos do *blend* foram determinadas por esses dois últimos, mostrando que a contribuição antioxidante do tomate foi menor.

Na extração assistida por ultrassom a variação de amplitude não apresentou diferença significativa quanto a retenção de compostos bioativos, porém a variação das proporções de solventes influenciou nas características bioativas dos extratos. Onde a proporção de 50% de etanol:oleína resultou em maiores níveis de extração de carotenoides e antioxidantes. No entanto, para compostos fenólicos, as condições onde utilizou-se 100% etanol apresentaram melhores resultados.

REFERÊNCIAS

ABBAS, O. et al. Phenolic compound explorer: A mid-infrared spectroscopy database. **Vibrational Spectroscopy**, v. 92, p. 111-118, 2017/09/01/ 2017.

ABONYI, B. I., FENG, H., TANG, J., EDWARDS, C. G., CHEW, B. P., MATTINSON, D. S.,

& FELLMAN, J. K. Quality retention in strawberry and carrot purees dried with *Refractance Window*TM system. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 3, p. 1051-1056, 2002. ISSN 1750-3841.

ABUL-FADL, M.; GHANEM, T. Effect of Refractance Window (RW) drying method on quality criteria of produced tomato powder as compared to the convection drying method. **World Appl. Sci. J.**, v. 15, n. 7, p. 953-965, 2011.

ABUSHITA, A.A., DAOOD, H.G., BIACS, P.A., 2000. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. **J. Agric. Food Chem.** 48, 2075–2081.

ACHAT, S., RAKOTOMANOMANA, N., MADANI, K., & DANGLES, O. Antioxidant activity of olive phenols and other dietary phenols in model gastric conditions: Scavenging of the free radical DPPH and inhibition of the haem-induced peroxidation of linoleic acid. **Food Chemistry**, v. 213, p. 135-142, 2016. ISSN 0308-8146.

ALEIXANDRE-TUDO, J. L., NIEUWOUDT, H., ALEIXANDRE, J. L., & DU TOIT, W. Chemometric compositional analysis of phenolic compounds in fermenting samples and wines using different infrared spectroscopy techniques. **Talanta**, v. 176, p. 526-536, 2018.

ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. **World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision**. ESA Working paper Rome, FAO. 2012

AMORIM-CARRILHO, K. T., CEPEDA, A., FENTE, C., & REGAL, P. Review of methods for analysis of carotenoids. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, 56, 49-73, 2014.

ANDREO, Denise; JORGE, Neuza. Antioxidantes naturais: técnicas de extração. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 24, n. 2, 2006.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos-uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)**, v. 66, n. 1, p. 01-09, 2007. ISSN 0073-9855.

AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**. AOAC International, 2005. ISBN 0935584757.

ARGYROPOULOS, D.; HEINDL, A.; MÜLLER, J. Assessment of convection, hot-air combined with microwave-vacuum and freeze-drying methods for mushrooms with regard to product quality. **International journal of food science & technology**, v. 46, n. 2, p. 333-342, 2011. ISSN 1365-2621.

ARIAS, R., LEE, T. C., LOGENDRA, L., & JANES, H. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 5, p. 1697-1702, 2000.

ARRANZ, S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant capacity of walnut (*Juglans regia* L.): contribution of oil and defatted matter. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 227, n. 2, p. 425-431, 2008.

ARUNA, G.; BASKARAN, V. Comparative study on the levels of carotenoids lutein, zeaxanthin and β -carotene in Indian spices of nutritional and medicinal importance. **Food chemistry**, v. 123, n. 2, p. 404-409, 2010. ISSN 0308-8146.

AWE, F. B., FAGBEMI, T. N., IFESAN, B. O. T., & BADEJO, A. A. Antioxidant properties of cold and hot water extracts of cocoa, Hibiscus flower extract, and ginger beverage blends. **Food research international**, v. 52, n. 2, p. 490-495, 2013.

BAEGHBALI, V.; NIAKOUSARI, M.; FARAHNAKY, A. *Refractance Window* drying of pomegranate juice: quality retention and energy efficiency. **LWT-Food Science and Technology**, v. 66, p. 34-40, 2016. ISSN 0023-6438.

BAHADAR, A.; KHAN, M. B. Progress in energy from microalgae: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 27, p. 128-148, 2013. ISSN 1364-0321.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, v. 99, n. 1, p. 191-203, // 2006. ISSN 0308-8146. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814605006242>>.

BARNARD, N. D., BUSH, A. I., CECCARELLI, A., COOPER, J., DE JAGER, C. A., ERICKSON, K. I., ... & MORRIS, M. C. Dietary and lifestyle guidelines for the prevention of Alzheimer's disease. **Neurobiology of Aging**, v. 35, Supplement 2, p. S74-S78, 9// 2014. ISSN 0197-4580.

BASHIR, M. A., ALVI, A. M., KHAN, K. A., REHMANI, M. I. A., ANSARI, M. J., ATTA, S., ... & TARIQ, M. Role of pollination in yield and physicochemical properties of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). **Saudi Journal of Biological Sciences**, 2017.

BIANCHI, M. D. L. P., & ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. *Rev Nutr*, 12(2), 123-30, 1999.

BORGES, L. D. S. Biomassa, teores de nutrientes, espilantol e atividade antioxidante em plantas de jambu (*Acmella ciliata* Kunth) sob adubações mineral e orgânica. 2009.

BRITTON, G.; LIAAEN-JENSEN, S.; PFANDER, H. Carotenoids handbook. **JOURNAL OF APPLIED COSMETOLOGY**, v. 22, n. 2, p. 118-120, 2004. ISSN 0392-8543.

BRUINSMA, J. World agriculture: Towards 2015/2030: An FAO perspective. FAO, Rome. **World agriculture: towards**, v. 2030, 2015.

BRUM, A. A. S., ARRUDA, L. F. D. (2009). Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. *Química Nova*, 32(4), 849-854.

BYSTROM, L. M., LEWIS, B. A., BROWN, D. L., RODRIGUEZ, E., & OBENDORF, R. L. Characterisation of phenolics by LC–UV/Vis, LC–MS/MS and sugars by GC in *Melicoccus bijugatus* Jacq. ‘Montgomery’ fruits. **Food chemistry**, v. 111, n. 4, p. 1017-1024, 2008. ISSN 0308-8146.

CALGARO, C. O., SCHLEMMER, D. F., BASSACO, M. M., DOTTO, G. L., TANABE, E. H., & BERTUOL, D. A. Supercritical extraction of polymers from printed circuit boards using CO₂ and ethanol. **Journal of CO₂ Utilization**, 22, 307-316, 2017.

CAMIRE, M. E.; DOUGHERTY, M. P.; BRIGGS, J. L. Functionality of fruit powders in extruded corn breakfast cereals. **Food Chemistry**, v. 101, n. 2, p. 765-770, 2007. ISSN 0308-8146.

CANEVALORO, S. “Técnicas de Caracterização de Polímeros”, **Artliber Editora**, 2004

CAPARINO, O. A., SABLANI, S. S., TANG, J., SYAMALADEVI, R. M., & NINDO, C. I. Water sorption, glass transition, and microstructures of refractance window–and freeze-dried mango (Philippine “Carabao” Var.) powder. **Drying technology**, v. 31, n. 16, p. 1969-1978, 2013.

CAPOTE, F. P.; DE CASTRO, M. L. **Analytical applications of ultrasound**. Elsevier, 2007. ISBN 008046937X.

CARRERA, C., RUIZ-RODRÍGUEZ, A., PALMA, M., & BARROSO, C.G. Ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from grapes. **Analytica Chimica Acta**, 732, 100-104, 2012.

CARVALHO, A. V., MATTIETTO, R. A., RIOS, A. O., MACIEL, R. A, MORESCO, K. S., & OLIVEIRA, T. C. S. Bioactive compounds and antioxidant activity of pepper (*Capsicum* sp.) genotypes. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 11, p. 7457-7464, 2015.

CARVALHO, C.; KIST, B.; POLL, H. Anuário Brasileiro de Hortaliças. **Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 88p.[Links], 2013.**

CASCANT, M. M., SISOUANE, M., TAHIRI, S., KRATI, M. E., CERVERA, M. L., GARRIGUES, S., & DE LA GUARDIA, M. Determination of total phenolic compounds in compost by infrared spectroscopy. **Talanta**, v. 153, p. 360-365, 2016.

CASTAÑEDA-PÉREZ, E., OSORIO-REVILLA, G. I., GALLARDO-VELÁZQUEZ, T., & PROAL-NÁJERA, J. B. Uso de FTIR-HATR y análisis multivariable para el seguimiento de la degradación de compuestos bioactivos durante el secado de pimiento rojo. **Revista mexicana de ingeniería química**, v. 12, n. 2, p. 193-204, 2013.

CELLI, G. B., KHATTAB, R., GHANEM, A., & BROOKS, M. S. L. Refractance Window™ drying of haskap berry—preliminary results on anthocyanin retention and physicochemical properties. **Food chemistry**, 194, 218-221, 2016.

CHANG, C.-H. et al. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. **Journal of Food Engineering**, v. 77, n. 3, p. 478-485, 2006.

CHEMAT, F.; KHAN, M. K. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. **Ultrasonics sonochemistry**, v. 18, n. 4, p. 813-835, 2011. ISSN 1350-4177.

CHISTE, R. C., BENASSI, M. T., & MERCADANTE, A. Z. Effect of solvent type on the extractability of bioactive compounds, antioxidant capacity and colour properties of natural annatto extracts. **International journal of food science & technology**, 46(9), 1863-1870. 2011.

CHISTE, R. C.; MERCADANTE, A. Z. Identification and quantification, by HPLC-DAD-MS/MS, of carotenoids and phenolic compounds from the Amazonian fruit *Caryocar villosum*. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 60, n. 23, p. 5884-5892, 2012. ISSN 0021-8561.

CHITARRA, M. I. F. & CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed. Lavras: UFLA. 783 p. 2005.

COOPERSTONE, J. L.; FRANCIS, D. M.; SCHWARTZ, S. J. Thermal processing differentially affects lycopene and other carotenoids in cis-lycopene containing, tangerine tomatoes. **Food chemistry**, v. 210, p. 466-472, 2016. ISSN 0308-8146.

CRAIG, D. Q., & READING, M. Thermal analysis of pharmaceuticals. **CRC press**, 2006.

CREDOU, J.; BERTHELOT, T. Cellulose: from biocompatible to bioactive material. **Journal of Materials Chemistry B**, v. 2, n. 30, p. 4767-4788, 2014.

CROFT, K. D. et al. Screening plant derived dietary phenolic compounds for bioactivity related to cardiovascular disease. **Fitoterapia**, 2017/12/05/ 2017.

CURRENCE, T. M. Tomato breeding. I. Species, origin and botanical characters. **Handbuch der pflanzenzuchtung**, v. 2, p. 351-369, 1963.

CZEPAK, C.; SANTANA, H. Avanços tecnológicos para a cultura do tomate indústria. 2010. **Acesso em**, v. 28, n. 09, 2011.

DA SILVA, A. E. **Jambu (*spilanthus oleracea* linn.) minimamente processado: compostos bioativos e caracterização físico-química, microbiológica e sensorial**. Universidade Federal de Viçosa-MG. (Tese de doutorado). 2015.

DAMBROS, J. I. **Estabilidade de compostos pontencialmente bioativos e alterações de qualidade em frutos e produtos de pimenta (*Capsicum spp.*)**. Universidade Federal de Pelotas-RS. (Dissertação de mestrado). 2014.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. Artmed Editora, 2009. ISBN 8536323345.

DAS, S., TEJA, K. C., DUARY, B., AGRAWAL, P. K., & BHATTACHARYA, S. S. Impact of nutrient management, soil type and location on the accumulation of capsaicin in *Capsicum chinense* (Jacq.): One of the hottest chili in the world. **Scientia Horticulturae**, 213, 354-366, 2016.

DE FARIA, A. F., HASEGAWA, P. N., CHAGAS, E. A., PIO, R., PURGATTO, E., & MERCADANTE, A. Z. Cultivar influence on carotenoid composition of loquats from Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 22, n. 3, p. 196-203, 2009. ISSN 0889-1575.

DE JESÚS ORNELAS-PAZ, J., MARTÍNEZ-BURROLA, J. M., RUIZ-CRUZ, S., SANTANA-RODRÍGUEZ, V., IBARRA-JUNQUERA, V., OLIVAS, G. I., & PÉREZ-MARTÍNEZ, J. D. Effect of cooking on the capsaicinoids and phenolics contents of Mexican peppers. **Food Chemistry**, v. 119, n. 4, p. 1619-1625, 2010.

DE MENEZES, A. R. V., SILVA, J., CRUZ, H. L. L., DE ARAUJO, D. R., & SAMPAIO, D. D. Comparative study of the acerola-green powder obtained in stove with circulation air and also by liofilization. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2009. ISSN 1517-8595.

DE SILVA, P. S. et al. Association of urinary phenolic compounds, inflammatory bowel disease and chronic diarrheal symptoms: Evidence from the National Health and Nutrition Examination Survey. **Environmental Pollution**, v. 229, p. 621-626, 2017/10/01/ 2017.

DEMIRBAS, A. Production and characterization of bio-chars from biomass via pyrolysis. **Energy Sources, Part A**, v. 28, n. 5, p. 413-422, 2006.

D'ESTE, M.; DE FRANCISCI, D.; ANGELIDAKI, I. Novel protocol for lutein extraction from microalga *Chlorella vulgaris*. **Biochemical Engineering Journal**, 2017. ISSN 1369-703X.

DEVAHASTIN, S.; NIAMNUY, C. Invited review: modelling quality changes of fruits and vegetables during drying: a review. **International journal of food science & technology**, v. 45, n. 9, p. 1755-1767, 2010. ISSN 1365-2621.

DIAS, A. L. B., SERGIO, C. S. A., SANTOS, P., BARBERO, G. F., REZENDE, C. A., & MARTÍNEZ, J. Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from dedo de moça pepper (*Capsicum baccatum* L.): Effects on the vegetable matrix and mathematical modeling. **Journal of Food Engineering**, v. 198, p. 36-44, 4// 2017. ISSN 0260-8774.

DURIGON, A. et al. Cast-tape drying of tomato juice for the production of powdered tomato. **Food and Bioproducts Processing**, v. 100, p. 145-155, 2016.

ETTINGER, S. Macronutrientes: carboidratos, proteínas e lipídeos. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. (Ed.). **Alimentos, nutrição & dietoterapia**. 13. ed. São Paulo: Roca; 2013.

EVANUZ, E. O.; SINHA, N.; HUI, Y. Drying vegetables: new technology, equipment and examples. **handbook of Vegetables and Vegetable Processing**, p. 299-315, 2011.

FATTORE, M., MONTESANO, D., PAGANO, E., TETA, R., BORRELLI, F., MANGONI, A., ... & ALBRIZIO, S. Carotenoid and flavonoid profile and antioxidant activity in "Pomodoro Vesuviano" tomatoes. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 53, p. 61-68, 2016

FERNÁNDEZ, M. D. L. A. ESPINO, M., GOMEZ, F. J., & SILVA, M. F. Novel approaches mediated by tailor-made green solvents for the extraction of phenolic compounds from agro-food industrial by-products. **Food Chemistry**, v. 239, p. 671-678, 2018.

FREIRE, T. D. S. C. A gestão de resíduos sólidos urbanos no município de Belém: uma análise do gerenciamento e da possibilidade de geração de renda através da reciclagem de resíduos sólidos (1997/2010). 2010.

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

GARCIA, L. P. Liofilização aplicada a alimentos. **Universidade Federal de Pelotas**, 2009.

GENEVOIS, C.; FLORES, S.; DE ESCALADA PLA, M. Effect of iron and ascorbic acid addition on dry infusion process and final color of pumpkin tissue. **LWT-Food Science and Technology**, v. 58, n. 2, p. 563-570, 2014.

GEORGÉ, S., BRAT, P., ALTER, P., & AMIOT, M. J. Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 5, p. 1370-1373, 2005. ISSN 0021-8561.

GIUFFRIDA, D., DUGO, P., TORRE, G., BIGNARDI, C., CAVAZZA, A., CORRADINI, C., & DUGO, G. Characterization of 12 Capsicum varieties by evaluation of their carotenoid profile and pungency determination. **Food Chemistry**, v. 140, n. 4, p. 794-802, 2013. ISSN 0308-8146.

GOULD, W. A. Tomato Production, Processing and Technology (3th), **CTI Publishers**, Baltimore, MD, p. 107-108, 1992.

GROSS, J. Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids. New York: **AVI Book**, 1991

GUPTA, D. Methods for determination of antioxidant capacity: A review. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v. 6, n. 2, p. 546, 2015. ISSN 0975-8232.

GUSMÃO, M. T. A. D.; GUSMÃO, S. A. L. D. JAMBU DA AMAZÔNIA (*Acmella oleracea* [(L.) RK Jansen]: Características gerais, cultivo convencional, orgânico e hidropônico. **Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia**, p. 135, 2013.

GUSTAFSSON, J., CEDERBERG, C., SONESSON, U., & EMANUELSSON, A. The methodology of the FAO study: "Global Food Losses and Food Waste—extent, causes and prevention"—FAO, 2011. **The Swedish Institute for Food and Biotechnology (SIK), Göteborg, Sweden**, 2013.

GUZMAN, I., HAMBY, S., ROMERO, J., BOSLAND, P. W., & O'CONNELL, M. A. Variability of carotenoid biosynthesis in orange colored *Capsicum* spp. **Plant Science**, v. 179, n. 1, p. 49-59, 2010.

HALIM, R., GLADMAN, B., DANQUAH, M. K., & WEBLEY, P. A. Oil extraction from microalgae for biodiesel production. **Bioresource technology**, v. 102 n. 1, p. 178-185, Jan 2011. ISSN 0960-8524. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20655746> >.

HAMLAOUI, I., BENCHERAJET, R., BENSEGUENI, R., & BENCHARIF, M. Experimental and theoretical study on DPPH radical scavenging mechanism of some chalcone quinoline derivatives. *Journal of Molecular Structure*, 1156, 385-389, 2018.

HONÓRIO, I. C. G., PINTO, V. B., GOMES, J. A. O., & MARTINS, E. R. Influência de diferentes substratos na germinação de jambu (*Spilanthes oleracea* L.-Asteraceae). *Biotemas*, v. 24, n. 2, p. 21-25, 2011. ISSN 2175-7925.

HSIEH, W. H., CHENG, W. T., CHEN, L. C., & LIN, S. Y. Non-isothermal dehydration kinetic study of aspartame hemihydrate using DSC, TGA and DSC-FTIR microspectroscopy. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2017.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Easton, v. 53, n. 6, p. 1841-1856, 2005.

HUBER, L. S.; HOFFMANN-RIBANI, R.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Quantitative

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Tabelas de composição nutricional dos alimentos consumidos no Brasil**. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009, Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 351p

IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V. I. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chemistry*, v. 126, n. 4, p. 1821-1835, 2011. ISSN 0308-8146.

IOANNOU, I., HAFSA, I., HAMDI, S., CHARBONNEL, C., & GHOUL, M. Review of the effects of food processing and formulation on flavonol and anthocyanin behaviour. *Journal of Food Engineering*, v. 111, n. 2, p. 208-217, 7// 2012. ISSN 0260-8774.

ISMAIL, M. M.; HAMAD, M. F.; ELRAGHY, E. M. Using Goat's Milk, Barley Flour, Honey, and Probiotic to Manufacture of Functional Dairy Product. **Probiotics and antimicrobial proteins**, p. 1-15, 2017.

JAFARI, S. M., AZIZI, D., MIRZAEI, H., & DEHNAD, D. Comparing Quality Characteristics of Oven-Dried and Refractance Window-Dried Kiwifruits. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 40, n. 3, p. 362-372, 2016.

JAYATHUNGE, K. G. L. R., STRATAKOS, A. C., CREGENZÁN-ALBERTIA, O., GRANT, I. R., LYNG, J., & KOIDIS, A. Enhancing the lycopene in vitro bioaccessibility of tomato juice synergistically applying thermal and non-therma processing technologies. *Food Chemistry*, 2016. ISSN 0308-8146.

JUÁNIZ, I., LUDWIG, I. A., HUARTE, E., PEREIRA-CARO, G., MORENO-ROJAS, J. M., CID, C., & DE PEÑA, M. P. Influence of heat treatment on antioxidant capacity and (poly) phenolic compounds of selected vegetables. *Food chemistry*, 197, 466-473, 2016.

KHALIL, M. RAILA, J., ALI, M., ISLAM, K. M., SCHENK, R., KRAUSE, J. P., ... & RAWEL, H.. Stability and bioavailability of lutein ester supplements from Tagetes flower prepared under food processing conditions. **Journal of Functional Foods**, v. 4, n. 3, p. 602-610, 7// 2012. ISSN 1756-4646.

KOLLMANNBERGER, H., RODRÍGUEZ-BURRUEZO, A., NITZ, S., & NUEZ, F. Volatile and capsaicinoid composition of ají (*Capsicum baccatum*) and rocoto (*Capsicum pubescens*), two Andean species of chile peppers. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 9, p. 1598-1611, 2011. ISSN 1097-0010.

KUROZAWA, L. E.; HUBINGER, M. D.; PARK, K. J. Glass transition phenomenon on shrinkage of papaya during convective drying. **Journal of Food Engineering**, v. 108, n. 1, p. 43-50, 2012. ISSN 0260-8774.

KUSUMA, H. S., ALTWAY, A., & MAHFUD, M. Solvent-free microwave extraction of essential oil from dried patchouli (*Pogostemon cablin* Benth) leaves. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, 58, 343-348, 2018.

LE GRANDOIS, J., GUFFOND, D., HAMON, E., MARCHIONI, E., & WERNER, D. Combined microplate-ABTS and HPLC-ABTS analysis of tomato and pepper extracts reveals synergetic and antagonist effects of their lipophilic antioxidative components. **Food Chemistry**, 2016. ISSN 0308-8146.

LEE, A. K.; LEWIS, D. M.; ASHMAN, P. J. Disruption of microalgal cells for the extraction of lipids for biofuels: processes and specific energy requirements. **Biomass and bioenergy**, v. 46, p. 89-101, 2012. ISSN 0961-9534.

LEMOS, M. R. B. Caracterização e estabilidade dos compostos bioativos em amêndoas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), submetidas a processo de torrefação. 2012.

LI, H., ZHANG, D., TAN, L. H., YU, B., ZHAO, S. P., & CAO, W. G. Comparison of the antioxidant properties of various solvent extracts from *Dipsacus asperoides* and identification of phenolic compounds by LC-ESI-QTOF-MS-MS. **South African Journal of Botany**, v. 109, p. 1-8, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629916301739>>.

LI, H.; PORDESIMO, L.; WEISS, J. High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans. **Food research international**, v. 37, n. 7, p. 731-738, 2004.

LIANFU, Z.; ZELONG, L. Optimization and comparison of ultrasound/microwave assisted extraction (UMAE) and ultrasonic assisted extraction (UAE) of lycopene from tomatoes. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 15, n. 5, p. 731-737, 2008.

LIDIA, D. A., DELIA, M. H., NANCY, O. T., & ISELA, G. G. R. **Microwave-Assisted Extraction of Phytochemicals and Other Bioactive Compounds**, 2015.

LIN S. Y., LIN C. C. One-step real-time food quality analysis by simultaneous DSC-FTIR microspectroscopy. **Crit Rev Food Sci Nutr**;56(2):292–305, 2016.

LIU, J.; WILLFÖR, S.; XU, C. A review of bioactive plant polysaccharides: Biological activities, functionalization, and biomedical applications. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 5, n. 1, p. 31-61, 2015.

LLORACH-MASSANA, P. et al. Technical feasibility and carbon footprint of biochar co-production with tomato plant residue. **Waste Management**, v. 67, p. 121-130, 2017.

LÓPEZ-ALARCÓN, C.; DENICOLA, A. Evaluating the antioxidant capacity of natural products: A review on chemical and cellular-based assays. **Analytica chimica acta**, v. 763, p. 1-10, 2013. ISSN 0003-2670.

LORO, A. C. **Caracterização química e funcional de tomates Sweet Grape e Italiano submetidos à desidratação osmótica e adiabática**. 2015. Universidade de São Paulo

MALDONADO-ROBLEDO, G., RODRIGUEZ-BUSTAMANTE, E., SANCHEZ-CONTRERAS, A., RODRÍGUEZ-SANOJA, R., & SANCHEZ, S. Production of tobacco aroma from lutein. Specific role of the microorganisms involved in the process. **Applied microbiology and biotechnology**, 62(5-6), 484-488, 2003.

MATTHÄUS, B. Antioxidant activity of extracts obtained from residues of different oilseeds. *J. Agric. Food Chem.*, v. 50, 3444-3452, 2002.

MELO, E.A. & GUERRA, N.B. 2002. Antioxidant activity of phenolic compounds naturally present in foods. **Bulletin of the Brazilian Society of Food Science and Technology** 36(1): 1-11, 2002.

MENDONÇA, K.; JACOMINO, A. P.; MELHEM, T. X.; KLUGE, R.A. Concentração de etileno e tempo de exposição para desverdecimento de limão “Siciliano”. **Brazilian Journal of Food Technology**, São Paulo, v.6, n.2, p.179-183, 2003.

MENGARDA, L. H. G.; LOPES, J. C. Qualidade das sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de pimenta malagueta e sua relação com a posição de coleta dos frutos. **Journal of Seed Science**, v. 34, n. 4, 2012. ISSN 2317-1545.

MIRANDA, T. M. R.; Gonçalves, A. R.; Pessoa Amorim, M. T. Ultraviolet-induced crosslinking of poly (vinyl alcohol) evaluated by principal component analysis of FTIR spectra. **Polymer International**, v. 50, n. 10, p. 1068-1072, 2001.

MONTEIRO, C. S., Balbi, M. E., Miguel, O. G., PENTEADO, P. D. S., & Haracemiv, S. M. C. Qualidade nutricional e antioxidante do tomate “tipo italiano”. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 19, n. 1, p. 25-31, 2008.

MORRIS, V. J., BELSHAW, N. J., WALDRON, K. W., & MAXWELL, E. G. The bioactivity of modified pectin fragments. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 1, n. 1, p. 21-37, 2013.

MÜLLER, L.; FRÖHLICH, K.; BÖHM, V. Comparative antioxidant activities of carotenoids measured by ferric reducing antioxidant power (FRAP), ABTS bleaching assay (α TEAC), DPPH assay and peroxy radical scavenging assay. **Food Chemistry**, v. 129, n. 1, p. 139-148, 2011. ISSN 0308-8146.

MURATORE, G. et al. Partial dehydration of cherry tomato at different temperature, and nutritional quality of the products. **Food Chemistry**, v. 111, n. 4, p. 887-891, 2008/12/15/2008.

MURILLO, E.; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; PORTUGAL, F. Screening of vegetables and fruits from Panama for rich sources of lutein and zeaxanthin. **Food Chemistry**, v. 122, n. 1, p. 167-172, 2010. ISSN 0308-8146.

NEPA-NÚCLEO, D. E. E. P.; ALIMENTAÇÃO, E. Tabela brasileira de composição de alimentos. **NEPA-Unicamp, Campinas (SP), 105p**, 2011.

NETO, A. M. P.; DE SOUZA, R. A. S.; LEON-NINO, A. D.; DA COSTA, J. D. A. A.; TIBURCIO, R. S.; NUNES, T. A.; DE MELLO T. C. S.; KANEMOTO, F. T.; SALDANHA-CORRÊA, F. M. P. & GIANESELLA, S. M. F. Improvement in microalgae lipid extraction using a sonication-assisted method. **Renewable Energy**, v. 55, p. 525-531, 2013. ISSN 0960-1481.

NINDO, C.; TANG, J. *Refractance window* dehydration technology: a novel contact drying method. **Drying Technology**, v. 25, n. 1, p. 37-48, 2007. ISSN 0737-3937.

NWACHUKWU, I. D.; UDENIGWE, C. C.; ALUKO, R. E. Lutein and zeaxanthin: Production technology, bioavailability, mechanisms of action, visual function, and health claim status. **Trends in Food Science & Technology**, v. 49, p. 74-84, 2016. ISSN 0924-2244.

OCHOA-MARTÍNEZ, C. I., QUINTERO, P. T., AYALA, A. A., & ORTIZ, M. J. Drying characteristics of mango slices using the *Refractance Window*TM technique. **Journal of Food Engineering**, v. 109, n. 1, p. 69-75, 3// 2012. ISSN 0260-8774. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877411005267>>.

OLIVEIRA, S. M.; BRANDÃO, T. R. S.; SILVA, C. L. M. Influence of drying processes and pretreatments on nutritional and bioactive characteristics of dried vegetables: A review. **Food Engineering Reviews**, v. 8, n. 2, p. 134-163, 2016b.

OLIVEIRA, S. M.; BRANDÃO, T. R.; SILVA, C. L. Influence of drying processes and pretreatments on nutritional and bioactive characteristics of dried vegetables: a review. **Food Engineering Reviews**, v. 8, n. 2, p. 134-163, 2016a

OSZMIAŃSKI, J.; WOJDYŁO, A.; LACHOWICZ, S. Effect of dried powder preparation process on polyphenolic content and antioxidant activity of blue honeysuckle berries (*Lonicera caerulea* L. var. *kamtschatica*). **LWT-Food Science and Technology**, v. 67, p. 214-222, 2016. ISSN 0023-6438.

PASINETTI, G. M., WANG, J., HO, L., ZHAO, W., & DUBNER, L. Roles of resveratrol and other grape-derived polyphenols in Alzheimer's disease prevention and treatment. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease**, v. 1852, n. 6, p. 1202-1208, 6// 2015. ISSN 0925-4439.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A-J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food and Bioprocess Technology*, v.6, p.36–60, 2013.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; ARRANZ, S.; TABERNERO, M.; DÍAZ-RUBIO, M. E.; SERRANO, J.; GOÑI, I.; SAURA-CALIXTO, F. Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expression. of results. **Food Research International**, v. 41, n. 3, p. 274-285, 2008.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. **Food Research International**, v. 39, n. 7, p. 791- 800, 2006.

PHINNEY, D. M., FRELKA, J. C., COOPERSTONE, J. L., SCHWARTZ, S. J., & HELDMAN, D. R. Effect of solvent addition sequence on lycopene extraction efficiency from membrane neutralized caustic peeled tomato waste. **Food Chemistry**, v. 215, p. 354-361, 2017. ISSN 0308-8146.

PIRES, T. C., DIAS, M. I., BARROS, L., CALHELHA, R. C., ALVES, M. J., OLIVEIRA, M. B. P., & FERREIRA, I. C. Edible flowers as sources of phenolic compounds with bioactive potential. **Food Research International**, v. 105, p. 580-588, 2018/03/01/ 2018.

PRACHAYASITTIKUL, S., SUPHAPONG, S., WORACHARTCHEEWAN, A., LAWUNG, R., RUCHIRAWAT, S., & PRACHAYASITTIKUL, V. Bioactive metabolites from *Spilanthes acmella* Murr. **Molecules**, v. 14, n. 2, p. 850-867, 2009.

PRESEROVA, J., RANC, V., MILDE, D., KUBISTOVA, V., & STAVEK, J. Study of phenolic profile and antioxidant activity in selected Moravian wines during winemaking process by FT-IR spectroscopy. **Journal of food science and technology**, v. 52, n. 10, p. 6405-6414, 2015.

PRIOR RL, WU X, SCHAICH K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *J Agric Food Chem*. 2005; 53(10): 4290-302)

PUROHIT, A.J., & GOGATE, P.R. Ultrasound-Assisted Extraction of β -Carotene from Waste Carrot Residue: Effect of Operating Parameters and Type of Ultrasonic Irradiation, Separation **Science and Technology**, 50:10, 1507-1517, 2015.

PYRZYNSKA, K.; BIESAGA, M. Analysis of phenolic acids and flavonoids in honey. **Trends in Analytical Chemistry**, Crawford, v. 28, n. 7, p. 893-902, 2009.

QIU, D., GUO, J., YU, H., YAN, J., YANG, S., LI, X. & WEI, D. Antioxidant phenolic compounds isolated from wild *Pyrus ussuriensis* Maxim. fruit peels and leaves. **Food Chemistry**, v. 241, p. 182-187, 2018/02/15/ 2018.

QUINTERO RUIZ, N. A.; DEMARCHI, S. M.; GINER, S. A. Effect of hot air, vacuum and infrared drying methods on quality of rose hip (*Rosa rubiginosa*) leathers. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 49, n. 8, p. 1799-1804, 2014. ISSN 1365-2621.

RANVEER, R. C. Lycopene: A Natural Red Pigment. In: (Ed.). **Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes**: Elsevier, 2018. p.427-456.

RASHED, M. M., TONG, Q., ABDELHAI, M. H., GASMALLA, M. A., NDAYISHIMIYE, J. B., CHEN, L., & REN, F. Effect of ultrasonic treatment on total phenolic extraction from *Lavandula pubescens* and its application in palm olein oil industry. **Ultrasonics sonochemistry**, v. 29, p. 39-47, 2016. ISSN 1350-4177.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M. and RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved abts radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, Vol. 26, Nos. 9/10, pp. 1231–1237, 1999.

REDDY, D. B., REDDY, T. C. M., JYOTSNA, G., SHARAN, S., PRIYA, N., LAKSHMIPATHI, V., & REDDANNA, P. Chebulagic acid, a COX–LOX dual inhibitor isolated from the fruits of *Terminalia chebula* Retz., induces apoptosis in COLO-205 cell line. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 124, n. 3, p. 506-512, 7/30/ 2009. ISSN 0378-8741.

REN, F., PERUSSELLO, C. A., ZHANG, Z., KERRY, J. P., & TIWARI, B. K. Impact of ultrasound and blanching on functional properties of hot-air dried and freeze dried onions. **LWT-Food Science and Technology**, 87, 102-111, 2018.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. ILSI press Washington, DC, 2001. ISBN 1578810728.

ROSA, P. T., PARAJÓ, J. C., DOMÍNGUEZ, H., MOURE, A., DÍAZ-REINOSO, B., SMITH, R. L., LUCAS, S. Supercritical and Pressurized Fluid Extraction Applied to the Food Industry. In: (Ed.). **Extracting Bioactive Compounds for Food Products: Theory and Applications**: CRC Press Boca Raton, p.269-327, 2009.

RUFINO, M. Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS. **Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007b. 4p.(Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 128), 2007.**

SAINI, R. K., & KEUM, Y. S. Carotenoid extraction methods: A review of recent developments. **Food Chemistry**, 240, 90-103, 2018.

SANG, S., LAPSLEY, K., JEONG, W. S., LACHANCE, P. A., HO, C. T., & ROSEN, R. T. Antioxidative Phenolic Compounds Isolated from Almond Skins (*Prunus amygdalus* Batsch). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 8, p. 2459-2463, 2002/04/01 2002.

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, 2015/10/01/ 2015.

SHARMA, S. K.; LE MAGUER, M. Kinetics of lycopene degradation in tomato pulp solids under different processing and storage conditions. **Food Research International**, v. 29, p. 309 - 315, 1996.

SHIRSATH, S.; SONAWANE, S.; GOGATE, P. Intensification of extraction of natural products using ultrasonic irradiations-a review of current status. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 53, p. 10-23, 2012. ISSN 0255-2701.

SIMIC, M. G.; JAVANOVIC, S. V. Inactivation of oxygen radicals by dietary phenolic compounds in anticarcinogenesis. In: HO, C. T.; OSAWA, T.; HUANG, T. M.; ROSEN, R. T. (Ed.). **Food phytochemicals for cancer prevention**, Washington: American Chemical Society. p. 20-33. 1994

SINGLETON, V.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965. ISSN 0002-9254.

SIPOS, L., ORBÁN, C., BÁLINT, I., CSAMBALIK, L., DIVÉKY-ERTSEY, A., & GERE, A. Colour parameters as indicators of lycopene and antioxidant activity traits of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). **European Food Research and Technology**, v. 243, n. 9, p. 1533-1543, 2017.

SIRIAMORNUN, S.; KAISOON, O.; MEESO, N. Changes in colour, antioxidant activities and carotenoids (lycopene, β -carotene, lutein) of marigold flower (*Tagetes erecta* L.) resulting from different drying processes. **Journal of Functional Foods**, v. 4, n. 4, p. 757-766, 10// 2012. ISSN 1756-4646.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 71- 81, jan./mar. 2002.

SOCRATES, G. **Infrared and Raman characteristic group frequencies: tables and charts**. John Wiley & Sons, 2001. ISBN 0470093072.

SONG, J., CHEN, J., LI, D., XIAO, Y., & LIU, C. Thermal Isomerization and Degradation Behaviours of Carotenoids in Simulated Sweet Corn Juice. **Food and Bioprocess Technology**, p. 1-9, 2018.

SOUSA, E. T., RODRIGUES, F. D. M., MARTINS, C. C., DE OLIVEIRA, F. S., PEREIRA, P. A. D. P., & DE ANDRADE, J. B. Multivariate optimization and HS-SPME/GC-MS analysis of VOCs in red, yellow and purple varieties of Capsicum chinense sp. peppers. **Microchemical Journal**, v. 82, n. 2, p. 142-149, 2006. ISSN 0026-265X.

SULTANA, B., ANWAR, F., & IQBAL, S. Effect of different cooking methods on the antioxidant activity of some vegetables from Pakistan. **International journal of food science & technology**, 43(3), 560-567, 2008.

TOMSIK, A., PAVLIĆ, B., VLADIĆ, J., RAMIĆ, M., BRINDZA, J., & VIDOVIĆ, S. Optimization of ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from wild garlic (*Allium ursinum* L.). **Ultrasonics sonochemistry**, v. 29, p. 502-511, 2016.

TRIPATHI, M.; SAHU, J. N.; GANESAN, P. Effect of process parameters on production of biochar from biomass waste through pyrolysis: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 55, p. 467-481, 2016.

variation in Brazilian vegetable sources of flavonols and flavones. **Food Chemistry**, London, v. 113, n. 1, p. 1278-1282, 2009.

VEGA-GÁLVEZ, A., DI SCALA, K., RODRÍGUEZ, K., LEMUS-MONDACA, R., MIRANDA, M., LÓPEZ, J., & PEREZ-WON, M. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annum*, L. var. Hungarian). **Food Chemistry**, 117(4), 647-653, 2009.

VIEIRA, A. P.; NICOLETI, J. F.; TELIS, V. R. N. Freeze drying of pineapple slices: evaluation of drying kinetics and product quality. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 50-58, 2012. ISSN 1981-6723.

VINHA, A. F., ALVES, R. C., BARREIRA, S. V., CASTRO, A., COSTA, A. S., & OLIVEIRA, M. B. P. Effect of peel and seed removal on the nutritional value and antioxidant activity of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruits. **LWT-Food Science and Technology**, 55(1), 197-202., 2014.

VINHA, A. F., ALVES, R. C., BARREIRA, S. V., COSTA, A. S., & OLIVEIRA, M. B. P. Impact of boiling on phytochemicals and antioxidant activity of green vegetables consumed in the Mediterranean diet. **Food & function**, 6(4), 1157-1163, 2015.

VINÍCIUS TRÊS, M., FRANCHESCHI, E., RODRIGUES BORGES, G., DARIVA, C., DE CASTILHOS CORAZZA, F., OLIVEIRA, J. V., & CORAZZA, M. L. Influência da temperatura na solubilidade de B-caroteno em solventes orgânicos à pressão ambiente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, 2007. ISSN 0101-2061.

VIUDA-MARTOS, M., RUIZ-NAVAJAS, Y., MARTIN-SÁNCHEZ, A., SÁNCHEZ-ZAPATA, E., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., SENDRA, E., PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A. Chemical, physico-chemical and functional properties of pomegranate (*Punica granatum* L.) bagasses powder co-product. **Journal of Food Engineering**, v. 110, n. 2, p. 220-224, 5// 2012. ISSN 02608774.

WANG, L.; WELLER, C. L. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, n. 6, p. 300-312, 2006. ISSN 0924-2244.

WANG, X., WU, Y., CHEN, G., YUE, W., LIANG, Q., & WU, Q. Optimisation of ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from *Sparganii rhizoma* with response surface methodology. **Ultrasonics sonochemistry**, v. 20, n. 3, p. 846-854, 2013. ISSN 1350-4177.

WARNOCK, S. J. Natural habitats of *Lycopersicon* species. **HortScience**, St. Joseph, v. 26, n. 5, p. 466 - 471, 1991.

WESTPHAL, A., BAUERFEIND, J., ROHRER, C., & BÖHM, V. Analytical characterisation of the seeds of two tomato varieties as a basis for recycling of waste materials in the food industry. **European Food Research and Technology**, v. 239, n. 4, p. 613-620, 2014. ISSN 1438-2377.

WONGSAWATKUL, O., PRACHAYASITTIKUL, S., ISARANKURA-NAAYUDHYA, C., SATAYAVIVAD, J., RUCHIRAWAT, S., & PRACHAYASITTIKUL, V. Vasorelaxant and antioxidant activities of *Spilanthes acmella* Murr. **International journal of molecular sciences**, v. 9, n. 12, p. 2724-2744, 2008.

ZHANG, L., ZHOU, C., WANG, B., YAGOUB, A. E. G. A., MA, H., ZHANG, X., & WU, M. Study of ultrasonic cavitation during extraction of the peanut oil at varying frequencies. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 37, p. 106-113, 2017. ISSN 1350-4177.

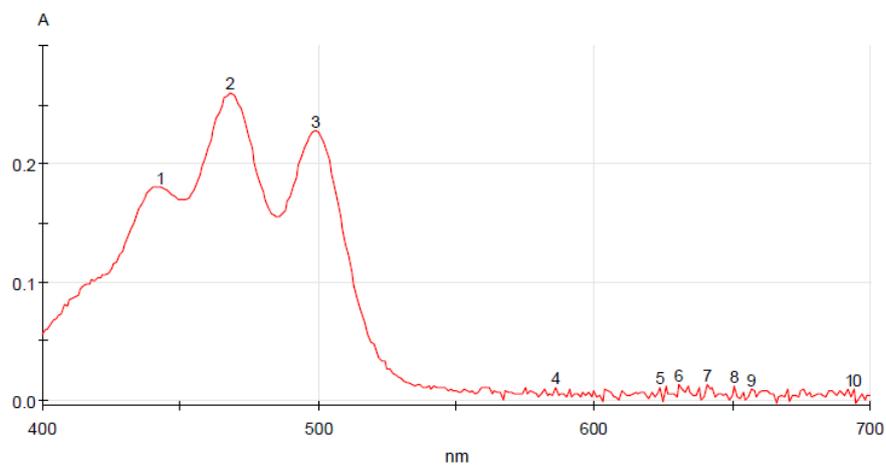
ZHANG, W. et al. A study on soluble solids content assessment using electronic nose: persimmon fruit picked on different dates. **International journal of food properties**, v. 19, n. 1, p. 53-62, 2016.

ZHANG, Z., SONG, H., PENG, Z., LUO, Q., MING, J., & ZHAO, G. Characterization of stipe and cap powders of mushroom (*Lentinus edodes*) prepared by different grinding methods. **Journal of Food Engineering**, v. 109, n. 3, p. 406-413, 2012. ISSN 0260-8774.

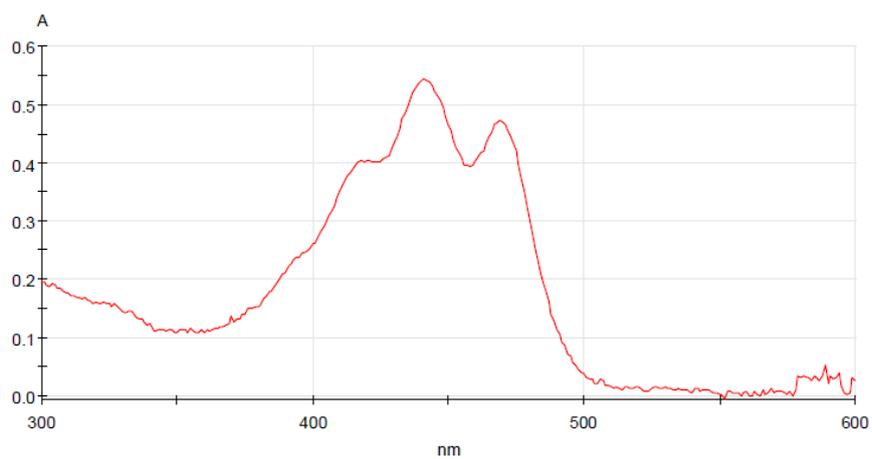
ZIYATDINOVA, G., SNEGUREVA, Y., & BUDNIKOV, H. Novel approach for the voltammetric evaluation of antioxidant activity using DPPH-modified electrode. *Electrochimica Acta*, 247, 97-106, 2017.

APÊNDICE I

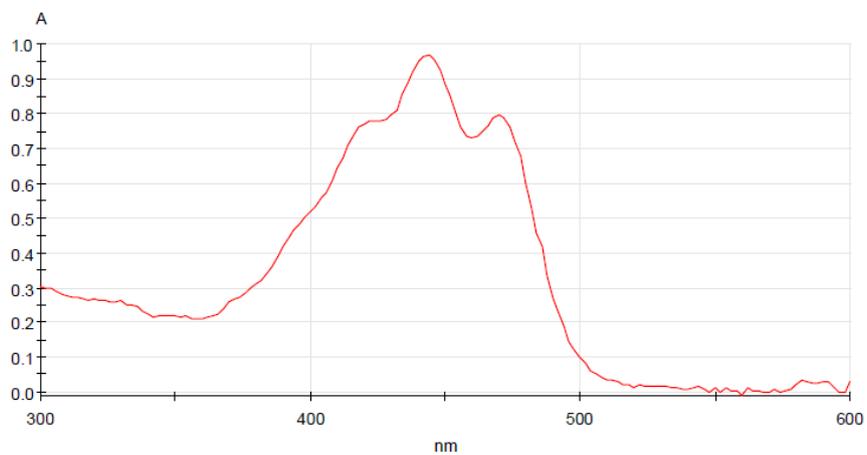
a. Varredura em amostras de tomate para análise de carotenoides totais.



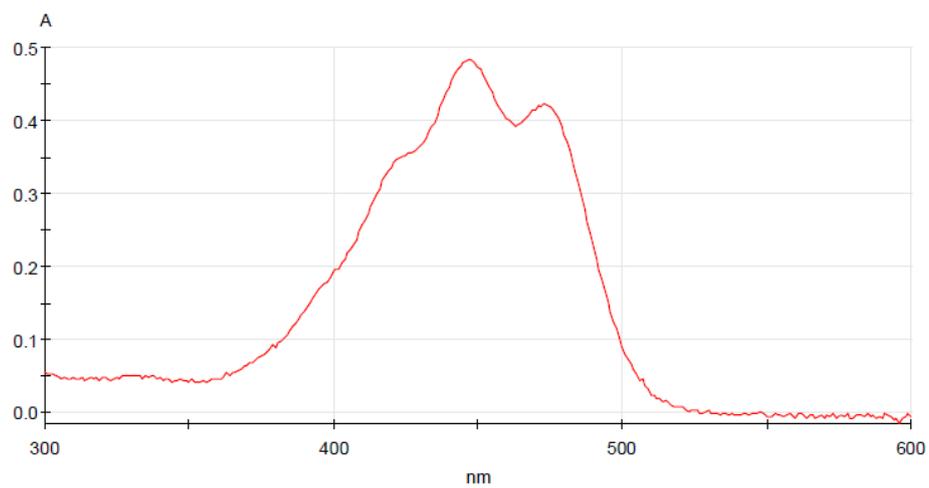
b. Varredura em amostras de pimenta para análise de carotenoides totais.



c. Varredura em amostras de jambu para análise de carotenoides totais.

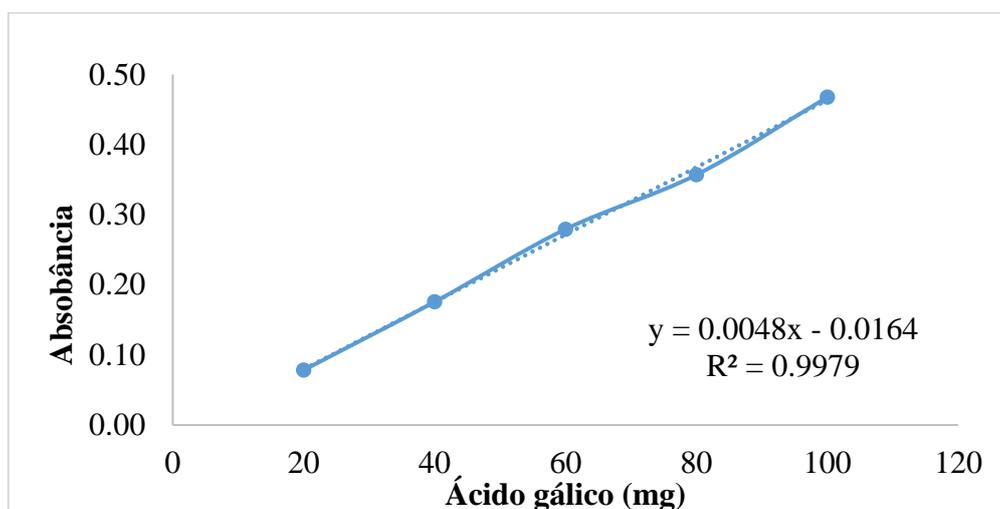


d. Varredura em amostras de *blend* para análise de carotenoides totais.



APÊNDICE II

- a. Curva padrão ác. Gálico para quantificação compostos fenólicos



- b. Curva padrão Trolox

