

**CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Fabiane Taís Telöken

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TECNOLÓGICA DA DESIDRATAÇÃO DE MAÇÃ EM  
APARELHO DE MICRO-ONDAS DOMÉSTICO**

Santa Cruz do Sul

2016

Fabiane Tais Telöken

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TECNOLÓGICA DA DESIDRATAÇÃO DE MAÇÃ EM  
APARELHO DE MICRO-ONDAS DOMÉSTICO**

Trabalho de Curso em Engenharia  
Agrícola II apresentado ao Curso de  
Engenharia Agrícola da Universidade de  
Santa Cruz do Sul – UNISC.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Débora Chapon Galli

Santa Cruz do Sul

2016

Fabiane Taís Telöken

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TECNOLÓGICA DA DESIDRATAÇÃO DE MAÇÃ EM  
APARELHO DE MICRO-ONDAS DOMÉSTICO**

Trabalho de Curso em Engenharia Agrícola II  
apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola  
da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC.

*MSc. Débora Chapon Galli*

Professora Orientadora – UNISC

*MSc. Liliane Marquardt*

Professora examinadora – UNISC

*Dr. Ana Lúcia Becker Rohlfes*

Professora examinadora - UNISC

Santa Cruz do Sul

2016

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Marcos Antônio Telöken e Rosani Brentano Telöken, por me apoiarem, incentivarem e me darem a oportunidade de chegar até aqui.

Ao meu namorado Chrystian Estêvam Quinot, pelo incentivo, parceria e por estar sempre ao meu lado.

À professora e orientadora Débora Chapon Galli, pela ajuda, pelas orientações prestadas e por acreditar no potencial do trabalho mesmo em meio às dificuldades.

A todos meus amigos e colegas, professores e funcionários que de alguma forma contribuíram para a execução do trabalho, em especial ao Jonas Fogliatto e Gabriel Segatto pela ajuda sempre que precisei, à professora Ana Lucia Becker Rohlfes, pelas orientações para realização das análises físico-químicas e ao professor Marcelino Hoppe pela orientação a respeito das análises estatísticas realizadas.

*“A ciência, meu rapaz, é feita de erros, mas de erros benéficos, já que  
conduzem pouco a pouco à verdade.”  
(Júlio Verne)*

## RESUMO

A desidratação da maçã é uma boa alternativa para reduzir os efeitos da perecibilidade e da sazonalidade, gerando um produto de alto valor nutritivo e evitando perdas. A secagem é usualmente efetuada em secador de cabine, porém, seu emprego restringe o processamento caseiro e para pequenas agroindústrias, estimulando assim a pesquisa de novas tecnologias, como o emprego do aparelho de micro-ondas doméstico. O presente estudo teve como objetivo geral analisar a viabilidade tecnológica da utilização de micro-ondas doméstico para a desidratação da maçã em comparação ao emprego de secador de cabine. Foi realizada a secagem de anéis de maçã cv. Fuji More em secador de cabine nas temperaturas de 60, 65, 70 e 75°C e em micro-ondas nas potências de 160, 240, 320 e 400 W, com tempos definidos através das curvas obtidas em pré-testes. Após, realizaram-se análises físico-químicas de umidade, atividade de água, cinzas, pH, sólidos solúveis, lipídeos e acidez. Todos os tratamentos promoveram a redução da umidade e da atividade de água das maçãs para níveis seguros, com incremento dos teores de sólidos solúveis. Analisando-se estes resultados e considerando-se a resposta das maçãs às diferentes secagens definiram-se dois tratamentos: um no secador de cabine e outro no forno de micro-ondas, a 70°C e 320W, respectivamente, a fim de se produzir amostras para a análise sensorial. Através da análise de aceitação observou-se que os produtos finais obtidos nos dois métodos não diferiram significativamente entre si nos atributos aparência, cor, odor, sabor e avaliação global, diferindo apenas na textura, sendo a aceitação maior no produto desidratado em secador de cabine. Dos quarenta provadores não treinados 67% demonstraram preferência pela amostra obtida em secador de cabine e 33% pela amostra desidratada em micro-ondas. Conclui-se que a desidratação de maçã em micro-ondas é viável, porém, recomenda-se a continuidade de estudos que testem outras variáveis, bem como a realização de testes no momento de praticar o explicado, pois cada modelo de equipamento é único e possui uma distribuição da radiação e potências diferentes.

**Palavras-chave:** secagem, maçã, micro-ondas, secador de cabine.

## ABSTRACT

Apple dehydration is one of the good alternatives to reduce the effects of perishability and seasonality, generating a product of high nutritional value and avoiding losses. The process of drying is usually done in a cabin dryer, however, the use of this method is restricted to home processing and small agroindustries, stimulating the new technology research, such as the use of the domestic microwave apparatus. The study has as general objective to analyze the technological viability of the use of domestic microwaves for the apple dehydration in comparison to the use of cabin dryer. The drying of the apple cv. Fuji More rings was made by the cabin dryer at temperatures of 60, 65, 70 and 75 ° C and in the microwave at 160, 240, 320 and 400 W, with defined times through the curves obtained in the pre-tests. Afterwards, they perform physical-chemical analyzes of moisture, water activity, ash, pH, soluble solids, lipids and acidity. All the treatments ended up promoting the reduction of moisture and water activity of apples to safe levels, with increase of soluble solids contents. Analyzing these results and considering the response of the apples to the different dryings, two treatments were defined: one in the cabin dryer and the other in the microwave, at 70°C and 320W, respectively, in order to produce samples for sensory analysis. Through the acceptance analysis it was observed that the final products obtained in the two methods did not differ significantly among themselves in the appearance, color, odor, flavor and overall evaluation attributes, differing only in texture, being the greater acceptance in the dehydrated product in cabin drier. Among the forty untrained tasters, 67% demonstrated a preference for the sample obtained in a cabin dryer and 33% for the sample dehydrated in a microwave. It is concluded that apple dehydration in microwave is a viable method, however, it is recommended the continuity of studies that evaluate other variables, as well as the performance of tests at the time of practicing explained, since each model of equipment is unique and has a distribution of radiation and different powers.

**Keywords:** drying, apple, microwave, cabin dryer.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exportações brasileiras de maçã fresca e suco de maçã: volume e preços de exportação.....	16
Figura 2 – Fluxograma geral para produção de frutas desidratadas .....	20
Figura 3 - Evolução do tempo (t), do teor de água do produto (x), de sua temperatura (T) e da taxa de secagem (dx/dt), para um ar com propriedades constantes .....	25
Figura 4 - Tendência da umidade do alimento durante o processo de secagem durante os períodos.....	26
Figura 5 – Secador de cabine .....	27
Figura 6 – Regiões do espectro eletromagnético com escalas aproximadas, bem como suas aplicações químicas para o comprimento de onda selecionado.....	29
Figura 7 – Moléculas de água com e sem a influência do campo elétrico .....	30
Figura 8 – Umidade adimensional em função do tempo de secagem para pera seca em micro-ondas com diferentes potências.....	32
Figura 9 - Micro-ondas Ms3052ra da marca LG.....	38
Figura 10 - Secador de cabine marca Macanuda.....	39
Figura 11 – Faca para retirada do miolo .....	40
Figura 12 – Distribuição dos béqueres para mapeamento por meio da variação da temperatura da água .....	41
Figura 13 - Etapas da desidratação em secador de cabine .....	42
Figura 14 – Curvas de secagem dos pré-testes em secador de cabine para diferentes temperaturas .....	43
Figura 15 - Distribuição das maçãs no forno micro-ondas .....	44
Figura 16 - Curvas de secagem dos pré-testes em aparelho micro-ondas para diferentes potências .....	45
Figura 17 – Determinação de $A_w$ .....	47
Figura 18 - Determinação de cinzas.....	47
Figura 19 – Determinação de lipídeos.....	48
Figura 20 – Acidez titulável .....	49
Figura 21 - Mapeamento realizado com marshmallows .....	53
Figura 22 – Curva de secagem em secador de cabine a 60°C .....	55
Figura 23 – Curva de secagem em secador de cabine a 65°C .....	56

Figura 24 – Curva de secagem em secador de cabine a 70°C .....	56
Figura 25 – Curva de secagem em secador de cabine a 75°C .....	57
Figura 26 – Curva de secagem em aparelho micro-ondas a 180 W .....	58
Figura 27 – Curva de secagem em aparelho micro-ondas a 260 W .....	58
Figura 28 – Curva de secagem em aparelho micro-ondas a 320 W .....	59
Figura 29 – Curva de secagem em aparelho micro-ondas a 400 W .....	59
Figura 30 – Umidade (%) das amostras desidratadas .....	61
Figura 31 – Atividade de água das amostras desidratadas.....	62
Figura 32 – Cinzas (g/100g) nas amostras desidratadas .....	62
Figura 33 – pH das amostras desidratadas.....	63
Figura 34 - Sólidos solúveis (°Brix) nas amostras desidratadas.....	63
Figura 35 – Acidez (% de ácido málico) nas amostras desidratadas .....	64
Figura 36 - Teor de lipídeos (g/100g) das amostras desidratadas .....	64
Figura 37 – Preferência entre amostras .....	69

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Valores médios da composição físico-química da maçã in natura .....	17
Quadro 2 – Potências do micro-ondas Ms3052ra-LG .....	39
Quadro 3 – Potência real do micro-ondas MS3052ra LG.....	52
Quadro 4 – Variação da temperatura da água e potência em aquecimento simultâneo .....	54
Quadro 5 – Variação da temperatura da água e potência em aquecimento individual .....	54
Quadro 6 – Composição físico-química da maçã in natura.....	60
Quadro 7 – Resultados médios obtidos nas análises físico-químicas das maçãs desidratadas.....	65
Quadro 8 – Sexo e faixa etária dos provadores .....	67
Quadro 9 - Estatística dos atributos avaliados no teste de aceitação .....	69

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 Maçã.....	14
2.1.1 Produção da maçã .....	14
2.1.2 Mercado da maçã.....	15
2.1.3 Qualidade da maçã .....	16
2.2 Maçã desidratada .....	17
2.3 Secagem ou desidratação de frutas.....	18
2.3.1 Etapas anteriores à desidratação.....	20
2.3.1.1 Recepção .....	21
2.3.1.2 Seleção e classificação .....	21
2.3.1.3 Lavagem e sanitização.....	21
2.3.1.4 Descascamento e aparação.....	22
2.3.1.5 Corte.....	22
2.3.1.6 Pré-tratamentos.....	22
2.3.1.6.1 Branqueamento .....	23
2.3.1.6.2 Desidratação osmótica .....	24
2.3.2 Tipos de secagem ou desidratação.....	24
2.3.2.1 Cinética de secagem.....	24
2.3.2.2 Secagem convectiva em secador de cabine .....	26
2.3.2.3 Secagem em micro-ondas.....	28
2.3.3 Etapas posteriores à desidratação .....	35
2.3.3.1 Embalagem .....	35
2.3.3.2 Armazenamento .....	35
2.4 Qualidade físico-química e sensorial de frutas desidratadas.....	35
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	38
3.1 Descrição do local de trabalho .....	38
3.2 Materiais.....	38
3.3 Métodos.....	40
3.3.1 Testes realizados no secador de cabine e no aparelho de micro-ondas.....	40
3.3.2 Preparo da matéria-prima para as secagens .....	41
3.3.3 Procedimentos de secagem .....	42

3.3.3.1 Secagem em secador de cabine .....	42
3.3.3.1.1 Resultados dos pré-testes.....	43
3.3.3.2 Secagem em micro-ondas.....	44
3.3.3.2.1 Resultados dos pré-testes.....	45
3.3.4 Caracterização da matéria-prima e do produto final.....	46
3.3.4.1 Determinação do grau de umidade .....	46
3.3.4.2 Atividade de água (Aw) .....	46
3.3.4.3 Cinzas .....	47
3.3.4.4 pH.....	47
3.3.4.5 Lipídeos.....	48
3.3.4.6 Sólidos solúveis.....	48
3.3.4.7 Acidez titulável em ácido málico.....	48
3.3.5 Análise sensorial .....	49
3.3.6 Análises estatísticas.....	50
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4.1 Resultados dos testes realizados no secador de cabine e no micro-ondas .....	51
4.1.1 Testes no secador de cabine .....	51
4.1.2 Determinação da potência real do micro-ondas .....	51
4.1.3 Mapeamento com marshmallows.....	53
4.1.4 Mapeamento pela temperatura da água.....	54
4.2 Secagem em secador de cabine .....	55
4.3 Secagem em micro-ondas.....	57
4.4 Caracterização da matéria-prima .....	60
4.5 Caracterização do produto final.....	61
4.6 Análise sensorial .....	67
4.7 Cálculo de rendimento .....	70
5 CONCLUSÕES .....	71
REFERÊNCIAS.....	72
APÊNDICE A – Ficha para análise sensorial .....	77

## 1 INTRODUÇÃO

A maçã é uma das frutas de clima temperado de maior comercialização mundial devido ao seu alto valor nutritivo, aparência e sabor agradável. Além disso, auxilia tanto na nutrição humana, através do fornecimento de vitaminas, minerais e demais nutrientes, como na hidratação, devido ao alto conteúdo de água presente na mesma.

Contudo, a fruta possui alta perecibilidade, pois a água presente fica disponível para que reações microbianas e químicas aconteçam, diminuindo a sua vida de prateleira. Desta forma, para o mercado *in natura*, torna-se necessário que logo após a colheita sejam realizados procedimentos para que as perdas sejam minimizadas, como, por exemplo, o resfriamento.

Visando reduzir os efeitos da perecibilidade e da sazonalidade, as maçãs podem ser desidratadas, promovendo a conservação, além de ser uma forma de aproveitar os alimentos que não possuem qualidade para serem comercializados *in natura* e agregar valor aos produtos.

A desidratação, ou secagem, consiste em remover a água disponível do alimento por meio de uso de calor ou métodos físicos, sendo cada vez mais utilizada no excedente da produção para evitar perdas e também para facilitar a embalagem, o armazenamento e transporte do produto devido à redução de seu volume, além de possibilitar formas mais práticas de consumo direto e/ou uso como ingrediente.

Usualmente, para realizar a desidratação de forma correta e controlada são necessários equipamentos próprios para tal, como os secadores de cabine, não disponíveis para toda a população, em função do seu custo e disponibilidade de comercialização. Seu emprego, além de restringir o processamento caseiro, requer controles das condições de secagem, as quais estão relacionadas ao dimensionamento específico do equipamento. Tal fato pode limitar sua adequada aplicação por pequenas agroindústrias por gerar produtos desuniformes, com características sensoriais e nutricionais alteradas negativamente.

Diante deste contexto, o micro-ondas doméstico é uma opção pois gera calor através de ondas eletromagnéticas não ionizantes, aquecendo os produtos e, conseqüentemente, desidratando-os.

A questão problema deste trabalho é se secagem em micro-ondas doméstico poder produzir maçãs desidratadas de qualidade.

Pesquisas sobre os possíveis usos do aparelho micro-ondas estão sendo realizadas em diversas áreas e com finalidades de aplicação diferenciadas. Assim, estudos específicos sobre secagem de vegetais em micro-ondas já vêm sendo efetivados, porém, nota-se que nestes trabalhos são empregados equipamentos com adaptações, geralmente para facilitar a exaustão do ar de secagem, para controlar a temperatura imposta dentro do equipamento, entre outras.

Desta forma, ainda há carência de trabalhos científicos específicos com secagem de maçã e que avaliem condições de processamento em equipamentos domésticos facilmente encontrados no comércio e com preços acessíveis à população e a pequenas agroindústrias.

A hipótese do trabalho é de que a secagem de maçãs em aparelho micro-ondas doméstico é viável tecnologicamente, proporcionando produtos de qualidade físico-química e sensorial, desde que o tempo e a potência do equipamento sejam preestabelecidos.

Assim, o presente estudo teve como objetivo geral analisar a viabilidade tecnológica da utilização de micro-ondas doméstico para a desidratação da maçã em comparação ao emprego de secador de cabine. Os objetivos específicos foram: definir a melhor combinação de tempo e potência para a secagem em micro-ondas; definir a melhor combinação de tempo e temperatura para a secagem em secador de cabine; determinar as características físico-químicas da matéria-prima e dos produtos obtidos nos dois métodos; analisar sensorialmente o produto obtido com melhor característica físico-química em cada um dos métodos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Maçã

De acordo com Rodrigues (2003), a maçã é uma fruta de clima temperado altamente comercializada no mundo. Honores (1995) destaca que isso se deve à beleza, cheiro e gosto da mesma, que a tornam atrativa.

Além disso, a maçã é excelente em termos nutricionais, pois é rica em proteínas, vitaminas, minerais e possui fácil digestibilidade (HONORES, 1995). Contudo, segundo Rodrigues (2003), possui um alto conteúdo de umidade e, por este motivo, é altamente perecível e necessita de refrigeração ou processamentos para que se diminuam as perdas.

A mesma provém de uma rosácea que pode chegar a até 10 metros de altura, a macieira (*Pirus malus*, L. ou *Malus communis*, DC.). Com tronco curto e copa arredondada, possui casca parda, lisa ou ligeiramente rugosa, folhas verde-escuras, ovais e dentadas nas margens e pecíolo curto e grosso (GOMES, 2007).

Segundo Ushirozawa (1978) a cultivar Fuji, uma das principais no Brasil, provém das cultivares *Ralls janet* e *Delicious comum*, sendo uma fruta redonda e com coloração vermelha-rajada, possui a polpa dura, com elevado teor de açúcar e bastante suculenta.

#### 2.1.1 Produção da maçã

Segundo Rodrigues (2003), no Brasil, a região Sul é responsável por aproximadamente 98% de toda produção nacional de maçã, sendo que, do total produzido, 97% provêm das cultivares Gala, Fuji e Golden Delicious.

Vasques et al. (2006) salientam que o Brasil se destaca no cenário mundial como um dos maiores produtores de frutas, e, das de clima temperado, a maçã é a mais tradicional.

Em 1973/74 essa produção atingiu 1.528 toneladas, em 1980 a mesma passou para 48.715 t e em 1990/91 para 330.751 t. Já na safra de 2001/2002 a produção já era de 857.340 t de maçã (RODRIGUES, 2003). O Anuário Brasileiro da Maçã (2015) traz números diferentes dos apresentados acima, demonstrando que nas décadas de

1970/80 a produção foi de 13.262 t, em 1980/90 foi de 183.299 t, 1990/2000 foi 519.845 t, e em 2000/09 chegou a 890.626 t. Na safra de 2004, Vasques et al. (2006) afirmam que a produção já havia ultrapassado 1 milhão de toneladas.

Conforme Anuário Brasileiro da Maçã (2015), no período de 2010 a 2014, a média da produção foi de 1,18 milhão de t, sendo semelhante à safra 2014/15 que rendeu 1,164 milhão de toneladas.

No Rio Grande do Sul, a safra 2013/14 rendeu 133.194 t de maçãs da cultivar Fuji, e, na safra 2014/15 esta produção se elevou para 134.620 t (ASSOCIAÇÃO GAÚCHA DOS PRODUTORES DE MAÇÃ - AGAPOMI, 2015).

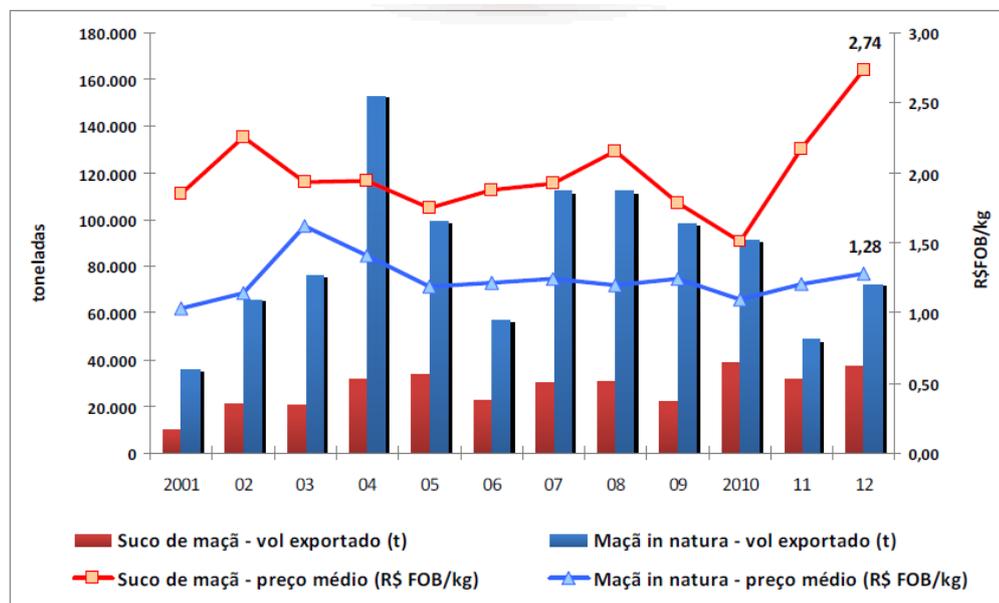
Segundo Brasil (2013) a produção brasileira é suficiente para suprir 95% do total do consumo interno *in natura* da fruta e ainda exportar 25% da mesma em forma de maçã fresca e, principalmente, de suco.

De acordo com Rodrigues (2003) a maior parte dessa produção provém de grandes empresas que cultivam amplas extensões de áreas e possuem uma ampla tecnologia desenvolvida no local, com estruturas de classificação, câmaras frias e de comercialização.

### **2.1.2 Mercado da maçã**

Vasques et al. (2006) afirmam que a maçã nacional, por possuir um sabor diferenciado em relação à importada, mudou os hábitos alimentares dos brasileiros, elevando seu consumo anual *per capita* para 4,3 kg em 2004. Já o Anuário Brasileiro da Maçã (2015) traz dados de que, em 2014, o consumo era de aproximadamente 6 kg/habitante/ano no Brasil, e, em países produtores como os da Europa, chegava a 60 kg/habitante/ano. Na Figura 1 é possível visualizar as exportações brasileiras de maçã fresca e suco de maçã realizadas entre 2001 e 2012, bem como seus preços médios.

Figura 1 – Exportações brasileiras de maçã fresca e suco de maçã: volume e preços de exportação



Fonte: Brasil, 2013.

Aproximadamente 80% de toda produção de maçãs é destinada ao consumo *in natura*, e o restante, que geralmente não possui condições para este tipo de comercialização, é levado à agroindústria para que sejam processadas (RODRIGUES, 2003).

### 2.1.3 Qualidade da maçã

Conforme a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011) a maçã Fuji, com casca e crua, possui em média, em 100 g, 84,3 g de umidade, 0,3 g de proteína, 15,2 g de carboidratos, 1,3 g de fibra alimentar, 0,2 g de cinza e 2 mg de cálcio e magnésio.

Selmo, Treptow e Antunes (1996) trazem que a maçã Fuji *in natura* possui 85,94% de umidade, 12,62°Brix, acidez de 0,18 g ácido málico e pH igual a 4,06. Moura et al. (2012) descrevem que a maçã *in natura* possui aproximadamente 14,98°Brix, 0,275 g de ácido málico e pH igual a 3,66.

No Quadro 1 pode-se visualizar essas características comparadas com as quantidades médias de nutrientes da maçã *in natura* declaradas por outros autores.

Quadro 1 – Valores médios da composição físico-química da maçã *in natura*

Constituintes	Composição em 100g de maçã fresca					
	TACO	IBGE	ABPM	MOURA	CÓRDOVA	CÓRDOVA
<b>Umidade (%)</b>	84,30	84,00	83,93	80,27	84,10	85,56
<b>Caloria (kcal)</b>	56,00	58,00	59,00	-	-	48,00
<b>Proteína (g)</b>	0,30	0,30	0,19	-	0,30	0,27
<b>Fibras (g)</b>	1,30	0,70	2,70	-	1,00	1,28
<b>Cinza (g)</b>	0,20	0,20	-	0,47	0,29	0,17
<b>Carboidratos (g)</b>	15,20	-	-	-	14,90	12,60
<b>Lipídeos (g)</b>	-	0,30	0,36	-	0,40	0,13
<b>Glicídios (g)</b>	-	15,20	-	-	11,10	-
<b>Cálcio (mg)</b>	2,00	6,00	7,00	-	-	-
<b>Ferro (mg)</b>	0,10	0,40	0,18	-	-	-
<b>Vit. C (mg)</b>	2,40	6,00	5,70	28,41	-	-

Legenda: (-) valores não informados.

Fonte: Adaptado de IBGE, 1999; Córdova, 2006; TACO, 2011; Moura et al., 2012; e ABPM, 2016.

## 2.2 Maçã desidratada

Segundo Rodrigues (2003) a desidratação da maçã é de grande relevância, pois auxilia na conservação da fruta através da diminuição do seu teor de água livre e oferece uma outra opção de consumo, através de um produto diferenciado na prateleira do mercado, possibilitando o aproveitamento máximo da produção.

De acordo com Honores (1995) a maçã apresenta grande adaptabilidade à desidratação, podendo ser realizada de diversas formas, com formatos variados, dependendo de sua finalidade.

Cornejo, Nogueira e Wilberg (2003) afirmam que para o mercado *in natura* das frutas há uma certa padronização exigida, e, caso as mesmas não se encaixem nesse padrão, não poderão ser comercializadas, acarretando assim em perdas e prejuízos aos produtores. Uma solução para isto então é enviá-las a outro mercado, como o de frutas desidratadas.

Honores (1995) e Rodrigues (2003) relatam que as maçãs desidratadas, além de serem utilizadas para consumo direto, também podem ser ingredientes em receitas de tortas, compotas, cremes, doces, chás, cereais matinais, barras de cereais, etc.

### 2.3 Secagem ou desidratação de frutas

Matos (2007) e Vasconcelos e Melo Filho (2010) concordam que desidratação e secagem de alimentos possuem a mesma finalidade, sendo assim iguais, podendo diferir-se apenas por considerar que a secagem se dá de modo natural ou ao sol, e a desidratação se dá de modo artificial. Já o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae, 20--) considera que, embora os dois termos sejam empregados para o processo de remoção de umidade, não possuem o mesmo significado. No presente trabalho secagem e desidratação serão considerados sinônimos.

Antigamente já se empregavam técnicas de desidratação para a conservação de alimentos, porém, estas passaram a ser aplicadas de forma significativa somente a partir da Primeira Guerra mundial (HONORES, 1995).

Segundo Meloni (2003) na Segunda Guerra Mundial houve um avanço na tecnologia de secagem, introduzindo-se a operação do branqueamento e também o controle do grau de umidade do produto final.

Conforme Lopes (2013), a secagem de um produto consiste em remover a água presente no alimento com a finalidade de reduzir a atividade de água ( $A_w$ ) e, assim, inibir o crescimento microbiano.

Isto ocorre, pois, os microrganismos presentes nos alimentos tendem a se multiplicar quando encontram umidade e calor, causando a deterioração. Assim, se não houver água disponível, não haverá tal desenvolvimento (HONORES, 1995).

Rodrigues (2003) também concorda que este processo reduz a deterioração microbiológica e as taxas de reações de degradação, como também salienta que o mesmo reduz o peso e o volume do produto, aumentando assim a eficiência do transporte e armazenamento.

Conforme Meloni (2003) o processo de secagem pode se dar por três meios de transferência de calor: convecção, condução e radiação. A transferência por convecção é a mais utilizada, sendo que os produtos a serem desidratados são expostos ao ar aquecido e a umidade dos mesmos migra de dentro para fora.

É um processo de transferência simultânea de calor e massa, onde é requerida energia para evaporar a umidade da superfície do produto para o meio externo, convencionalmente o ar (SANTOS et al., 2013).

Lopes (2013) relata que a secagem é de grande importância na redução de custos, elevando a vida de prateleira, diminuindo o peso e volume e possibilitando a diversificação da oferta dos produtos.

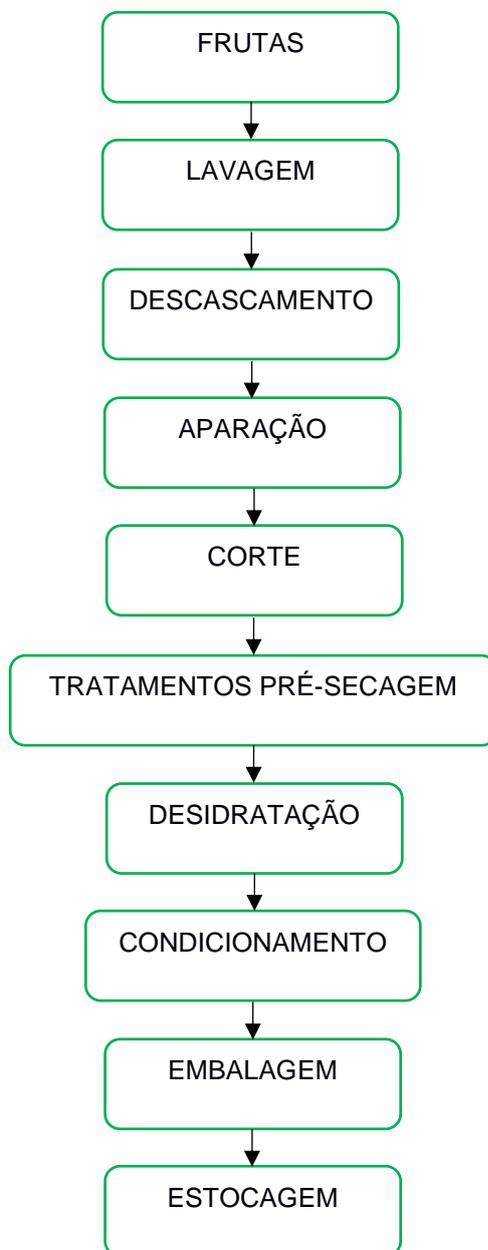
Conforme Honores (1995) e Matos (2007), em média, a cada 1.000 quilos de fruta fresca pode-se produzir 200 quilos de fruta seca, resultando em um rendimento de aproximadamente 20%.

Os alimentos em geral são altamente variáveis em sua composição inicial, nos totais de água livre e ligada, no encolhimento e no modelo de migração de solutos e também na mudança de suas propriedades durante a secagem e, devido a isso, não há modelo pronto de como realizar a desidratação de determinada matéria-prima (MELONI, 2003).

O efeito que o calor exerce sobre a composição do alimento, segundo Vasconcelos e Melo Filho (2010), é que determina a escolha da temperatura e do tempo que serão utilizados no tratamento.

Cornejo e Nogueira (2006) salientam que a qualidade do produto final obtido dependerá da qualidade da matéria-prima utilizada e do cuidado despendido durante as etapas do processamento, que são demonstradas na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma geral para produção de frutas desidratadas



Fonte: Cornejo e Nogueira, 2006.

### 2.3.1 Etapas anteriores à desidratação

Segundo Meloni (2003) as etapas anteriores à desidratação das frutas são: recepção, seleção e classificação, lavagem, descascamento, aparação, corte e a realização de pré-tratamentos.

### **2.3.1.1 Recepção**

Conforme Meloni (2003) na recepção deve-se realizar a pesagem, a retirada de amostras para análise e uma pré-avaliação visual do lote. Cornejo e Nogueira (2006) afirmam que nesta etapa também é necessária a separação dos alimentos e, após, a seleção dos mesmos.

Matos (2007) destaca a importância de se realizar essa etapa fora da área de processamento visando evitar contaminações.

### **2.3.1.2 Seleção e classificação**

De acordo com Cornejo e Nogueira (2006) deve-se realizar uma seleção prévia, retirando-se os vegetais com alguma injúria e os que ainda não estão em condições de maturidade ideal para que o produto final seja de boa qualidade.

Meloni (2003) cita que os fatores a serem considerados na seleção são: tamanho, forma, cor, textura, densidade, manchas e a presença de insetos. Assim, os lotes de produto são mais uniformes, facilitando as etapas posteriores de descasque, corte, pré-tratamentos e a própria desidratação.

Segundo Matos (2007), no caso das maçãs, deve-se procurar selecionar as frutas mais maduras e sem manchas.

### **2.3.1.3 Lavagem e sanitização**

Cornejo e Nogueira (2006) afirmam que a lavagem é realizada com o intuito de evitar ao máximo contaminações com detritos e microrganismos. A mesma deve ser realizada com água potável, com a finalidade de eliminar impurezas (MATOS, 2007).

Conforme Meloni (2003) após a lavagem da maçã é realizada a sanitização através de água com concentração de cloro de 30 ppm por 15 minutos, 15 ppm por 10 minutos e sem adição no primeiro, segundo e terceiro estágio, respectivamente. Cornejo e Nogueira (2006) salientam que essa concentração pode ser obtida utilizando água sanitária ou hipoclorito de sódio. Esta sanitização possui o objetivo de diminuir a carga microbiana presente na casca da fruta (MATOS, 2007).

Em seus estudos Lopes et al. (2013) fizeram a lavagem das maçãs primeiramente em água corrente e após com água clorada com 50 ppm de cloro ativo por 10 minutos.

#### **2.3.1.4 Descascamento e aparação**

Descascar ou não a maçã é uma opção que deve ser tomada visando o mercado que ela será destinada. O miolo é cortado com o intuito de retirar as sementes e geralmente é realizado através da abertura de um furo central no sentido longitudinal da fruta (MELONI, 2003). Após, deve ocorrer a aparação a fim de eliminar lesões, podres, partes inaptas ao processo, etc.

O Sebrae (20--) aponta que após esta etapa as frutas podem sofrer o escurecimento enzimático, sendo interessante realizar a imersão das mesmas em água para retardar o processo.

#### **2.3.1.5 Corte**

É nesta etapa que, segundo Matos (2007), é definida a forma do produto final, que pode ser em fatias, rodela, cubos ou anéis. Como no descasque, Meloni (2003) afirma que o corte é definido de acordo com a destinação do produto final. Geralmente os cortes das maçãs são feitos em rodela e possuem entre 5 e 7 mm de espessura.

Cornejo e Nogueira (2006) salientam que o corte em maçãs é ideal pois diminui o seu tempo de desidratação, além de lhe conferir uma aparência agradável.

É muito importante que a espessura ou dimensões do corte sejam padronizadas e uniformes para que se obtenha a máxima homogeneidade durante a secagem (MELONI, 2003).

#### **2.3.1.6 Pré-tratamentos**

Matos (2007) afirma que os pré-tratamentos possuem como objetivos a preservação da cor natural dos alimentos, o prolongamento da armazenagem, o retardamento da perda de vitamina C e a prevenção contra a deterioração microbiana.

Segundo Meloni (2003), a maioria das frutas deve receber um pré-tratamento antes da desidratação.

#### **2.3.1.6.1 Branqueamento**

Gularte (2009) expõe que o branqueamento possui como objetivos: a eliminação do ar dos tecidos do material para reduzir as chances de oxidação durante a armazenagem, a fixação e realce da coloração do produto, a ênfase das partes defeituosas visando facilitar sua inspeção, alteração da textura para contribuir com o envase e a eliminação de odores e sabores desagradáveis.

De acordo com Celestino (2010) o branqueamento consiste em aquecer o alimento por um período de tempo de cinco minutos a temperatura de 90°C, diminuindo assim a contagem microbiana do mesmo. Também pode-se realizar o processo com vapor, o que é mais indicado pois diminui a perda de vitaminas, açúcares e outras substâncias solúveis. Estes dois métodos são os mais utilizados comercialmente, sendo geralmente empregados como etapas de pré-tratamento em frutas e hortaliças antes de seu congelamento ou desidratação (VASCONCELOS e MELO FILHO, 2010).

Além do branqueamento, Celestino (2010) explica que também pode-se realizar a inativação enzimática através do emprego de antioxidantes. Uma opção seria realizar a sulfitação da maçã através da sua imersão em uma solução de bissulfito de sódio à 500 ppm por cinco minutos ou através da imersão em solução de ácido ascórbico a 0,1% com ácido cítrico a 0,3%, por cinco minutos (MELONI, 2003). Segundo Matos (2007) também se pode imergir as maçãs em solução de metabissulfito de sódio a 1% durante cinco minutos.

Salienta-se que, no caso de inativação enzimática com antioxidantes por sulfitação, deve-se realizar o controle do residual máximo de SO<sub>2</sub> permitido nos alimentos (no caso da maçã desidratada o máximo é 0,15 g de SO<sub>2</sub> por 100 g de produto) (CELESTINO, 2010).

### **2.3.1.6.2 Desidratação osmótica**

Segundo Rodrigues (2003), a desidratação osmótica é usada como pré-tratamento de vegetais seguida de outro tipo de secagem, pois sozinha a mesma não é capaz de reduzir a atividade de água a níveis que garantam a estabilidade do produto.

Esta consiste na imersão do alimento em uma solução de sacarose ou cloreto de sódio para que ocorra a perda de água e, conseqüentemente, o ganho de sólidos (CELESTINO, 2010).

Isto ocorre pois, conforme explicam Mendonça et al. (2009), o mecanismo da desidratação osmótica apresenta um fluxo de saída de água do produto para a solução e outro de migração de solutos da solução para o alimento.

### **2.3.2 Tipos de secagem ou desidratação**

Celestino (2010) afirma que a secagem pode se dar de forma natural, pela ação da radiação solar, ou artificialmente, com o uso de equipamentos como: secadores de cabine/bandejas, de túnel, de esteiras, de tambor rotativo, de leito fluidizado, por atomização e liofilizadores.

Meloni (2003) salienta a importância de, quando realizar a secagem de algum alimento, cuidar para que o tamanho e a forma das porções a serem desidratadas sejam iguais, a fim de evitar perdas.

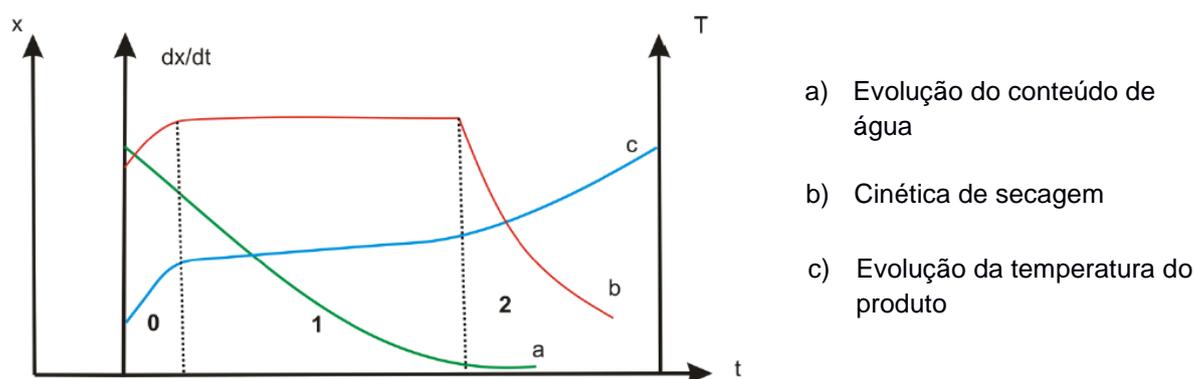
Segundo Gularte (2009) quem determina as condições ideais de temperatura, ciclo de secagem e umidade final são os padrões de qualidade impostos pelo mercado em busca de sabor, cor e textura ideais.

#### **2.3.2.1 Cinética de secagem**

De acordo com Celestino (2010), a cinética de secagem pode ser definida como a rapidez com que o alimento perde a umidade presente em seu interior, sendo esta dependente das próprias características do alimento e pelas variáveis temperatura, velocidade e umidade relativa do ar.

Porém, independente das condições citadas anteriormente, a transferência de calor e de massa possui comportamento semelhante em qualquer condição de processo (LOPES, 2013). Desta forma, a evolução dessa transferência é dividida em três períodos, conforme Figura 3.

Figura 3 - Evolução do tempo ( $t$ ), do teor de água do produto ( $x$ ), de sua temperatura ( $T$ ) e da taxa de secagem ( $dx/dt$ ), para um ar com propriedades constantes



Fonte: Lopes, 2013.

Segundo Honores (1995) a **curva a** representa o conteúdo de água presente no alimento em relação à evolução do tempo de processo. A **curva b** exibe a taxa de secagem do produto e a **curva c** demonstra a variação da temperatura do mesmo.

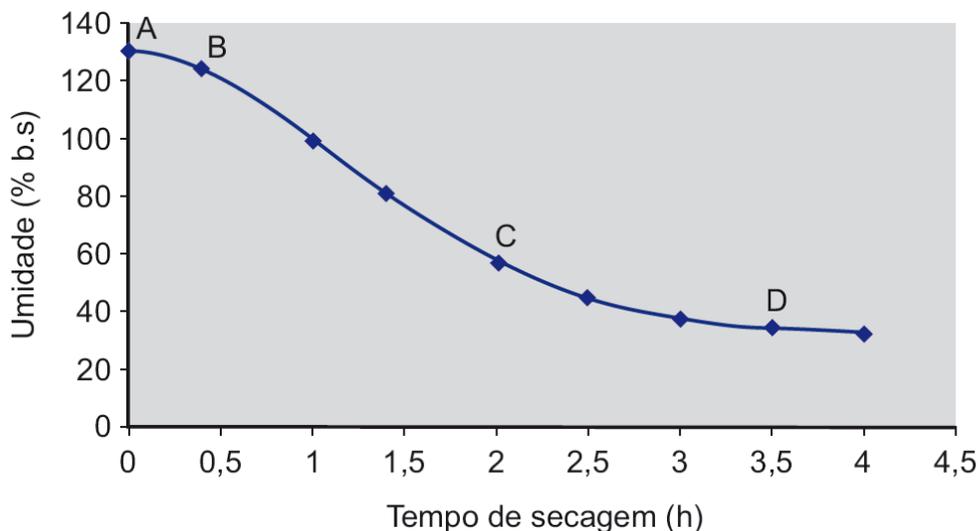
Honores (1995), Celestino (2010) e Lopes (2013) comentam que a secagem é dividida em três etapas distintas, sendo elas descritas a seguir e visualizadas na Figura 4:

Período de indução (AB) – no qual o produto se adapta às condições de secagem e sua temperatura atinge um valor constante;

Período de taxa constante (BC) – é onde ocorre a retirada de água do produto, principalmente a presente superficialmente, e da interna que migra para o exterior do produto. Neste, a velocidade de secagem é constante;

Período de taxa decrescente (CD) – o movimento do líquido presente no interior do alimento para seu exterior não é o suficiente para manter uma taxa de secagem constante, assim, há diminuição da velocidade de secagem e um aquecimento maior do produto.

Figura 4 - Tendência da umidade do alimento durante o processo de secagem durante os períodos



Fonte: Celestino, 2010.

Segundo Celestino (2010), nesta Figura 4 ainda é possível determinar um segundo período decrescente (D), no qual a umidade do alimento diminui até alcançar a umidade de equilíbrio para as condições de temperatura e umidade relativa do ar.

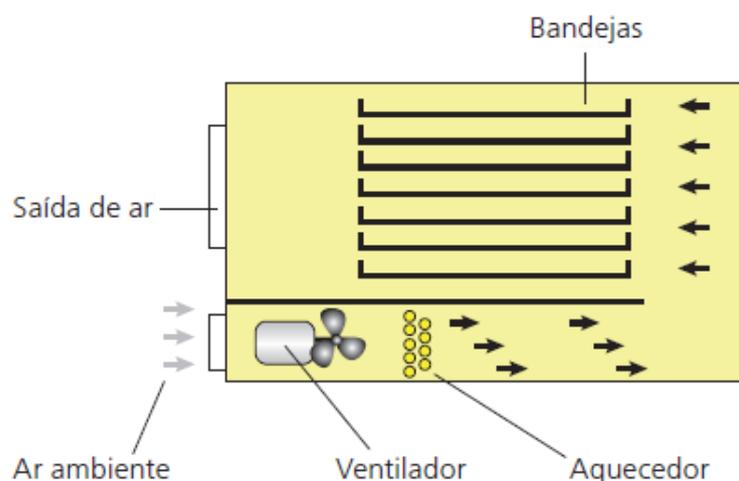
Conforme Mariano, Nunes e Valentini (2011) pode-se determinar a curva de secagem através do método de secagem em estufa. Assim, pode-se calcular a umidade do produto através da Equação 1 (CELESTINO, 2010).

$$U (\% \text{ b.u}) = \frac{(\text{massa inicial} - \text{massa final}) \times 100}{\text{massa inicial}} \quad (1)$$

### 2.3.2.2 Secagem convectiva em secador de cabine

Meloni (2003) descreve que neste secador a transferência de calor se dá de forma convectiva e com ar forçado. O mesmo pode possuir bandejas fixas ou apoiadas sobre uma base móvel, conforme esquematizado na Figura 5.

Figura 5 – Secador de cabine



Fonte: Vasconcelos e Melo Filho, 2010.

Conforme Celestino (2010) deve-se espalhar o produto nas bandejas com espaçamento entre os pedaços e, assim, com o auxílio de calor provindo das resistências elétricas e da circulação do ar promovida pelos ventiladores, é realizada a secagem do alimento que deve ser revirado e monitorado periodicamente.

Este espaçamento entre os vegetais é de extrema importância para garantir a correta circulação de ar entre os mesmos e, assim, ocorrer uma desidratação uniforme (CORNEJO e NOGUEIRA, 2006).

Segundo Meloni (2003) a distância entre uma bandeja e outra, a dimensão das bandejas e a quantidade de produto a ser colocado é variável, dependendo do tipo de produto a ser processado e das características do equipamento.

Para a maçã, a média é que se utilize uma razão de 4 kg/m<sup>2</sup>. A temperatura do ar de secagem deve ser de 70°C e as bandejas devem ser giradas em 180° a cada duas horas. Assim, para que se consiga uma umidade final em torno de 18% serão necessárias de sete a oito horas (CORNEJO e NOGUEIRA, 2006).

Vasques et al. (2006), em seus experimentos, utilizaram uma velocidade de ar de secagem de 0,121 m/s e Honores (1995) realizou o processo com velocidades de 0,5, 1,0 e 1,5 m/s, conseguindo que o tempo de secagem fosse reduzido com o aumento do fluxo. Córdova (2006) utilizou uma vazão de ar no secador de 18m<sup>3</sup>/h para a desidratação de maçã.

Cruz (1990) frisa que a temperatura ideal para a secagem de frutas está em torno de 60 a 65°C e salienta ainda que não se deve sobrepor pedaços das mesmas nas bandejas durante o processo.

Para seus estudos, Vasques et al. (2006) e Saraiva et al. (2010) empregaram temperatura de 60°C. Scheeren, Lehn e Souza (2012) utilizaram as temperaturas de 50, 55, 60, 65 e 70°C e, após análises, julgaram que a melhor temperatura para a desidratação de maçãs é 65°C por um período de aproximadamente 60 minutos. Já Treptow, Queiroz e Antunes (1998) propuseram que a melhor temperatura para a secagem de maçãs em secador de cabine é a de 70°C.

Para a secagem de outros tipos de alimentos, como acerolas, foram testadas as temperaturas de 40, 60 e 80°C após desidratação osmótica, sendo que, na temperatura de 80°C as propriedades sensoriais foram afetadas (JESUS et al., 2003).

Celestino (2010) recomenda o emprego da Equação 2 para controlar o término do processo.

$$Pf = \frac{Pi (100 - Ui)}{100 - Uf} \quad (2)$$

Onde:

Pf = peso final (subtraído o peso da bandeja)

Pi = peso líquido inicial (subtraído o peso da bandeja)

Uf = umidade final (de 15 a 20% para frutas)

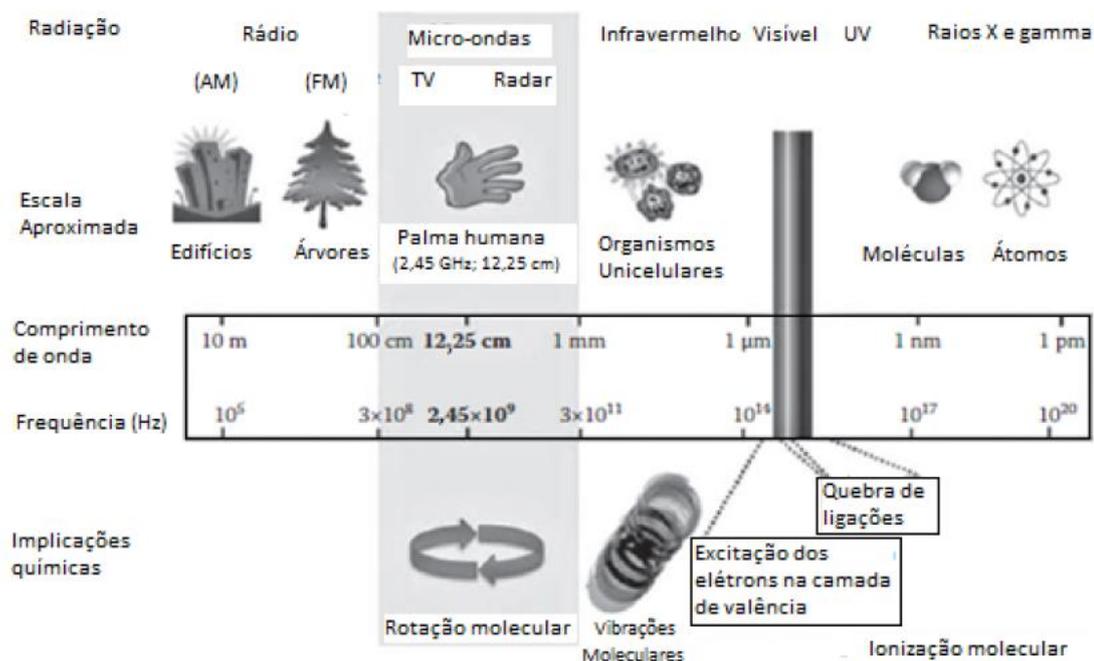
Ui = umidade inicial

Santos et al. (2013) utilizaram a temperatura de secagem de 65°C com maçãs, porém, ao contrário dos demais, o controle do ponto final do processo foi realizado baseando-se na Aw do produto, que deveria situar-se entre 0,65 e 0,85. Córdova (2006) também baseou o resultado final do processo nas curvas de secagem obtidas com testes preliminares para que o mesmo acabasse quando a Aw estivesse entre 0,5 e 0,6.

### **2.3.2.3 Secagem em micro-ondas**

Segundo Sanseverino (2002), micro-ondas são radiações eletromagnéticas não ionizantes que possuem uma frequência entre 300 a 300.000 MHz, correspondente ao comprimento de onda de 1mm a 1m. Situa-se entre o infravermelho e as ondas de rádio, como mostrado na Figura 6.

Figura 6 – Regiões do espectro eletromagnético com escalas aproximadas, bem como suas aplicações químicas para o comprimento de onda selecionado



Fonte: Sebben, 2015.

Silva, Seara e Charbel (2013) consideram que um importante atributo do aquecimento por micro-ondas é a absorção direta da energia pela amostra aquecida, diferentemente do que acontece com processos realizados por convecção onde a energia é transferida lentamente.

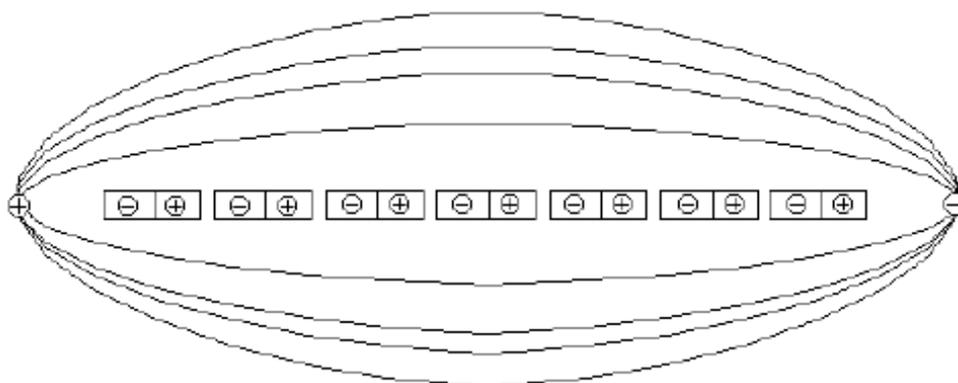
Conforme Pecoraro, Davolos e Jafelicci Júnior (1997), na secagem obtida através de processos denominados convencionais, a transmissão de calor para o material a ser seco se dá no sentido do exterior para o interior da amostra. Já no processo utilizando micro-ondas, o material recebe um aumento de energia calorífica diretamente em seu interior.

Rosini, Nascentes e Nóbrega (2004) explicam que esse aumento de energia calorífica é devido à interação das ondas eletromagnéticas com o dipólo elétrico, ocorrendo assim o aquecimento do material por irradiação.

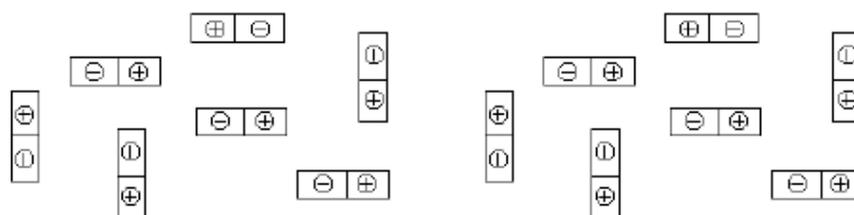
Assim, o aquecimento em micro-ondas é também conhecido por aquecimento dielétrico, com dois mecanismos para a transformação de ondas eletromagnéticas em calor: a rotação de dipolo que é relacionada ao alinhamento das moléculas com o campo elétrico aplicado, e a condução iônica no qual o calor é gerado pela migração dos íons quando sob influência de um campo magnético (SANSEVERINO, 2002).

Segundo Pecoraro, Davolos e Jafelicci Júnior (1997) a rotação do dipolo pode ser melhor explicada admitindo-se que a molécula de água se apresenta como um dipolo elétrico e esta, sob a ação de um campo elétrico externo, tende a girar, orientando-se na direção do campo elétrico, como mostrado na Figura 7. A resistência conferida a essa rotação causa dissipação de energia em forma de calor.

Figura 7 – Moléculas de água com e sem a influência do campo elétrico



1 – Dipolos alinhados com o campo eletromagnético



2 – Dipolos após a retirada do campo eletromagnético



Fonte: Sanseverino, 2002.

Desta forma, os princípios envolvidos no funcionamento de um forno micro-ondas envolvem conceitos físicos e químicos, como temperatura, ligação química, estrutura molecular, momento de dipolo, polarização, capacidade calorífica e constante dielétrica (ROSINI, NASCENTES e NÓBREGA, 2004).

Fornos micro-ondas domésticos não possuem uma distribuição uniforme de radiação, porém, são opções devido ao alto custo dos equipamentos desenvolvidos especialmente para aplicações laboratoriais (ROSINI, NASCENTES e NÓBREGA 2004).

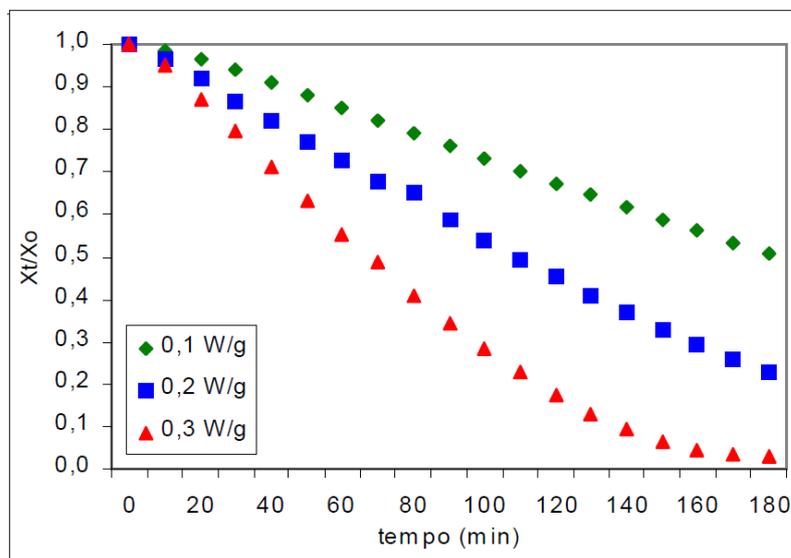
De acordo com Sanseverino (2002) a cinética do micro-ondas doméstico é difícil de compreender e estudar, pois no mesmo não há controle de temperatura e há estudos controversos quanto a sua eficiência na aceleração das reações.

Apesar do mecanismo de transferência de calor no processo de secagem por micro-ondas e pelo método convencional se dar diferentemente, as curvas de secagem obtidas nas duas formas apresentam comportamentos semelhantes (SILVA, SEARA e CHARBEL, 2013).

Silva, Seara e Charbel (2013) concluíram através de seus estudos que a secagem em micro-ondas demanda menos tempo do que em estufa. Lopes (2013) também afirma que sua aplicação na secagem de alimentos acelera a cinética de secagem, demandando assim menor tempo de processo. Isso é explicado com o chamado “efeito micro-ondas”, um efeito não-térmico, causado pelo uso da radiação eletromagnética, que gera maior velocidade de reação com aquecimento por micro-ondas do que o convencional (SANSEVERINO, 2012).

Silva, Seara e Charbel (2013) destacam que regular a potência correta no micro-ondas é muito importante, pois a mesma influencia significativamente na velocidade de perda de água. Segundo Lopes (2013), quanto maior a potência programada no micro-ondas, maior será o aumento da temperatura do material ao longo do processo. Assim, deve-se ter o cuidado de não utilizar potências muito elevadas pois isto pode gerar a queima do alimento devido ao seu superaquecimento. Este fato foi comprovado por Fumagalli (2003) em seus estudos, como é demonstrado na Figura 8.

Figura 8 – Umidade adimensional em função do tempo de secagem para pera seca em micro-ondas com diferentes potências



Fonte: Fumagalli, 2003.

Rosini, Nascentes e Nóbrega (2004) consideram que é de extrema importância a discussão sobre a utilização da energia de micro-ondas em cursos de graduação devido ao aumento das pesquisas em cima deste tema.

Segundo Lopes (2013) a secagem em micro-ondas pode ser realizada acompanhando-se a perda de água do produto com o passar do tempo. Para isso, deve-se utilizar as Equações 3, 4 e 5 e monitorar a massa do produto em determinado espaço de tempo, até chegar ao peso desejado para determinada umidade final.

$$M_s = M_t - M_w \quad (3)$$

$$M_w = M_t \times IV\theta \quad (4)$$

$$M_t(x(bu)) = M_s \div Y_{sol} \quad (5)$$

Onde:

$M_s$  = massa de sólidos (g);

$M_t$  = massa total (g);

$M_w$  = massa de água (g);

$IV\theta$  = Umidade inicial (g/g);

$Y_{sol}$  = teor de sólidos (g).

Terrão e Mendonça (2009) realizaram a desidratação de tomate em micro-ondas e para isso verificaram o produto de três em três minutos nos primeiros nove minutos, e, após, de um em um minuto, até chegar ao ponto desejado.

Silva, Seara e Charbel (2013), para a secagem de batata Yacon (*Smallanthus sonchifolius*), utilizaram potências de 750 e 350 W. Lopes (2013) empregou, para a secagem de abacaxi Pérola (*Ananas comosus*), potências de 166, 259 e 381 W, constatando que a potência de 259 W foi a que melhor se adaptou ao processo. Figiel (2007) realizou a complementação da secagem de maçã Gala com potências de 240, 480 e 720 W. Todos efetuaram a secagem até peso constante da amostra. Já Silva et al. (2007) fizeram uso da potência de 300 W para a secagem de noz macadâmia (*Macadamia integrifolia*).

A informação prestada pelo fabricante sobre a potência empregada pelo micro-ondas pode não ser a real exercida devido à posição do produto no forno e a quantidade do mesmo, sendo necessário que se faça uma prévia calibração de potência. Esta calibração, segundo Fumagalli (2003), deve ser realizada baseando-se no manual do fabricante do produto.

Souza et al. (2007) afirmam que esta potência, denominada real, pode ser determinada através dos passos descritos a seguir:

1. Pesar 1 kg de água em uma jarra plástica;
2. Medir a temperatura inicial da água ( $T_i$ );
3. Colocar a jarra plástica com água para aquecer sobre o prato giratório do forno de micro-ondas durante 2 min, na potência indicada como máxima (100%);
4. Remover o frasco, agitar a água e registrar a temperatura ( $T_f$ ) até 30 s após o término do aquecimento;
5. Substituir a água aquecida por outra na temperatura ambiente;
6. Repetir as etapas 1, 2, 3, 4 e 5 para 80%, 60%, 40% e 20% de potência do aparelho (devem ser realizadas três medidas em cada potência);
7. Calcular a potência do forno, de acordo com a Equação 6:

$$P = 35 (T_f - T_i) \quad (6)$$

Onde:

P = potência real de trabalho para cada situação (100%, 80%, 60%, 40% e 20% da potência máxima ou potência alta, média e baixa);

T<sub>f</sub> = temperatura final;

T<sub>i</sub> = temperatura inicial.

Segundo Rosini, Nascentes e Nóbrega (2004) é interessante realizar avaliações da distribuição da radiação micro-ondas dentro do aparelho. Para isto, os mesmos citam dois métodos práticos e simples:

1º Mapeamento com marshmallows: onde ocorre a irradiação das micro-ondas por 40 s em potência máxima sobre os marshmallows distribuídos no interior do aparelho, com e sem o prato giratório;

2º Mapeamento por meio da variação da temperatura da água: aquecimento de béqueres com 200mL de água por 120 s, em potência máxima, com aquecimento simultâneo de 5 béqueres e individual em 9 posições diferentes, havendo sempre o controle da temperatura inicial e final dos mesmos. Com os resultados obtidos aplica-se a Equação 7:

$$P = \frac{C_p n \Delta T}{t} \quad (7)$$

Onde:

C<sub>p</sub> = capacidade calorífica da água (75,312 J K<sup>-1</sup>mol<sup>-1</sup>);

n = quantidade de matéria de água utilizada (mols) (200 g H<sub>2</sub>O = a 11,11 mols);

ΔT = temperatura final – temperatura inicial;

t = tempo de aquecimento (s).

### **2.3.3 Etapas posteriores à desidratação**

#### **2.3.3.1 Embalagem**

Segundo Matos (2007) é realizada a embalagem de frutas secas para evitar a condensação de água na superfície do alimento, mantendo assim condições satisfatórias aos consumidores.

O Sebrae (20--) salienta a importância de se embalar somente após o resfriamento da fruta e também que o rótulo do produto deve conter o nome da fruta acrescido da palavra seca, desidratada ou passa.

O material utilizado pode ser de plástico de propileno e polietileno, papel celofane transparente e embalagem metalizada de propileno, sendo mais indicado o sistema à vácuo com embalagem hermética para proteger o produto de reações oxidativas e das bactérias aeróbicas, prolongando sua vida de prateleira (MATOS, 2007).

#### **2.3.3.2 Armazenamento**

Conforme Matos (2007), após o produto ser embalado e rotulado é colocado em caixas de papelão que possuem o controle de informações como data de fabricação e lote do produto, que são geralmente utilizadas para realizar o transporte e armazenamento por oferecer proteção contra umidade, choque e amassamento.

### **2.4 Qualidade físico-química e sensorial de frutas desidratadas**

De acordo com Saraiva et al. (2010) manter a estrutura física e as características sensoriais dos produtos após os processos é importante. Porém, conforme Lopes (2013), durante a secagem o alimento encolhe e esta alteração estrutural pode acarretar em perda de qualidade dos alimentos desidratados.

Honores (1995) cita que os alimentos, após a secagem, conservam praticamente intactas suas características físicas e nutritivas, contudo, para Saraiva et al. (2010) o processo pode alterar os atributos sensoriais e o valor nutricional do alimento, sendo tais modificações definidas pelas condições de secagem empregadas e particularidades de cada produto utilizado.

Celestino (2010) salienta a importância de se realizar uma avaliação nutricional do alimento após a secagem, pois as altas temperaturas e longos períodos de exposição ao ar quente podem acarretar em perdas.

Segundo Brasil (2005), na Resolução RDC nº 272, a umidade final máxima de produtos de hortaliças secas ou desidratadas deve ser de 12%, e de frutas 25%.

A  $A_w$  indica a intensidade da força de interação que une a água e os outros nutrientes de um alimento. Ou seja, indica a água disponível para que ocorra a contaminação microbiana, sendo esta disponibilidade, então, fator fundamental para a suscetibilidade do alimento ao crescimento de microrganismos (SCHEEREN, LEHN e SOUZA, 2012).

Conforme Meloni (2003) a  $A_w$  é sempre inferior a 1 e, em estado de equilíbrio, existe uma igualdade entre a atividade de água do produto e a umidade relativa do ar, sendo esta chamada de umidade relativa de equilíbrio.

Segundo Celestino (2010) quando a  $A_w$  se situa entre 0 e 0,2 é verificada a diminuição da velocidade da oxidação lipídica e, até 0,5, têm-se uma melhor proteção dos lipídios e preservação do valor nutricional. Quando se encontra entre 0,5 e 0,8 o alimento está sujeito ao escurecimento não-enzimático, ou seja, a que envolve aminoácidos e açúcares redutores, ocorrendo perda do valor nutritivo das proteínas.

Geralmente frutas desidratadas possuem uma  $A_w$  entre 0,6 e 0,85, sendo então a oxidação lipídica uma das maiores causas de deterioração durante o armazenamento (CELESTINO, 2010).

No trabalho de Mariano, Nunes e Valentini (2011) foram encontrados valores de 33°Brix, acidez de 0,16 g de ácido málico/100g e pH igual a 4,01 para maçã Fuji após secagem convectiva. Ainda, para secagem por desidratação osmótica seguida de secagem convectiva os valores encontrados foram de 0,10 g de ácido málico e pH igual a 4,15, em amostras de 100 gramas.

Moura et al. (2012) relatam que maçãs desidratadas possuem porcentagem de sólidos solúveis igual a 63,26°Brix, 1,019 g de ácido málico, 0,61 g de cinzas, 23,60 g de vitamina C, 17,09 g de umidade e pH 3,81 a cada 100 g de produto.

Selmo, Treptow e Antunes (1996) definiram através de pesquisas que a cultivar Fuji desidratada possui, em média, 82,81°Brix, 1,25 g de ácido málico e pH 4,00.

Já Fruto da Mata (2016) traz em 100 g de seu produto comercializado que a maçã desidratada possui 177Kcal, 43 g de carboidrato, 1 g de proteína, 2 g de fibra alimentar, 10 mg de sódio e 0% de gorduras totais, trans e saturadas.

As características sensoriais a serem avaliadas são: a consistência da fruta, a cor, o cheiro e o sabor, que devem estar de acordo com as que a matéria-prima possui originalmente (HONORES, 1995).

Vasconcelos e Melo Filho (2010) salientam que a desidratação causa alterações na textura, na cor, no sabor e no aroma do alimento. Os mesmos não recuperam mais a turgidez e a rigidez que possuíam antes do processo; os compostos aromáticos voláteis são sensíveis ao calor e o sabor ainda pode ser afetado pela oxidação lipídica ou oxidação de pigmentos; e ainda podem ocorrer alterações químicas dos pigmentos carotenoides e da clorofila e alterações causadas por enzimas. Assim, deve-se realizar o processo da melhor forma possível para diminuir essas alterações.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição do local de trabalho

O trabalho sucedeu-se nas dependências da Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, no município de Santa Cruz do Sul – RS, no período de agosto a novembro de 2016.

Os procedimentos de secagem foram realizados no laboratório de Processamento de Produtos de Origem Vegetal do Curso de Engenharia Agrícola.

#### 3.2 Materiais

A matéria-prima utilizada para os testes experimentais foi a maçã da cultivar Fuji More (categoria 1, tamanho 100), adquirida em supermercado da região.

Para as secagens utilizaram-se os seguintes equipamentos: micro-ondas Ms3052ra da marca LG, (Figura 9), sem adaptações, que possui suas potências nominais estipuladas no Quadro 2; secador de cabine marca Macanuda, modelo DMS. M. EG, com convecção forçada de ar quente e 12 bandejas em aço inox AISI430 (Figura 10). O secador dispõe de sistema de aquecimento misto (eletricidade ou gás). Neste trabalho foi empregada energia elétrica para aquecer o ar.

Figura 9 - Micro-ondas Ms3052ra da marca LG



Fonte: Registro fotográfico da autora, 2016.

Quadro 2 – Potências do micro-ondas Ms3052ra-LG

<b>Número de potência do micro-ondas</b>	<b>Potência nominal (W)</b>
1	80
2	160
3	240
4	320
5	400
6	480
7	560
8	640
9	720
10	800

Fonte: LG Eletronics, 2016.

Figura 10 - Secador de cabine marca Macanuda



Fonte: Registro fotográfico da autora, 2016.

Ainda utilizaram-se utensílios como: faca especial para retirar o miolo das maçãs, com diâmetro regulável (Figura 11); fatiador (com regulagem de espessura); água sanitária; balança; telas de náilon; refratômetro marca Atago; pHmetro portátil marca Quimis, modelo Q400HM-9VDC; termopares da marca Full Gauge, modelo Penta III, com cinco sensores; anemômetro marca Minipa, modelo MDA-10; medidor de atividade de água; embaladora a vácuo; embalagens; painéis, recipientes plásticos, etc.

Figura 11 – Faca para retirada do miolo



Fonte: Registro fotográfico da autora, 2016.

### 3.3 Métodos

#### 3.3.1 Testes realizados no secador de cabine e no aparelho de micro-ondas

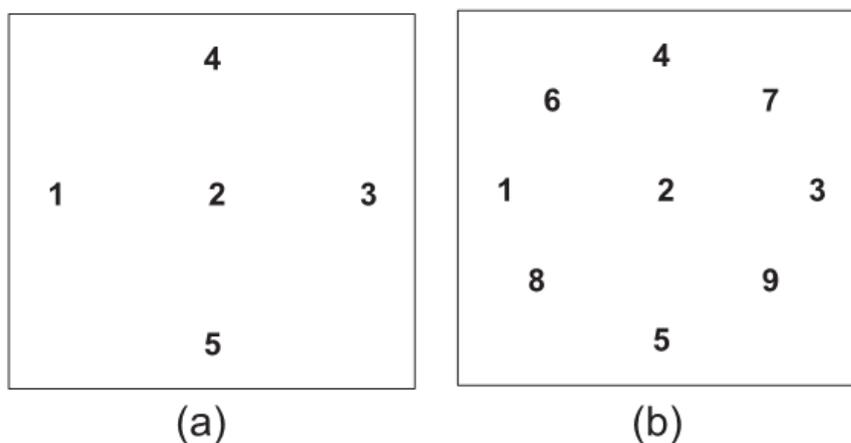
Antes da utilização do secador de cabine ocorreu o monitoramento, através de termopares, da temperatura do ar em diversos pontos da câmara de secagem, a fim de verificar possíveis oscilações. Também foi medida a velocidade do ar, com o auxílio de um anemômetro.

No forno de micro-ondas ocorreu a determinação da potência real (1kg de H<sub>2</sub>O por 2 minutos em diferentes potências) através de teste citado por Souza et al. (2007), com o uso da Equação 6, e da análise da distribuição da radiação dentro do mesmo

através do mapeamento com marshmallows (40 segundos em potência máxima) e mapeamento por meio da variação da temperatura da água (200mL de água, por 2 minutos em potência máxima) através de testes citados por Rosini, Nascentes e Nóbrega (2004), com o auxílio da Equação 7.

Para esta última avaliação, a distribuição dos béqueres dentro do aparelho é demonstrada na Figura 12.

Figura 12 – Distribuição dos béqueres para mapeamento por meio da variação da temperatura da água



Legenda: (a) cinco posições simultâneas; (b) nove posições separadamente

Fonte: Rosini, Nascentes e Nóbrega, 2004.

### 3.3.2 Preparo da matéria-prima para as secagens

As maçãs foram selecionadas, lavadas e sanitizadas.

A sanitização ocorreu por imersão em água clorada com 6 ppm por dez minutos e posterior enxágue com água corrente.

As secagens foram executadas com o produto com casca. Após a retirada dos pedúnculos (se presentes) e a porção de casca próxima a estes, removeram-se os centros das frutas e as mesmas foram cortadas em anéis com espessura de aproximadamente 2 mm. Inicialmente pretendia-se realizar as secagens com espessura de 6 mm, conforme citado por Meloni (2003), porém, após os testes, notou-se a necessidade de diminuí-la pois, com a mesma, ocorreu a caramelização de algumas partes da maçã, enquanto outras permaneciam úmidas, não resultando assim em um produto satisfatório ao consumo e nem com baixa umidade total.

Entre tais operações, ocorreu a imersão das frutas em água gelada a fim de evitar seu escurecimento.

O branqueamento foi feito através da imersão das maçãs em água a temperatura de 90°C por um período de tempo de dois minutos, seguido de resfriamento em água corrente.

Após matéria-prima assim preparada, decorreu-se a divisão da mesma em amostras para condução dos diferentes tratamentos.

O cálculo de rendimento foi realizado através do controle do peso inicial e final do produto, somente nas secagens destinadas para análise sensorial.

### 3.3.3 Procedimentos de secagem

#### 3.3.3.1 Secagem em secador de cabine

Após os processos descritos anteriormente, os anéis foram ordenados nas bandejas do secador sobre telas de náilon. Houve a colocação das bandejas no equipamento com a temperatura desejada já ajustada, fechando-se então o mesmo e abrindo as saídas de ar úmido.

Durante o processo, realizou-se o rodízio das bandejas. A distribuição das maçãs nas bandejas, bem como destas no interior do secador podem ser vistas na Figura 13.

Figura 13 - Etapas da desidratação em secador de cabine



Fonte: Registro fotográfico da autora, 2016.

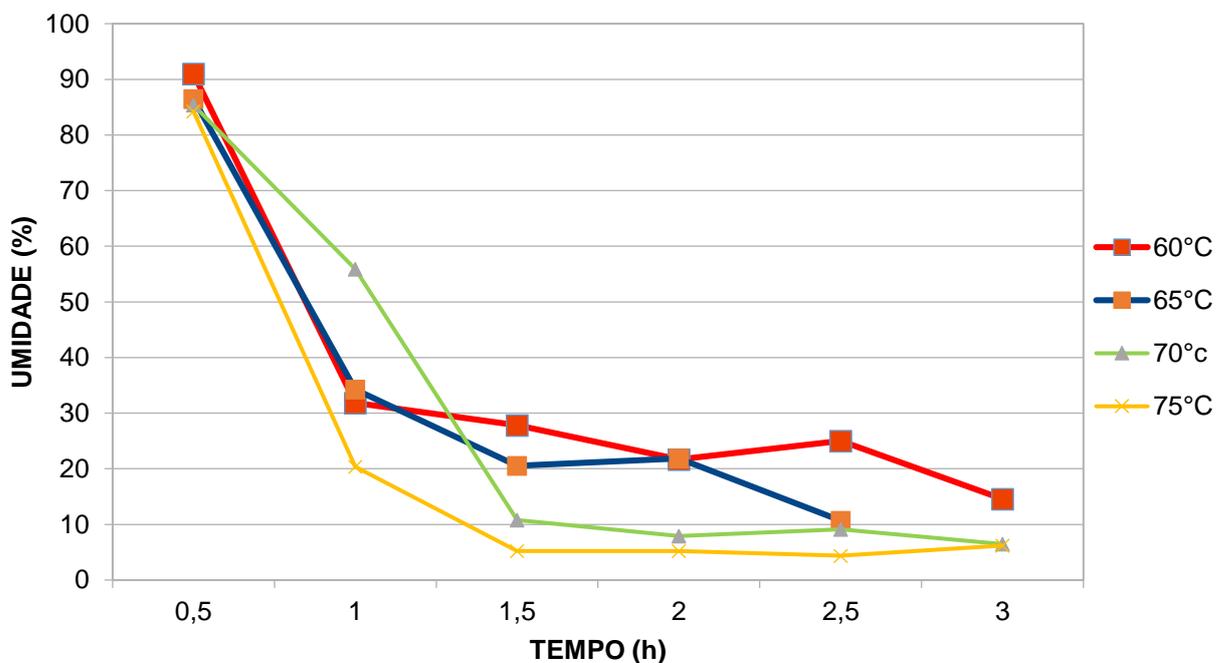
Este processo ocorreu igualmente em quatro temperaturas diferentes: 60, 65, 70 e 75°C, com 2 repetições, em tempos variáveis entre si e definidos por pré-testes. Através destes executou-se o procedimento de secagem nas diferentes temperaturas e retiraram-se amostras para a confecção da curva de secagem correspondente de cada tratamento. Cada curva de secagem foi obtida pelo controle de amostras de meia em meia hora durante todo o processo e posterior determinação de umidade em estufa. Assim, foi possível selecionar o tempo necessário para a desidratação em cada temperatura baseando-se na umidade final exigida por Brasil (2005).

Após atingir a umidade desejada, o produto foi resfriado e embalado, identificado e mantido em dessecadores até o momento das análises.

### 3.3.3.1.1 Resultados dos pré-testes

As curvas de secagem obtidas através de pré-testes realizados em secador de cabine em diferentes temperaturas podem ser vistas na Figura 14.

Figura 14 – Curvas de secagem dos pré-testes em secador de cabine para diferentes temperaturas



Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Através da curva de secagem nas diferentes temperaturas empregadas pode-se definir os tempos adequados para a desidratação das maçãs em secador de cabine. Para  $T = 60^{\circ}\text{C}$  o tempo necessário para atingir uma umidade máxima de 15%, definida em função da textura, foi de aproximadamente três horas; para  $T = 65^{\circ}\text{C}$  o tempo foi de cerca de duas horas e quinze minutos; para  $T = 70^{\circ}\text{C}$  o tempo foi próximo a uma hora e trinta minutos e para  $T = 75^{\circ}\text{C}$  uma hora e quinze minutos.

Com os tempos finais dos processos definidos através da análise das curvas de secagem confeccionadas nos pré-testes procedeu-se a secagem das maçãs em secador de cabine em maior escala visando à obtenção de amostras para as análises físico-químicas, seguindo-se os mesmos procedimentos.

### 3.3.3.2 Secagem em micro-ondas

Para a realização da secagem em micro-ondas os anéis de maçã foram arrumados de forma ordenada diretamente sobre o prato giratório do aparelho, como demonstrado na Figura 15.

Figura 15 - Distribuição das maçãs no forno micro-ondas



Fonte: Registro fotográfico da autora, 2016.

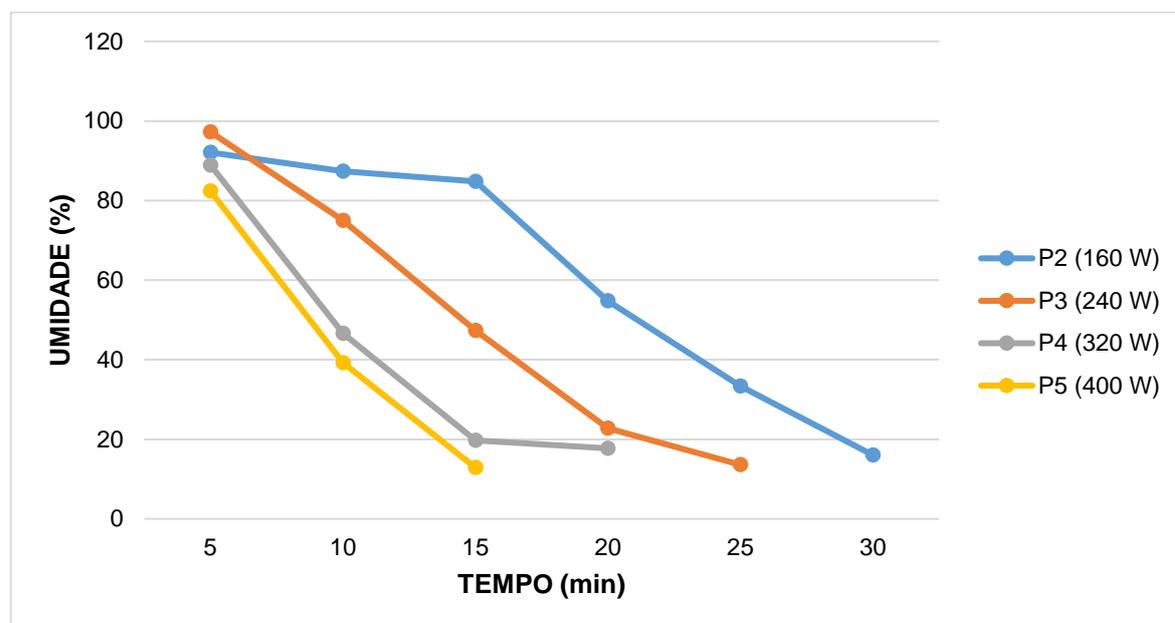
O processo foi efetuado em quatro potências nominais: 160 W, 240 W, 320 W e 400W. Os tratamentos tiveram tempos variáveis entre as diferentes potências que também foram definidos através de pré-testes visando atingir a umidade indicada por Brasil (2005).

Para a realização dos pré-testes programou-se o equipamento para a potência desejada e fez-se a retirada de amostras a cada 5 minutos para a confecção das curvas de secagem nas diferentes potências, através da determinação de umidade em estufa. A cada cinco minutos o produto também foi virado dentro do equipamento.

### 3.3.3.2.1 Resultados dos pré-testes

As curvas de secagem obtidas através de pré-testes em forno de micro-ondas doméstico nas diferentes potências podem ser vistas na Figura 16.

Figura 16 - Curvas de secagem dos pré-testes em aparelho micro-ondas para diferentes potências



Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Através dos dados acima (Figura 16) definiram-se os tempos adequados para a desidratação das maçãs em micro-ondas. Para P2 (160 W) o tempo necessário para atingir a umidade escolhida de 15% foi de aproximadamente 30 minutos, já na P3 (240 W) o tempo foi em torno de vinte e três minutos e para P4 (320 W) e P5 (400 W) o tempo foi próximo de vinte minutos e doze minutos, respectivamente.

Durante os testes notou-se que ocorria a caramelização do açúcar presente nas maçãs, acarretando na queima das mesmas. Assim, além do uso da avaliação da

umidade das amostras também se definiu o tempo final de secagem pela aparência das mesmas, a fim de evitar produtos queimados e inadequados ao consumo.

Com os tempos finais dos processos definidos através da análise das curvas de secagem confeccionadas nos pré-testes efetuou-se a secagem das maçãs em micro-ondas em maior escala visando as análises físico-químicas.

Após atingir a umidade desejada, as maçãs resfriaram, foram embaladas, identificadas e mantidas em dessecador até o momento das análises.

### **3.3.4 Caracterização da matéria-prima e do produto final**

A caracterização físico-química da matéria-prima e do produto final desidratado obtido nos diferentes testes foi realizada no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Química e Física e no Laboratório de Agrohidrologia do Departamento de Ciências Agrárias, Arquitetura e Engenharia, ambos da UNISC, seguindo-se os procedimentos recomendados pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Todas as amostras foram trituradas e analisadas em triplicata.

#### **3.3.4.1 Determinação do grau de umidade**

O mesmo foi determinado através do método em estufa a 105°C até peso constante. Após a secagem as amostras foram resfriadas em dessecadores antes de se realizar a pesagem para a definição da umidade através da Equação 1.

#### **3.3.4.2 Atividade de água ( $A_w$ )**

Para a sua determinação foi utilizado um medidor de atividade de água (Figura 17). As amostras foram introduzidas no equipamento até a marca indicada pelo mesmo obtendo-se diretamente o resultado.

Figura 17 – Determinação de Aw



Fonte: Registro fotográfico da autora, 2016.

### 3.3.4.3 Cinzas

Avaliadas através do método de resíduo por incineração em mufla a 550°C. A Figura 18 demonstra etapas desta análise.

Figura 18 - Determinação de cinzas



Fonte: Registros fotográficos da autora, 2016.

### 3.3.4.4 pH

Determinado através do método eletrométrico, em potenciômetro previamente calibrado.

### 3.3.4.5 Lipídeos

A análise de extrato etéreo foi realizada através da extração direta em Soxhlet (Figura 19).

Figura 19 – Determinação de lipídeos



Fonte: Registro fotográfico da autora, 2016.

### 3.3.4.6 Sólidos solúveis

A determinação de sólidos solúveis foi realizada por refratometria, com os resultados expressos em graus Brix (°Brix).

### 3.3.4.7 Acidez titulável em ácido málico

Determinou-se a acidez através de método por volumetria com indicador, como demonstrado na Figura 20, expressando-se os resultados em % de ácido málico.

Figura 20 – Acidez titulável



Fonte: Registro fotográfico da autora, 2016.

### 3.3.5 Análise sensorial

Realizou-se a avaliação sensorial mediante aplicação de testes afetivos recomendados pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) usando equipe não treinada, composta por quarenta provadores.

Os testes realizados foram os de aceitação, por escala hedônica de sete pontos, e de preferência, por comparação pareada, sendo aplicados somente com as amostras que apresentaram a melhor combinação de características físico-químicas em cada um dos métodos. As duas amostras foram numeradas aleatoriamente e a manifestação de cada consumidor descrita em ficha específica (Apêndice A).

O teste de aceitação caracteriza-se por uma atitude positiva, medida através do consumo real de um determinado alimento, tendo por objetivo avaliar o grau em que os consumidores gostam ou desgostam do produto, buscando uma medida da disposição do consumidor de comprá-lo (GULARTE, 2009).

Segundo Gularte (2009), o teste de preferência representa o somatório de todas as percepções sensoriais e incluem todos os atributos que diferenciam as amostras

ou caracterizam um produto, tendo por objetivo avaliar a preferência do consumidor ao comprar dois ou mais produtos.

### **3.3.6 Análises estatísticas**

O delineamento experimental foi completamente casualizado. Os resultados obtidos através das análises físico-químicas, provenientes de amostra composta de cada um dos oito tratamentos, e realizadas em triplicata, totalizando vinte e quatro parcelas, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) seguida pela comparação das médias pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os dados oriundos da análise sensorial também foram avaliados estatisticamente pela análise de variância (ANOVA) seguida da comparação de médias de pares de amostras pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, conforme indicado pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados do teste de preferência foram expressos em percentual e assim comparados.

Para a realização das mesmas utilizou-se o *software* ASSISTAT versão 7.7 pt.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Resultados dos testes realizados no secador de cabine e no micro-ondas**

#### **4.1.1 Testes no secador de cabine**

Anteriormente à realização das secagens verificou-se a velocidade do ar dentro do secador, que foi de 1,6 m/s ou 3,6 km/h, e a temperatura em diferentes no interior do equipamento, notando-se que há uma variação de até 10°C entre eles e, desta forma, não há a exposição de todas as amostras à mesma temperatura dentro do aparelho.

Desta forma, torna-se necessário que ocorra a movimentação das bandejas dentro do secador, visando uma distribuição melhor do calor gerado pelo equipamento.

#### **4.1.2 Determinação da potência real do micro-ondas**

Através do teste obteve-se os resultados expressos no Quadro 3.

Quadro 3 – Potência real do micro-ondas MS3052ra LG

POTÊNCIA	TI (°C)	TF (°C)	POTÊNCIA REAL
<b>100%</b> <b>(800 W)</b>	21,40	39,60	637 W
	21,20	39,10	626,50 W
	21,40	39,30	626,50 W
<b>MÉDIA</b>			<b>630 W</b>
<b>80%</b> <b>(640 W)</b>	21,50	35,70	497 W
	21,30	36,30	525 W
	21,70	36,10	504 W
<b>MÉDIA</b>			<b>508,67 W</b>
<b>60%</b> <b>(480 W)</b>	21,10	32,10	385 W
	21,50	32,80	395,5 W
	21,50	32,50	385 W
<b>MÉDIA</b>			<b>388,50 W</b>
<b>40%</b> <b>(320 W)</b>	21,10	28,70	266 W
	21,30	28,90	266 W
	21,80	28,80	245 W
<b>MÉDIA</b>			<b>259 W</b>
<b>20%</b> <b>(160 W)</b>	21,20	25,60	154 W
	21,50	25,30	133 W
	21,50	25,50	140 W
<b>MÉDIA</b>			<b>142,33 W</b>

FONTE: Elaborado pela autora, 2016.

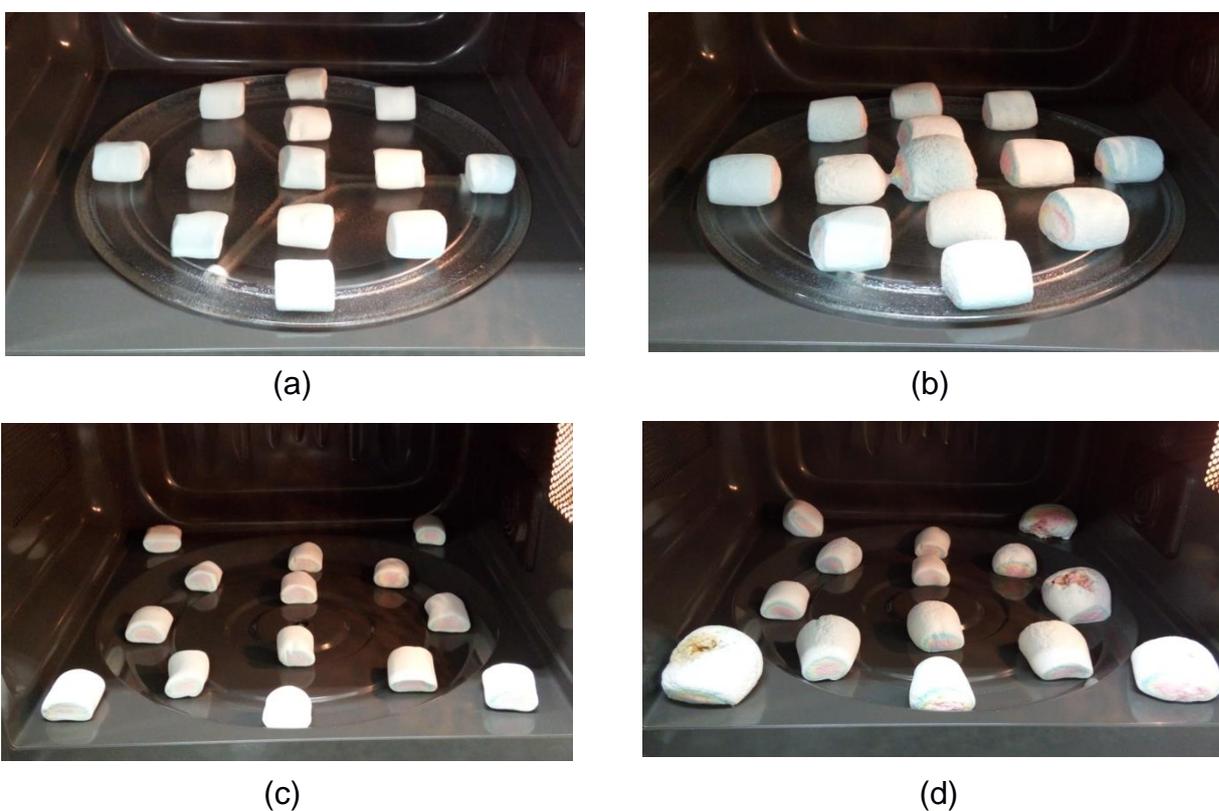
Pode-se notar que em todas as potências analisadas a potência real obtida foi inferior à nominal informada pelo fabricante. À medida em que a potência se elevou, a variação das potências também se elevava, sendo que a maior diferença obtida foi de 21,25%, em potência máxima (800 W) e a menor foi de 11,04% na potência 2 (160 W).

Analisando-se os dados de porcentagem de diferença entre as potências pode-se dizer que, provavelmente, para as potências utilizadas no presente trabalho as potências reais são: para P2 (160 W) = 142,33 W; para P3 (240 W) = de 194,26 a 213,50 W; para P4 (320 W) = 259 W e para P5 (400 W) = 323,76 W.

### 4.1.3 Mapeamento com marshmallows

Os resultados obtidos através do teste da distribuição da radiação dentro do micro-ondas com marshmallows podem ser vistos na Figura 21, onde (a) indica a distribuição dos marshmallows antes da radiação das micro-ondas e (b) após, com o prato giratório, (c) indica a distribuição dos marshmallows antes da radiação sem o prato giratório e (d) mostra a situação após a mesma.

Figura 21 - Mapeamento realizado com marshmallows



Fonte: Registro fotográfico da autora, 2016.

Nota-se que, com o prato giratório, é possível ver que a região central recebe maior radiação micro-ondas do que nas demais partes, porém, a distribuição dentro da cavidade do aparelho é bem mais uniforme do que no teste realizado sem o uso do prato giratório, onde observa-se que alguns marshmallows permaneceram completamente inalterados enquanto outros chegaram a caramelizar por receberem demasiada irradiação (Figura 21). Isto confirma e justifica o ocorrido nos pré-testes das maçãs com 6 mm de espessura, nos quais estava ocorrendo a caramelização das amostras em determinados pontos, enquanto outros permaneciam inalterados.

Os resultados obtidos nesta avaliação foram semelhantes aos descritos por Rosini, Nascentes e Nóbrega (2004) quando ocorreu a utilização do prato giratório, porém, sem ele os resultados não concordaram entre si pois, diferentemente do esperado e encontrado anteriormente pelos autores citados, a maior radiação das micro-ondas sem o prato giratório não foi maior no centro do aparelho, e sim nos pontos próximos às bordas da cavidade do mesmo.

#### 4.1.4 Mapeamento pela temperatura da água

Os resultados obtidos através do mapeamento pela temperatura da água estão nos Quadros 4 e 5.

Quadro 4 – Variação da temperatura da água e potência em aquecimento simultâneo

POSIÇÃO	TI (°C)	TF (°C)	$\Delta T$ (°C)	P (W)
1	23,90	39,90	16,00	111,56
2	23,60	44,50	20,90	145,73
3	23,60	45,50	21,90	152,70
4	23,30	39,20	15,90	110,86
5	23,50	41,60	18,10	126,20

Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Quadro 5 – Variação da temperatura da água e potência em aquecimento individual

POSIÇÃO	TI (°C)	TF (°C)	$\Delta T$ (°C)	P (W)
1	22,90	98,90	76,00	529,92
2	23,20	94,60	71,40	497,85
3	22,80	97,70	74,90	522,25
4	23,90	98,50	74,60	520,16
5	23,80	88,90	65,10	453,92
6	24,20	91,20	67,00	465,77
7	24,50	99,20	74,70	520,86
8	24,20	88,30	64,10	446,95
9	24,70	85,40	60,70	423,24

Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

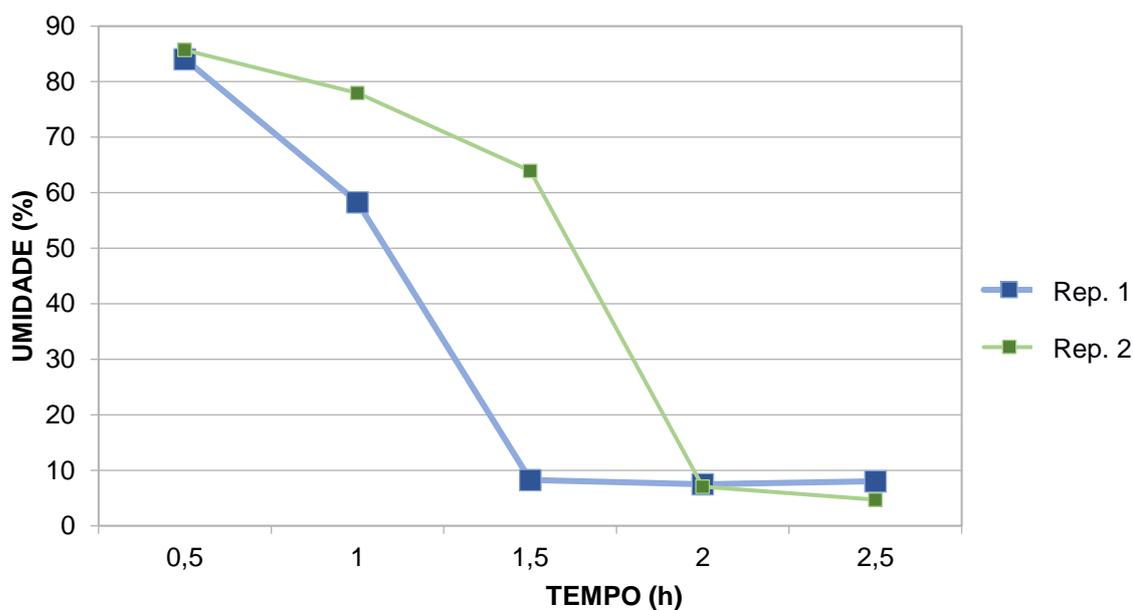
Quando os béqueres foram irradiados simultaneamente (Quadro 4), observa-se que ocorreu uma distribuição da energia irradiada entre os mesmos, havendo assim uma menor variação de TI e TF. Neste teste, a posição com maior incidência de radiação micro-ondas foi a 3. A potência calculada variou de 110,86 W (posição 4) até 152,70 W (posição 3), indicando uma variação de 27,4%.

Ao irradiar os béqueres separadamente (Quadro 5),  $\Delta T$  foi maior e o ponto de máxima incidência de radiação micro-ondas foi o 1, comprovando que o centro deste aparelho não é o local com maior incidência da radiação micro-ondas, resultado obtido com o teste dos marshmallows. As potências calculadas alteraram de 423,24 W (posição 9) até 529,92 W (posição 1), indicando uma variação de 20,13%.

## 4.2 Secagem em secador de cabine

Durante as secagens das maçãs para as análises físico-químicas ocorreu novamente o monitoramento da sua umidade. Nas Figuras 22, 23, 24 e 25 é possível visualizar as curvas de secagem para as temperaturas de 60, 65, 70 e 75°C, respectivamente, e em duas repetições.

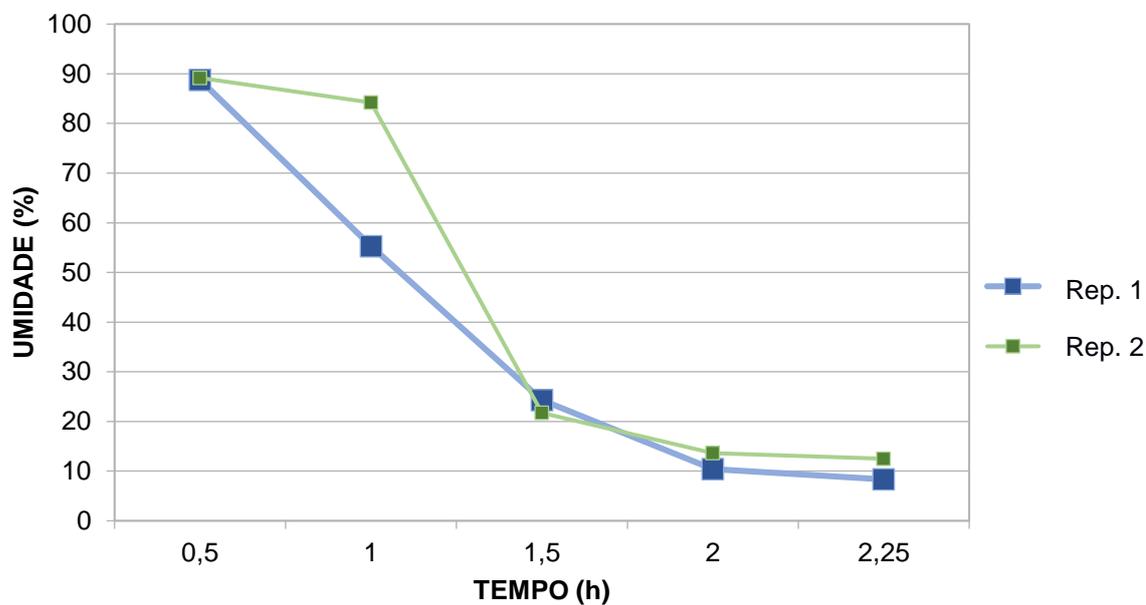
Figura 22 – Curva de secagem em secador de cabine a 60°C



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

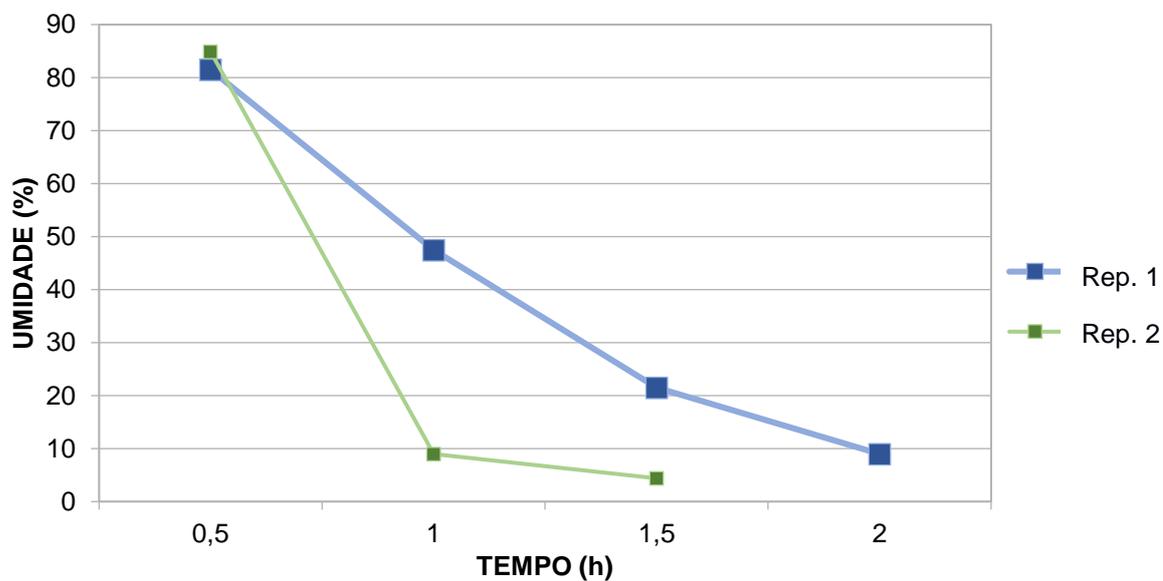
Na secagem em 60°C o tempo foi diminuído pois notou-se, através de inspeção visual, que a umidade final de 15% já havia sido alcançada.

Figura 23 – Curva de secagem em secador de cabine a 65°C



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

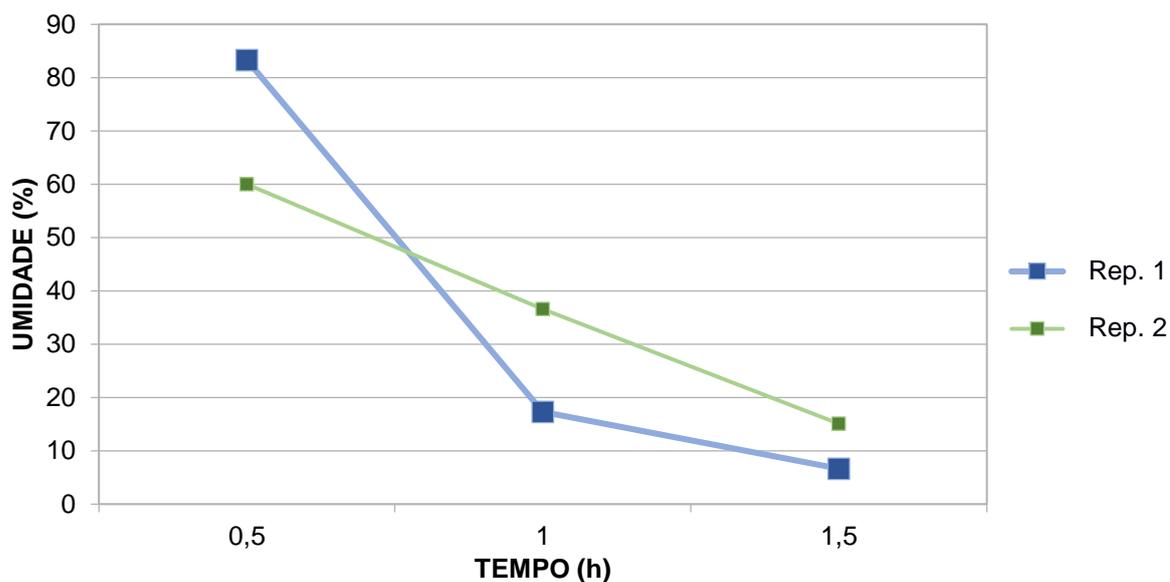
Figura 24 – Curva de secagem em secador de cabine a 70°C



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Na secagem em 70°C (Figura 24) observam-se dois tempos distintos nas curvas, pois através da avaliação visual das amostras notou-se que as mesmas ainda não estavam na umidade desejada após decorrido o tempo pré-determinado. Isto ocorreu, provavelmente, devido à distribuição desuniforme do calor existente dentro do secador de cabine e também pela diferença de diâmetro das amostras, inerente à matéria-prima, mesmo que classificada comercialmente.

Figura 25 – Curva de secagem em secador de cabine a 75°C

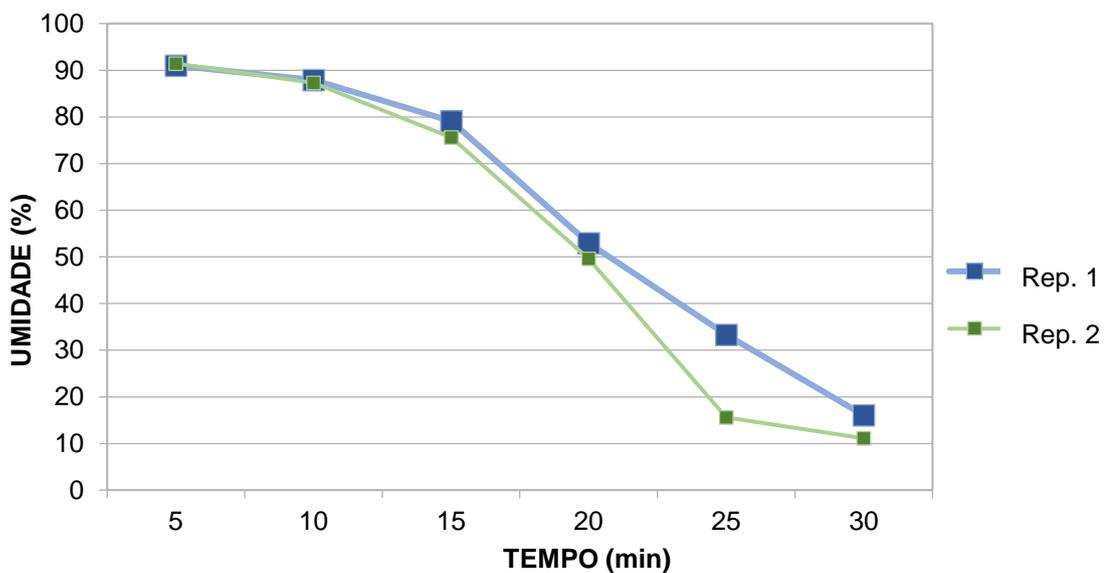


Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

### 4.3 Secagem em micro-ondas

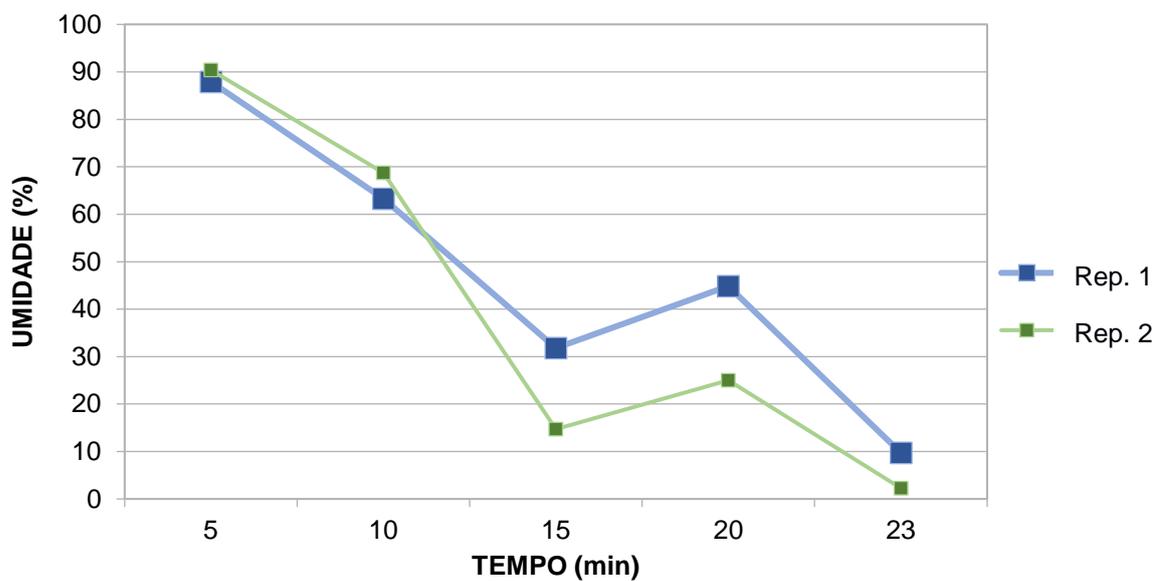
Durante as secagens em micro-ondas também realizou-se o monitoramento da umidade das amostras. Nas Figuras 26, 27, 28 e 29 é possível visualizar as curvas de secagem para as potências de 180, 260, 320 e 400 W, respectivamente, e em duas repetições.

Figura 26 – Curva de secagem em aparelho micro-ondas a 180 W



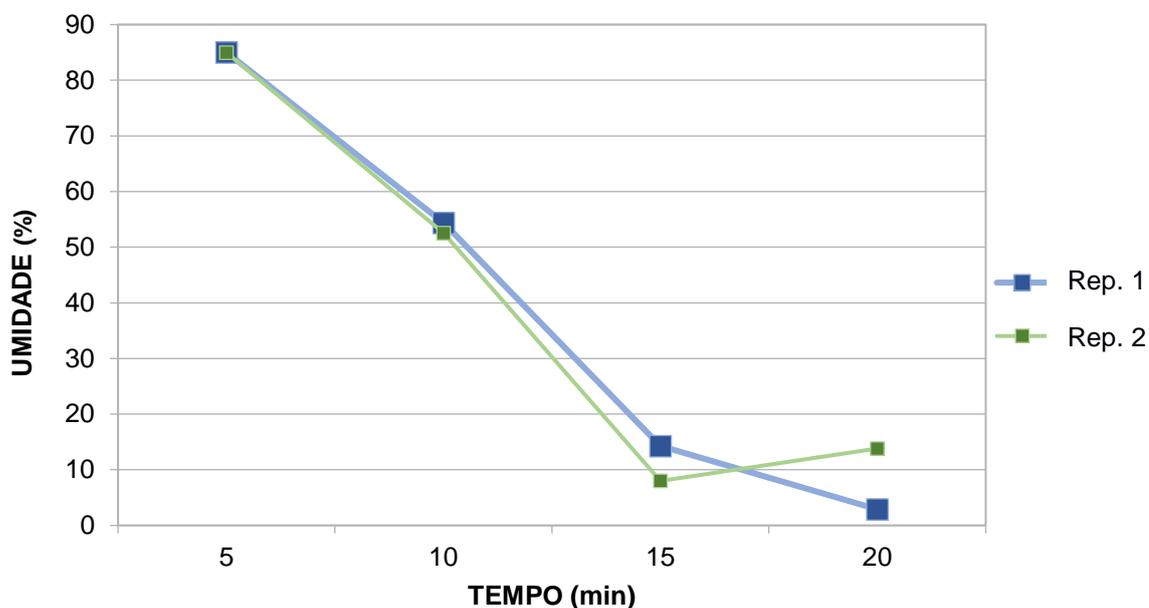
Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Figura 27 – Curva de secagem em aparelho micro-ondas a 260 W



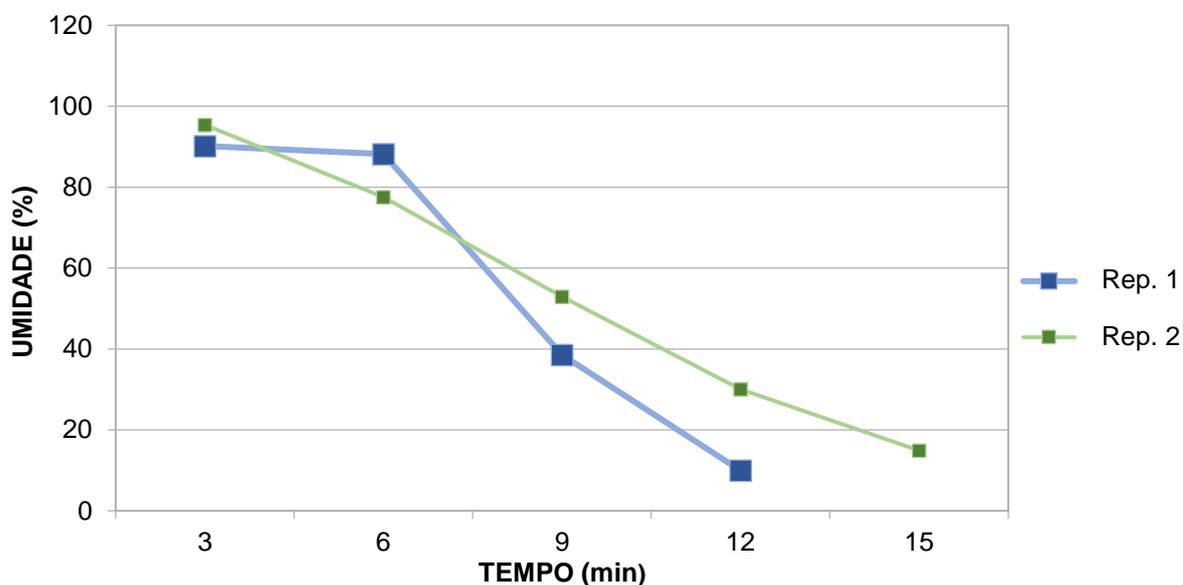
Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Figura 28 – Curva de secagem em aparelho micro-ondas a 320 W



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Figura 29 – Curva de secagem em aparelho micro-ondas a 400 W



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

O tempo de secagem em aparelho de micro-ondas com potência de 400 W (Figura 29) foi elevado em uma das repetições pois notou-se, visualmente, que as amostras ainda permaneciam úmidas. Isso também pode ser explicado pela desuniformidade de radiação dentro da cavidade do aparelho e pela diferença de diâmetro das amostras.

Comparando-se as curvas das Figuras 22 a 25 com as das Figuras 26 a 29 é possível comprovar que a secagem em aparelho de micro-ondas requer um tempo bem menor de desidratação do que a em secador de cabine, como o exposto por Sanseverino (2012), Lopes (2013) e Silva, Seara e Charbel (2013). É importante salientar que a quantidade de produto seco no aparelho de micro-ondas é inferior à desidratada em secador de cabine (dependente da capacidade de cada aparelho), sendo que, se comparado, o tempo requerido para secar 50 g de produto foi inferior no secador de cabine, o que é de grande importância quando se considera uma produção em larga escala (como para agroindústrias).

Igualmente ao encontrado por Silva, Seara e Charbel (2013), o comportamento das curvas de secagem dos dois métodos é semelhante, porém, é possível notar que a secagem em secador de cabine se adequa melhor ao explicado por Lopes (2013) quanto à evolução da temperatura do produto e da cinética de secagem, apresentando uma perda de umidade maior no início do processo e consequente diminuição com o passar do tempo.

#### 4.4 Caracterização da matéria-prima

O Quadro 6 apresenta as médias dos resultados obtidos nas análises físico-químicas efetuadas nas amostras de maçã cv Fuji More *in natura*.

Quadro 6 – Composição físico-química da maçã *in natura*

<b>ANÁLISE</b>	<b>COMPOSIÇÃO</b>
<b>Umidade (%)</b>	81,14 ± 0,88
<b>Atividade de água</b>	0,962 ± 0,03
<b>Cinzas (g/100g)</b>	0,17 ± 0,07
<b>pH</b>	4,88 ± 0,07
<b>Lipídeos (g/100g)</b>	0,24 ± 0,05
<b>Sólidos solúveis (°Brix)</b>	14,55 ± 0,25
<b>Acidez (% de ácido málico)</b>	0,045 ± 0,005

Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

A umidade média das amostras (Quadro 6) é semelhante à encontrada por Moura et al. (2012) e está um pouco abaixo da descrita por Selmo, Treptow e Antunes (1996) para a mesma cultivar. A atividade de água da maçã *in natura* é muito elevada, estando quase em seu valor máximo que é igual a um.

O valor médio de cinzas da amostra de maçã utilizada no estudo foi igual ao encontrado por USDA (2004), citado por Córdova (2006), e inferior ao informado por IBGE (1999), Protzek (1997) que é citado por Córdova (2006), TACO (2011) e Moura et al. (2012).

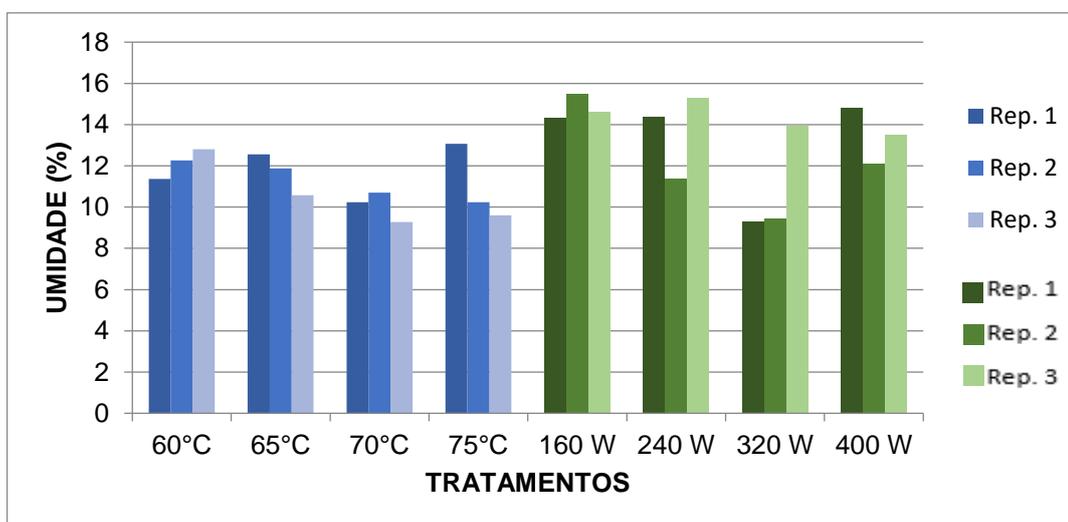
Os teor de lipídeos (Quadro 6) está abaixo dos documentados por IBGE (1999), Protzek (1997) citado por Córdova (2006) e ABPM (2016), porém, acima do valor definido por USDA (2004) citado por Córdova (2006).

Os teores de sólidos solúveis (Quadro 6), dependentes do grau de maturação, foram superiores aos comentados por Selmo, Treptow e Antunes (1996) e inferiores aos estudados por Moura et al. (2012), porém, a diferença das médias é de apenas 0,28°Brix. Ainda, os valores de acidez, em % de ácido málico, também foram inferiores aos relatados pelos autores citados.

#### 4.5 Caracterização do produto final

Os valores de umidade encontrados nas análises das amostras de maçã desidratadas em todos os tratamentos podem ser visualizados na Figura 30.

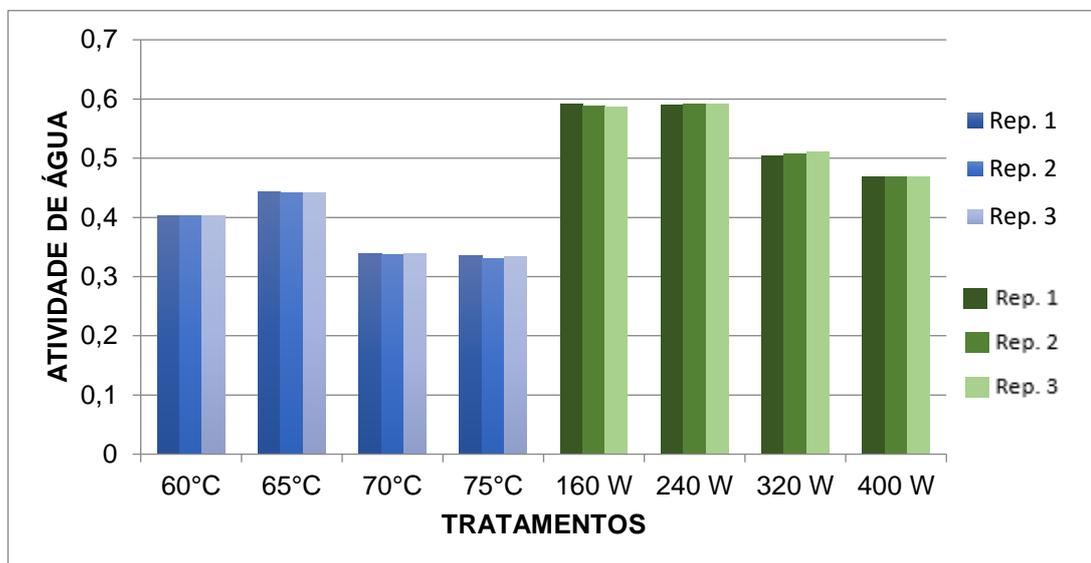
Figura 30 – Umidade (%) das amostras desidratadas



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Os resultados obtidos através da análise de Aw estão demonstrados na Figura 31.

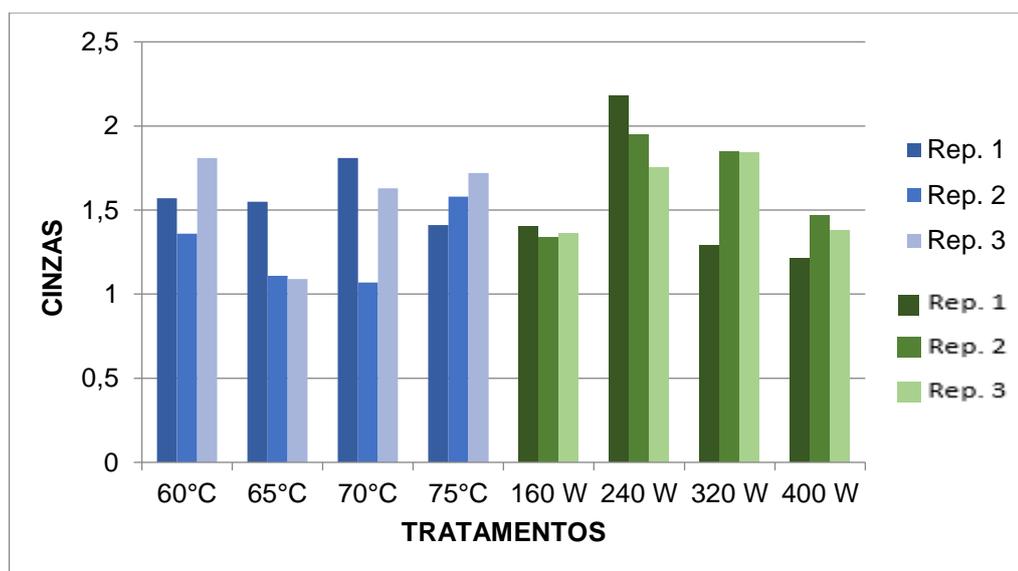
Figura 31 – Atividade de água das amostras desidratadas



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

A Figura 32 traz os resultados da determinação de cinzas das amostras.

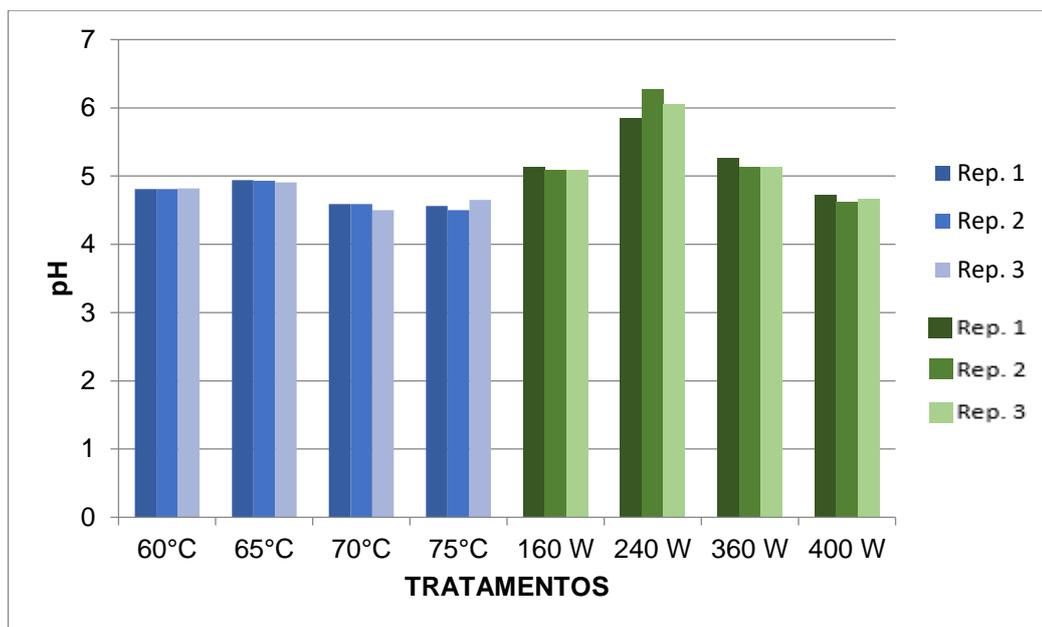
Figura 32 – Cinzas (g/100g) nas amostras desidratadas



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

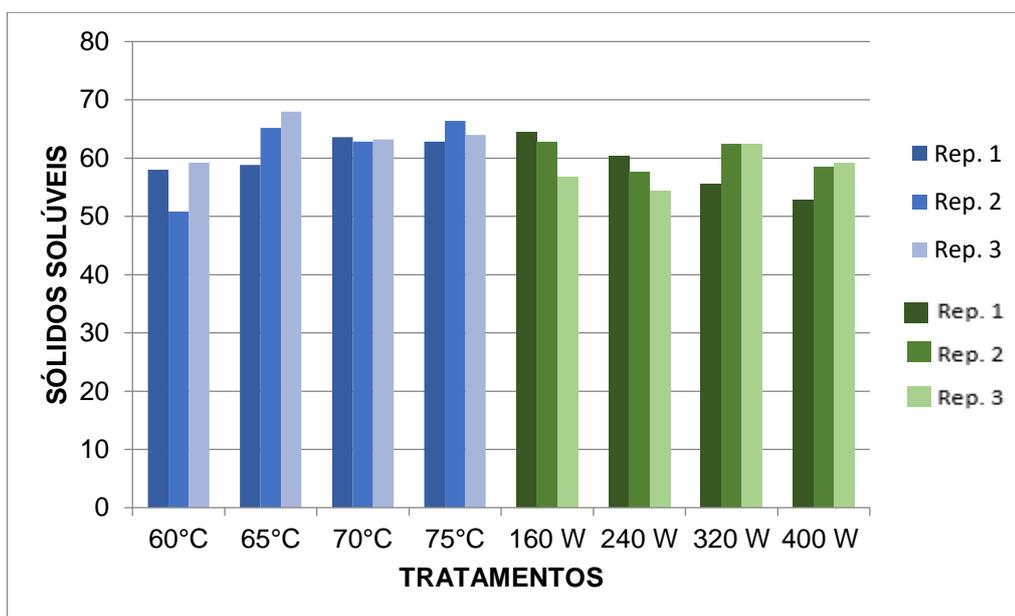
Os resultados de pH, sólidos solúveis e acidez podem ser vistos, respectivamente, nas Figuras 33, 34 e 35.

Figura 33 – pH das amostras desidratadas



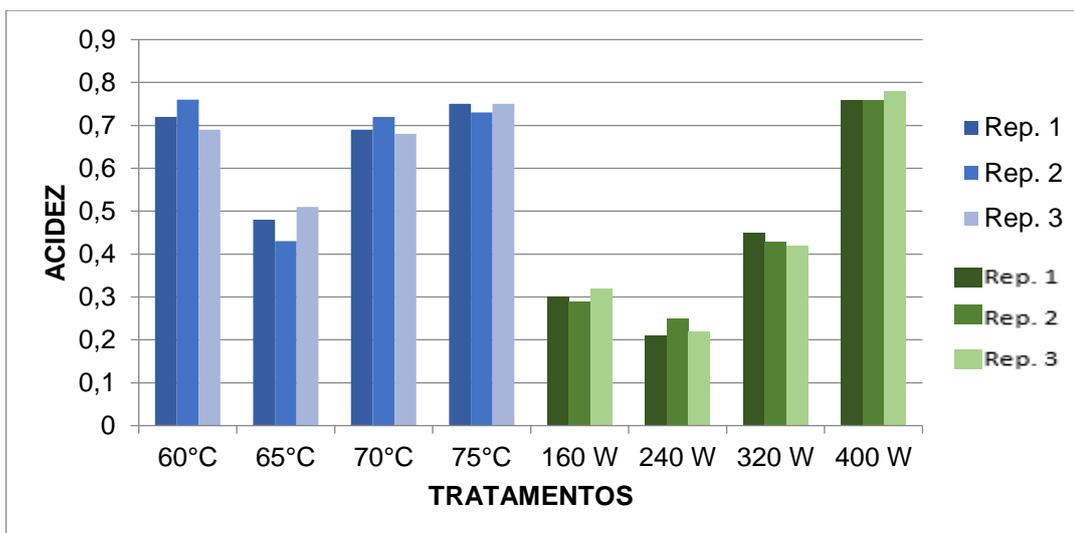
Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Figura 34 - Sólidos solúveis (°Brix) nas amostras desidratadas



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

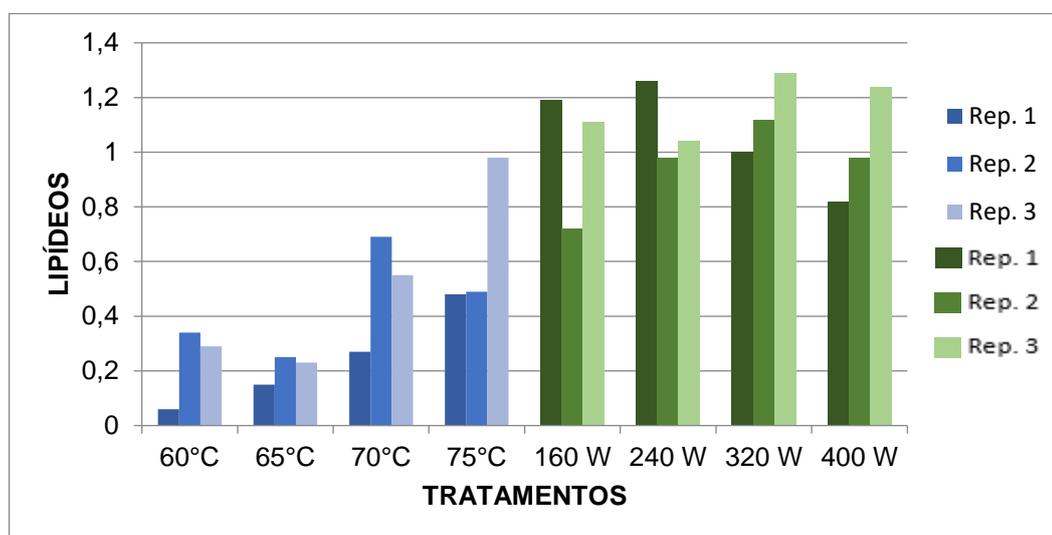
Figura 35 – Acidez (% de ácido málico) nas amostras desidratadas



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Os teores de lipídeos são visualizados na Figura 36.

Figura 36 - Teor de lipídeos (g/100g) das amostras desidratadas



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Nas Figuras acima foram demonstrados todos os resultados obtidos nas análises físico-químicas, em todos os tratamentos e em triplicata. O Quadro 7 apresenta os resultados médios de cada uma destas análises para seus respectivos tratamentos.

Quadro 7 – Resultados médios obtidos nas análises físico-químicas das maçãs desidratadas

Tratamento	Umidade (%)	Aw	Cinzas (g/100g)	pH	Lipídeos (g/100g)	Sólidos solúveis (°Brix)	Acidez (% ácido málico)
<b>60°C</b>	12,14 <sup>ab</sup>	0,402 <sup>e</sup>	1,58 <sup>ab</sup>	4,81 <sup>de</sup>	0,23 <sup>c</sup>	56,00 <sup>a</sup>	0,72 <sup>ab</sup>
<b>65°C</b>	11,67 <sup>ab</sup>	0,442 <sup>d</sup>	1,25 <sup>b</sup>	4,92 <sup>cd</sup>	0,21 <sup>c</sup>	64,00 <sup>a</sup>	0,47 <sup>c</sup>
<b>70°C</b>	10,07 <sup>b</sup>	0,338 <sup>f</sup>	1,50 <sup>ab</sup>	4,56 <sup>f</sup>	0,50 <sup>bc</sup>	63,20 <sup>a</sup>	0,70 <sup>b</sup>
<b>75°C</b>	10,97 <sup>ab</sup>	0,333 <sup>f</sup>	1,57 <sup>ab</sup>	4,57 <sup>ef</sup>	0,65 <sup>abc</sup>	64,40 <sup>a</sup>	0,74 <sup>ab</sup>
<b>160 W</b>	14,81 <sup>a</sup>	0,590 <sup>a</sup>	1,37 <sup>ab</sup>	5,11 <sup>bc</sup>	1,01 <sup>ab</sup>	61,33 <sup>a</sup>	0,30 <sup>d</sup>
<b>240 W</b>	13,68 <sup>ab</sup>	0,592 <sup>a</sup>	1,96 <sup>a</sup>	6,06 <sup>a</sup>	1,09 <sup>a</sup>	57,47 <sup>a</sup>	0,23 <sup>e</sup>
<b>320 W</b>	10,89 <sup>ab</sup>	0,508 <sup>b</sup>	1,66 <sup>ab</sup>	5,18 <sup>b</sup>	1,14 <sup>a</sup>	60,13 <sup>a</sup>	0,43 <sup>c</sup>
<b>400 W</b>	13,47 <sup>ab</sup>	0,470 <sup>c</sup>	1,35 <sup>ab</sup>	4,67 <sup>ef</sup>	1,01 <sup>ab</sup>	56,80 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>
<b>CV%</b>	12,54	0,40	15,65	1,77	26,67	5,82	4,33

Letras iguais na mesma coluna significam que não há diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Comparando-se os dados do Quadro 6 com o Quadro 7, verifica-se que ocorreu uma redução média de umidade de 86,14% com a secagem em secador de cabine e 83,76% em aparelho de micro-ondas. Também verificou-se a diminuição da Aw em 60,62% e 43,87% nas desidratações em secador de cabine e aparelho de micro-ondas, respectivamente. Com a perda de umidade houve a concentração dos componentes, como sólidos solúveis em 413,81%, acidez em 1.090%, lipídeos em 304,17% e cinzas em 900%. Nota-se que aconteceu um aumento significativo de acidez no produto final, mesmo com a utilização de branqueamento em água quente, sem resultar na diminuição do pH.

Pela análise dos dados do Quadro 7, observa-se que com relação à umidade final as únicas amostras que diferem significativamente entre si são as provenientes do secador de cabine a 70°C, com 10,07%, e as do aparelho de micro-ondas em potência de 160 W, com 14,81% de umidade, contudo, a umidade média de todas as amostras está dentro do valor definido anteriormente (15%), estando também de acordo com Brasil (2005) que preconiza que produtos secos de frutas possuam umidade inferior a 22%.

É possível notar (Quadro 7) que em todas amostras a  $A_w$  situam-se abaixo da faixa de segurança para frutas desidratadas, de 0,6 a 0,85, conforme Celestino (2010). Porém, a secagem em secador de cabine se mostrou mais eficiente neste quesito, pois a  $A_w$  das maçãs ficou abaixo de 0,5, havendo uma melhor proteção lipídica e preservação do valor nutricional do produto durante a estocagem. Todas as amostras estão adequadas, porém as secagens que proporcionaram maior redução da água livre foram em secador de cabine a 70 e 75°C.

O teor de cinzas presente nas amostras é semelhante, diferenciando-se apenas na secagem em secador de cabine a 65°C, com 1,25g/100g de produto que é inferior à secagem em aparelho micro-ondas com 240 W de potência que apresenta 1,96g de cinzas em 100g de produto.

Selmo, Treptow e Antunes (1996), Mariano, Nunes e Valentini (2011) e Moura et al. (2012) obtiveram valores de pH inferiores ao do presente trabalho, sendo, respectivamente, 4,00, 4,01 e 3,81. Desta forma, todos os valores de pH em todos os diferentes tratamentos mostraram-se superiores aos já citados. O pH da amostra seca em aparelho micro-ondas a 240 W é superior a todos os demais analisados, sendo que ainda, após, o seco em potência de 320 W também foi superior e estatisticamente diferente dos demais seis tratamentos analisados.

Os teores de sólidos solúveis, em todas as amostras, foram superiores aos encontrados por Mariano, Nunes e Valentini (2011), inferiores aos expostos por Selmo, Treptow e Antunes (1996) e, com exceção das amostras em secador de cabine a 65 e 75°C, inferiores ao valor descrito por Moura et al. (2012), sendo que as amostras dos oito tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si.

As amostras que revelaram maior percentual de ácido málico foram as provenientes do secador a 60 e 75°C e em forno de micro-ondas com potência de 400 W. O menor valor obtido foi através da secagem em aparelho de micro-ondas com potência de 240 W. Todos os valores encontrados são superiores àqueles mencionados por Mariano, Nunes e Valentini (2011) e inferiores aos obtidos Selmo, Treptow e Antunes (1996) e por Moura et al. (2012).

O coeficiente de variação das análises de umidade, pH, cinzas, acidez e sólidos solúveis está adequado e seus valores situam-se abaixo de 15,65%, porém o coeficiente da análise de lipídios foi mais elevado, chegando a 26,67%.

Assim, analisando-se todos os resultados já citados e também considerando a resposta das maçãs aos diferentes tratamentos foram escolhidos dois tratamentos, um de cada equipamento, para a realização da análise sensorial. Os tratamentos selecionados foram o de secador em cabine a 70°C e o de aparelho de micro-ondas com potência de 320 W.

#### 4.6 Análise sensorial

As amostras de maçã desidratada em secador de cabine e em aparelho de micro-ondas foram codificadas com os números 463 e 287, respectivamente.

Os testes foram aplicados com 40 consumidores não treinados, sendo 80% do sexo masculino e 20% do sexo feminino. Destes, 77,5% são estudantes da Universidade de Santa Cruz do Sul, 17,5% funcionários e 5% docentes. O Quadro 8 demonstra a frequência de provadores do sexo masculino e feminino com suas respectivas faixas etárias.

Quadro 8 – Sexo e faixa etária dos provadores

<b>Faixa etária</b>	<b>Sexo masculino</b>	<b>Sexo feminino</b>
<b>14 a 24 anos</b>	47,5%	10%
<b>25 a 35 anos</b>	27,5%	5,0%
<b>36 a 45 anos</b>	2,5%	2,5%
<b>Mais de 45 anos</b>	2,5%	2,5%
	$\Sigma$ 80,0%	$\Sigma$ 20,0%

Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Com relação à aparência da amostra 463 (secador), 25% dos provadores responderam gostei extremamente, 40% gostei moderadamente, 27,5% gostei regularmente e 7,5% não gostei, nem desgostei.

Para a amostra 287 (micro-ondas), no mesmo atributo, 25% dos provadores assinalaram a opção gostei extremamente, 37,5% gostei moderadamente, 25% gostei regularmente, 10% não gostei, nem desgostei e 2,5% desgostei moderadamente.

Na avaliação da cor das amostras, a de código 463 recebeu as seguintes avaliações: 22,5% dos provadores gostaram extremamente, 47,5% gostaram

moderadamente, 22,5% gostaram regularmente e 7,5% não gostaram, nem desgostaram. Os resultados obtidos para as amostras obtidas em micro-ondas foram: 20% gostaram extremamente, 42,5% gostaram moderadamente, 20% gostaram regularmente, 15% não gostaram, nem desgostaram e 2,5% desgostaram regularmente.

A avaliação para o atributo odor da amostra 463 foi de 12,5% gostei extremamente, 32,5% gostei moderadamente, 32,5% gostei regularmente, 20% não gostei, nem desgostei e 2,5% desgostei regularmente e, para 287, 25% gostei extremamente, 35% gostei moderadamente, 22,5% gostei regularmente e 17,5% não gostei, nem desgostei.

Para o atributo sabor da amostra desidratada em secador de cabine (463), 25% dos provadores assinalaram gostei extremamente, 50% gostei moderadamente, 12,5% gostei regularmente, 10% não gostei, nem desgostei e 2,5% desgostei regularmente. Para a amostra 287, 15% responderam gostei extremamente, 35% gostei moderadamente, 32,5% gostei regularmente, 10% não gostei, nem desgostei e 7,5% desgostei regularmente.

Levando-se em consideração a textura, a amostra 463 obteve a seguinte avaliação: 25% gostei extremamente, 50% gostei moderadamente, 20% gostei regularmente, 2,5% não gostei, nem desgostei e 2,5% desgostei moderadamente. Já a amostra 287 revelou os seguintes percentuais: 2,5% gostei extremamente, 14,7% gostei moderadamente, 35% gostei regularmente, 10% não gostei, nem desgostei e 5% desgostei regularmente.

A avaliação global da amostra 463 resultou em: 22,5% gostei extremamente, 50% gostei moderadamente, 20% gostei regularmente, 5% não gostei, nem desgostei e 2,5% desgostei regularmente. Para a amostra 287 7,5% gostaram extremamente, 50% gostaram moderadamente, 32,5% gostaram regularmente e 10% não gostaram, nem desgostaram. O resultado da análise estatística de todos atributos citados é mostrado no Quadro 9.

Quadro 9 - Estatística dos atributos avaliados no teste de aceitação

Atributo	Amostra 463 (secador)	Amostra 287 (micro-ondas)
Aparência	5,82 <sup>a</sup>	5,70 <sup>a</sup>
Cor	5,85 <sup>a</sup>	5,62 <sup>a</sup>
Odor	5,32 <sup>a</sup>	5,68 <sup>a</sup>
Sabor	5,85 <sup>a</sup>	5,40 <sup>a</sup>
Textura	5,82 <sup>a</sup>	5,32 <sup>b</sup>
Avaliação global	5,85 <sup>a</sup>	5,55 <sup>a</sup>

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

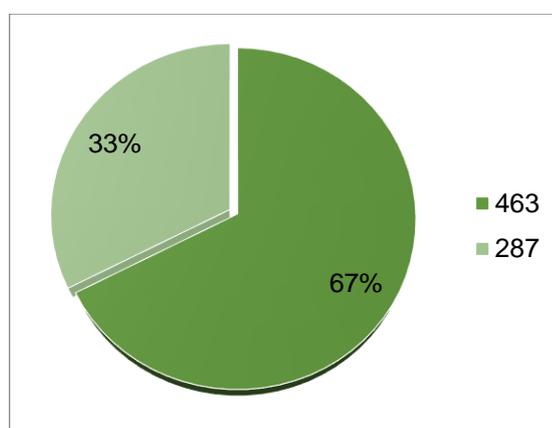
Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Na avaliação dos dados do teste afetivo de aceitação (Quadro 9) constata-se que apesar das diferenças de porcentagens relacionadas às notas atribuídas nos atributos analisados, a análise estatística demonstrou que não há diferença significativa entre as amostras secas em secador de cabine e em aparelho de micro-ondas, exceto para o atributo textura, no qual a amostra 463 foi significativamente ( $P < 0,05$ ) mais aceita do que a amostra 287.

As amostras provenientes dos dois equipamentos situaram-se, em média, entre gostei regularmente e gostei moderadamente para todos os atributos analisados, gerando assim um resultado considerado satisfatório.

Realizou-se também o teste de preferência entre as amostras e seu resultado pode ser visualizado na Figura 37.

Figura 37 – Preferência entre amostras



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

A Figura 37 mostra que 66% dos entrevistados preferiram a amostra 463 e 33% preferiram a amostra 287, notando-se que, mesmo não havendo diferença entre os atributos analisados (além da textura) a preferência maior dos consumidores tende a ser a maçã desidratada em secador de cabine, porém, a maçã desidratada em aparelho de micro-ondas também é aceita.

Comentários realizados por avaliadores descreveram que o maior diferencial da amostra 463 é o sabor mais acentuado e adocicado, contribuindo para a avaliação mais positiva em relação à outra amostra.

#### **4.7 Cálculo de rendimento**

Ao fim, realizou-se o cálculo de rendimento, obtendo-se, para secagem em secador de cabine, aproximadamente 38 gramas de produto final a cada quilo de maçã *in natura* e, em aparelho de micro-ondas, 35 gramas. Estes valores estão bem abaixo do comentado por Honores (1995) e Matos (2007) e isto pode ser explicado pela baixa umidade do produto final, sendo que, para o presente trabalho as amostras foram mais desidratadas do que o exigido por lei, diminuindo o peso da água presente no alimento.

## 5 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o experimento conclui-se que a desidratação de maçã em micro-ondas é viável, porém, para um resultado satisfatório, deve-se utilizar potências mais baixas e espessuras de corte mais finas.

A umidade das amostras obtidas em todos tratamentos está de acordo com o exigido pela legislação. A atividade de água mostrou-se adequada, estando dentro da faixa de segurança para produtos desidratados. Nas demais análises físico-químicas (pH, sólidos solúveis, lipídeos, cinzas e ácido málico) a análise estatística permitiu que os resultados dos dois métodos de desidratação fossem comparados, observando-se não há diferença significativa entre os dois métodos, pois há valores sem diferença significativa entre produtos finais obtidos através da desidratação em secador de cabine e em aparelho de micro-ondas em todas as análises.

Na análise sensorial os provadores consideraram que houve diferença somente no atributo de textura do produto final obtido, sendo a amostra obtida em secador de cabine considerada a mais aceita. Porém, nos atributos de sabor, odor, aparência, cor e avaliação global não houve diferença significativa. Ao final, 67% dos consumidores preferiram o produto obtido através da desidratação em secador de cabine e 33% o proveniente do aparelho de micro-ondas.

Recomenda-se continuar o estudo através de testes com o aumento da espessura de corte, para definir a maior espessura possível de corte sem que ocorra a caramelização do açúcar presente na maçã e, a conseqüente queima da mesma, a fim de elevar a percepção do sabor do produto final.

Salienta-se que mesmo o trabalho trazendo informações de tempos necessários para a secagem nos diferentes métodos de desidratação é importante realizar testes na hora de reproduzir o explicado, pois cada aparelho é único e possui uma distribuição de ar/temperatura/distribuição da radiação/potência diferente, alterando assim o resultado obtido.

## REFERÊNCIAS

ABPM - Associação Brasileira de Produtores de Maçã. *Maçã – valor nutricional e ação terapêutica*. 2016. Disponível em: <<http://www.abpm.org.br/portugues/maca/valornutricional.htm>>. Acesso em: 12 mai. 2016.

AGAPOMI - Associação Gaúcha dos Produtores de Maçã. *Dados estatísticos – produção de maçã no RS safra 2014/15*. 2015. Disponível em: <<http://agapomi.com.br>>. Acesso em: 06 mai. 2016.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA MAÇÃ 2015. Benno Bernardo Kist ... [et al.]. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2015. 72 p.: il. Disponível em: <[http://www.grupogaz.com.br/tratadas/eo\\_edicao/77/2015/07/20150727\\_6ec9495e5/pdf/4849\\_2015maca\\_flip.pdf](http://www.grupogaz.com.br/tratadas/eo_edicao/77/2015/07/20150727_6ec9495e5/pdf/4849_2015maca_flip.pdf)>. Acesso em: 06 mai. 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 23 de setembro de 2005.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola – Informativo nº 54. *Cenário da cadeia produtiva da maçã*. Departamento de Comercialização e Abastecimento Agrícola, Coordenação-Geral para Pecuária e Culturas Permanentes. Ano 6, v. 54, 2013.

CELESTINO, S. M. C. *Princípios de secagem de alimentos*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010. 51p. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/883845/1/doc276.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2016.

CÓRDOVA, K. R. V. *Desidratação osmótica e secagem convectiva de maçã Fuji comercial e industrial*. 2006. 148f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/5887/DISSERTA?sequence=1>>. Acesso em: 10 mai. 2016.

CORNEJO, F. E. P.; NOGUEIRA, R. I. *Preparo de vegetais desidratados em bancos de alimentos*. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2006. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/lidianemartins/preparo-de-vegetais-desidratados-em-bancos-de-alimentos>>. Acesso em: 08 abr. 2016.

CORNEJO, F. E. P.; NOGUEIRA, R. I.; WILBERG, V. C. *Secagem como método de conservação de frutas*. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2003. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/doc54-2003\\_000gc4ukabp02wx5ok01dx9lcvdbsd1n.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/doc54-2003_000gc4ukabp02wx5ok01dx9lcvdbsd1n.pdf)>. Acesso em: 08 abr. 2016.

CRUZ, G. A. *Desidratação de alimentos*. 2. ed. São Paulo: Globo, 1990. 207 p. (Coleção do Agricultor)

FIGIEL, A. Dehydration of apples by a combination of convective and vacuum-microwave drying. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, v. 57, n. 4 [A], p. 131-135, 2007. Disponível em: <<http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-article-d5840de6-6e89-45bb-9ced-b6de73ac6589>>. Acesso em: 06 mai. 2016.

FUMAGALLI, F. *Secagem de pêra em secador a microondas*. 2003. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003. Disponível em: <[http://www.btdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde\\_arquivos/10/TDE-2004-12-13T13:51:19Z-334/Publico/DissFF.pdf](http://www.btdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_arquivos/10/TDE-2004-12-13T13:51:19Z-334/Publico/DissFF.pdf)>. Acesso em: 10 mai. 2016.

FRUTO DA MATA. Dispõe sobre características físico-químicas de maçã desidratada. 2016. Disponível em: <<http://www.frutodamata.com.br/>>. Acesso em: 08 jun. 2016.

GOMES, P. *Fruticultura brasileira*. 13. ed. São Paulo: Nobel, 2007. 446 p.

GULARTE, M. A. *Análise sensorial*. Pelotas: Ed. Universitária UFPEL, 2009. 66p. (Tecnologia de frutas e hortaliças, módulo X).

HONORES, W. J. C. *Estudo de secagem da maçã (Malus spp. variedade Golden delicious)*. 1995. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Pré-Processamento de Produtos Agropecuários) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 1995.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para a análise de alimentos*. 4. Ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. (versão eletrônica). Disponível em: <[http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial\\_2008.pdf](http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial_2008.pdf)>. Acesso em: 06 mai. 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Tabela de composição de alimentos*. 5. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1999.

JESUS, M. F. de et al. Produção de passas de acerola em secador de bandeja. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 81-86, 2003. Disponível em: <<http://rbpaonline.com/wp-content/uploads/revistas/rev2003/vol5-num1/art510.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

LG ELETRÔNICS. Solicitação de potências do micro-ondas Ms3052ra-LG. 2016. Mensagem recebida por <[marinespick@gmail.com](mailto:marinespick@gmail.com)> em 18 mar. 2016.

LOPES, F. J. *Estudo do fenômeno de encolhimento na secagem convectiva de abacaxi com aplicação de micro-ondas*. 2013. 143 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2013. Disponível em: <<http://uenf.br/pos-graduacao/producao-vegetal/files/2014/08/Francemir.pdf>>. Acesso em: 06 mai. 2016.

MARIANO, E. J.; NUNES, E. E.; VALENTINI, E. *Avaliação dos parâmetros físico-químicos e sensoriais da maçã desidratada para uso como aperitivo*. 2011. 49 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/352/1/MD\\_COALM\\_2011\\_1\\_4.PDF](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/352/1/MD_COALM_2011_1_4.PDF)>. Acesso em: 13 mai. 2016.

MATOS, E. H. S. F. *Processamento de frutas desidratadas*. Brasília: Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da UnB, 2007. (Dossiê Técnico). Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NDE=>>. Acesso em: 13 mai. 2016.

MELONI, P. L. S. *Desidratação de frutas e hortaliças*. Fortaleza: Instituto Frutal, 2003. 87p. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/lmendesdasilva/104908236-apostiladesidratacaodefrutasehortalicas>>. Acesso em: 08 abr. 2016.

MENDONÇA, C. R. B. et al. *Frutas e hortaliças osmoticamente desidratadas e saturadas*. Pelotas: Ed. Universitária da UFPEL, 2009. 68p. (Tecnologia de frutas e hortaliças, módulo VIII).

MOURA, F. P. A. et al. Caracterização físico-química de maçãs desidratadas. In: CONNEPI - CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., 2012, Palmas. *Anais...*, Palmas: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, 2012. Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/1342/2851>>. Acesso em: 06 mai. 2016.

PECORARO, É.; DAVOLOS, M. R.; JAFELICCI JÚNIOR, M. Adaptações em forno de microondas doméstico para utilização em laboratório. *Química Nova*, p. 89-92, 1997. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/handle/11449/26172>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

RODRIGUES, A. E. *Desidratação osmótica e secagem de maçãs*: I. Comportamento do tecido em soluções osmóticas. II. Modelagem matemática de difusão. 2003. 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto, 2003. Disponível em: <[http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90791/rodrigues\\_ae\\_me\\_sjrp.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90791/rodrigues_ae_me_sjrp.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 13 mai. 2016.

ROSINI, F.; NASCENTES, C. C.; NÓBREGA, J. A. Experimentos didáticos envolvendo radiação microondas. *Química Nova*, v. 27, n. 6, p. 1012-1015, 2004. Disponível em: <[http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol27No6\\_1012\\_27-ED03196.pdf](http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol27No6_1012_27-ED03196.pdf)>. Acesso em: 12 abr. 2016.

SANSEVERINO, A. M. Microondas em síntese orgânica. *Química Nova*, v. 25, n. 4, p. 660-667, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v25n4/10542.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

SANTOS, M. L. et al. Estudo físico-químico de maçã desidratada em secador convectivo. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 8, n. 1, p. 30-37, 2013. Disponível em:

<<http://www.gvaa.org.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1970>>. Acesso em: 06 mai. 2016.

SARAIVA, S. H. et al. Avaliação de agentes preservantes do escurecimento enzimático no processo de secagem de maçã. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.6, n.11, 2010.

SCHEEREN, P.; LEHN, D. N.; SOUZA, C. F. V. de. Aproveitamento de maçãs não-conformes à comercialização na elaboração de pães. *Revista Destaques Acadêmicos*, Lajeado, v. 4, n. 4, 2012. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/handle/10737/271>>. Acesso em: 13 mai. 2016.

SEBBEN, J. A. *Desenvolvimento de tambor rotativo para micro-ondas e aplicação no processamento de batata-doce*. 2015. 82f. Dissertação (Mestrado em Engenharia – Pesquisa e Desenvolvimento de Processos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/118826>>. Acesso em: 10 mai. 2015.

SEBRAE - Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. *Processos, técnicas e gestão de agroindústrias familiares: frutas desidratadas/frutas secas*. 20--.

SELMO, M. S.; TREPTOW, R.; ANTUNES, P. Avaliação físico-química e sensorial de maçãs (*Malus doméstica*, borkh.) branqueadas em microondas e desidratadas. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 2, n. 1, p. 33-38, 1996. Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/149/146>>. Acesso em: 11 nov. 2016.

SILVA, F. A. da et al. Impacto da secagem com microondas sobre o perfil sensorial de amêndoas de noz macadâmia. *Ciênc. Technol. Aliment*, v. 27, n. 3, p. 553-561, 2007. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Guilherme\\_Maximo/publication/250045316\\_Impacto\\_da\\_secagem\\_com\\_microondas\\_sobre\\_o\\_perfil\\_sensorial\\_de\\_amndoas\\_de\\_noz\\_macadmia/links/55252b5d0cf2b123c51794b6.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Guilherme_Maximo/publication/250045316_Impacto_da_secagem_com_microondas_sobre_o_perfil_sensorial_de_amndoas_de_noz_macadmia/links/55252b5d0cf2b123c51794b6.pdf)>. Acesso em: 13 abr. 2016.

SILVA, S. L. M. V. da; SEARA, L. M.; CHARBEL, A. T. Secagem da batata Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) utilizando microondas. *e-xacta*, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, 2013. Disponível em: <<http://revistas.unibh.br/index.php/dcet/article/view/768>>. Acesso em: 06 mai. 2016.

SOUZA, G. B. de et al. *Teor de matéria seca em amostras de plantas: determinação com forno de microondas doméstico*. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. Disponível em: <<http://www.cppse.embrapa.br/teor-de-mat-ria-seca-em-amostras-de-plantas-determina-o-com-forno-de-microondas-dom-stico>>. Acesso em: 06 jun. 2016.

TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA/UNICAMP, 2011. Disponível em: <[http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco\\_4\\_edicao\\_ampliada\\_e\\_revisada](http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada)>. Acesso em: 01 abr. 2016.

TERRÃO, W. J.; MENDONÇA, A. L. de. Processamento de tomate seco em microondas. *Estudos*, Goiânia, v. 36, n. 4, p. 867-874, 2009. Disponível em: <<http://revistas.pucgoias.edu.br/index.php/estudos/article/view/1136/795>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

TREPTOW, R. de O.; QUEIROZ, M.; ANTUNES, P. Preferência e aceitação de fatias desidratadas de maçãs (*Malus domestica* Borkh). *Current Agricultural Science and Technology*, v. 4, n. 1, 1998. Disponível em: <<https://www.periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/235/226>>. Acesso em: 13 mai. 2016.

USHIROZAWA, K. *A cultura da maçã: a experiência catarinense*. Florianópolis: EMPASC, 1978. 295 p.

VASCONCELOS, M. A. da S.; MELO FILHO, A. B. de. *Conservação de alimentos*, Recife: EDUFRPE, 2010. 130 p. Programa Escola Técnica Aberta do Brasil (ETEC – Brasil). Disponível em: <[http://200.17.98.44/pronatec/wp-content/uploads/2013/06/Conservacao\\_de\\_Alimentos.pdf](http://200.17.98.44/pronatec/wp-content/uploads/2013/06/Conservacao_de_Alimentos.pdf)>. Acesso em: 13 mai. 2016.

VASQUES, A. R. et al. Avaliação sensorial e determinação de vida-de-prateleira de maçãs. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, n. 4, out-dez, 2006, p. 759-765. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/cta/v26n4/07.pdf>>. Acesso em: 06 mai. 2016.

## APÊNDICE A – Ficha para análise sensorial



UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL -UNISC  
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
DISCIPLINA DE TRABALHO DE CURSO II



### FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL

Faixa etária: ( ) 17 a 24 anos ( ) 25 a 35 anos ( ) 36 a 45 anos ( ) mais de 45 anos

Sexo: ( ) Feminino ( ) Masculino

Ocupação: ( ) Estudante ( ) Funcionário ( ) Docente

Você está recebendo duas amostras de maçã desidratada devidamente codificadas. Por favor, prove-as da esquerda para direita e avalie o quanto você gostou ou desgostou, de acordo com a escala abaixo:

- 7 - gostei extremamente
- 6 - gostei moderadamente
- 5 - gostei regularmente
- 4 - não gostei, nem desgostei
- 3 - desgostei regularmente
- 2 - desgostei moderadamente
- 1 - desgostei extremamente

Atributos	Nº amostra: <b>463</b>	Nº amostra: <b>287</b>
Aparência		
Cor		
Odor		
Sabor		
Textura		
Avaliação global		

Circule o código da amostra PREFERIDA:      **463**                      **287**

Comentários:

---



---