



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

RENATA MASUR CARNEIRO DA CUNHA

**EFEITO DO ETANOL, PULSO DE VÁCUO E/OU ULTRASSOM COMO PRÉ-
TRATAMENTO NA SECAGEM DO MELÃO (*Cucumis melo*)**

Recife

2019

RENATA MASUR CARNEIRO DA CUNHA

**EFEITO DO ETANOL, PULSO DE VÁCUO E/OU ULTRASSOM COMO PRÉ-
TRATAMENTO NA SECAGEM DO MELÃO (*Cucumis melo*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Nutrição.

Área de concentração: Ciência dos alimentos.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Patrícia Moreira Azoubel.

Recife

2019

Catálogo na Fonte
Bibliotecária: Mônica Uchôa, CRB4-1010

C972e Cunha, Renata Masur Carneiro da.
Efeito do etanol, pulso de vácuo e/ou ultrassom como pré-tratamento na secagem do melão (*Cucumis melo*) / Renata Masur Carneiro da Cunha.– 2019.
50 f.: il.; tab.; 30 cm.

Orientadora: Patrícia Moreira Azoubel.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CCS. Programa de Pós-Graduação em Nutrição. Recife, 2019.

Inclui referências.

1. Etanol. 2. Carotenoides. 3. Conservação de alimentos. 3. Antioxidantes. I. Azoubel, Patrícia Moreira (Orientadora). II. Título.

613.2 CDD (23.ed.) UFPE (CCS2019-118)

RENATA MASUR CARNEIRO DA CUNHA

**EFEITO DO ETANOL, PULSO DE VÁCUO E/OU ULTRASSOM COMO PRÉ-
TRATAMENTO NA SECAGEM DO MELÃO (*Cucumis melo*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Nutrição.

Aprovada em: 25/02/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Tânia Lúcia Montenegro Stamford
Departamento de Nutrição
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Thayza Christina Montenegro Stamford
Departamento de Nutrição
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Fernanda Araújo Honorato
Departamento de Engenharia Química
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Ao meu companheiro e grande amor Gabriel, por me apoiar em todas as horas, pela motivação incondicional, compreensão, respeito e tolerância. Difícil pôr em palavras o quanto você significou e significa para mim.

Aos meus pais, Suzana e Felipe e à minha querida irmã Cecília, pelo carinho, amor e por sempre vibrarem comigo a cada conquista.

À minha Orientadora, Prof^a Patrícia Azoubel, pelos ensinamentos compartilhados, dedicação, tranquilidade, confiança e, sobretudo, paciência em todos os momentos. Seu apoio foi importantíssimo nesta etapa profissional em minha vida.

À Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) por mais uma vez me proporcionar grande aprendizado e crescimento acadêmico.

À todos os “*Pazoubinhos*”, Shirley Rupert, Rafael Medeiros, Edvaldo Vieira, Zilmar Pimenta, Edilene Silva e João Henrique, pela grande ajuda e paciência com todas as minhas dúvidas e inseguranças, vocês tornaram meus dias de trabalho mais leves e descontraídos. Shirley e Rafael, muito obrigada por não pouparem esforços para estarem presentes comigo no laboratório, sem vocês não seria possível a concretização deste trabalho. Edvaldo, obrigada por todas as dicas preciosas e disponibilidade para ajudar sempre.

Às minhas queridas amigas, por todo apoio ao longo desta caminhada. Tê-las por perto dividindo alegrias e dificuldades foi essencial para que eu conseguisse seguir em frente.

Aos meus professores e colegas do mestrado, pelo conhecimento compartilhado durante esta trajetória.

Ao Programa de Pós-graduação em Nutrição (PPGN/UFPE).

Ao CNPq pela concessão da bolsa e à CAPES e à PROPESQ/UFPE pela concessão de financiamento para a execução da pesquisa.

Aos departamentos de Nutrição e Engenharia de Química da UFPE pela concessão da infraestrutura para realização dos experimentos.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, o meu muito obrigada!

RESUMO

A secagem é uma das etapas do processamento dos produtos agrícolas que tem por finalidade retirar parte da água neles contida. O uso de pré-tratamentos pode minimizar as alterações sensoriais, nutritivas e ainda reduzir os custos do processo de secagem. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficácia do uso do etanol, ultrassom e pulso de vácuo, combinados ou não, como pré-tratamento da secagem do melão Cantaloupe (*Cucumis melo var. cantalupensis* Naud). Foram realizados oito tipos de pré-tratamentos onde as amostras foram imersas em solução de etanol com diferentes concentrações (100% e 50% de proporção etanol/água), sendo utilizadas quatro condições de tratamento: uma controle, uma empregando apenas o ultrassom (US) com frequência de 25 kHz, uma com apenas o vácuo (VC) a uma pressão de -650 a -700 mmHg e outra utilizando a associação do ultrassom com o vácuo (USVC). Para todas as condições foi aplicado o tempo de processamento de 10 minutos, a uma temperatura de 30° C. A secagem foi realizada em um secador de leito fixo com velocidade do ar de 2 m/s e 60 °C. Foram avaliados os seguintes parâmetros de qualidade: atividade de água, teor de ácido ascórbico, teor de compostos fenólicos totais, teor de carotenoides totais, cor e atividade antioxidante (DPPH). A condição que obteve menor tempo de secagem foi a que utilizou o pré-tratamento com US por 10 minutos em solução de etanol a 100%. Todas as amostras processadas foram submetidas, juntamente com amostras secas sem pré-tratamento à análise de qualidade, realizada após os pré-tratamentos e após a secagem. O processo de secagem provocou uma redução considerável dos compostos bioativos do melão e redução da atividade antioxidante. As condições de pré-tratamento que utilizaram a imersão em meio etanólico a 50%, de maneira geral, obtiveram menores perdas para compostos fenólicos totais, carotenoides totais e ácido ascórbico. Em relação à atividade de água, todas as amostras secas apresentaram valores inferiores a 0,62, configurando alimento seguro para armazenamento. Para os parâmetros de cor, após o processo de secagem houve diminuição da luminosidade (L^*) de todas as amostras e da cor amarela (b^*), já o parâmetro a^* (cor vermelha) foi intensificado.

Palavras-chave: Etanol. Carotenoides. Conservação de alimentos. Antioxidantes.

ABSTRACT

Drying is one of the processing stages of agricultural products that aims to remove some of the water contained in them. The use of pretreatments can minimize the sensorial, nutritional changes and also reduce the costs of the drying process. The aim of this study was to evaluate the efficacy of ethanol, ultrasound and vacuum pulse, combined or not, as a pretreatment for Cantaloupe melon (*Cucumis melo* var. *Cantalupensis* Naud) drying. Eight types of pretreatments were used, where the samples were immersed in ethanol solution with different concentrations (100% and 50% ethanol/water ratio). Four treatment conditions were used: one control, one using only ultrasound (US) with a frequency of 25 kHz, one with vacuum only (VC) at a pressure of -650 to -700 mmHg and another using ultrasonic association with vacuum (USVC). For all conditions, the processing time of 10 minutes at a temperature of 30 °C was applied. Drying was carried out in a fixed bed drier with an air velocity of 2 m/s and 60 °C. The quality parameters evaluated were: water activity, ascorbic acid content, total phenolic compounds content, total carotenoid content, color and antioxidant activity (DPPH). The condition that obtained the shortest drying time was the one that used the pretreatment with the US for 10 minutes in 100% ethanol solution. All the samples processed were submitted, together with dried samples without pretreatment to the quality analysis, performed after the pretreatments and after drying. The drying process caused a considerable reduction of the melon bioactive compounds and reduction of the antioxidant activity. Pretreatment conditions that used immersion in 50% ethanoic medium generally obtained lower losses for total phenolic compounds, total carotenoids, and ascorbic acid. Regarding water activity, all dry samples presented values below 0.62, forming safe food for storage. For the color parameters, after the drying process there was a decrease in the luminosity (L^*) of all the samples and the yellow color (b^*), already the parameter a^* (red color) was intensified.

Keywords: Ethanol. Carotenoids. Food preservation. Antioxidants. Vitamin C.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Principais tipos de melões comercializados no Brasil: (a) Melão Amarelo; (b) Melão Pele de Sapo; (c) Melão Honeydew; (d) Melão Gália; (e) Melão Cantaloupe; (f) Melão Charentais..... 14
- Figura 2 - Fluxograma do processamento do melão24
- Figura 3 - Representação esquemática do sistema utilizado durante o pré-tratamento utilizando ultrassom e vácuo26
- Figura 4 - Variação de umidade (X) em função do tempo para o processo de secagem do melão com e sem pré-tratamento com etanol a 100%31
- Figura 5 - Variação de umidade (X) em função do tempo para o processo de secagem do melão com e sem pré-tratamento com etanol a 50%32
- Figura 6 - Amostras de melão *in natura* e secas com diferentes pré-tratamentos ...39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição nutricional centesimal média da polpa do melão	15
Tabela 2 - Ensaio de pré-tratamento do melão	25
Tabela 3 – Caracterização do melão <i>in natura</i>	29
Tabela 4 - Tempos de secagem para cada amostra atingir 20% de umidade	33
Tabela 5 - Valores médios de fenólicos totais, carotenoides totais, ácido ascórbico e atividade antioxidante do melão Cantaloupe <i>in natura</i> e processados...	34
Tabela 6 - Valores médios de atividade de água do melão Cantaloupe <i>in natura</i> e processados	37
Tabela 7 - Valores médios de cor do melão Cantaloupe <i>in natura</i> e processados....	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	MELÃO	13
2.1.1	Aspectos geográficos e botânicos	13
2.1.2	Propriedades nutricionais	14
2.1.3	Mercado produtivo e controle de qualidade	15
2.2	SECAGEM DE ALIMENTOS	15
2.2.1	Ultrassom	16
2.2.2	Secagem com pulso de vácuo	17
2.2.3	Desidratação osmótica	18
2.2.3.1	Uso do etanol em alimentos	19
3	HIPÓTESE	22
4	OBJETIVOS	23
4.1	OBJETIVO GERAL	23
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
5	MATERIAL E MÉTODOS	24
5.1	PROCESSAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO MELÃO	24
5.2	PRÉ-TRATAMENTO DA AMOSTRA	25
5.3	SECAGEM.....	26
5.4	ANÁLISES DE QUALIDADE.....	26
5.4.1	Umidade	27
5.4.2	Atividade de água	27
5.4.3	Teor de ácido ascórbico	27
5.4.4	Teor de compostos fenólicos totais	27
5.4.5	Teor de carotenoides totais	27
5.4.6	Cor	28
5.4.7	Atividade antioxidante	28
5.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	29
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
6.1	CARACTERIZAÇÃO DO FRUTO <i>IN NATURA</i>	30
6.2	SECAGEM.....	32

6.3	PARÂMETROS DE QUALIDADE	35
6.3.1	Teor de compostos fenólicos totais.....	36
6.3.2	Teor de carotenoides totais	36
6.3.3	Teor de ácido ascórbico.....	37
6.3.4	Atividade antioxidante (DPPH)	38
6.3.5	Atividade de água	38
6.3.6	Cor.....	39
7	CONCLUSÃO.....	42
	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A presença de frutas em dietas saudáveis representa um componente de grande relevância. Existe uma relação direta entre a ingestão de frutas e uma menor incidência de doenças, principalmente as cardiovasculares e certos tipos de câncer. Estes efeitos estão relacionados aos compostos bioativos presentes nesses alimentos. Entretanto, devido às intensas modificações bioquímicas e microbiológicas que esses produtos experimentam durante o período de sua comercialização, esforços têm sido empreendidos na busca por processos que assegurem uma maior vida de prateleira, sem contudo reduzir a concentração e a atividade desses fitoquímicos sobre a saúde humana (CHONG et al., 2013; DEVIC et al., 2010; HEREDIA et al., 2012; SAGAR; SURESH KUMAR, 2010; SOGI; SIDDIQ; DOLAN, 2014).

O Brasil é o décimo primeiro maior produtor de melão no mundo, onde, em sua maioria plantam-se principalmente cultivares de melão do grupo *Inodorus*, tipo Amarelo; porém, tem sido verificado um aumento da demanda por melões do grupo *Cantalupensis* (EMBRAPA, 2017). Nos últimos anos, tem-se introduzido na região Nordeste diversas cultivares deste grupo, com destaque especial para Cantaloupe, Gália e Orange Flesh. Dentre os tipos introduzidos, os Cantaloupes têm obtido a atenção dos produtores da região em virtude de seu excelente aroma e aceitação. Entretanto, a comercialização tem sido prejudicada pela alta perecibilidade, com vida útil pós-colheita não ultrapassando uma ou duas semanas, em condições ambiente ou sob refrigeração, respectivamente (ALMEIDA, 2001).

A durabilidade do melão após a colheita é considerada curta à temperatura ambiente, dificultando consideravelmente a sua comercialização (TELES et al., 2006). O processamento de frutos possibilita à indústria a diminuição de perdas e aumento do aproveitamento da produção (EMBRAPA, 2010), uma vez que podem ser utilizados não apenas como produtos finais, como também serem ingredientes na elaboração de outros alimentos à base de frutas (LIMA et al., 2004).

A secagem é um processo amplamente utilizado visando o aumento da vida de prateleira, obter novas formas de consumo e reduzir custos de transporte e armazenamento, sendo a forma mais comum de remover água dos alimentos (WOJDYLO et al., 2016). O processo de secagem de alguns materiais representa um desafio para os pesquisadores, pois fatores como a natureza termo-sensível e a

diversidade nas propriedades dos materiais tornam o processo ainda mais complexo, requerendo estudos mais aprofundados. Os métodos de secagem convencionais utilizando ar quente por um longo período de tempo podem deteriorar a qualidade físico-química e nutricional do produto final, como também gerar alto consumo de energia, gerando impactos negativos tanto econômicos quanto ambientais (ROJAS; AUGUSTO, 2018).

Visando otimizar o processo de secagem, uma das maneiras de aumentar as taxas de transferência de massa se dá através do uso de pré-tratamentos associados, como aplicação de ultrassom, vácuo, micro-ondas, pulverização de etanol e osmose, que vêm sendo adotados com sucesso na esfera alimentícia (ROMERO; YÉPEZ, 2015; LEONELLI; MASON, 2010; NUÑEZ-MANCILLA et al., 2013). Para diminuir os efeitos deletérios que podem afetar na qualidade dos alimentos que sofrem secagem, tem-se empregado, principalmente, o ultrassom, considerada uma técnica emergente, barata, simples, confiável e sustentável (O'DONNELL, 2010).

A utilização do vácuo está presente na indústria de alimentos para diversas aplicações, tais como: vácuo combinado com pré-tratamentos para preservação de alimentos (LIMA et al., 2004; ZOTARELLI, 2010), na impregnação de compostos (CASTAGNINI et al., 2015) e ainda em alguns processamentos, como a exemplo da secagem (ARÉVALO-PINEDO e MURR, 2005). A presença do vácuo durante o processo de secagem pode reduzir a oxidação de vitaminas e compostos antioxidantes, além de também reduzir a temperatura e o tempo necessários para obtenção do produto seco (MENDONÇA *et al.*, 2015).

O uso do etanol na secagem, como pré-tratamento, seja pela inserção na superfície ou como componente de atmosfera modificada, reduz o tempo de secagem, promove a retenção de compostos voláteis e a preservação das características nutricionais dos alimentos (BRAGA *et al.*, 2009; NISHINO, 2013).

Mediante o exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da utilização do etanol em diferentes concentrações como pré-tratamento na secagem do melão, associado ou não ao emprego de ultrassom e pulso de vácuo, e, por fim, analisar a influência destes pré-tratamentos nos parâmetros de qualidade do fruto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

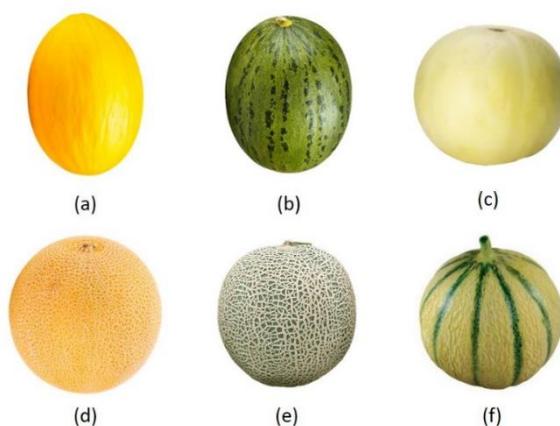
2.1 MELÃO

2.1.1 Aspectos gerais e botânicos

O melão, *Cucumis melo*, faz parte da família das Cucurbitáceas. Existem diferentes variedades botânicas de melão e estas divergem quanto aos aspectos de sensibilidade ao frio, capacidade de conservação, atividade metabólica, formato, tamanho do fruto e estruturas da casca e da polpa (MENEZES, 1996).

Existem dois gêneros de melões produzidos para fins comerciais no Brasil: Inodoros (*Cucumis melo inodorus*) e Aromáticos (*Cucumis melo reticulatus* e *C. melo cantaloupensis*) (Figura 1). Os melões do grupo inodoros apresentam frutos de coloração amarelada, branca ou verde-escuro, casca lisa ou levemente enrugada, alta durabilidade e elevada resistência ao transporte pós-colheita. A polpa é espessa, com coloração que varia de branco a verde-claro. São classificados como inodoros os melões Amarelos e Pele de Sapo. O grupo de melões aromáticos possuem fragrância agradável, casca de coloração que varia de amarelada a esverdeada e recoberta por rendilhamento corticoso. A polpa é espessa de cor que vai do amarelo ao salmão. São classificados como aromáticos os melões Cantaloupe, Charentais, Galia e Honey Dew (EMBRAPA, 2017).

Figura 1 - Principais tipos de melões comercializados no Brasil: (a) Melão Amarelo; (b) Melão Pele de Sapo; (c) Melão Honey Dew; (d) Melão Gália; (e) Melão Cantaloupe; (f) Melão Charentais. (Adaptação MACHADO, 2007).



As fases de desenvolvimento dos frutos (pré-maturação, maturação e amadurecimento) envolvem a formação dos tecidos e mudanças químicas, excluindo-se a fase de senescência. A pré-maturação corresponde ao estágio de desenvolvimento que antecede a maturação, onde é característico um aumento de volume do fruto, mas o mesmo ainda não se encontra apto para consumo. A maturação é uma etapa intermediária entre o final do desenvolvimento e o início da senescência e onde ocorrem uma sequência de transformações no fruto, tais como cor, “flavor” e textura, tornando-os aptos ao consumo *in natura* ou processo de industrialização. O amadurecimento corresponde ao período final da maturação, onde o fruto apresenta-se completamente desenvolvido (MENEZES, 1996).

2.1.2 Propriedades Nutricionais

Os melões do tipo Cantaloupe são de tamanho médio, pesando em média 0,8 a 1,0 kg, com superfície reticulada densa, verrugosa ou escamosa, podendo apresentar gomos (costelas), e têm polpa de coloração alaranjada intensa cavidade pequena e grau de doçura que varia de 10 a 12 °Brix (BARRETO, 2011).

Os frutos são constituídos por cerca de 90% de água e ricos em vitaminas A, C (LESTER, 1997), além de sais minerais e propriedades antioxidantes (MELO et al. 2008). Comparado a outras frutas e hortaliças, é especialmente rico em elementos minerais; em 100 g de polpa de melão, podem ser encontradas 216 mg de potássio, 10 mg de fósforo e 6 mg de magnésio (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição nutricional centesimal média da polpa do melão

Composição	Conteúdo	Composição	Conteúdo
Umidade (%)	91,3	Potássio (mg)	216
Energia (kcal)	29,0	Fósforo (mg)	10
Proteína (g)	0,7	Magnésio (mg)	6
Lipídeos (g)	Tr	Ácido ascórbico (mg)	8,7
Carboidratos (g)	7,5		

Tr: Traços

Fonte: TACO (2011).

Ao melão são atribuídas propriedades medicinais, como calmante, refrescante e laxante, e sua porção comestível representa 55% do fruto; também é considerado fontes significativas de outros nutrientes como açúcar, fibras e fitoquímicos (EMBRAPA, 2010).

2.1.3 Mercado produtivo e controle de qualidade

O Brasil situa-se como décimo primeiro maior produtor mundial de melão, onde plantam-se principalmente cultivares do grupo Inodorus, tipo Amarelo. Entretanto, no mercado, há um certo crescimento da demanda por melões do grupo Cantalupensis, que são aromáticos, com bom sabor e alto teor de açúcar (EMBRAPA, 2017).

Por apresentarem características satisfatórias quanto às qualidades sensoriais, os frutos do grupo *C. melo Cantaloupensis* são os mais produzidos no mundo, tendo apresentado, nos últimos anos, expressiva expansão na região produtora dos estados do Rio Grande do Norte e do Ceará, apesar possuírem baixa conservação pós-colheita e exigirem maiores cuidados com relação ao manejo cultural pré e pós-colheita (EMBRAPA, 2017).

A qualidade de um produto agrícola pode ser definida através de critérios de qualidade. Entre os critérios de qualidade considerados importantes em um produto agrícola (frutas e hortaliças), pode-se citar: propriedades nutricionais (vitaminas, proteínas, carboidratos, etc.), higiênicas (condição microbiológica e conteúdo de componentes tóxicos), tecnológicas (capacidade de armazenamento) e sensoriais (aparência, aroma e textura). Quando se conhece o critério que caracteriza a qualidade de um produto, utiliza-se métodos de mensuração que variam desde técnicas instrumentais avançadas até análise sensorial (MENEZES; JUNIOR, 2001).

No melão, o termo qualidade na pré-colheita está relacionado a diferentes características, sendo as mais estudadas a firmeza da polpa, o conteúdo de sólidos solúveis totais (SST), a avaliação subjetiva relacionada à aparência (externa e interna), o conteúdo de açúcares solúveis (redutores, não-redutores e totais), bem como, a perda de peso e o valor nutricional (conteúdo vitamínico) (MENEZES, 1996).

2.2 SECAGEM DE ALIMENTOS

A secagem é uma das etapas do processamento dos produtos agrícolas que tem por finalidade retirar parte da água neles contida. É um processo simultâneo de troca de calor e umidade entre o produto e o ar de secagem, de maneira que a umidade é removida até que o produto atinja o equilíbrio com o ar do ambiente (ROMERO, 1997).

Por se tratar de um processamento térmico, determinados compostos nutritivos do alimento podem ser perdidos na secagem, principalmente as vitaminas. Entretanto, muitas vantagens podem ser atribuídas ao processo, tais como: aumento de vida útil do produto, valor nutricional concentrado devido à perda de água, redução de volume e peso, facilidade no transporte e redução nas perdas pós-colheita (CELESTINO, 2010). Além disso, há uma redução da proliferação de micro-organismos, uma vez que a atividade de água acima de 0,9 em alimentos favorece o crescimento dos mesmos, já que as moléculas estão fracamente ligadas e movem-se rapidamente; já a atividade de água entre 0,4 e 0,8 podem ocorrer reações enzimáticas e/ou químicas; e próximo a 0,6 haverá pouco ou nenhum desenvolvimento de micro-organismos (ARAÚJO et al., 2009; ASKARI; EMAM-DJOMEH, MOUSAVI, 2009; BRAGA; SILVA, 2010; DOYMAZ, 2005; MUJUMDAR, 2006).

A secagem convencional gera um significativo gasto energético e, conseqüentemente, pode se tornar um processamento de custo elevado. Visando a redução do tempo de secagem, seja pela redução do teor inicial de água ou modificando os tecidos vegetais estruturalmente, podem ser utilizadas técnicas de pré-tratamento associadas, tais como ondas ultrassônicas, vácuo e desidratação osmótica.

2.2.1 Ultrassom

A tecnologia de ultrassom é baseada em ondas mecânicas, em uma frequência acima do limiar de audição humana (> 16 kHz), que viajam através do volume de um material com uma velocidade característica da onda e do material onde está se propagando (SORIA e VILLAMIEL, 2010). As ondas ultrassônicas podem ser divididas em duas categorias: baixa e alta intensidade. O ultrassom de baixa intensidade tem

suas ondas utilizadas para captação de informações sobre o meio em que se propaga, sem produzir alterações no mesmo, sendo uma importante ferramenta em ensaios não destrutivos. O ultrassom de alta intensidade tem por objetivo produzir efeitos permanentes no meio, através da energia ultrassônica (TARLETON; WAKEMAN, 1998).

A aplicação de ondas ultrassônicas nas células do alimento causa uma série de compressões e expansões. As forças envolvidas neste processo podem ser maiores do que a tensão superficial que mantém a umidade dentro da célula, criando canais microscópicos que facilitam a saída da umidade (FUENTE-BLANCO; BLANCO, 2006).

O pré-tratamento de ultrassom pode ser feito submergindo a fruta em água destilada ou em solução hipertônica. Dehghannya et al. (2019) utilizaram ultrassom em diferentes tempos e intensidades como pré-tratamento na secagem de batatas, verificando que o uso do pré-tratamento possibilitou em um menor tempo de secagem para todas as amostras. Portanto, o pré-tratamento ultrassônico se torna uma tecnologia eficaz de apoio à otimização no processo de secagem dos alimentos a fim de melhorar as propriedades qualitativas dos produtos melhorando fenômenos de transferência de calor e de massa (DEHGHANNYA et al., 2017).

2.2.2 Secagem com pulso de vácuo

Pode-se compreender por vácuo, de acordo com os princípios da física, a redução da pressão a um valor inferior ao da pressão atmosférica (STEMPNIAK, 2002). A utilização do vácuo vem se fazendo presente na indústria de alimentos para diversas aplicações: para preservação de alimentos através das embalagens com atmosfera modificada (CAMARGO e CARVALHO, 2008), vácuo combinado com pré-tratamentos, como na desidratação osmótica (LIMA et al., 2004; ZOTARELLI, 2010), na impregnação de compostos (CASTAGNINI et al., 2015) e ainda em alguns processamentos, como a exemplo da secagem (ARÉVALO-PINEDO e MURR, 2005).

Monteiro et al. (2016) utilizaram aquecimento por micro-ondas e a aplicação de ciclos de aquecimento-pulso de vácuo na desidratação de bananas. Os tempos de secagem da técnica por micro-ondas a vácuo e micro-ondas utilizando ciclos de aquecimento-pulso de vácuo foram inferiores ao tempo necessário para a liofilização e para os tempos conhecidos para a secagem convectiva.

O uso de pulso de vácuo (PV) ou ondas ultrassônicas (US) durante a desidratação osmótica (DO), usualmente promove um incremento nos coeficientes de transferência de massa. No caso da aplicação de US, o incremento ocorre pela redução nas resistências interna e externa à transferência de massa. A resistência externa é minimizada pela cavitação com implosão de bolhas na solução osmótica e a interna, pela ocorrência, no alimento, de rápidas e sucessivas compressões e expansões, fenômeno conhecido como efeito esponja (FERNANDES; RODRIGUES, 2008; CÁRCEL et al., 2012). A aplicação de PV nos primeiros minutos da DO provoca uma expansão dos gases oclusos nos poros dos frutos, provocando sua saída, aumentando a área superficial de transferência de massa (VIANA; CORRÊA; JUSTUS, 2014).

2.2.3 Desidratação osmótica

A desidratação osmótica é uma técnica eficiente e frequentemente utilizada na preservação de frutas e hortaliças. Consiste na imersão da matéria-prima em uma solução de um determinado agente osmótico (sacarose, sal, etanol), que, por um gradiente de pressão osmótica, acarreta na remoção da água, de forma a reduzir a sua disponibilidade para deterioração microbiológica, química e biológica (PONTING et al. 1966; FALCONE; SUAZO, 1988; TORREGGIANI, 1993).

Devido à diferença de concentração entre o agente osmótico e a fruta, durante o processo, são criados dois fluxos simultâneos em contra-corrente, através das paredes celulares: um de água, que sai da fruta para a solução com o agente osmótico – o mais importante, do ponto de vista da desidratação - e outro de soluto, da solução para o alimento. Além destes, ocorre um terceiro, que consiste na perda de açúcares, minerais, entre outros compostos nutricionais, que embora possa ser proporcionalmente insignificante em relação aos dois fluxos principais, exerce importante papel sobre a qualidade sensorial e nutricional do produto (PONTING, 1973; TORREGGIANI, 1993).

Porto et al. (2014), estudando o processo osmótico para uvas Crimson, verificaram a influência da temperatura (30 a 50 °C), do tempo (1 a 4 h) e da concentração de sacarose (40 a 50 °Brix) na perda de umidade, incorporação de sólidos e índice de eficiência de desidratação. Estes autores observaram que, dentro das condições estudadas, a concentração de sacarose e o tempo de imersão

apresentaram efeitos positivos sobre a perda de umidade e a incorporação de sólidos, enquanto a temperatura não apresentou influência em nenhuma resposta estudada. Neste caso, a melhor condição para desidratação osmótica da uva para maior índice de desidratação foi quando este processo foi realizado em solução osmótica com 42 °Brix, por 1,6 h de imersão e a 46 °C. Assim, para definir a eficiência dos processos osmóticos, é preciso considerar o tipo de agente osmótico escolhido, a temperatura e o tempo de processo. Além disso, cada tecido vegetal apresenta uma permeabilidade ao tipo de agente osmótico.

Ao avaliar a influência da concentração (40, 50 e 60 %) e da temperatura (30, 40, 50 °C) da solução sobre a desidratação osmótica na papaia chilena (*Vasconcellea pubescens*), Vega-Gálvez et al. (2007) perceberam que quanto mais alta a concentração da solução, maior remoção de água ocorreu, independente das temperaturas empregadas. O mesmo acontece com os sólidos solúveis, indicando que a temperatura não teve influência sobre a difusividade efetiva da água e dos sólidos solúveis neste caso.

A desidratação osmótica aplicada de forma prévia à secagem reduz o gasto energético e pode melhorar a qualidade sensorial do alimento, resultando em produtos mais estáveis à temperatura ambiente e com características similares ao fruto *in natura* (AZEREDO; JARDINE, 2000; BOLIN et al., 1983). Segundo LOPÉZ-MALO (1994), a desidratação osmótica associada a outros fatores de conservação tem produzido alimentos de boa qualidade, de fácil conservação e praticidade. Estes alimentos podem ser consumidos diretamente como produtos prontos para o consumo ou como ingredientes para elaboração de produtos.

2.2.3.1 Uso do etanol em alimentos

Etanol ou álcool etílico é um composto orgânico da família dos álcoois, cuja fórmula molecular é $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$. Por ser uma molécula polar, é solúvel em água, seu ponto de ebulição é atingido aos 78 °C, enquanto seu ponto de fusão é atingido a -114 °C (MORCELI, 2006).

O Brasil é o segundo maior produtor de etanol do mundo, logo atrás dos Estados Unidos da América (EUA). Juntos, ambos são responsáveis por 70% da produção

desse composto (MORCELI, 2006). Nos últimos anos, o uso do etanol tem sido estudado como tratamento complementar à secagem ou aditivo em alimentos.

Lurie et al. (2006) utilizaram o etanol como tratamento alternativo à proliferação de fungos, a fim de impedir a deterioração de uvas durante o armazenamento, mantendo a qualidade do fruto. Uvas foram submetidas a diferentes aplicações de etanol: mergulhando em etanol (30 a 50%) por 10 segundos, seguido de secagem ao ar antes de embalar; 4 ou 8 mL de etanol por kg de uva dentro da embalagem; 4 ou 8 mL de etanol por kg de uva em papel e colocando-o sobre as uvas na embalagem. Após 6 semanas de armazenamento, o primeiro tratamento foi menos eficaz, uma vez que a queda do etanol ao longo do armazenamento não protege contra reinfecção, ou contra esporos que possam ter penetrado no fruto, ao contrário do tratamento que mantém o nível de etanol na embalagem. Também os tratamentos com etanol causaram menos escurecimento. No entanto, a 8 semanas de armazenamento observou-se maior escurecimento nos tratamentos com etanol, podendo ser devido à concentração de acetaldeído, já que o etanol é um precursor desse, e ambos de compostos aromáticos naturais.

O uso do etanol também foi avaliado por Rojas et al. (2018) como forma de otimizar o processo de secagem de abóboras, avaliando o efeito do pré-tratamento por imersão em etanol a 92,8% (v/v) por 1 h numa proporção de 0,08:1 (g amostra/mL etanol) nas microestruturas, cinética de secagem convectiva a 50 °C, cinética de reidratação e propriedades visco-elásticas. O estudo concluiu que o pré-tratamento com etanol melhorou o processo de secagem, reduzindo em 49,5% o tempo de secagem para atingir umidade pré-estabelecida quando comparadas com amostras controle. O efeito do etanol foi atribuído à dissolução de componentes da parede celular e à transferência de massa durante o processo de imersão e secagem. O tratamento também contribuiu para o processo de reidratação, obtendo maior taxa de reidratação e retenção de água. Os autores concluíram que o pré-tratamento com etanol se mostrou uma opção viável uma vez que melhorou o processo de secagem e reidratação sem causar impactos negativos na microestrutura e propriedades viscoelásticas da abóbora.

Braga et al. (2010) estudaram a influência do etanol na cinética de secagem de abacaxi e em algumas características físicas, como escurecimento, microestrutura, armazenamento e conteúdo de vitamina C, comparando três tratamentos: fatia de abacaxi seca sob atmosfera modificada com 0,5% de etanol, fatia de abacaxi seca

sem alteração no ar e superfície da fatia previamente tratada com etanol, avaliando também tais amostras em diferentes tempos de armazenamento. O tempo de secagem foi menor para os abacaxis que tiveram sua superfície tratada com etanol, provavelmente devido à condensação do etanol na superfície do abacaxi, acelerando o processo principalmente na primeira hora de secagem. As fatias cujas superfícies foram tratadas com etanol também apresentaram um maior coeficiente de encolhimento, que pode ter sido causado pela maior taxa de secagem. Além disso, as amostras com esse tratamento apresentaram menor degradação de cor.

3 HIPÓTESE

O método de secagem tendo como pré-tratamento a combinação do uso do etanol, ultrassom e/ou do pulso de vácuo permite a produção de melões desidratados em menor tempo e com melhores padrões de qualidade.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficácia do uso do etanol, ultrassom e pulso de vácuo, combinados ou não, como pré-tratamento da secagem do melão Cantaloupe.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar e comparar as cinéticas de secagem do melão pré-tratado com etanol, ultrassom e/ou pulso de vácuo;
- Avaliar a influência da secagem com e sem pré-tratamentos em parâmetros de qualidade do melão.

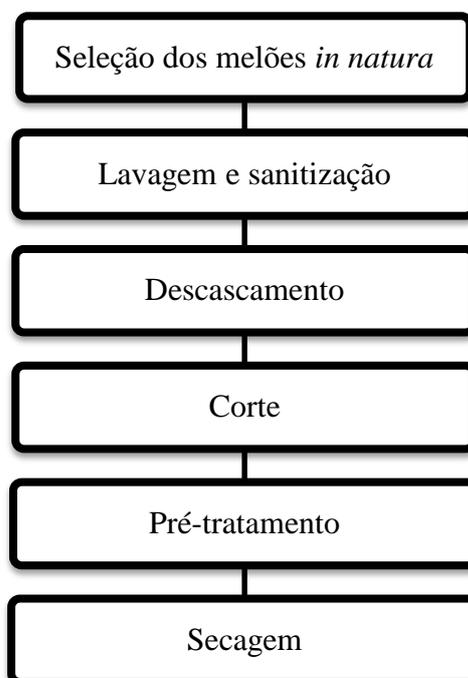
5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 PROCESSAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO MELÃO

Foram utilizados melões do tipo Cantaloupe (*Cucumis melo*) maduros, conhecido como “melão japonês”, adquiridos no mercado local, em Recife-PE. A escolha do estado de maturação para realizar os experimentos foi adotado como critério a firmeza da polpa e o teor de sólidos solúveis variando de 10 a 12° Brix.

O fluxograma de processamento da matéria-prima encontra-se na Figura 2. A matéria-prima foi recebida, selecionada, lavada e sanitizada em solução clorada a 100 µL/L durante 20 minutos. Em seguida, teve sua casca retirada manualmente, com auxílio de facas de cozinha, expondo sua polpa, que foi separada das sementes e cortada em retângulos de (5,0 x 3,0 cm) de 0,5 cm de espessura, utilizando-se faca de aço inoxidável e cortadores projetados para este fim, sendo submetidas ao processamento.

Figura 2 - Fluxograma do processamento do melão.



5.2 PRÉ-TRATAMENTO DA AMOSTRA

As amostras foram submetidas a diferentes pré-tratamentos, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Ensaios de pré-tratamento do melão.

Código do ensaio	Tipo de pré-tratamento
E100	Imersão em etanol a 100%
E100US	Imersão em etanol a 100% associada ao ultrassom
E100VC	Imersão em etanol a 100% associada ao pulso de vácuo
E100USVC	Imersão em etanol a 100% associada ao ultrassom e pulso de vácuo
E50	Imersão em etanol a 50%
E50US	Imersão em etanol a 50% associada ao ultrassom
E50VC	Imersão em etanol a 50% associada ao pulso de vácuo
E50USVC	Imersão em etanol a 50% associada ao ultrassom e pulso de vácuo

Para cada ensaio, a solução de etanol foi colocada em béqueres e as amostras foram inseridas nessa solução. Todos os ensaios tiveram duração de 10 minutos e obedeceram a proporção de 0,08:1 (peso da amostra/volume de solução de etanol), de acordo com a metodologia utilizada por Rojas et. al (2018).

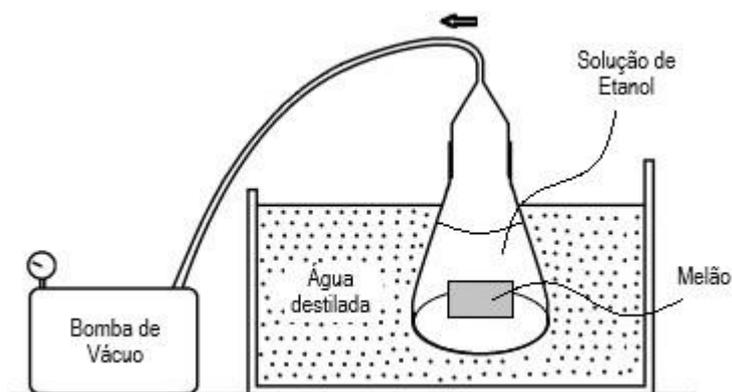
Para o tratamento ultrassônico, o conjunto amostra solução foi colocado em um banho ultrassônico, sem agitação mecânica e temperatura de 30°C ± 2 °C. A frequência de ultrassom utilizada foi de 25 kHz, conforme encontrado na literatura para o melão (FERNANDES e RODRIGUES, 2008).

Nas condições de processamento que utilizaram o vácuo, foi adotada uma pressão de -650 a -700 mmHg durante todo o tempo destinado ao pré-tratamento.

Nos ensaios em que foi associado o uso do vácuo e ultrassom, foi montado o sistema, adaptado de Başlar et. al. (2014), conforme mostra a Figura 3.

Figura 3 - Representação esquemática do sistema utilizado durante o pré-tratamento utilizando ultrassom e vácuo.

Fonte: Adaptado BAŞLAR et al. (2014)



5.3 SECAGEM

A secagem convectiva ocorreu à temperatura de 60 °C, utilizando um secador de leito fixo (secador de bandejas) de aço inoxidável e com velocidade do ar de secagem 2,0 m/s. O sistema de operação do secador consistiu da passagem de ar verticalmente através de bandejas, com recirculação, constituindo um circuito fechado.

Para o estudo da cinética de secagem, as amostras foram pesadas em uma balança semi-analítica em intervalos de 15 em 15 minutos até que a condição de equilíbrio fosse atingida.

5.4 ANÁLISES DE QUALIDADE

Foram determinadas para as amostras *in natura* e processadas: umidade, atividade de água, teor de ácido ascórbico, teor de fenólicos totais, teor de carotenoides totais, cor e atividade antioxidante. Para as amostras *in natura* também foi determinado o teor de sólidos solúveis.

5.4.1 Umidade

A umidade foi determinada através do método gravimétrico com secagem em estufa a 105 °C por 24 h (AOAC, 2002).

5.4.2 Atividade de água

A atividade de água foi medida utilizando um analisador de atividade de água portátil (Decagon, PawKit), à temperatura de 25 °C.

5.4.3 Teor de ácido ascórbico

O teor de ácido ascórbico (vitamina C) foi determinado de acordo com a AOAC (2002). Amostras de 5 g de melão frescos ou desidratados foram diluídas em 100 mL de ácido oxálico a 0,5% e, em seguida, filtrada com papel de filtro. Uma alíquota de 5 mL do filtrado foi titulada com indicador 2,6-diclorofenol-indofenol (DFI) até o ponto de equivalência. O teor de ácido ascórbico foi expresso como mg de ácido ascórbico por 100 g da polpa seca.

5.4.4 Teor de compostos fenólicos totais

A determinação dos compostos fenólicos foi realizada utilizando o reagente Folin-Ciocalteu, de acordo com a metodologia descrita por Singleton et al. (1999). Esse método envolve a redução do reagente pelos compostos fenólicos das amostras com concomitante formação de um complexo azul, cuja intensidade aumenta linearmente a 760 nm (SWAIN e HILLIS, 1959). Os resultados foram expressos como µg de equivalente ao ácido gálico por g de amostra seca.

5.4.5 Teor de carotenoides totais

A extração e quantificação dos carotenoides totais foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Rodriguez-Amaya (1999). Esse método consiste em extrair os carotenoides com acetona e posterior separação e diluição com éter de

petróleo e água destilada. Ao final, procedeu-se a leitura em espectrofotômetro a 470 nm de absorbância. Os resultados foram expressos em µg por g de matéria seca.

5.4.6 Cor

A cor das amostras foi avaliada em triplicata, através do sistema de leitura de três parâmetros, CIELAB. Os parâmetros L^* , a^* e b^* foram fornecidos utilizando-se um colorímetro (Minolta, modelo CR 400), previamente calibrado. Através destes parâmetros, foi calculada a diferença média de cor (ΔE^*) entre a amostras com e sem pré-tratamento, segundo a equação (1):

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_o^*)^2 + (a^* - a_o^*)^2 + (b^* - b_o^*)^2} \quad (1)$$

Onde:

ΔE^* é a diferença total de cor;

L_o^* e L^* são as luminosidades das amostras antes e após a secagem, respectivamente;

a_o^* e a^* são as intensidades das cores vermelha (valor positivo) e verde (valor negativo) das amostras antes e após a secagem, respectivamente;

b_o^* e b^* são as intensidades das cores amarela (valor positivo) e azul (valor negativo) das amostras antes e após a secagem, respectivamente.

5.4.7 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante foi determinada por meio da redução do DPPH (2,2 Difenil-1-picrilhidrazil) pelos antioxidantes presentes na amostra, segundo o método proposto por Brand-Williams et al. (1995) e Büyüktuncel, Porgali e Çolak, (2014).

Para as determinações, foi preparada uma solução diluindo-se 2,4 mg de DPPH em metanol em um balão de 100 mL. Foi realizada a diluição de 0,1 mL da amostra (extrato metanólico) para 2,9 mL da solução de DPPH. As amostras foram incubadas por 30 minutos ao abrigo da luz e na temperatura ambiente para posterior leitura das absorbâncias em espectrofotômetro a 517 nm. As absorbâncias foram utilizadas para calcular o percentual de inibição da oxidação, segundo a equação:

$$\% \text{Inibição} = [(ABS_{dpph} - ABS_{extrato}) / ABS_{dpph}] \times 100$$

Onde:

ABS_{dpph} = Absorbância da mistura de 0,1 mL de metanol + 2,9 mL de solução de DPPH 0,06 Micromol;

$ASB_{extrato}$ = Absorbância da mistura de 0,1 mL do extrato da amostra + 2,9 mL de solução de DPPH 0,06 Micromol.

Foi obtida uma curva analítica (absorbância x concentração em $\mu\text{g/mL}$ de ácido gálico). As soluções padrão foram preparadas por diluições para obter diferentes concentrações da solução de ácido gálico e suas respectivas absorbâncias. A equação da reta obtida por regressão foi utilizada para calcular a concentração em mg de equivalente de ácido gálico/100 g da polpa seca, para cada amostra analisada.

5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os procedimentos analíticos foram realizados em triplicata. Os resultados foram submetidos à estatística descritiva (média e desvio-padrão). Para a comparação das médias, foi utilizada a análise de variância (ANOVA), seguido do teste de Tukey, adotando-se o nível de significância de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 CARACTERIZAÇÃO DO FRUTO *IN NATURA*

Na Tabela 3 estão apresentadas as características físico-químicas do melão *in natura*. Os frutos *in natura* apresentaram teor de sólidos solúveis (°Brix) que os caracteriza com um padrão de maturação ideal para melões do tipo Cantaloupe distribuídos no mercado, conforme descrito na literatura (EMPRAPA, 2017).

Tabela 3 – Caracterização do melão *in natura*.

Características	Melão <i>in natura</i>
Teor de umidade (%)	90,72±0,41
Sólidos solúveis totais (°Brix)	11±1,00
Atividade de água	0,96±0,03
Cor	L* 69,76±0,66
	a*18,21±0,56
	b*38,56±1,69
Teor de ácido ascórbico (mg/100 g MS)	197,85±0,00
Atividade antioxidante (mg EAG/100 g MS)	50,91±4,96
Fenólicos totais (mg de ácido gálico/100 g MS)	360±0,68
Carotenoides Totais (mg/100 g MS)	14,80±1,88

MS: massa seca

A determinação de umidade é uma das medidas mais utilizadas na análise de alimentos, e a partir desta é possível inferir sobre aspectos relacionados à estabilidade, qualidade e composição dos produtos. Fatores esses que afetam o armazenamento, as embalagens e o processamento industrial (CHAVES et al., 2004). Verifica-se, pela Tabela 3, que o melão possui teores elevados de umidade em relação a outros alimentos, o que pode favorecer a proliferação microbiana e reações químicas de degradação, reduzindo o tempo de vida útil desse alimento. Ressalta-se que os valores médios de umidade encontrados estão próximos aos obtidos por Silva et al. (2016), que obteve cerca de, 94,28% e por Taco (2011), que especifica 91,30%.

O valor encontrado para o teor de sólidos solúveis está dentro dos padrões para frutos comercializáveis, onde, por definição, devem se encontrar entre 9 a 12 °Brix

(ABREU, 2011). Em relação à atividade de água, o mesmo valor de 0,96 foi encontrado por Souza Filho et al. (1999) para melões Cantaloupe *in natura*.

Os parâmetros de cor estão de acordo com os resultados obtidos por Sánchez et al. (2014) para melão Cantaloupe em diferentes estágios de maturação, uma vez que esses autores observaram valores para a^* que variaram de -14,26 a 18,66 e para b^* de 12,98 a 47,40. O parâmetro b^* , juntamente com o a^* nos fornece o croma. Quando ambos os valores se apresentam positivos, a coloração se insere nos tons de amarelo, alaranjado e vermelho.

O teor de ácido ascórbico ($197,85 \pm 0,00$ mg/100 g MS) encontrado foi inferior ao citado por Silva et al. (2016), que obteve 336,19 mg de ácido ascórbico/100 g MS. Tal discrepância ocorrida entre os teores nutricionais do presente estudo pode estar relacionada a fatores como a localização geográfica, práticas de cultivo, regime pluvial, exposição à luz do sol, características genéticas e, principalmente, o estágio de maturação em que os frutos se encontram (MATSUURA et al., 2001).

A atividade antioxidante encontrada foi de 50,91 mg EAG/100 g MS, corroborando com o encontrado por Silva et al. (2016), que foi de 51,75 mg EAG/100 g MS.

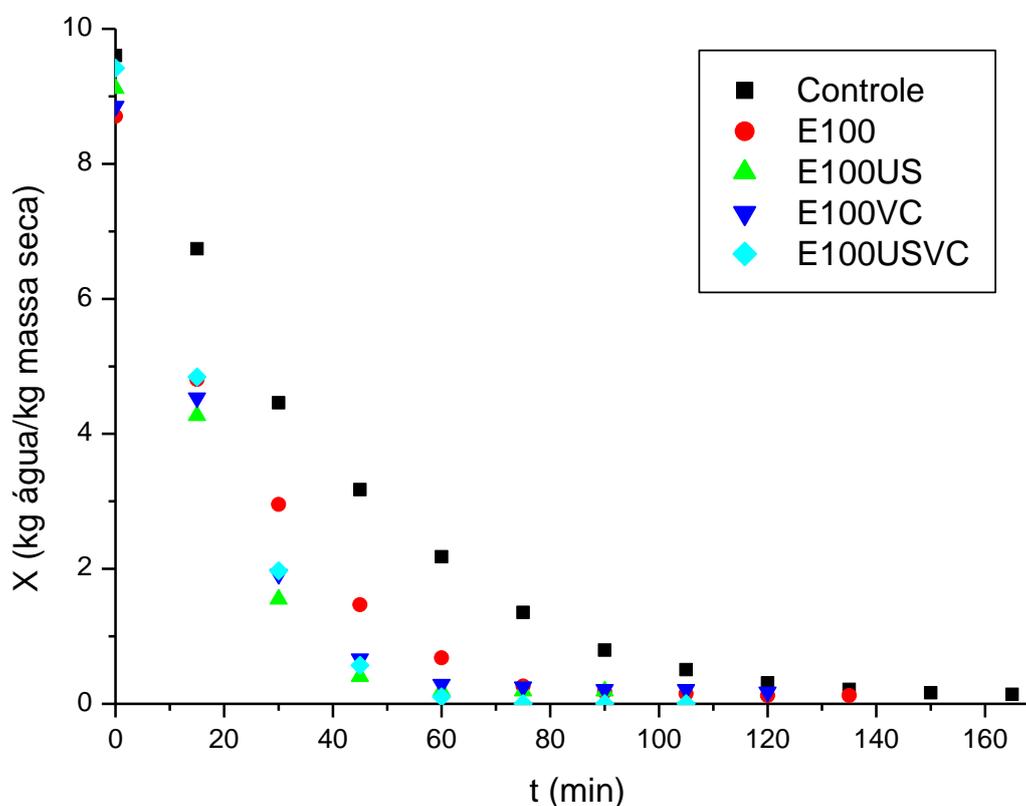
Em relação ao teor de compostos fenólicos totais, foram encontrados resultados semelhantes ao de Brito et al. (2017), que obteve 300 mg de ácido gálico/100 g, porém superiores quando comparados aos melões avaliados por Barreto (2011) em seu estudo sobre qualidade de compostos bioativos e capacidade antioxidante de híbridos comerciais de meloeiro cultivado no Rio Grande do Norte e Ceará, onde foram de 200 mg de ácido gálico equivalente/100 g, contra 360 mg/100 g para o melão deste estudo.

Yano et al. (2005), em estudo de quantificação de carotenoides em frutas *in natura* e processadas no Japão, relataram serem os frutos de melão uma excelente fonte de carotenoides principalmente β -caroteno. Os autores encontraram 6,086 e 0,043 mg/100 g nas polpas dos melões vermelho e amarelo, respectivamente. De acordo com a Tabela 3, o teor de carotenoides totais encontrado foi de 14,8 mg/100 g, demonstrando a presença deste composto no melão analisado.

6.2 SECAGEM

As mudanças físicas e químicas sofridas pelas amostras durante o pré-tratamento causaram uma diferença significativa nas taxas de secagem. De acordo com a Figura 4, verifica-se que quando a secagem foi realizada utilizando a imersão em etanol 100%, o ultrassom, o vácuo ou o ultrassom com vácuo, foi verificada uma maior taxa de secagem comparada à secagem controle (secagem convencional, sem pré-tratamento). Os melões submetidos à secagem controle foram os que mais demoraram a atingir o peso constante na secagem (equilíbrio), cerca de 120 minutos. Villamiel et al. (2010) relataram que, na secagem convencional, o tecido vegetal continua a apresentar células túrgidas com parede celular definida e organizada, o que dificulta a difusividade da água.

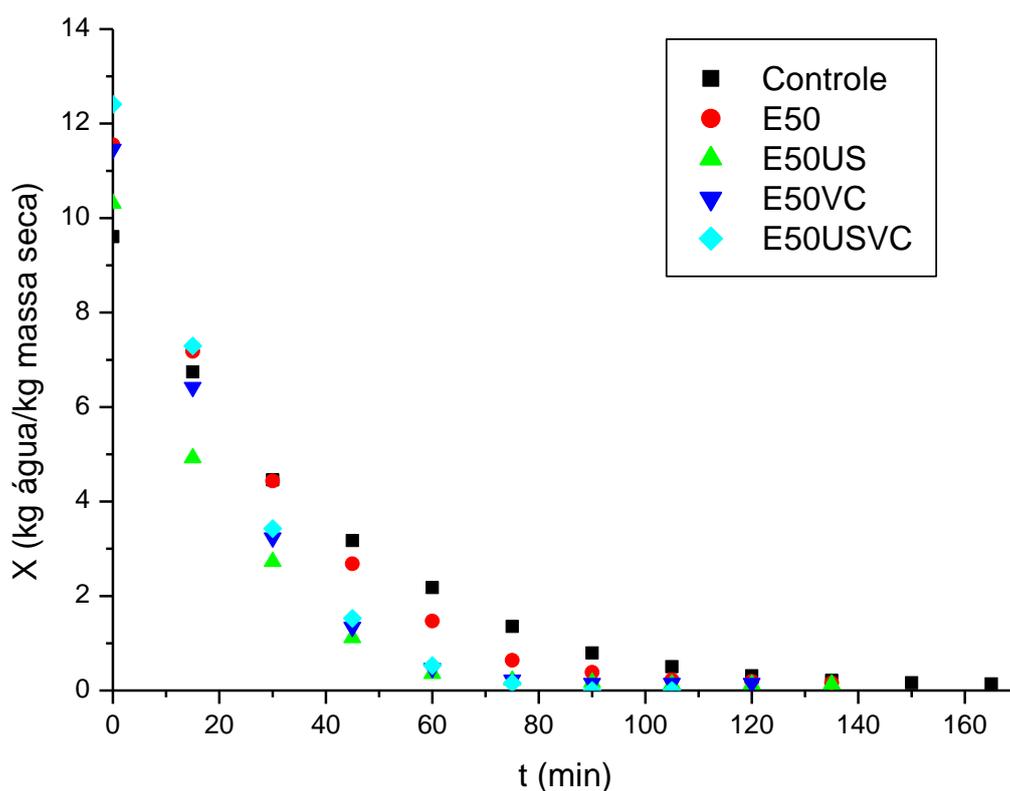
Figura 4 - Variação de umidade (X) em função do tempo para o processo de secagem do melão com e sem pré-tratamento com etanol a 100%.



Atribuem-se esses resultados à alteração da camada limite entre o melão e o meio líquido e à formação de canais microscópicos, causados pela aplicação de ultrassom, decorrentes dos fenômenos de cavitação e efeito esponja. Deve-se levar em consideração também a propriedade dessecante do etanol, o que provavelmente tenha contribuído para a eficácia da secagem.

Quando a secagem foi realizada utilizando pré-tratamento por imersão em solução de etanol a 50%, foi também verificada uma maior taxa de secagem para as amostras pré-tratadas quando comparadas à secagem controle (sem auxílio de qualquer pré-tratamento) (Figura 5).

Figura 5 - Variação de umidade (X) em função do tempo para o processo de secagem do melão com e sem pré-tratamento com etanol a 50%.



Nos pré-tratamentos que utilizam uma maior concentração de etanol, o tempo de secagem diminuiu para uma mesma condição de processamento. Tal fato ocorreu

provavelmente devido ao aumento na permeabilidade das paredes celulares, já que alguns solutos são extraídos por etanol. Além disso, conforme detalhado por Silva et al. (2018) e por Rojas e Augusto (2018), o etanol possui maior gradiente de tensão superficial, promovendo o fluxo de Marangoni - este efeito extrai a água de dentro da amostra, diminuindo assim o tempo de secagem, em comparação com as amostras *in natura*, como também as em que foi utilizado o etanol diluído (50%).

Para que os melões fossem secos até um conteúdo de umidade final menor que 0,25 kg H₂O/kg massa seca (20%, base úmida), que é um valor abaixo do máximo permitido para frutas secas segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2001), verificou-se que as amostras submetidas aos pré-tratamentos resultaram em menores tempos de processamento (Tabela 4).

Tabela 4 - Tempos de secagem para cada amostra atingir 20% de umidade.

Ensaio	Tempo de Secagem (min)
Controle	130
E100	77
E100US	57
E100VC	76
E100USVC	56
E50	104
E50US	72
E50VC	120
E50USVC	72

As amostras que foram imersas em solução de etanol 100% apresentaram um menor tempo de secagem para atingir 20% de umidade (Tabela 4), demonstrando que a concentração de etanol tem influência direta no processo de desidratação do melão. No presente trabalho, foi possível verificar uma redução de 56,9% no tempo de secagem. Ao utilizar o etanol como pré-tratamento na secagem de abóbora, Rojas et al. (2018) também verificaram que as amostras tratadas com etanol secaram mais rápido que as amostras controle, reduzindo o tempo de secagem em 49,5% para atingir 20% de umidade.

A redução do tempo de secagem obtida com ultrassom e pulso de vácuo associados ao etanol foi maior do que a redução obtida para o uso do etanol separadamente. É difícil determinar se o efeito do ultrassom e vácuo associado ao etanol é sinérgico ou aditivo, uma vez que não foi possível isolar seus efeitos individualmente, e, apesar disso, é demonstrado um efeito positivo no tempo de secagem ao serem combinadas essas tecnologias (ROJAS et al., 2018).

6.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE

Os valores médios dos parâmetros de qualidade avaliados nas amostras estão apresentados na Tabela 5. Verifica-se uma redução considerável nos valores destes parâmetros para todas as amostras secas analisadas quando comparadas ao melão *in natura*, evidenciando possível relação com a degradação térmica.

Tabela 5 - Valores médios de fenólicos totais, carotenoides totais, ácido ascórbico e atividade antioxidante do melão Cantaloupe *in natura* e processados.

Amostras	Fenólicos totais (mg EAG/g MS)	Carotenoides totais (μ g/g MS)	Ácido ascórbico (mg/100g MS)	Atividade antioxidante (mg EAG/100g MS)
<i>In natura</i>	3,66 \pm 0,68 ^a	148,08 \pm 1,88 ^a	197,85 \pm 0 ^a	5091,55 \pm 4,96 ^a
Controle	0,60 \pm 0,09 ^b	58,43 \pm 1,58 ^c	148,98 \pm 4,27 ^c	614,99 \pm 2,23 ^c
E100	0,44 \pm 0,10 ^b	35,94 \pm 0,44 ^e	116,13 \pm 5,67 ^{ef}	529,82 \pm 5,58 ^b
E100US	0,38 \pm 0,07 ^b	28,49 \pm 0,50 ^f	121,27 \pm 1,46 ^e	557,42 \pm 0 ^e
E100VC	0,32 \pm 0,09 ^b	29,71 \pm 1,56 ^f	107,84 \pm 2,63 ^f	556,63 \pm 0 ^e
E100USVC	0,29 \pm 0,01 ^b	30,96 \pm 0,08 ^f	111,02 \pm 1,50 ^{ef}	555,45 \pm 0,56 ^e
E50	0,50 \pm 0,03 ^b	64,74 \pm 0,18 ^b	184,14 \pm 7,96 ^b	565,30 \pm 3,35 ^e
E50US	0,42 \pm 0,03 ^b	37,33 \pm 0,19 ^e	133,30 \pm 1,81 ^d	555,45 \pm 7,25 ^e
E50VC	0,47 \pm 0,03 ^b	43,68 \pm 0,82 ^d	149,58 \pm 1,63 ^c	607,49 \pm 3,90 ^{cd}
E50USVC	0,46 \pm 0,02 ^b	35,08 \pm 0,30 ^e	135,03 \pm 3,99 ^d	592,90 \pm 1,12 ^d

Rojas et al. (2018), ao utilizar o pré-tratamento imersão em etanol associado ao ultrassom na secagem de batatas, verificou que mesmo as amostras imersas em água e submetidas ao ultrassom sendo processadas nas mesmas condições que as imersas em etanol e submetidas ao ultrassom, a formação de microcanais não evidenciou-se quando a água foi o meio. Este resultado sugere que quando o etanol

foi usado em vez de água, os efeitos do ultrassom sobre a estrutura da amostra foram intensificados. Tais colocações podem justificar a maior perda de compostos verificada nas amostras que utilizaram a solução de etanol a 100% comparadas às de 50%, mesmo sendo exposto a um menor tempo de secagem, uma vez que a maior concentração do etanol pode ter facilitado a saída de compostos para o meio de imersão, acarretando em sua perda.

6.3.1 Compostos fenólicos totais

Para as amostras secas, houve redução da concentração de compostos fenólicos totais (CTF) em todas as condições, quando comparada com a fruta fresca, sem diferenças significativas entre elas. A redução destes fitoquímicos se deve ao fato de que os mesmos são sensíveis a temperaturas elevadas, podendo assim ser afetados pelo processo de secagem, o que leva a redução no seu conteúdo e na sua capacidade antioxidante (AHMAD-QASEM et al., 2013).

A oxidação enzimática pela polifenoloxidase foi relatada por Djendoubi (2012) como o principal mecanismo de degradação de fenol durante a secagem convectiva. Alterações morfológicas ocasionadas pela sonicação, como por exemplo, aderência celular, podem ter ocorrido no sentido de dificultar as extrações desse composto, fato esse que contribuiu para os decréscimos obtidos.

Fonteles et al. (2012) verificaram redução de até 30% no CTF de amostras de suco de melão submetidas ao ultrassom. Os autores relataram que a formação de radicais livres pode ter afetado os compostos fenólicos do suco de melão Cantaloupe, uma vez que radicais $-OH$ formados durante a cavitação podem afetar compostos bioativos como os fenólicos. Silva et al. (2016) também verificaram comportamento semelhante ao realizar análise de melões Cantaloupe secos com diferentes tipos de pré-tratamento utilizando vácuo, ultrassom e desidratação osmótica.

6.3.2 Teor de carotenoides totais

Em relação ao teor de carotenoides totais, quando as amostras foram secas, houve uma redução do seu conteúdo (Tabela 5). Isto ocorreu por conta da exposição à uma temperatura mais elevada (60 °C) e pelo tempo de processamento, já que esses pigmentos são altamente instáveis e susceptíveis à degradação ou processo

de isomerização (GOULA; ADAMOPOULOS, 2010). Os pré-tratamentos que associaram a imersão em etanol a 100% com ultrassom, vácuo e vácuo com ultrassom foram os que mais reduziram o teor de carotenoides na amostra. Este resultado pode ser atribuído ao fato de que os carotenoides são moléculas lipossolúveis e, portanto, solúveis em solventes orgânicos como o etanol.

O uso do ultrassom e do vácuo também teve influência na extração dos carotenoides, uma vez que estes tratamentos desencadeiam na formação de microcanais no tecido do melão, permitindo a passagem de compostos da amostra para o solvente (etanol) (CORBIN et al., 2015; DA SILVA; GARCIA; FRANCISCATO, 2016).

De acordo com Rodriguez-Amaya et al. (2008), fatores como a existência de um grande número de carotenoides, variabilidade qualitativa e quantitativa da composição dos alimentos, variação nas quantidades de carotenoides dentro de um mesmo alimento, distribuição não uniforme dos carotenoides entre amostras, a natureza variável das matrizes alimentícias, entre outros, são exemplos de fatores que tornam a análise de carotenoides dentro de um alimento muito difícil. Além disso, há fontes comuns de erros nessas análises, como: extração incompleta, perdas físicas ocorridas durante o procedimento, identificação equivocada, erros de quantificação ou cálculo, degradação oxidativa durante a análise ou estocagem da amostra, entre outros.

6.3.3 Teor de ácido ascórbico

Houve uma redução no conteúdo do teor de ácido ascórbico nas amostras secas. Estudos relatam a degradação de ácido ascórbico em suco de fruta depois de tratamentos utilizando ultrassom devido a possível produção de radicais hidroxila através da cavitação (ADEKUNTE et al., 2010). A degradação também é fortemente influenciada pelas características do processo de secagem, sendo grande parte perdida pelo calor empregado e pela presença de oxigênio (MERCALI et al., 2014). Ressalta-se que o ácido ascórbico é insolúvel em meio etanólico.

Os teores de vitamina C encontrados nas amostras de melão após a secagem se mostraram influenciáveis pelo tratamento adotado (Tabela 5). Segundo Jin et al. (2014), a degradação/retenção de vitamina C pode estar ligada ao colapso da estrutura interna e à liberação de componentes nutricionais durante a secagem.

Materiais vegetais naturais são muitas vezes bem organizados em compartimentos celulares, onde nutrientes e outros componentes (açúcar, amido e proteína) estão localizados em compartimentos celulares naturais. No entanto, a parede da célula torna-se também um fator de controle na biodisponibilidade de nutrientes. O estado físico da estrutura da célula regula a liberação, a transferência de massa, a acessibilidade e a estabilidade bioquímica dos componentes.

6.3.4 Atividade antioxidante (DPPH)

O ultrassom, quando aplicado por maiores tempos, pode causar rápida e completa desgaseificação e iniciar várias reações através da geração de radicais livres, aumentando a polimerização/despolimerização reações (FLOROS; LIANG, 1994). Tais colocações corroboram com os resultados encontrados no presente estudo, em que houve em todas as amostras secas e pré-tratadas, uma redução na atividade antioxidante das amostras.

Toma et al. (2001) verificaram, em seu estudo, que o principal efeito do ultrassom utilizado juntamente com um solvente (etanol) são eficientes na extração de compostos pelo aumento do poder de inchamento e fragmentação do material vegetal. A interação destes dois fatores faz com que os compostos de atividade antioxidante saiam da célula e interajam com o meio solvente.

6.3.5 Atividade de água

Na Tabela 6 estão dispostos os valores para atividade de água (a_w) das amostras secas de melão cantaloupe. Em relação à amostra *in natura*, Souza Filho et al. (1999) encontraram o mesmo valor de 0,96 para melões Cantaloupe *in natura*.

Tabela 6 - Valores médios para atividade de água do melão cantaloupe *in natura* e processados.

Amostras	Atividade de Água (aw)
<i>In natura</i>	0,96±0,03 ^a
Controle	0,46±0,01 ^{de}
E100	0,44±0,02 ^e
E100US	0,54±0,03 ^{cd}
E100VC	0,45±0,02 ^{ef}
E100USVC	0,44±0,02 ^e
E50	0,31±0,01 ^b
E50US	0,56±0,03 ^c
E50VC	0,44±0,02 ^e
E50USVC	0,44±0,01 ^{de}

Todas amostras secas obtiveram uma redução significativa da aw em relação ao melão *in natura*, atingindo valores abaixo de 0,62, o que, segundo Jangam e Mujumdar (2010), é um valor considerado seguro para armazenamento de alimentos, devido à supressão do crescimento microbiano.

6.3.6 Cor

Os parâmetros de cor dos frutos é um importante atributo de qualidade, não só por contribuir para uma boa aparência, mas também, por influenciar a preferência do consumidor (MOTTA et al., 2015). Os resultados da cor do melão são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores médios para cor do melão cantaloupe *in natura* e processados:

Amostras	Cor		
	L*	a*	b*
<i>In natura</i>	69,76±0,66 ^a	18,21±0,56 ^{ab}	38,56±1,69 ^a
Controle	60,75±2,10 ^b	17,78±0,55 ^a	40,54±0,49 ^a
E100	53,84±1,29 ^c	20,40±1,22 ^c	32,43±1,13 ^b
E100US	49,72±0,21 ^{de}	20,30±0,23 ^c	32,30±1,44 ^b
E100VC	48,67±0,19 ^d	19,78±0,26 ^c	33,35±0,60 ^b
E100USVC	39,46±0,24 ^f	24,66±0,60 ^d	30,97±0,03 ^b
E50	51,80±0,91 ^{ce}	20,41±0,31 ^c	31,69±0,17 ^b
E50US	49,57±0,52 ^{de}	20,07±0,42 ^c	32,66±0,44 ^b
E50VC	42,92±0,93 ^g	21,61±0,29 ^{ce}	32,75±0,17 ^b
E50USVC	44,65±1,45 ^g	22,39±0,60 ^e	31,30±0,75 ^b

Após o processo de secagem houve diminuição da luminosidade (L*) de todas as amostras, porém, a amostra controle foi a que obteve a menor variação, indicando influência direta dos pré-tratamentos neste parâmetro. Nunes et al. (2017) também verificaram a diminuição da luminosidade em amostras de abacaxi secas a 70°C, indicando uma amostra mais escura, e sugerindo que temperaturas elevadas podem diminuir o parâmetro L*.

O uso do vácuo isolado e associado ao ultrassom em ambos os tratamentos (E100VC, E100USVC, E50VC e E50USVC) tiveram uma maior influência na diminuição da luminosidade (L*). A coloração da polpa do melão Cantaloupe está diretamente relacionada à quantidade de carotenoides presentes no fruto (FLESHMAN et al., 2011), logo, é possível relacionar estes resultados com a maior redução no teor destes fitoquímicos nas amostras (Tabela 5).

Após a secagem, a cor das amostras pré-tratadas foi intensificada no parâmetro a*, que representa a cor vermelha, com aumento significativo ($p < 0,05$) em relação à amostra *in natura*. Nahimana e Zhang (2011) também relataram que a mudança de cor durante a secagem de cenoura era ocasionada por vários fatores, incluindo a destruição térmica e/ou oxidativa de carotenoides e escurecimento enzimático ou não enzimático.

Para o parâmetro b*, representando a cor amarela, não houve diferença significativa entre as amostras controle e *in natura*. Já as amostras pré-tratadas tiveram uma diminuição neste parâmetro, ou seja, ficaram menos amarelas. Tais resultados podem estar relacionados à diminuição no teor de carotenoides destas amostras, já que tais pigmentos contribuem para as cores amarelo a vermelho dos

alimentos, determinando o espectro de absorção e, conseqüentemente, a cor visível do carotenoide, sendo também classificados como substâncias cromóforas por, sob estímulo luminoso, produzirem cores atrativas fornecendo o espectro de absorção visível (KOPEC et al., 2012).

Figura 6 - Amostras de melão *in natura* e secas com diferentes pré-tratamentos



7 CONCLUSÃO

Os resultados do presente trabalho sugerem que o uso da imersão em etanol como pré-tratamento tem influência positiva na secagem do melão, com redução no tempo de secagem, quando comparada ao ensaio controle.

Independente da técnica de pré-tratamento utilizada, verificou-se uma redução significativa dos parâmetros de qualidade, não demonstrando grandes benefícios dos pré-tratamentos associados (ultrassom, vácuo e ultrassom com vácuo).

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. L. G.; CAZETTA, J. O.; XAVIER, T. F., Adubação fosfatada no meloeiro amarelo: reflexos na produção e qualidade dos frutos, *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.33, n. 4, p. 1266-1274, 2011.
- ADEKUNTE, A.O., TIWARI, B. K., CULLEN, P. J., SCANNELL, A.G.M., O'DONNELL, C. P. Effect of sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice. *Food Chemistry*, v. 122, p. 500-507, 2010.
- AHMAD-QASEM, M. H., BARRAJON-CATALAN, E., MICOL, V., MULET, A., GARCIA-PEREZ, J.V. Kinetic and compositional study of phenolic extraction from olive leaves (*var.Serrana*) by using power ultrasound. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 17, p. 120-129, 2013.
- ALDRIGUE, M. L. Aspectos da Ciência e Tecnologia de Alimentos e Nutrição. João Pessoa: Editora UFPB, v. 1, p.198, 2002.
- ALMEIDA, A.S.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C.; MENEZES, J.B.; PEREIRA, M.E.C.; ABREU, C.R.A. de. Conservação de melão cantaloupe 'acclaim' submetido à aplicação pós-colheita de 1-MCP, *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 19, suplemento CD-ROM, Julho 2001.
- AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 17 ed. Washington: AOAC, 2002. 1115p.
- ARAÚJO, W. M. C., MONTEBELLO, N. P., BOTELHO, R. B. A. *Alquimia dos alimentos*. Brasília: Senac, 2009.
- AREVALO-PINEDO, A.; MURR, F. E. X. Influência da pressão, temperatura e pré-tratamentos, na secagem a vácuo de cenoura e aboboras. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, Campinas, v. 25, n.4, p. 636-643, out.-dez., 2005.
- ASAKI, G. R.; EMAM-DJOMEH, Z.; MOUSAVI, S. M. Na investigation of the effects of drying methods and conditions on drying characteristics and quality attributes of agricultural products during hot air and hot air/microwave-assisted dehydration. *Drying Technology*, New York, v.27, n. 7, p. 831-841, 2009.
- AZEREDO, H. M. C.; JARDINE, J. G. Desidratação osmótica de abacaxi aplicada à tecnologia de métodos combinados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.20, n.2,p.228-232, 2000.
- BARRETO, N. D. S. Qualidade, compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos de híbridos comerciais de meloeiro cultivados no CE e RN. 2011. 184 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Univ. Federal Rural do Semi Árido, Mossoró, 2011.
- BAŞLAR, M., KILIÇLI, M., TOKER, O. SAID, SAĞDIÇ, O., ARICI, M. Ultrasonic vacuum drying technique as a novel process for shortening the drying period for beef and chicken meats. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2014.

BRAGA, A. M. P.; PEDROSO, M. P.; AUGUSTO, F.; SILVA, M. A. Volatiles identification in pineapple submitted to drying in an ethanolic atmosphere. *Dry. Technol.*, v. 27, p. 248-257, 2009.

BRAGA, A. M. P.; SILVA, M. A.; PEDROSO, M. P. Volatile composition changes of pineapple during drying in modified and controlled atmosphere. *Int. J. Food Eng.*, v. 6, n. 12, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução – RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 10 de janeiro de 2001.

BRAND-WILLIAMS, W. CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm-Wiss u-Technol*, v. 28, p. 25-30, 1995.

BRITO, E. S. Avaliação da capacidade antioxidante de variedades de melão (*Cucumis melo L.*) comercializadas no Brasil e determinação do teor de glutathiona reduzida (GSH). 2017. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2017.

BOLIN, H. R.; HUXSOLL, C. C.; JACKSON, R.; NG, K. C. Effect of Osmotic agents and concentration on fruit quality. *Journal of Food Science*, v.48,p.202-205, 1983.

BÜYÜKTUNCEL, E.; PORGALI, E.; ÇOLAK, C. Comparison of Total Phenolic Content and Total Antioxidant Activity in Local Red Wines Determined by Spectrophotometric Methods. *Food and Nutrition Science*, v. 5, p. 1660-1667, 2014.

DA SILVA, C.; GARCIA, V. S.; FRANCISCATO, L. S. Extração assistida por ultrassom de compostos bioativos das cascas de lichia (*Litchi chinensis Sonn.*). *RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais*, v. 18, n. 1, p. 81-96, 2016.

DOYMAZ, I. Drying behaviour of green beans. *Journal of Food Engineering, Essex*, v. 69, n. 2, p. 161-165, 2005.

CAMARGO, R.; CARVALHO, M. L. M. de. Armazenamento a vácuo de semente de milho doce. *Rev. Bras. Sementes [online]*, v. 30, n.1, p. 131-139, 2008.

CÁRCEL, J. A., BENEDITO, J., MULET, A. Food process innovation through new technologies: use of ultrasound. *Journal of Food Engineering, Essex*, v. 110, n. 2, p. 200-207, 2012.

CASTAGNINI, J.M., BETORET, N., BETORET, E., FITO, P. Vacuum impregnation and air drying temperature effect on individual anthocyanins and antiradical capacity of blueberry juice included into an apple matrix. *LWT - Food Science and Technology*, v. 64, p. 1289-1296, 2015.

CELESTINO, S.M.C , Princípios de Secagem de Alimentos In: Embrapa, 2010, Planatina Distrito Federal, Palestra. Planatina Distrito Federal, 2010.

CHAVES, M. C. V., GOUVEIA, J.P.G., LEITE C.A. Caracterização físico-química do suco de acerola. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.4, n.2, 2004.

CHONG, C. H.; LAW, C. L.; FIGIEL, A.; WOJDYŁO, A; OZIEMBLÓWSKI, M. Colour, phenolic content and antioxidant capacity of some fruits dehydrated by a combination of different methods. *Food Chemistry*, v. 141, n. 4, p. 3889–3896, 2013.

CLEUMA, D., DE, J., AÉCIO, F., OLIVEIRA, R. AUGUSTO, P. Produção e qualidade de melão cantaloupe cultivado com água de diferentes níveis de salinidade. *Revista Caatinga*. 24 (1): 92-98, 2011.

CORBIN, C.; FIDEL, T.; LECLERC, E. A; BARAKZOY, E.; SAGOT, N.; FALGUIÉRES, A.; RENOARD, S.; BLONDEAU, J. P.; FERROUD, C.; DOUSSOT, J.; LAINÉ, E.; HANO, C. Development and validation of an efficient ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from flax (*Linum usitatissimum L.*) seeds. *Ultrason Sonochem*, v. 26, p. 176-185, 2015.

DEGHANNYA, J., R. GORBANI, R., GHANBARZADEH, B. Influence of combined pretreatments on color parameters during convective drying of Mirabelle plum (*Prunus domestica subsp.syrriaca*), *Heat and Mass Transfer* v. 53, p. 2425-2433, 2017.

DEGHANNYA, J., KADKHODAEI, S., HESHMATI, M. K., GHANBARZADEH, B. Ultrasound-assisted intensification of a hybrid intermittent microwave - hot air drying process of potato: Quality aspects and energy consumption. *Ultrasonics*, Tabriz, Iran, v. 66, n. 1, p.222-231, fev. 2019.

DEVIC, E.; GUYOT, S.; DAUDIN, J. D.; BONAZZI, C. Effect of temperature and cultivar on polyphenol retention and mass transfer during osmotic dehydration of apples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 58, n. 1, p. 606-614, 2010.

DJENDOUBI, N. M.; BOUDHRIOUA, N.; KECHAOU, N.; COURTOIS, F.; BONAZZI, C. Influence of air drying temperature on kinetics, physicochemical properties, total phenolic content and ascorbic acid of pears. *Food and Bioproducts Processing*, v. 90, n. 3, p. 433-441, 2012.

EMBRAPA. A cultura do melão. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

EMBRAPA, Embrapa semiárido. Sistema de produção de melão, sócio economia, Versão eletrônica, Agosto 2010. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melao/SistemaProducaoMelao/socioeconomia.html>>. Acesso em: 24 Out. 2018.

FALCONE, M.A.; SUAZO, V.A.T. Desidratação osmótica do abacaxi (*Ananas comosus L.*). Parte I. *Boletim da SBCTA*. Campinas, v. 22, n. 1/2, p. 17-35, 1988.

FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S. Application of ultrasound and ultrasonnd-assisted osmotic dehydration in drying of fruits. *Drying Technology*, New York, v. 26, n. 12, p. 1509-1516, 2008.

FLESHMAN, M. K.; LESTER, G. E.; RIEDL, K. M.; KOPEC, R. E.; NARAYANASAMY, S.; CURLEY, R. W.; SCHWARTZ, S. J.; HARRISON, E. H. Carotene and novel apocarotenoids in orange-fleshed *Cucumis melo* melons: Determination of β -carotene bioaccessibility and bioavailability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 59, n. 9, p. 4448-4454, 2011.

FLORES, J. D.; LIANG, H. Acoustically assisted diffusion through membranes and biomaterials. *Food Technology*, v. 48, n.12, p. 79–84, 1994.

FONTELES, T. V., COSTA, M. G. M., JESUS, A. L. T., MIRANDA, M. R. A., FERNANDES, F. A. N., & RODRIGUES, S. Power ultrasound processing of cantaloupe melon juice: Effects on quality parameters. *Food Research International*, v. 48, p. 41-48, 2012.

FUENTE-BLANCO, S; BLANCO, A. A Alimentação processo de secagem por ultrasom de potência. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 44, p. 523-527. 2006.

GOULA. A M.; ADAMOPOULOS, K. G. Kinetic models of β -carotene degradation during air drying of carrots. *Drying Technology*, v. 28, n. 6, p. 752-761, 2010.

HEREDIA, A.; PEINADO, I.; ROSA, E.; ANDRÉS, A.; ESCRICHE, I. Volatile profile of dehydrated cherry tomato: Influences of osmotic pre-treatment and microwave power. *Food Chemistry*, v. 130, n. 4, p. 889-895, 2012.

IAL, Instituto Adolfo Lutz, 2008. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. ed. 4. São Paulo, p. 1020.

JANGAM, S.V., MUJUMDAR, A.S. Basic concepts and definition. In: JANGAM, S.V., LAW, C.L., MUJUMDAR, A.S. (Eds.), *Drying of Foods, Vegetables and Fruit*, 1. Transport Processes Research Group, Singapore, p. 1-30, 2010.

JIN, X., VANDER SMAN, R. G. M., VAN STRATEN, G., BOOM, R. M., VAN BOXTEL, A. J. B. A review of degradation kinetics of nutritional components during drying of fresh foods. In: 19th International Drying Symposium. Lyon, France, 2014.

KOPEC, R. E.; COOPERSTONE, J. L.; CICHON, M. J.; SCHWARTZ, S. J. Analysis methods of carotenoids. In: XU, Z.; HOWARD, L. R. (Eds.). *Analysis of antioxidant-rich phytochemicals*. Hoboken: Chichester: Wiley-Blackwell, p.105 – 149, 2012.

LEONELLI, C.; MASON, T. J. Microwave and ultrasonic processing: Now a realistic option for industry. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, v.49, n. 9, p. 885-900, set. 2010.

LESTER, G. Melon (*Cucumis melo* L.) fruit nutrition quality and health functionality. *HortTechnology*, 7, p.222-227, 1997.

LIMA, A. DA S., FIGUEIREDO, R. W., MAIA, G. A., LIMA, J. R., SOUZA NETO, M. A., SOUZA, A. C. R. Estudo da estabilidade de melões desidratados obtidos por desidratação osmótica seguida de secagem convencional. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, v. 26, n. 1, p. 107-109, Abril, 2004.

LÓPEZ-MALO, A.; PALOU, E.; WELTI, J.; CORTE, P. e ARGAIZ, A. Shelf-stable high moisture papaya minimally processed by combined methods. *Food Research International*, Kidlington, v.27, p.545-553, 1994.

LURIE, S., PESIS, E., GADIYEVA, O., FEYGENBERG, O., BEN-ARIE, R., KAPLUNOV, T., ZUTAHY, Y., LICHTER, A. Modified ethanol atmosphere to control decay of table grapes during storage. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 42, n. 3, p. 222-227, 2006.

MACHADO, P. G. Cultivo de melão: manejo, colheita, pós-colheita e comercialização. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR, Brasília, 104p, 2007.

MATSUURA, F. C. A. U.; SILVEIRA, M. I. da. Banana: Pós-Colheita. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 71p., 2001.

MEDEIROS, R. A. B. ; BARROS, Z.M.P. ; CARVALHO, C.B.O. ; FRAGA NETA, E.G. ; MACIEL, M. I. S. ; AZOUBEL, P.M. . Influence of dual-stage sugar substitution pretreatment on drying kinetics and quality parameters of mango. *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie / Food Science + Technology* , v. 67, p. 167-173, 2016.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, vol. 44, n. 2, abr./jun., 2008

MENDONÇA, K. S.; FIGUEIRA, F. V.; CIRILLO, M. A.; JUNQUEIRA, J. R. J.; BORGIO, C. A.; CORRÊA, J. L. G. Influências das condições do processo de secagem na qualidade de fatias de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). In: *Anais do XXXVII Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados – ENEMP*, 2015.

MENEZES, J.B.; CHITARRA, A.D.B.; CHITARRA, M.I.F.; CARVALHO, E.A. Caracterização pós-colheita do melão amarelo “Agroflora 646”. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 13, n. 2, p. 150-153, 1996.

MENEZES, J. B.; JUNIOR, J. G. Armazenamento de dois genótipos de melão amarelo sob condições ambiente. *Horticultura Brasileira*, v. 19, p. 42–49, 2001.

MERCALI, G. D.; SCHWARTZ, S.; MARCZAK, L. D. F.; TESSARO, I. C.; SASTRY, S. Effect of the electric field frequency on ascorbic acid degradation during thermal treatment by ohmic heating. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 62, n. 25, p. 5865-5870, 2014.

MONTEIRO, R.L., CARCIOFI, B.A.M., LAURINDO, J.B. A microwave multi-flash drying process for producing crispy bananas, *Journal of Food Engineering*, v. 178, p. 1-11. 2016.

MORCELI, P. Futuro para o álcool brasileiro. *Revista de Política Agrícola* 15 (3): 19-27, jul.-set. 2006.

MOTTA, J. D.; QUEIROZ, A. J. D. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. DE. Índice de cor e sua

correlação com parâmetros físicos e físico-químicos de goiaba, manga e mamão. *Comunicata Scientiae*, v. 6, n. 1, p. 74-82, 2015.

MUJUMDAR, A. S. *Handbook of industrial drying*. 3rd ed. São Paulo: M. Dekker, 2006.

MULLER, N. G., FASOLO, D., PINTO, F.P, BERTÊ, R., MULLER, F.C. Potencialidades fitoquímicas do melão (*Cucumis melo* L.) na região Noroeste do Rio Grande do Sul - Brasil. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 15, n. 2, p. 194–198, 2013.

NISHINO, T.; KYOHARA, H. Effect of the removal of yacon root astringency on taste and function. *J. Jpn. Soc. Food Sci.*, v. 60, p. 133 -137, 2013.

NUÑEZ-MANCILLA, Y., PÉREZ-WON, M., URIBE, E., VEGA-GÁLVEZ, A., DI SCALA, K. Osmotic dehydration under high hydrostatic pressure: Effects on antioxidant activity, total phenolics compounds, vitamin C and colour of strawberry (*Fragaria vesca*). *LWT - Food Science and Technology*, v. 52, n. 2, p. 151-156, jul. 2013.

O'DONNELL, C. P.; TIWARI, B. K.; BOURKE, P.; CULLEN, P. J. Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance. *Trends in Food Science & Technology*, v. 21, p. 358-367, 2010.

PONTING, J. D.; WATTERS, G. G.; FORREY, R. R.; JACKSON, R.; STANLEY, W. L. Osmotic Dehydration of Fruits. *Food Technology*, v.20, p.125-128, 1966.

PONTING, J. D. Osmotic dehydration of fruits: recent modifications and applications. *Process Biochemistry*, Oxford, v. 8, p. 18-20, 1973.

PORTO, M. A. L., GUERRA, N. B., VASCONCELOS, M. A. S., SIQUEIRA, A. M. O., ANDRADE S. A. C. Otimização da desidratação osmótica de uva Crimson Seedless. *Rev Ciênc Agron.* v. 45, p. 249-56, 2014.

RODRIGUEZ- AMAYA, D. B. *A guide to carotenoids analysis in foods*. Washington: Ilsi, 1999. 119p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. *Fontes brasileiras de carotenoides: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2008

ROMERO, J. T.; GABAS, A. L.; YAMASHITA, F.; TELIS, V. R. N.; MENEGALLI, F. C. *Secagem de produtos alimentícios*, São José do Rio Preto: UNESP, 1997. p. 58.

ROJAS, M. L.; AUGUSTO, P. E. D. Ethanol and ultrasound pre-treatments to improve infrared drying of potato slices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 49, n. April, p. 65–75, 2018.

ROMERO J., C. A.; YÉPEZ V., B. D. Ultrasound as pretreatment to convective drying of Andean blackberry (*Rubus glaucus* Benth). *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 22, p. 205–210, jan. 2015.

SAGAR, V. R.; SURESH KUMAR, P. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: A review. *Journal of Food Science & Technology*, v. 47, n. 1, p. 15–26, 2010.

SÁNCHEZ, M. T., TORRES, I., DE LA HABA, M., PÉREZ-MARÍN, D. First steps to predicting pulp colour in whole melons using nearinfrared reflectance spectroscopy. *Biosystems engineering*, v.23, p. 12-18, 2014.

SANTOS, Francisco Gauberto Barros dos. Análise do crescimento, produção e qualidade de melão cantaloupe em cultivo protegido temporariamente com agrotêxtil em Mossoró-RN. 2012. 137f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2012.

SILVA, G. D. ; BARROS, Z.M.P. ; MEDEIROS, R. A. B. ; CARVALHO, C.B.O. ; BRANDAO, S. C. R. ; AZOUBEL, P.M. . Pretreatments for melon drying implementing ultrasound and vacuum. *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie / Food Science + Technology* , v. 74, p. 114-119, 2016.

SILVA, J. H. F.; GALVÃO, C. C.; SILVA, E. S.; CAVALCANTI, D. E. S.; ROCHA, O. R. S.; AZOUBEL , P. M.; BENACHOUR, M.; Secagem convectiva de melão (*Cucumis melo* L.) com e sem pré-tratamento ultrasônico, p. 2845-2848 . In: . São Paulo: Blucher, 2018.

SINGLETON V.L., ORTHOFER, R., LAMUELA-RAVENTOS, R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, New York , v.299. p.152-178, 1999.

SOGI, D. S.; SIDDIQ, M., DOLAN, K. D. Total phenolics, carotenoids and antioxidant properties of Tommy Atkin mango cubes as affected by drying techniques. *LWT – Food Science and Technology*, doi: 10.1016/j.lwt.2014.04.015, 2014.

SORIA, A. C.; VILLAMIEL, M. Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 21, p. 323-331, 2010.

SOUZA FILHO, M. de S. M. de; FEITOSA, T.; SOUZA NETO, M. A.; WATERLOO, J. M.; MULLER, M. Processamento do melao por metodos combinados: avaliacao das caracteristicas microbiologicas e fisico-quimicas. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*, Curitiba, v.17, n.1, p.45-52, jan./jun. 1999.

STEMPNIAK, R. A. A ciência e a tecnologia do vácuo- Resumo histórico e algumas aplicações. *Sociedade Brasileira de Vácuo FACAP/CDT – Faculdade de Ciências Aplicadas de São José dos Campos, SP, SBV – Sociedade Brasileira de Vácuo*, 2002.

SWAIN, T.; HILLIS, W.E. The phenolic constituents of *prunus domestica*. The quantitative analysis of Phenolic constituents. *Journal of the Science of food and Agriculture*, v. 10, p. 63-68, 1959.

TACO, Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 4^a Edição, revisada e ampliada, UNICAMP, 2011.

TARLETON, E. S.; WAKEMAN, E. S. O processo de separação ultrassonicamente assistida. In: Povey & Mason (eds), *ultra-sonografias em Processamento de Alimentos*, pp 193-218. Blackie Glasgow Acadêmico e Profissional, Reino Unido. 1998.

TELES, U. M., FERNANDES, F.A.N., RODRIGUES, S., LIMA, A.S., MAIA, G.A., FIGUEIREDO, R.W. Optimization of osmotic dehydration of melons followed by air-drying. *International Journal of Food Science and Technology*, v.41,n.6, p.674-680, 2006.

TOMA, M ., VINATORU, M., PANIWNYK, L., MASON, T. J. Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, v.8, p.137-142, 2001.

TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Research International*, Oxford, v. 26, n. 1, p. 59-68, 1993.

VEGA-GÁLVEZ, A. LEMUS-MONDACA, R., FITO, P., ANDRÉS, A. Moisture sorption isotherms and isosteric heat of red bell pepper (var. Lamuyo). *Journal of Food Science*, v. 13, n. 4, p. 309-316, 2007.

VIANA, A. D; CORRÊA J. L. G.; JUSTUS A., Optimisation of the pulsed vacuum osmotic dehydration of cladodes of fodder palm. *International Journal of Food Science and Technology*, United Kingdom, v. 49, n. 3, p. 726–732, 2014.

WOJDYLO, A.; FIGIEL, A.; LEGUA, P.; LECH, K.; CARBONELL-BARRACHINA, A. A.; HERNÁNDEZ F. Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of dried jujube fruits as affected by cultivar and drying method. *Food chemistry*, v. 207, p. 170-179, 2016.

YANO, M., KATO, M., IKOMA, Y., KAWASAKI, A., FUKAZAWA, Y., MATSUMOTO, M. H., OOHARA, Y., NAGAO, A., OGAWA, K. Quantiation of carotenoids in raw and processed fruits in Japan. *Food Science and Techonology Research*, 11 (1), 13-18, 2005.

ZOTARELLI, M. F. Desenvolvimento de processo combinado de desidratação e modificação da textura de manga por secagem convectiva e pulsos de vácuo. 2010, 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.