



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

DESENVOLVIMENTO E VALORIZAÇÃO DE VEGETAIS
DESIDRATADOS, A PARTIR DE EXCEDENTES DA INDÚSTRIA,
COM DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM

Comparação entre o processo de secagem e o processo de liofilização de vegetais

Sara Patrícia Pereira da Costa



**INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO**

Sara Patrícia Pereira da Costa

DESENVOLVIMENTO E VALORIZAÇÃO DE VEGETAIS DESIDRATADOS, A PARTIR DE EXCEDENTES DA INDÚSTRIA, COM DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM

Mestrado em Engenharia Alimentar

**Trabalho efetuado sob a orientação da
Professora Doutora Rita Pinheiro**

novembro de 2019

DEDICATÓRIA,

Aos meus Pais.

Ao meu namorado.

À minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Porque na vida nada se constrói sozinho, dedico a minha dissertação a todos aqueles que foram o alicerce para que esta caminhada fosse possível.

À empresa Pam Lda, especialmente ao Gerente Inocêncio Amorim, e colegas de trabalho pelo seu apoio e disponibilidade no desenvolvimento deste projeto.

À minha orientadora, Professora Doutora Rita Isabel Couto Pinheiro, pelo seu apoio e dedicação, pela sua exigência e pela partilha de conhecimentos no desenvolvimento desta dissertação.

À Eng.^a Susana Rocha e à Eng.^a Patrícia Sousa por toda a ajuda e ensinamentos ao longo desta caminhada.

Às técnicas Luísa Imperadeiro e Isabel Alves, pela atenção e acompanhamento nos trabalhos desenvolvidos no laboratório.

Aos meus colegas, amigos e professores que privei durante o meu percurso académico no Instituto Politécnico de Viana do Castelo.

À minha família, em especial os meus pais pelos valores, fé, força e amor que me têm transmitido ao longo da minha vida, pois o meu êxito é o nosso. Também agradeço aos meus primos e aos meus tios, pelo apoio e preocupação para comigo.

Ao Filipe, pelo companheirismo e dedicação, por percorrer comigo as subidas e descidas da vida ao longo destes anos.

Agradeço também aos seguintes: Eng.^o António Bravo Lima pelo seu apoio, partilha de conhecimento e compreensão.

E claro, aos amigos de sempre, em especial, Sílvia Cunha, Fátima Pereira, Sónia Santos, Adriana Costa e Carla Costa que me fizeram nunca desistir.

Um bem-haja, à nossa vida!

RESUMO

Muitas vezes, os vegetais são superproduzidos e descartados, gerando grandes quantidades de resíduos (excedentes vegetais que não são usados para a distribuição e comercialização). Os vegetais possuem um elevado teor de humidade e deterioram-se rapidamente. Uma possibilidade de aproveitar esses produtos é através do processo de secagem. A qualidade final do vegetal é altamente dependente do método de secagem, bem como da sua composição e respetivas propriedades físico-químicas.

O presente trabalho, focou-se na comparação das propriedades físico-químicas, de textura e sensoriais de quatro vegetais: Tomate (*Lycopersicon esculentum*), Nabo (*Brassica rapa var rapifera*), Curgete (*Cucurbita pepo* L.) e Pepino (*Cucumis sativus* L.) frescos (FR) submetidos a dois métodos de desidratação: secagem por convecção de ar quente forçado (SC) ($T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 8 h (tomate), 4 h (nabo e pepino), 6 h (curgete)) e Liofilização (LF) ($P/t = 0,7\text{ Pa}/48\text{ h}$). Realizaram-se análises físico-químicas (teor de humidade, teor de cinzas, atividade da água (a_w), teor de hidratos de carbono, teor de proteína e de fibra bruta), de textura e cor aos vegetais frescos e após desidratação. Por fim, realizou-se um estudo dos hábitos de consumo da população, e da aceitabilidade e preferência dos consumidores para os produtos desenvolvidos.

Os resultados obtidos permitiram verificar que a desidratação, SC e LF, no geral não influenciou o teor de cinzas. Pelo contrário, o nabo e a curgete SC e LF apresentaram diferenças no teor de hidratos de carbono, assim como o teor de proteína, exceto no caso da curgete. Entre ambos os métodos de desidratação, SC e LF, também não se observaram diferenças nos valores de humidade e de fibra bruta dos vegetais. Quanto à a_w , no tomate e no nabo não se obtiveram diferenças significativas entre os dois métodos de secagem, já a curgete e o pepino apresentaram diferenças, tendo maior a_w por SC. Relativamente à cor concluiu-se que a LF foi o melhor método para obter amostras com maior luminosidade (L^*). Relativamente à dureza não houve diferenças entre os dois métodos.

Através dos inquéritos aos hábitos de consumo verificou-se que a maioria da população inquirida consome fruta/legumes desidratados, e 48,5% mostrou interesse

em consumir um *snack* de vegetais 100% natural. A partir do estudo de aceitabilidade concluiu-se que as amostras de vegetais LF apresentaram maior aceitabilidade pelos consumidores, sendo o pepino e o tomate LF os vegetais preferidos.

Os resultados permitiram concluir que ambos os métodos são eficientes relativamente ao objetivo pretendido, a valorização dos vegetais e consequente redução do desperdício alimentar. No entanto, o método de liofilização demonstrou ser o processo mais eficaz, sendo que se assemelha mais com o produto fresco. Também, o método de secagem por convecção de ar quente apresentou resultados bastante satisfatórios, portanto seria um processo a adotar na indústria pelo facto de ser um processo mais barato comparativamente à liofilização.

Palavras-chave: Secagem, liofilização, tomate, nabo, curgete, pepino, atividade da água, humidade, cinza, hidratados de carbono, fibra, proteína e análise sensorial.

ABSTRACT

Vegetables are often overproduced and discarded, generating large amounts of waste (vegetable surpluses that are not used for distribution and marketing). Vegetables have high moisture content and deteriorate over a short period. One possibility to take advantage of these products is through the drying process. The final vegetable quality is highly dependent upon the drying method, as well as their composition and physical properties.

The main objective of this study was to compare the physicochemical, sensory and texture properties of four vegetables: tomato (*Lycopersicon esculentum*), Turnip (*Brassica rapa var rapifera*), Courgette (*Cucurbita pepo* L.) and Cucumber (*Cucumis sativus* L.) fresh (FR) subjected to two dehydration methods: forced hot air convection drying (SC) (T=60 °C for 8 h (tomato), 4 h (turnip and cucumber), 6 h (courgette)) and lyophilization (LF) (P/t = 0.7 Pa/48h). Physical-chemical analyzes (moisture content, ash content, water activity (a_w), carbohydrate content, protein and crude fiber content), texture and color were performed on fresh vegetables and after dehydration. Finally, a study was made of the population's consumption habits, and the consumer's acceptability and preference for the developed products.

The results obtained showed that dehydration, SC and LF, in general, didn't influence the ash content. On the contrary, the turnip and the SC and LF courgette match differences in carbohydrate content as well as protein content, except no courgette case. Between both dehydration methods, SC and LF, there were also no differences in the values of moisture and crude fiber of vegetables. As for a_w , in tomato and turnip, no significant differences were found between the two drying methods, whereas courgette and cucumber showed differences, with greater a_w for SC. Regarding color, it was concluded that LF was the best method to obtain samples with greater luminosity (L^*). Regarding hardness, there were no differences between the two methods.

Through the survey on consumption habits it has found that most of the surveyed population consumes dehydrated fruits/vegetables and 48.5% showed interest in consuming a snack of 100% natural vegetables. From the acceptability study, it was

concluded that the samples of LF vegetables showed greater acceptability by consumers, with cucumber and LF tomato being the preferred vegetables.

The results allowed us to conclude that both methods are efficient in relation to the intended objective, the valorization of vegetables and the consequent reduction of food waste. However, the lyophilization method proved to be the most effective process, being more similar to the fresh product. Also, the hot air convection drying method showed very satisfactory results, so it would be a process to be adopted in the industry because it is a cheaper process compared to lyophilization.

Keywords: Drying, lyophilization, tomato, turnip, courgette, cucumber, water activity, moisture, ash, carbohydrate, fiber, protein and sensory analysis.

ÍNDICE GERAL

ABSTRACT.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABELAS.....	xiii
Capítulo 1. INTRODUÇÃO	1
1.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	2
1.2. ENQUADRAMENTO	4
1.3. OBJETIVOS.....	6
Capítulo 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1. SUSTENTABILIDADE – VALORIZAÇÃO DO EXCEDENTÁRIO ALIMENTAR	8
2.2. PROCESSOS DE DESIDRATAÇÃO NOS ALIMENTOS.....	9
2.2.1. DESIDRATAÇÃO	9
2.2.2. SECAGEM.....	12
2.2.3. SECAGEM NATURAL	12
2.2.4. SECAGEM ARTIFICIAL	13
2.2.4.1. SECAGEM POR CONVEÇÃO DE AR QUENTE FORÇADO	13
2.2.4.2. LIOFILIZAÇÃO.....	18
2.2.4.2.1. Congelação	21
2.2.4.2.2. Sublimação ou secagem primária	21
2.2.4.2.3. Dessorção ou secagem secundária	22
2.2.4.2.4. Breve descrição dos componentes do equipamento de liofilização.....	23
2.3. CARACTERIZAÇÃO DOS VEGETAIS EM ESTUDO	24
2.3.1. TOMATE (<i>Lycopersicon esculentum</i>).....	25
2.3.2. NABO (<i>Brassica rapa var rapa</i>)	27
2.3.3. CURGETE (<i>Cucurbita pepo</i> L.)	30
2.3.4. PEPINO (<i>Cucumis sativus</i> L.).....	32
2.1. ESTUDOS REALIZADOS COM PROCESSOS DE DESIDRATAÇÃO EM LEGUMES.....	35
Capítulo 3. MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.1. MATÉRIAS-PRIMAS.....	39
3.2. PROCESSOS DE DESIDRATAÇÃO	40
3.2.1. PROCESSO DE SECAGEM POR CONVEÇÃO DE AR QUENTE.....	41
3.2.2. PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO	42
3.3. MÉTODOS ANALÍTICOS	42

3.3.1.	PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	42
3.3.2.	DETERMINAÇÃO DA HUMIDADE.....	43
3.3.3.	DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE DA ÁGUA (a_w)	43
3.3.4.	DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CINZAS	44
3.3.5.	DETERMINAÇÃO DO TEOR DE HIDRATOS DE CARBONO	44
3.3.6.	DETERMINAÇÃO DO TEOR DE FIBRA BRUTA.....	44
3.3.7.	DETERMINAÇÃO DO TEOR DE PROTEÍNA	45
3.3.8.	TEXTURA.....	45
3.3.8.1.	DETERMINAÇÃO DA DUREZA	47
3.3.9.	DETERMINAÇÃO DA COR	48
3.4.	ESTUDO DE CONSUMIDOR.....	49
3.4.1.	REPRESENTAÇÃO DA AMOSTRAGEM E DESCRIÇÃO DO INQUÉRITO	49
3.4.2.	PADRÃO DE CONSUMO.....	50
3.4.3.	TESTE DE ACEITABILIDADE	50
3.4.4.	TESTE DE PREFERÊNCIA.....	50
3.4.5.	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	51
Capítulo 4.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	52
4.1.	EFEITO DE SECAGEM NOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	53
4.1.1.	TEOR DE HUMIDADE	53
4.1.2.	ATIVIDADE DA ÁGUA.....	58
4.1.3.	TEOR DE CINZAS	60
4.1.4.	TEOR DE HIDRATOS DE CARBONO	62
4.1.5.	TEOR DE FIBRA BRUTA	63
4.1.6.	TEOR DE PROTEÍNA	64
4.1.7.	TEXTURA.....	66
4.1.8.	COR.....	68
4.1.8.1.	Tomate	72
4.1.8.2.	Nabo	73
4.1.8.3.	Curgete.....	75
4.1.8.4.	Pepino	76
4.2.	ESTUDO DE CONSUMIDOR.....	78
4.2.1.	ANÁLISE SENSORIAL	83
4.2.1.1.	TESTE DE ACEITABILIDADE	84
4.2.1.1.1.	TOMATE	85

4.2.1.1.2.	NABO	87
4.2.1.1.3.	CURGETE	88
4.2.1.1.4.	PEPINO	90
4.2.1.2.	ANÁLISE DE PREFERÊNCIA.....	94
4.2.1.3.	INTENÇÃO DE COMPRA.....	96
Capítulo 5.	CONCLUSÃO	97
5.1.	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	99
Capítulo 6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
Capítulo 7.	APÊNDICES	113
7.1.	Apêndice I – Inquérito e teste de aceitabilidade com consumidores.....	114
7.2.	Apêndice II – Resultados do teor de humidade, de minerais e a_w	118
7.3.	Apêndice III – Resultados do teor de hidratos de carbono, fibra bruta e proteína..	118
7.4.	Apêndice IV – Resultados da dureza (N)	119
7.5.	Apêndice V – Resultados de L^* a^* e b^*	119
7.6.	Apêndice VI – Resultados do teor de humidade ao longo do tempo de secagem por convecção de ar quente	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Empresa envolvida no estudo (Fonte: Pam, Lda).	2
Figura 2 - Ilustração dos legumes comercializados pela Pam, Lda.....	2
Figura 3 - Produtos selecionados para o estudo	5
Figura 4 - Cinética de secagem (Fonte: (Camargo & Ora, 2000)).	14
Figura 5 - Esquema de funcionamento de um equipamento de secagem por convecção de ar quente (Adaptado de: Baccar <i>et al.</i> , 2016).....	16
Figura 6 - Diagrama de fases da água e os processos de separação (Fonte: (Ratti, 2001)).	19
Figura 7 - Percentagem de gastos energéticos por cada etapa da liofilização (Adaptado de Araújo <i>et al.</i> , 2017).	20
Figura 8 - Esquema representativo do funcionamento de uma câmara de liofilização industrial. 1 - Porta da câmara; 2 - Câmara de liofilização; 3 - tabuleiros; 4 - Serpentina de refrigeração; 5 - Compressor; 6 - Bomba de vácuo; 7 – Condensador (Fonte: (Araújo <i>et al.</i> , 2017))......	23
Figura 9 - Morfologia do tomate (Legenda adaptada de Blancard, (2005)).....	26
Figura 10 - Morfologia do nabo (Legenda adaptada de Hajiboland (2012)).	29
Figura 11 - Morfologia da curgete (Legenda adaptada de Oliveira (2011)).	31
Figura 12 - Morfologia do pepino (Legenda adaptada de Oliveira (2011))......	33
Figura 13 - Fluxograma do processo de secagem com convecção de ar quente.	40
Figura 14 - Fluxograma do processo de liofilização.....	41
Figura 15 - Amostra do tomate fresco triturado para utilizar nas análises físico-químicas.	43
Figura 16 - Texturómetro TA.XT. plus e Sonda Cylinder Probe P/4.....	46
Figura 17 – Gráfico característico de um ensaio, textugrama, o qual corresponde ao ensaio TSC2H.	47
Figura 18 – Textugrama (exemplo de gráfico obtido)	47
Figura 19 - Colorímetro (Minolta CR-300)	48
Figura 20 - Curva de secagem do tomate, nabo, curgete e pepino pelo método de secagem por convecção de ar quente. Valores médios $\pm$ desvio padrão para n=3.	54

Figura 21 - Curva da taxa de secagem por convecção em função do tempo para os 4 vegetais em estudo.....	55
Figura 22 – Variação de secagem do tomate, nabo, curgete e pepino após o método de liofilização.	56
Figura 23 - Variação do teor de humidade dos vegetais frescos (FR) e dos desidratados por secagem por convecção de ar quente (SC) e por liofilização (LF).....	57
Figura 24 - Variação do teor de a_w ao longo do tempo do processo de SC.....	58
Figura 25 - Variação do teor de a_w após o processo de LF.	59
Figura 26 - Variação da atividade da água (a_w) do tomate, nabo, curgete e pepino, em fresco (FR) e após processos de desidratação (SC e LF).	60
Figura 27 -Variação do teor de cinzas dos vegetais FR e dos desidratados por SC e LF.	61
Figura 28 - Variação do teor de hidratos de carbono dos vegetais FR e dos desidratados por SC e LF.....	62
Figura 29 - Variação do teor de fibra bruta dos vegetais FR e dos desidratados por SC e LF.....	63
Figura 30 - Variação do teor de proteína dos vegetais FR e dos desidratados por SC e LF.	65
Figura 31 - Variação dos valores de dureza dos vegetais FR e dos desidratados por SC e LF.....	67
Figura 32 - Variação dos valores de L^* dos vegetais no seu estado fresco (FR) e após métodos de desidratação (SC e LF).....	68
Figura 34 - Variação dos valores de b^* dos vegetais no seu estado fresco (FR) e após métodos de desidratação (SC e LF).....	69
Figura 33 - Variação dos valores de a^* dos vegetais no seu estado fresco (FR) e após métodos de desidratação (SC e LF).....	69
Figura 35 - Variação dos valores de ΔE dos vegetais desidratados por SC e LF.	71
Figura 36 - Variação dos valores de L^* a^* b^* do tomate ao longo do tempo da SC (A) e LF (B).....	72
Figura 37 – Imagens do tomate ao longo do processo de secagem (A) e após liofilização (B).....	73

Figura 38 - Variação dos valores de L^* a^* b^* do nabo ao longo do tempo da SC (A) e LF (B).....	74
Figura 39 - Imagens do nabo ao longo do processo de secagem (A) e após liofilização (B).	74
Figura 40- Variação dos valores de L^* a^* b^* da curgete ao longo do tempo da SC (A) e LF (B).....	75
Figura 41 - Imagens da curgete ao longo do processo de secagem (A) e após liofilização (B).....	76
Figura 42 - Variação dos valores de L^* a^* b^* do pepino ao longo do tempo da SC (A) e LF (B).....	77
Figura 43 - Aspeto do pepino ao longo do processo de SC (A) e após liofilização (B)....	78
Figura 44- Consumo de frutas/ legumes	82
Figura 45 - Frequência de consumo de fruta/legumes desidratados desidratados.....	82
Figura 46 - Atributo que mais interesse tem num snack saudável.	82
Figura 47 - Interesse em consumir um snack de legumes desidratados 100% naturais (sem adição de açúcar, corantes e conservantes).....	83
Figura 48 - Valor que estaria disposto a pagar por um snack de legumes (embalagem de 30g com Mix de legumes desidratados).	83
Figura 49 - Avaliação dos inquiridos em cada atributo sensorial para as amostras de tomate SC e LF.	85
Figura 50 - Avaliação sensorial geral das amostras de tomate SC e LF, em percentagem, numa escala de 1 a 9 (1-desgostei extremamente e 9-gostei extremamente).	86
Figura 51 - Avaliação dos inquiridos em cada atributo sensorial para as amostras de nabo SC e LF.	87
Figura 52 - Avaliação sensorial geral das amostras de nabo SC e LF, em percentagem, numa escala de 1 a 9 (1-desgostei extremamente e 9-gostei extremamente).	88
Figura 53 - Avaliação dos inquiridos em cada atributo sensorial para as amostras de curgete SC e LF.....	89
Figura 54 - Avaliação sensorial geral das amostras de curgete SC e LF, em percentagem, numa escala de 1 a 9 (1-desgostei extremamente e 9-gostei extremamente).	90

Figura 55 - Avaliação dos inquiridos em cada atributo sensorial para as amostras de pepino SC e LF.....	91
Figura 56 -Avaliação sensorial geral das amostras de pepino SC e LF, em percentagem, numa escala de 1 a 9 (1-desgostei extremamente e 9-gostei extremamente).	92
Figura 57 - Diagramas de dispersão interquartílica da aceitabilidade das amostras de tomate, nabo, curgete e pepino SC e LF.....	93
Figura 58 - Preferência entre as amostras SC e LF do tomate, nabo, curgete e pepino.	94
Figura 59 - Ordem de preferência entre as amostras de tomate, nabo, curgete e pepino	95
Figura 60 - Seleção das amostras do tomate, nabo, curgete e pepino preferenciais para compra.....	96
Figura 61 - Intenção de compra dos consumidores de uma embalagem com Mix dos vegetais desidratados desenvolvidos neste estudo.	96

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Tabela nutricional do tomate cru (INSA, 2019).	27
Tabela 2 - Tabela nutricional do nabo cru (INSA, 2019).	30
Tabela 3 - Tabela nutricional da curgete crua (INSA, 2019).	32
Tabela 4 - Tabela nutricional do pepino cru (INSA, 2019).	34
Tabela 5 - Estudos realizados com hortofrutícolas desidratados.....	36
Tabela 6 - Condições do ensaio utilizadas na determinação da textura	46
Tabela 7 - Codificação das amostras.....	49
Tabela 8 - Respostas dos indivíduos ao inquérito dos hábitos de consumo.	79

Capítulo 1. INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A empresa Pam – Produção e Distribuição Hortícola do Litoral, Lda (Figura 1) com uma existência de 28 anos, localizada na Póvoa de Varzim, tem como principal função a comercialização de produtos hortofrutícolas, quer a nível nacional quer internacional. O lema da empresa é a inspiração pela natureza, pois prezam pela origem do produto e pela sua frescura.



Figura 1 - Empresa envolvida no estudo (Fonte: Pam, Lda).

Atualmente a atividade da empresa rege-se pela produção agrícola própria, constituída por 32 produtores internos (sociedade) e 20 fornecedores externos, e pela distribuição para o mercado grossista, constituído por 15 clientes, alguns deles internacionais. Estes sócios-produtores têm as suas explorações localizadas na zona norte de Portugal, desde Viana do Castelo, Famalicão, Guimarães, Esposende, Barcelos, Póvoa de Varzim, Vila de Conde e Felgueiras, o que permite um fornecimento de variados produtos hortofrutícolas ao longo do ano.

Os produtos comercializados pela empresa são maioritariamente legumes, como o tomate, tomate chucha, tomate cacho, feijão-verde, pimento, tomate cherry, tomate minichucha, pimento padrão, pepino, curgete, nabo, beringela, beterraba, alho francês, couve lombarda, couve coração, couve portuguesa, grelos de nabo, alfaces, espinafres, espargos e limas. Minoritariamente também comercializam algum tipo de fruta como morangos, maracujá, kiwi, framboesa, amora e mirtilo (Figura 2).



Figura 2 - Ilustração dos legumes comercializados pela Pam, Lda.

O procedimento interno desta empresa relativamente aos produtos rececionados, obriga a uma receção controlada e devidamente registada. Nesta etapa do processo, são recolhidas amostras aleatórias representativas dos diferentes lotes de acordo com a quantidade total de produto rececionado. A análise é realizada através da inspeção visual e das características qualitativas do produto (calibre, coloração, estado de maturação, defeitos epidérmicos e doenças).

No controlo de qualidade efetuado à receção, os produtos são separados em diferentes categorias (A, B e L). Inserido na categoria A, o produto sem qualquer defeito e que apresente os parâmetros de aceitação para a maioria dos clientes, na categoria B, o que não é considerado na categoria A mas que cumpre com as características mínimas aceitáveis para alguns clientes (menos exigentes), podendo apresentar um calibre inferior/superior ou algum defeito aceitável, e a categoria L à qual pertence o produto com defeitos não aceitáveis, ou seja todo o produto que não cumpre com qualquer critério de aceitação mencionado na categoria A e B. No entanto, existem alguns produtos que não se enquadram na categoria B, apenas se enquadram na categoria A e L. Após a compilação destes resultados é realizada uma conversão das pesagens obtidas das amostras analisadas do produto para a totalidade do produto rececionado.

Este tipo de amostragem só se aplica ao produto proveniente dos sócios-produtores associados, no caso de outros fornecedores os responsáveis pelo controlo da qualidade tomam a decisão no ato da receção, se o produto está conforme o procedimento interno a receção é aprovada, caso contrário a mercadoria é devolvida.

Esta empresa apresenta os seus produtos a granel ou embalados, como por exemplo embalados em cuvette ou em *flow-pack*.

Atualmente, a empresa tem produtos com muito excedente e que por vezes torna inviável a sua produção e comercialização, e portanto, pretende inovação, rentabilização, reduzir o desperdício, e consequentemente, sustentabilidade.

1.2. ENQUADRAMENTO

A indústria agroalimentar em Portugal revela um grande potencial, no entanto para crescer é necessário que os consumidores sejam conscientes da sua alimentação e estejam recetivos para produtos inovadores (Teresa de Noronha, 2017).

Atualmente, a inovação tem um grande significado quer para as indústrias quer para o consumidor. As indústrias cada vez mais querem adquirir consumidores para o consumo dos seus produtos, pois são eles que movimentam o mercado e que procuram produtos alternativos, saudáveis, de fácil transporte, boa relação preço/qualidade e rápidos de ingerir. Esta movimentação é que leva as indústrias a inovar, de modo a satisfazer o cliente (Krücken-Pereira & Abreu, 2002).

A passagem das expectativas do consumidor para a indústria alimentar requer uma grande capacidade por parte das empresas e da produção primária, desde a seleção das matérias-primas e dos processos de conservação/ transformação até ao produto final (Bogosavljevic, 2015).

O produto desenvolvido e estudado ao longo deste trabalho, é considerado um alimento pronto a comer, uma vez que conforme o regulamento (CE) N.º 2073/2005 (alterado pelo Regulamento (CE) N.º 1441/2007 um alimento pronto a consumir (*ready-to-eat*) é definido como “um alimento pretendido pelo produtor ou fabricante ao consumo humano direto, sem necessidade de cozedura ou outro tratamento eficaz para eliminar ou reduzir para um nível aceitável os microrganismos de interesse”. Ou seja, o fabricante/empresa será responsabilizado pela segurança e qualidade alimentar do produto que fornece aos consumidores finais.

A empresa envolvida neste estudo preocupa-se com o elevado desperdício alimentar que se pratica atualmente. Este desaproveitamento por vezes é da responsabilidade inconsciente dos consumidores, uma vez que a exigência em termos qualitativos perante estes produtos é cada vez maior.

As quebras associadas aos produtos são aplicadas aos produtores, portanto o escoamento total do produto seria uma grande vantagem financeira e sustentável para a empresa, e consequentemente, para os sócios produtores.

Assim sendo, uma das preocupações da empresa é a sustentabilidade, o que levou à procura de uma solução para este problema, que atualmente é tão debatido pela sociedade atual.

A empresa Pam, Lda pretende desenvolver e valorizar vegetais desidratados, a partir de excedentes da indústria, com diferentes métodos de secagem, criando um novo produto – *Snack* de Vegetais Desidratados.

Foram estudados dois processos de desidratação: secagem por convecção de ar quente forçado, que oferece uma grande durabilidade, no entanto o alimento pode sofrer alterações, desde estrutura até à perda nutricional; e a liofilização, que consiste numa desidratação por sublimação de um produto congelado, mantendo a maioria das características nutricionais e estruturais dos produtos.

De todos os produtos comercializados, a empresa selecionou quatro produtos, tendo como base os produtos que apresentam mais quebra ao longo do ano: Tomate, Nabo, Curgete e Pepino (Figura 3).



Figura 3 - Produtos selecionados para o estudo

1.3. OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de novos produtos para reaproveitamento de produto excedentário. Para tal, foram estudados dois métodos diferentes de desidratação: secagem, por convecção de ar quente forçado, e liofilização. Os produtos selecionados foram tomate, nabo, curgete e pepino. Fez-se a avaliação das propriedades físico-químicas, das características reológicas e a aceitabilidade/preferência do consumidor dos quatro vegetais desidratados. Com este estudo pretendeu-se determinar qual o processo com maior potencial quer a nível de processo industrial, características nutricionais, físicas e sensoriais.

O trabalho desenvolvido contemplou as seguintes atividades:

- Estudo de dois métodos de desidratação: secagem por convecção de ar quente forçado e liofilização
- Desenvolvimento de novos produtos com valor acrescentado para reaproveitamento de produto excedentário;
- Comparar os maiores constituintes nutricionais dos produtos, fresco, após secagem por convecção de ar quente forçado e após liofilização;
- Avaliação das propriedades de textura, cor e físico-químicas;
- Avaliar a perceção do consumidor perante os produtos desenvolvidos.

Capítulo 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. SUSTENTABILIDADE – VALORIZAÇÃO DO EXCEDENTÁRIO ALIMENTAR

Segundo a Associação Portuguesa dos Nutricionistas (APN) o conceito de "sustentabilidade" significa, característica ou qualidade do que é sustentável, sendo "sustentável" o que se pode suportar, defender ou seguir de forma a não esgotar os recursos naturais nem causar danos ambientais. Este conceito adaptado à área alimentar sugere refletir na alimentação de forma sustentável, ou seja, que permita responder às necessidades do presente, sem que isso comprometa o futuro (APN, 2017).

Em 2014, a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), apresentou algumas medidas a aplicar no âmbito da sustentabilidade alimentar e agricultura: melhorar a eficácia na utilização dos recursos, conservar, proteger e melhorar os recursos naturais e os meios rurais, melhorar a igualdade e o bem-estar social, prosperar a resistência das pessoas, comunidades e ecossistemas perante as alterações climáticas, e proporcionar um governo para melhorar a sustentabilidade (FAO, 2014).

O mundo divide-se em desenvolvido e subdesenvolvido, o excedentário e o deficitário, sendo a água uma das causas desta divisão. Vários estudos referem que um terço de toda a alimentação humana é desperdício. Esta é uma preocupação da Comissão Europeia, propondo em 2014 o "Ano Contra o Desperdício Alimentar" e definiu como meta, a diminuição de 50% do desperdício até 2020 (Pereira, 2017).

A União Europeia (UE) está empenhada em resolver este problema e dispor de um sistema alimentar sustentável. No entanto, para aplicar medidas eficazes, é necessária mais informação sobre o desperdício alimentar do que a que atualmente existe. Na Diretiva (UE) 2018/851, adotada em maio de 2018, que altera a Diretiva 2008/98/CE foram introduzidas medidas específicas de prevenção dos resíduos alimentares atribuídas aos Estados-Membros, como a implementação de programas nacionais de prevenção de resíduos alimentares e, monitorização e informação sobre os níveis de desperdício alimentar (FIPA, 2019).

Estima-se que na Europa, anualmente, sejam desperdiçados entre 30% e 50% dos alimentos comestíveis ao longo de toda a cadeia alimentar, representando uma perda anual de 89 milhões de toneladas na UE, distribuídas pelas famílias (42%), 39 % pela indústria, 14% pela restauração e pela distribuição 5%. Com estes valores prevê-se que em 2020 o desperdício alimentar, dentro da UE, seja de 126 milhões de toneladas. (Governo de Portugal, 2014).

Para reduzir o desperdício alimentar são necessárias medidas, tais como: sensibilizar a sociedade em geral para o desperdício alimentar ao longo da cadeia alimentar, reforçar a cooperação entre todos os parceiros na luta contra o desperdício, criar novas soluções de conservação e preservação dos alimentos (Governo de Portugal, 2014).

Na produção primária, as medidas a implementar passam por efetuar um planeamento apropriado das culturas, utilizar os recursos de forma eficaz e sustentável, diminuir o desperdício nas explorações agrícolas aumentando a eficiência na colheita e gerir, manusear e armazenar adequadamente os produtos agrícolas destinados à indústria (Governo de Portugal, 2014).

Segundo, Isabel Braga da Cruz (Silva, 2014) uma das tendências de consumo alimentar centra-se na redução do desperdício, não apenas na indústria mas também por parte do consumidor, que tende a desperdiçar menos e a assumir decisões de compra conscientes. A mesma refere ainda que as empresas tendem a assumir estratégias de otimização internas. Um dos exemplos mais recentes é o da fruta desidratada, que permite a utilização de fruta sem características qualitativas ou que não cumpre o calibre legislado (Silva, 2014).

2.2. PROCESSOS DE DESIDRATAÇÃO NOS ALIMENTOS

2.2.1. DESIDRATAÇÃO

Um dos métodos para a conservação de frutas e legumes é a desidratação, sendo este um dos métodos mais antigos, pois os povos primitivos já desidratavam alguns

alimentos através da exposição solar, a qual também é conhecida como dessecação (Gonçalves, 2015). A tecnologia de desidratação esteve sempre em desenvolvimento, desde os primeiros processos, semelhantes à liofilização, mencionados no século XIII até aos dias de hoje. Em 1904 físicos franceses inventam a “*cryo*” dessecação que significa secagem a frio. Mas foi Arsène d’Arsonval e F. Bordas que, em 1906, desenvolveram o processo da liofilização (Gonçalves, 2015).

A desidratação é um processo que garante a qualidade e a segurança alimentar, para além de aumentar significativamente a vida útil dos alimentos e reduzir o desperdício alimentar dos setores de produção e de distribuição alimentar, reduz os custos com armazenamento, transporte e distribuição.

A desidratação, segundo Brennan (2006), consiste na transferência de calor e de massa envolvendo a remoção de humidade (Vélez, 2011). O teor de água, no caso das frutas e legumes frescos varia entre 90% e 95%, após desidratação o teor de humidade diminui para 20-30% em frutas e para 5-12% em legumes (Bogosavljevic, 2015).

Existem diversos métodos de desidratação como é o caso a secagem em câmara convectiva, em túnel, ao natural, por pulverização em ar quente (*spray-drying*), por contacto com uma superfície quente, em espuma, por evaporação através de pressão normal e reduzida, por radiação, por micro-ondas, por energia dielétrica, por fluidização e por sublimação (liofilização).

Uma vez que a desidratação é um método de conservação que se baseia na eliminação da maior parte da água presente no alimento, pode provocar alterações significativas ao nível das propriedades físicas e funcionais dos produtos (Maskan, 2001).

Os alimentos desidratados são cada vez mais consumidos em todo o mundo, para além de serem considerados alimentos seguros por apresentarem baixa atividade da água, geralmente são ricos nutricionalmente. No entanto, apesar do crescimento de microrganismos ser inibido neste tipo alimentos, as células vegetativas e os esporos podem permanecer viáveis (Beuchat et al., 2013). A *Salmonella spp*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* e vírus da hepatite A, que são microrganismos resistentes neste

tipo de alimentos, têm sido a causa de alguns surtos e recolhidas de produto, em especiarias e ervas secas (Bourdoux et al., 2016).

As técnicas de secagem com ar são mais rápidas, no entanto algumas devem ser evitadas para produtos termo sensíveis, como frutas, legumes e ervas (Bourdoux et al., 2018). A liofilização e outras tecnologias que envolvam vácuo são mais apropriadas para estes produtos, uma vez que são consideradas as melhores técnicas para conservar as propriedades organoléticas dos alimentos (Ratti, 2001). As principais desvantagens da liofilização são os custos consideráveis e a baixa taxa de produção (Yaghmaee & Durance, 2007).

São vários os estudos associados à tecnologia e gastos energéticos, Baccar et al., 2016; Pereira et al., 2003; Guiné et al., 2009; Kumar et al., 2011 e Jardim, Nogueira, Melliny, & Freitas, 2017 que demonstraram que o processo de desidratação é uma opção viável para o reaproveitamento do excedentário dos vegetais que possuem qualidade para consumo, mas que não apresentam as características comerciais pretendidas, e para o aproveitamento dos subprodutos destes vegetais. A partir deste processo é possível obter um produto de valor acrescentado e, simultaneamente, diminuir o desperdício alimentar.

Existem várias vantagens em consumir frutas e vegetais submetidos a estes métodos de desidratação, desde o seu baixo peso, facilidade no seu transporte até a possibilidade de consumir frutas e vegetais durante todo o ano de produção.

Cada vez mais a população tenta adotar uma dieta saudável e torna-se exigente quanto ao valor nutricional e sensorial dos alimentos que compra. Os principais motivos do aumento da procura de alimentos desidratados são por apresentarem uma opção mais saudável e prática para as refeições intermediárias (*snack*), por possuírem uma vida útil maior que os alimentos frescos, sem aditivos adicionados e por manterem as propriedades nutricionais e sensoriais muito próximas do alimento em fresco (Araújo et al., 2017).

2.2.2. SECAGEM

A secagem é um processo antigo usado para conservar alimentos. A secagem convencional permite obter produtos desidratados que podem ter uma vida útil de, aproximadamente, um ano (Ratti, 2001).

Segundo Russo (2013), a aplicação do processo de secagem diminui a atividade da água da matriz alimentar, reduz a atividade microbológica e enzimática, e minimiza reações físicas e químicas que podem ocorrer durante o armazenamento, sendo por isso um dos processos mais utilizados para melhorar a estabilidade alimentar (Vallespir et al., 2018).

No investimento de um equipamento de secagem deve-se considerar a sua funcionalidade e o seu consumo energético durante a sua utilização e manutenção. O consumo da energia ao aquecer o ar é o ponto principal da viabilidade económica de um projeto que envolve o processo de secagem, portanto a utilização de energias alternativas e/ou a sua combinação poderá ser algo a considerar (Bogosavljevic, 2015).

O Instituto de Investigação Científica Tropical (IICT), juntamente com outras instituições desenvolveram um secador híbrido que através de uma unidade de tratamento de ar aquecido, efetuado pela bomba de calor e ventilação forçada, recupera cerca de 70% do calor produzido, reduzindo significativamente os custos de consumo de energia e de investimento inicial, promovendo a sustentabilidade e a gestão económica (Bogosavljevic, 2015).

Porém, conforme Bogosavljevic (2015), as informações disponíveis na literatura sobre o processo de secagem e o que se desenvolve na prática estão por vezes longe de coincidir, o que necessita de uma contínua pesquisa.

2.2.3. SECAGEM NATURAL

A secagem natural (ou dessecação), segundo Romero (1997), consiste na exposição do produto à radiação solar, a uma altura adequada, promovendo a

evaporação da água presente no alimento. As condições normalmente aplicadas neste processo são temperaturas altas, vento moderado e baixa humidade relativa (Gonçalves, 2015). Este processo torna-se lento e muito propício a contaminações, quer por insetos quer por microrganismos (Cornejo et al., 2003).

2.2.4. SECAGEM ARTIFICIAL

A secagem artificial (ou desidratação) consiste na aplicação direta de calor, por meio de vapor superaquecido ou sistemas de vácuo, podendo utilizar variadas fontes de aquecimento desde madeira a energia elétrica. Este tipo de processo garante produtos de elevada qualidade, num menor tempo, relativamente ao processo de secagem natural. No entanto, este processo exige um maior capital e mais recursos humanos (Cornejo et al., 2003).

Os métodos usados para a secagem artificial podem ser classificados da seguinte forma (Brennan et al., 1990):

- a) Secagem por convecção de ar quente forçado: o alimento é colocado em contacto com a corrente de ar quente;
- b) Secagem por contacto direto com superfície quente: o calor é fornecido ao alimento por condução, maioritariamente;
- c) Secagem por aplicação de energia da radiação, micro-ondas ou fonte dielétrica;
- d) Liofilização: a água presente nos alimentos é congelada, ocorrendo de seguida a sublimação, a baixa pressão (Brennan et al., 1990).

2.2.4.1. SECAGEM POR CONVECÇÃO DE AR QUENTE FORÇADO

A secagem por convecção é o método de preservação mais conhecido devido ao seu baixo custo (Chua & Chou, 2003). A secagem prolongada e a exposição dos alimentos a altas temperaturas podem levar à degradação dos compostos biologicamente ativos (Zielinska & Michalska, 2016) e a contração significativa da matriz do alimento, devido aos danos na membrana citoplasmática e ao baixo teor de humidade (Zielinska,

Sadowski, & Zapotoczny, 2015). Podendo também causar alterações indesejáveis nas propriedades sensoriais, químicas e termofísicas, especialmente nos hortofrutícolas, por serem alimentos termo sensíveis (Alibas, 2012).

Zielinska et al., 2018 referem vários estudos (Grabowski et al., 2007; Yongsawatdigul & Gunasekaran, 1996; Grabowski et al., 2002; Zielinska et al., 2015) realizados para diminuir o tempo de secagem por convecção de ar quente e melhorar a qualidade do produto final, submetendo-se os produtos hortofrutícolas antes da secagem a pré-tratamentos térmicos (branqueamento em água quente ou vapor, congelamento/descongelamento) e a não térmicos (imersão em soluções de oleato etílico ou hidróxido de sódio), ou então à sua combinação (Zielinska et al., 2018).

Portanto, num projeto que envolva este processo, a seleção da temperatura de secagem é essencial do ponto de vista da qualidade do produto, do custo da produção, e da sustentabilidade.

A curva de secagem, em função do tempo, pode ser representada pela Figura 4, dividindo-se em quatro regiões. Na região AB verifica-se o estado transitório, durante o qual o produto se adapta às condições de secagem e a temperatura atinge o valor do estágio estacionário. O trajeto BC corresponde ao período de velocidade ou taxa constante. De C para D considera-se o período de velocidade decrescente, onde a humidade diminui até alcançar a humidade de equilíbrio do produto (Camargo & Ora, 2000).

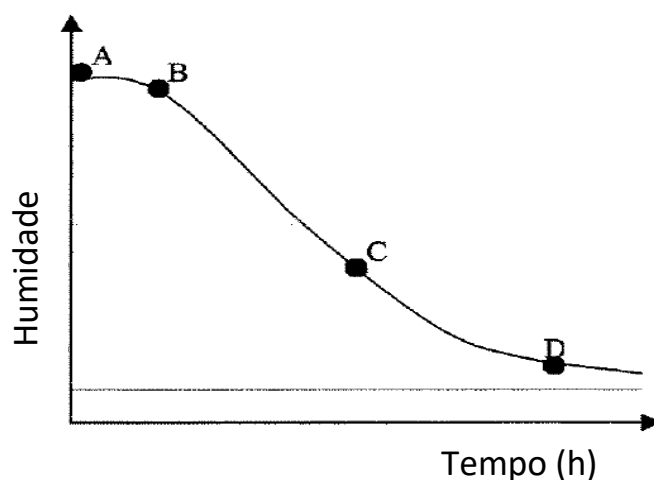


Figura 4 - Cinética de secagem (Fonte: (Camargo & Ora, 2000)).

A temperatura a aplicar no processo de secagem varia consoante o tipo de alimento, entre 40 °C e 50 °C é a temperatura mais adequada para as plantas aromáticas, entre 50 °C e 60 °C, para as plantas medicinais, frutas cortadas, legumes e cogumelos (Bogosavljevic, 2015).

Este método de secagem consiste essencialmente na circulação de ar quente no interior do equipamento, retirando a humidade do produto. Este tipo de equipamento pode conter defletores ajustáveis que direcionam o ar horizontalmente ou verticalmente entre as prateleiras onde se coloca o produto. Também podem possuir controladores de entrada de ar fresco e a quantidade de recirculação de ar, conforme necessário (Brennan et al., 1990).

Os constituintes básicos de um equipamento de secagem por convecção de ar quente geralmente são uma entrada de ar, este ar passa por um ventilador e posteriormente por um aquecedor, sendo direcionado para as prateleiras onde se encontra o produto a desidratar (Baccar et al., 2016).

Na Figura 5 é possível verificar o funcionamento do equipamento de secagem por convecção de ar quente, identificando também os componentes principais.

Segundo Nonhebel & Moss (1971), neste método, o calor sensível do meio gasoso é fornecido à superfície do alimento por convecção, removendo a água presente no alimento, sendo, posteriormente, removida do interior do secador (Oliveira, 2009). Ou seja, há contato direto do ar quente com a superfície do alimento, propagando a energia no seu interior, o que gera um gradiente de pressão de vapor de água entre o interior e o exterior do produto, promovendo assim a remoção de água do interior do produto para a sua superfície (Corrêa, 2014).

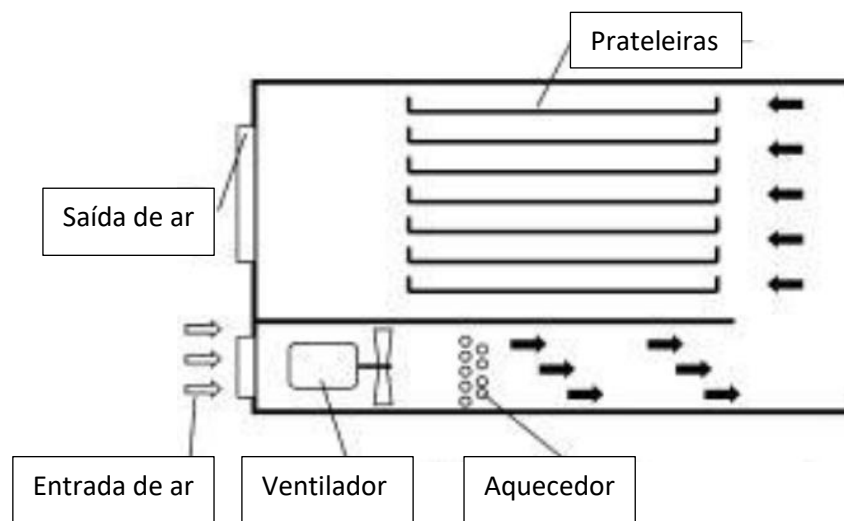


Figura 5 - Esquema de funcionamento de um equipamento de secagem por convecção de ar quente (Adaptado de: Baccar et al., 2016).

Neste tipo de processo, em que há transferência simultânea de calor e massa, os mecanismos de massa mais importantes são (Corrêa, 2014):

- Difusão líquida que ocorre devido ao gradiente de concentração;
- Difusão de vapor que ocorre devido ao gradiente de pressão do vapor;
- Remoção do líquido e do vapor que ocorre devido à diferença de pressão externa, da concentração, da capilaridade e da alta temperatura.

Segundo Park et al. (2007), a secagem convectiva pode ser dividida em 3 etapas (Corrêa, 2014):

- a) Indução – normalmente a temperatura do produto é menor do que a do ar e a pressão parcial do vapor é fraca na superfície do produto, e a transferência de massa juntamente com a velocidade de secagem são baixas. Logo, quando o calor excessivo aparece ocorre uma elevação da temperatura, da pressão de vapor e da velocidade de secagem. Esta etapa é rápida e dependendo do produto, muitas vezes pode nem ser observada aquando a aplicação real;

- b) Taxa constante - ocorre com a formação de vapor na superfície do produto até que termine a quantidade de água livre nele contido. Por exemplo, em hortofrutícolas raramente é observada esta etapa do processo, pois as condições operacionais de secagem são tão abrasivas que, as resistências de transferências de massa encontram-se essencialmente no interior do produto, o que faz com que a taxa de evaporação da superfície para o ambiente seja muito superior à taxa de reposição de humidade do interior para a superfície do produto;
- c) Taxa decrescente - acontece quando a transferência de calor não corresponde à transferência de massa, logo ocorre uma diminuição da pressão do vapor na superfície do produto. Nessa etapa pode acontecer da temperatura do produto aumentar de tal forma chegando a atingir a temperatura do ar, sendo difícil retirar água do material a partir deste momento, uma vez que está ligada aos compostos da estrutura ou algum mecanismo envolvido no processo não está a ser eficiente. Esta etapa é considerada a mais lenta da operação de secagem.

Contudo, segundo Foust et al., (2008), a secagem convectiva possui baixa eficiência energética, também a baixa condutividade térmica dos alimentos e a alta resistência interna à transferência de humidade, causa longo período de taxa decrescente da secagem influenciando de forma negativa as propriedades sensoriais e o valor nutritivo dos produtos (Corrêa, 2014).

Segundo Djekic et al., (2018), mais de 85% dos secadores industriais são convectivos, com ar quente ou gases de combustão usados como meios de transferência de calor.

Estes equipamentos podem funcionar por meio direto de gás, por trocadores de bobinas a vapor ou por eletricidade em modelos de pequena dimensão. Normalmente, são equipamentos relativamente baratos, sendo os seus custos de manutenção e de produção baixos, e ainda são bastante flexíveis (Brennan et al., 1990).

Geralmente, são utilizados para desidratar frutas e vegetais com um rendimento que pode ir de 1000 a 20000 kg/dia, dependendo da área do equipamento. Este tipo de equipamentos são úteis para estudos em escala piloto (Brennan et al., 1990)

2.2.4.2. LIOFILIZAÇÃO

Historicamente, o primeiro produto liofilizado surgiu em 1911, com o vírus da raiva A (Terroni et al., 2013). A liofilização como processo industrial data do período da Segunda Guerra Mundial, quando o pedido por plasma sanguíneo humano atingiu proporções críticas (Kumar et al., 2011).

De acordo com Baruffaldi e Oliveira (1998) o termo “*liófilo*” significa amigo do solvente, o que define com fidelidade as características dos produtos liofilizados: altamente higroscópicos e de fácil dissolução na água. Atualmente, os produtos liofilizados, são alimentos, antibióticos, anticoagulantes, bactérias, vírus, enzimas e frações de sangue (Terroni et al., 2013).

O maior destaque da liofilização foi durante o programa Apollo da NASA, que impulsionou as pesquisas básicas para elucidação dos mecanismos de liofilização de alimentos. Os produtos tecnológicos existentes atualmente foram desenvolvidos a partir dos fundamentos adquiridos nestas pesquisas (Terroni et al., 2013).

A liofilização baseia-se na desidratação por sublimação de um produto congelado. Devido à ausência de água líquida e à baixa temperatura necessária para o processo, a maioria das reações de deterioração são interrompidas, o que resulta num produto final de excelente qualidade (Ratti, 2001).

O produto é colocado em câmaras herméticas, o ar de dentro é removido através de bombas de alto vácuo, criando a condição para que ocorra a sublimação da água. A água passa do estado sólido para o gasoso a temperaturas muito baixas e sem a presença de oxigênio, o que são fatores muito favoráveis para a preservação das características nutricionais de um alimento (Terroni et al., 2013). No caso da água, a sublimação ocorre em condições de pressão e temperatura abaixo do seu ponto triplo

($T=0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $P=4,58\text{ mmHg}$), uma vez que a sua fase líquida não ocorre nessa região (Figura 6) (Amaral, 2014); (Terroni *et al.*, 2013).

Esta técnica é indicada para produtos que tenham elementos sensíveis ao calor, como proteínas e vitaminas, a liofilização conserva as propriedades nutritivas, pois as membranas das células não se rompem com a perda do vapor de água (Terroni *et al.*, 2013).

Segundo De Santana *et al.* (2015) a liofilização assegura a qualidade das frutas, mas pode produzir estruturas porosas, quebradiças, amorfas e higroscópicas (Djekic *et al.*, 2018). Bonazzi & Dumoulin (2011) revela que são vários os aspetos de qualidade do produto seco, como aparência (cor e forma), sabor, taxa de reidratação ou dissolução, estabilidade ao longo do tempo e tamanho da embalagem (Djekic *et al.*, 2018).

Toledo (2007) afirma que para se realizar uma operação bem-sucedida de liofilização, a pressão na câmara de secagem deve ser mantida a uma pressão absoluta de, pelo menos, 620 Pa (Caparino *et al.*, 2012). Já Vanaclocha & Requena (2003) revela que para a liofilização dos alimentos é necessário uma pressão entre 130 e 260 Pa (Vanaclocha & Requena, 2003).

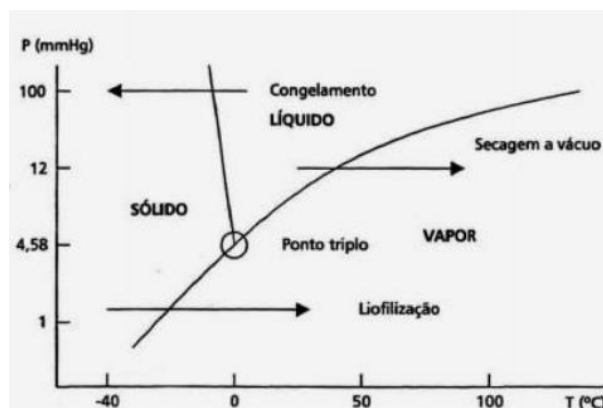


Figura 6 - Diagrama de fases da água e os processos de separação (Fonte: (Ratti, 2001)).

A liofilização consiste em 4 operações: congelamento, vácuo, sublimação e condensação. Pode-se notar que, embora a sublimação consuma quase metade da energia total do processo, a etapa de congelamento não consome muita energia (Ratti,

2001). Segundo Ratti (2001) e Araújo et al. (2017), o vácuo e a condensação gastam praticamente a mesma energia, como mostra a Figura 7.

Qualquer nova melhoria da liofilização a vácuo clássica, a fim de reduzir os custos energéticos, deve ser direcionada para os seguintes objetivos: melhorar a transferência de calor, a fim de auxiliar a sublimação, diminuir os tempos de secagem, a fim de reduzir o vácuo, e evitar o uso de condensadores (Ratti, 2001).

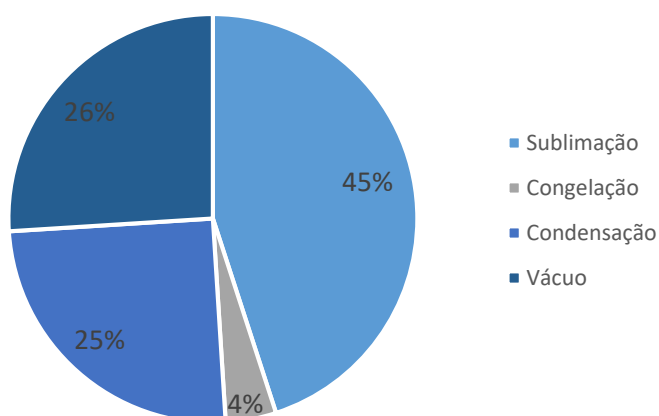


Figura 7 - Percentagem de gastos energéticos por cada etapa da liofilização (Adaptado de Araújo et al., 2017).

O processo de liofilização não é amplamente utilizado na indústria alimentar devido ao seu alto custo de operação (Ratti, 2001), trata-se de um equipamento caro e de um custo energético muito elevado (2 a 3 vezes superior relativamente a outros métodos de secagem) (Araújo et al., 2017) e é um processo muito lento, aumentando os custos de produção (Gonçalves, 2015). A liofilização a vácuo industrial é apenas usada para secar café, temperos, carnes e outros alimentos de alto valor (Ratti, 2001). Segundo Araújo et al. (2017) atualmente, os alimentos produzidos por este processo são sólidos, como frutas e refeições prontas, tendo este mercado de produtos liofilizados crescido nos últimos anos.

As principais características do processo de liofilização são: aplicação em alimentos de elevado valor, utiliza temperaturas baixas, a humidade é perdida por sublimação, as partículas desidratadas são porosas, permite obter produtos com baixa densidade, mantem o aroma e a cor do produto, reidratação rápida e completa, excelente estabilidade do produto durante o armazenamento, água residual baixa (1 a

3%), redução da ação enzimática e da desnaturação proteica (Gonçalves, 2015), 100% natural, pois o processo dispensa o uso de conservantes ou outros aditivos.

A liofilização ocorre em três principais etapas: congelação, secagem primária (sublimação) e secagem secundária (dessorção), sendo descritas a seguir.

2.2.4.2.1. Congelamento

A primeira etapa da liofilização influencia significativamente as etapas seguintes do processo. A congelamento ou ultracongelamento total é verificada abaixo do ponto triplo de cada solução, o que evita a formação de espumas aquando da aplicação do vácuo. As amostras são congeladas rapidamente a temperaturas baixas entre os -50 °C e - 80 °C para que os cristais de gelo sejam de pequenas dimensões, de modo a não provocar ruturas celulares no produto (Gonçalves, 2015). As dimensões dos cristais estão diretamente relacionadas com a velocidade de congelamento. Se a velocidade for rápida, forma-se uma rede cristalina mais uniforme, dificultando o fluxo de vapor para fora da matriz (Araújo et al., 2017).

A congelamento pode-se realizar no interior ou no exterior do equipamento de liofilização. Caso seja realizada no interior, ocorre uma congelamento evaporativa, que consiste numa congelamento brusca e adiabática, onde 20% da água do produto é eliminada (Vanaclocha & Requena, 2003).

2.2.4.2.2. Sublimação ou secagem primária

Após o congelamento do produto, este é direcionado para câmara de vácuo, consistindo assim na etapa de sublimação do solvente congelado, através da aplicação do vácuo. O produto deve estar completamente congelado, pois se ainda houver solvente na forma líquida, ocorrerá formação de bolhas durante a secagem primária, comprometendo as características estruturais do produto (Araújo et al., 2017). Nesta etapa, cerca de 90% da humidade do produto é removida (Gonçalves, 2015).

Segundo Pires (1968), a remoção do vapor de água durante esta etapa pode fazer-se por 3 métodos (Ribeiro, 2012):

a) Bombeamento direto - consiste na proibição das bombas de vácuo à passagem de vapores condensáveis através do óleo, condensando-se e dissolvendo-se aí dando origem a misturas com uma tensão de vapor elevada. Assim, o vácuo atingido é limitado e a operação de liofilização perde eficiência;

b) Passagem do vapor de água através de agentes fixadores - consiste na utilização de produtos químicos para realizar a absorção, como o pentóxido de fósforo ou o sulfato de cádmio, cloreto de cálcio ou a adsorção através de produtos de grande porosidade, tal como o gel de sílica, mas não é prático de utilizar;

c) Condensação a baixa temperatura - consiste numa superfície arrefecida, que funciona como condensador do vapor de água. A temperatura desta superfície deve ser inferior à do produto congelado, permitindo ao condensador a fixação/congelação do vapor de água libertado pelo produto.

Como o calor latente desta etapa é muito alto, devem-se manter as prateleiras aquecidas para transferir calor para o produto, mas sempre com temperaturas controladas para evitar danos na estrutura do produto (Araújo et al., 2017) .

2.2.4.2.3. Dessorção ou secagem secundária

A última etapa da liofilização é responsável por remover a humidade residual que fica no produto (cerca de 15%). Essa água residual está fortemente ligada à matriz do alimento. Esta etapa é fundamental para reduzir a atividade microbiana do produto. A energia necessária para remover a humidade residual é superior à aplicada na sublimação e, portanto, só perto do final do processo é que as prateleiras são mais aquecidas. Esta etapa é bastante demorada, sendo responsável por 40 a 50% do tempo total da liofilização (Araújo et al., 2017). A temperatura final de aquecimento deve ser amena, de forma a não danificar o produto, uma vez que pode chegar ao ponto de

colapso do produto ou alterar suas propriedades sensoriais, por exemplo no caso do tomate a temperatura de colapso é de -41°C (Vanaclocha & Requena, 2003).

2.2.4.2.4. Breve descrição dos componentes do equipamento de liofilização

Os liofilizadores apresentam cinco componentes básicos: câmara de liofilização, bomba de vácuo, condensador, compressor e serpentinas de refrigeração, como mostra a Figura 8.

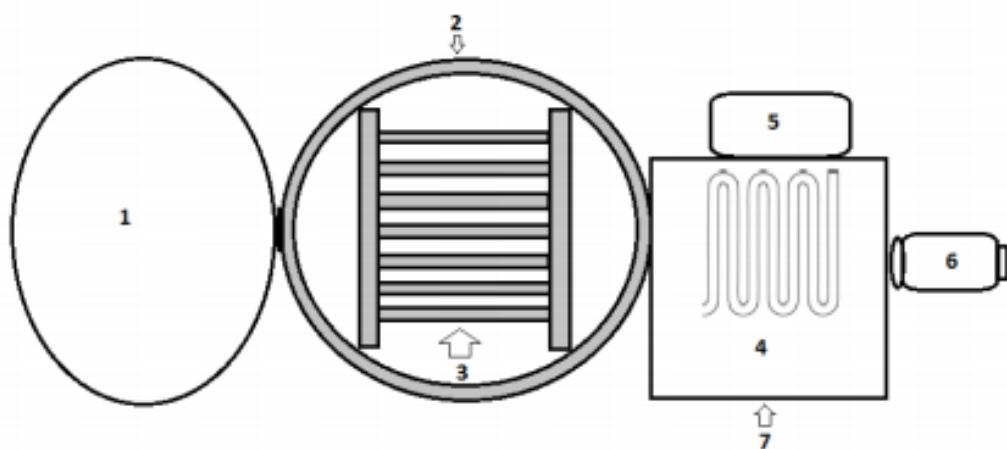


Figura 8 - Esquema representativo do funcionamento de uma câmara de liofilização industrial. 1 - Porta da câmara; 2 - Câmara de liofilização; 3 - Tabuleiros; 4 - Serpentina de refrigeração; 5 - Compressor; 6 - Bomba de vácuo; 7 - Condensador (Fonte: (Araújo et al., 2017)).

Observando a Figura 8, é na câmara de liofilização ou de vácuo [2] que o alimento é colocado, sendo construída de forma a suportar as pressões negativas de operação. A câmara está diretamente ligada ao condensador [7] que contém serpentinas ou placas [4] onde circula um líquido que é continuamente arrefecido pelo sistema de refrigeração, tendo como função congelar os vapores do solvente removido do alimento pelo processo de sublimação, operando a temperaturas abaixo de -40°C . A temperatura da superfície do condensador deve ser mantida de modo a que a pressão de vapor do gelo se encontre abaixo da pressão total da câmara. O gradiente de temperatura entre o alimento e o condensador é diretamente proporcional à velocidade de secagem. O calor deve chegar ao alimento através do aquecimento das placas (através de um líquido

ou por resistência elétrica). A remoção da humidade do alimento depende da espessura do alimento, da taxa de calor fornecido ao produto e da condutividade térmica do próprio alimento (Araújo et al., 2017).

2.3. CARACTERIZAÇÃO DOS VEGETAIS EM ESTUDO

O mercado de frutas e legumes tem aumentado nas últimas décadas, (Murcia, Jiménez, & Martínez-tomé, 2009), sendo estes alimentos responsáveis por uma parte da nossa ingestão calórica diária. No entanto, os seus benefícios para a saúde superam a sua contribuição calórica (Ismail, Marjan, & Foong, 2004). De fato, os alimentos à base de vegetais contêm quantidades de compostos não nutritivos bioativos, que fornecem benefícios para a saúde e reduzem o risco de doenças, além da nutrição básica (Seabra & Andrade, 2007).

As frutas e vegetais exercem um papel fundamental na nutrição humana, pois são ricos em nutrientes, vitaminas e minerais essenciais para uma alimentação saudável. No entanto, possuem um alto teor de humidade (cerca de 80%), são altamente perecíveis e por isso, devem ser refrigerados ou processados o mais rápido possível após a colheita (Coelho, 2010). O principal objetivo do processamento de alimentos é convertê-los em produtos mais estáveis que possam aumentar o tempo de vida útil, tendo como técnicas mais importantes o branqueamento, a esterilização, o congelamento e a desidratação (Coelho, 2010).

Estes produtos, segundo Mamelona et al., (2007), também são conhecidos por diminuir os riscos de algumas doenças crónicas e degenerativas (oxidação de biomoléculas vitais), pelo facto de constituírem componentes nutritivos e saudáveis, incluindo minerais, vitaminas (C, E e A) e fitoquímicos (folatos, glicosinolatos, carotenóides, flavonóides, ácidos fenólicos, selénio, licopeno e fibras dietéticas) (Guiné et al., 2009).

Os produtos hortofrutícolas são uma fonte de nutrientes, tais como fibra alimentar e compostos bioativos, além disso têm propriedades sensoriais muito características que podem sofrer alteração ao aplicar alguns processos de conservação

(Santos, 2013). Um dos processos, que visa prolongar a vida útil dos produtos, e que tem sido mais utilizado nas últimas décadas é a secagem, mas este método por vezes altera a composição estrutural do produto, ocorrendo uma perda significativa dos nutrientes (Guiné et al., 2009).

2.3.1. TOMATE (*Lycopersicon esculentum*)

O tomateiro é uma dicotiledónea, da família *Solanaceae* e da espécie *Lycopersicon esculentum* Mill. Segundo Filgueira (1982) a sua origem está na Região Andina, parte ocidental da América do Sul, e também da América Central (Coelho, 2010).

Sendo o tomate um fruto altamente perecível, com perdas pós-colheita elevadas, torna este produto pouco rentável (Camargo et al., 2007), o que eleva o desperdício alimentar.

Segundo Gould (1992), o tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) é uma planta herbácea, de caule redondo, piloso e macio, tornando-se fibrosa ao longo do tempo (JUNIOR, 2012). Possui flor hermafrodita, sendo considerada uma planta autógama, embora possa ocorrer pequena taxa de polinização cruzada (JUNIOR, 2012). O fruto geralmente é encarnado, com 2 ou mais lóculos e as sementes são uniformes e pequenas (JUNIOR, 2012).

É uma cultura exigente em termos de práticas culturais, a irrigação exerce forte influência na produção e qualidade dos frutos, uma vez que é considerada sensível ao défice hídrico (Santana, Vieira, Barreto, & Cruz, 2010).

Destaca-se como a segunda hortícola mais cultivada no mundo sendo superada apenas pela batata. O tomate tem várias finalidades desde consumo *in natura* até à indústria, destinado ao processamento (SANTOS, 2009).

Segundo MELO (1989) o fruto do tomateiro é do tipo baga, com diferentes tamanhos e formatos, constituindo-se de película, polpa, placenta e sementes, como se observa na Figura 9. Internamente, é dividido em lóculos onde as sementes encontram-se imersas na mucilagem placentária (SANTOS, 2009).

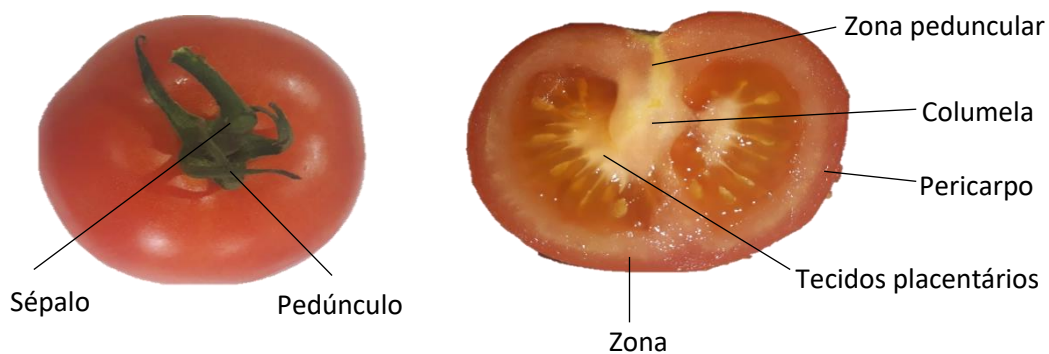


Figura 9 - Morfologia do tomate (Legenda adaptada de Blancard, (2005)).

O tomate constitui um alimento rico em vitamina A e B, e minerais importantes, além de ácido fólico, cálcio e frutose (Coelho, 2010) como é possível verificar na tabela 2, onde se encontra a composição nutricional do tomate. O licopeno, presente no tomate, é um antioxidante, capaz de neutralizar a ação dos radicais livres, responsáveis pelo envelhecimento e degeneração das células (Coelho, 2010). O tomate é dos poucos alimentos *in natura* que tem um conteúdo de humidade tão elevado (cerca de 95%), o que torna a desidratação deste vegetal um desafio (Coelho, 2010).

Tabela 1- Tabela nutricional do tomate cru (INSA, 2019).

Macroconstituintes	Por 100g	Vitaminas	Por 100g	Minerais	Por 100g
Água, g	93,5	Vitamina A total (equivalentes de retinol), ug	85	Cinza, g	0,54
Proteína, g	0,8	Caroteno, mg	510	Sódio (Na), mg	13
Gordura total, g	0,3	Vitamina D, ug	0	Potássio (K), mg	253
Total de Hidratos de Carbono disponíveis, g	3,5	a-tocoferol, mg	1,2	Cálcio (Ca), mg	11
Total de Hidratos de Carbono expresso em monossacáridos, g	3,5	Tiamina, mg	0,050	Fósforo (P), mg	17
Mono+dissacáridos, g	3,5	Riboflavina, mg	0,030	Magnésio (Mg), mg	11
Ácidos orgânicos, g	0	Equivalentes de niacina, mg	0,70	Ferro (Fe), mg	0,7
Álcool, g	0	Niacina, mg	0,60	Zinco (Zn), mg	0,1
Amido, g	0	Triptofano/60, mg	0,10		
Oligossacáridos, g	0	Vitamina B6, mg	0,14		
Fibra alimentar, g	1,3	Vitamina B12, ug	0		
		Vitamina C, mg	20		
		Folatos, ug	14		

2.3.2. NABO (*Brassica rapa var rapa*)

Segundo Sasaki e Takahashi (2002), a família *Brassicaceae* inclui uma ampla variedade de culturas hortícolas utilizadas nas dietas de todo o mundo, sendo o nabo (*Brassica rapa var rapa* L.) uma das mais antigas a ser cultivadas (Seabra & Andrade, 2007).

Um estudo realizado por Seabra & Andrade (2007), revelou que o nabo é constituído por 14 compostos fenólicos, incluindo uma série de glucosinolatos que ajudam no processamento das toxinas do fígado, e seis ácidos orgânicos (ácidos aconítico, cítrico, cetoglutárico, málico e fumárico). Halkier e Gershenzon (2006) afirmam que o glucosinolato composto apresenta uma ação potencial no tratamento da gastrite causada pela bactéria *Helicobacter pylori* que pode evoluir para cancro de estômago. Moreno et al. (2006), afirma que os alimentos que contêm glucosinolatos possuem uma ação antioxidante e anti carcinogénica nos seres humanos (Valério, 2017).

Conforme Bennet *et al.* (1994) o palato humano deteta que os alimentos ricos em glucosinolatos possuem sabor e odor característicos, semelhante ao “picante”. Esta característica deve-se à presença do grupo sulfato na estrutura do glucosinolato, oferecendo um sabor amargo aos alimentos (Valério, 2017) e segundo Padilla et al. (2007) liberta um aroma sulfuroso, provocado pelos isotiocianatos (Lopes, 2009).

Liang et al. (2016), afirma ainda que o nabo é uma fonte de alimentação nas regiões mais frias pois é resistente às baixas temperaturas (Lopes, 2009).

O nabo roxo "Tsuda" (*Brassica rapa var rapa*) é uma planta bienal, pois para completar o seu ciclo biológico demora 24 meses (Yang et al., 2017).

O estágio vegetativo do nabo começa aproximadamente 5 a 10 dias após serem semeados. Com o crescimento da sexta folha, a raiz do nabo inicia o seu crescimento de 4 a 5 cm de diâmetro. Durante o inverno, a baixa temperatura contribui para a vernalização dos nabos (floresce) e transforma o nabo do estágio vegetativo para o estágio produtivo. A epiderme das raízes do nabo "Tsuda" só acumula antocianinas dependendo da luz que nela incide (Yang et al., 2017).

O exterior do nabo é constituído por epiderme, raiz, folhas e no seu interior é constituído por um córtex, floema, cavidade vascular e na região centro do nabo o xilema como mostra a Figura 10 (Hajiboland et al., 2012).

Em Portugal normalmente usa-se as folhas e a raiz do nabo, para consumir como vegetais cozidos, sopas e as folhas em forma de refogado e com arroz.

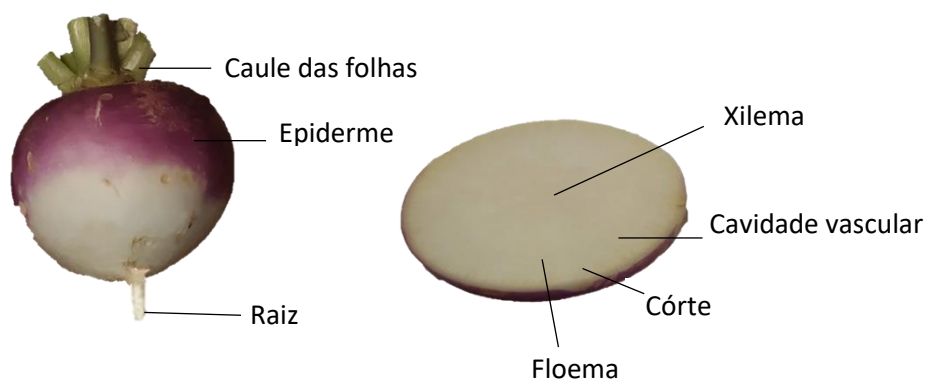


Figura 10 - Morfologia do nabo (Legenda adaptada de Hajiboland (2012)).

A raiz do nabo apresenta quantidades vestigiais do ácido ferrúlico e sinápico, e seus derivados, e uma quantidade significativa (cerca de 81%) de ácido málico (Seabra & Andrade, 2007) e uma grande quantidade de cálcio e potássio (INSA., 2019).

Na tabela 3 podemos observar a tabela nutricional dos principais constituintes do nabo.

Tabela 2 - Tabela nutricional do nabo cru (INSA, 2019).

Macroconstituintes	Por 100g	Vitaminas	Por 100g	Minerais	Por 100g
Água, g	93,5	Vitamina A total (equivalentes de retinol), ug	3,0	Cinza, g	0,70
Proteína, g	0,4	Caroteno, mg	20	Sódio (Na), mg	20
Gordura total, g	0,4	Vitamina D, ug	0	Potássio (K), mg	238
Total de Hidratos de Carbono disponíveis, g	3,0	a-tocoferol, mg	0	Cálcio (Ca), mg	12
Total de Hidratos de Carbono expresso em monossacáridos, g	3,0	Tiamina, mg	0,050	Fósforo (P), mg	7,0
Mono+dissacáridos, g	2,9	Riboflavina, mg	0,020	Magnésio (Mg), mg	10
Ácidos orgânicos, g	0	Equivalentes de niacina, mg	1,0	Ferro (Fe), mg	0,2
Álcool, g	0	Niacina, mg	0,90	Zinco (Zn), mg	0,1
Amido, g	0,1	Triptofano/60, mg	0,10		
Oligossacáridos, g	0	Vitamina B6, mg	0,080		
Fibra alimentar, g	2,0	Vitamina B12 , ug	0		
		Vitamina C, mg	18		
		Folatos, ug	14		

2.3.3. CURGETE (*Cucurbita pepo* L.)

Segundo Marreiros & Rosa (2011), as variedades de abóbora mais cultivadas em Portugal são a Frade (*Cucurbita moschata Duchesne*), a abóbora Porqueira (*Cucurbita pepo Linnaeus*), onde inclui a aboborinha/"curgete"), e a abóbora-menina (*Cucurbita maxima Duchesne*) (Boschi, 2015).

Sendo a curgete da família das abóboras, estas possuem um elevado teor de vitamina A, que pode inibir a ação de radicais livres no organismo resultado da sua atividade antioxidante, o que reduz o risco de cancro, arteriosclerose e desordens coronárias (Boschi, 2015).

A curgete (*Cucurbita pepo L*) apresenta uma cor verde escura e brilhante, consistentes, em forma cilíndrica e com um comprimento médio entre 14-25 cm. É constituído por pedúnculo que permite a fixação à planta, pelo epicarpo (epiderme), mesocarpo e endocarpo (junto das sementes) e por sementes (Figura 11) (Oliveira, 2011).

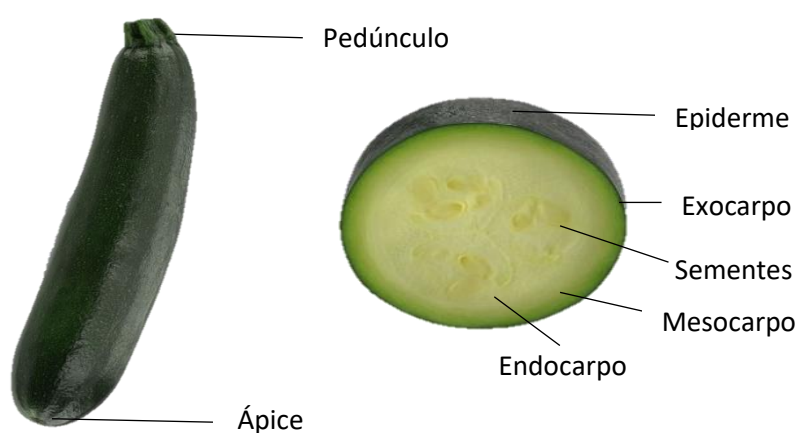


Figura 11 - Morfologia da curgete (Legenda adaptada de Oliveira (2011)).

A curgete apresenta funções bioativas, como antidiabética, anti-hipertensiva, antibacteriana e antioxidante (Boschi, 2015).

A curgete destaca-se pela sua fonte de pectina, sais minerais, α e β -caroteno, luteína, vitaminas A e C, fibras e minerais, bem como compostos fenólicos. Na tabela 3 é possível verificar as características nutricionais da curgete.

Tabela 3 - Tabela nutricional da curgete crua (INSA, 2019).

Macroconstituintes	Por 100g	Vitaminas	Por 100g	Minerais	Por 100g
Água, g	94,0	Vitamina A total (equivalentes de retinol), ug	55	Cinza, g	0,60
Proteína, g	1,6	Caroteno, mg	332	Sódio (Na), mg	3,0
Gordura total, g	0,3	Vitamina D, ug	0	Potássio (K), mg	248
Total de Hidratos de Carbono disponíveis, g	2,0	a-tocoferol, mg	0	Cálcio (Ca), mg	22
Total de Hidratos de Carbono expresso em monossacáridos, g	2,0	Tiamina, mg	0,11	Fósforo (P), mg	33
Mono+dissacáridos, g	1,9	Riboflavina, mg	0,040	Magnésio (Mg), mg	20
Ácidos orgânicos, g	0	Equivalentes de niacina, mg	0,70	Ferro (Fe), mg	0,8
Álcool, g	0	Niacina, mg	0,40	Zinco (Zn), mg	0,3
Amido, g	0,1	Triptofano/60, mg	0,30		
Oligossacáridos, g	0	Vitamina B6, mg	0,12		
Fibra alimentar, g	1,0	Vitamina B12 , ug	0		
		Vitamina C, mg	17		
		Folatos, ug	41		

2.3.4. PEPINO (*Cucumis sativus* L.)

O pepino (*Cucumis sativus* L.) é outro fruto pertencente à família das Cucurbitáceas, com origem na Índia e que atualmente se pode encontrar em todo o mundo. É considerado um fruto prematuro, apresenta um baixo teor de hidratos de carbono e baixo valor calórico. No entanto, é conhecido por ter um elevado valor nutricional e uma percentagem de água de cerca de 96% (Medeiros, 2007). É, ainda, de salientar que este fruto é valorizado pela sua frescura (Guiné et al., 2009).

Conforme Mateljan (2007), as suas sementes são distintamente diuréticas (Hossein et al., 2017). Também o teor de cobre presente nas sementes de pepino ajuda a estimular o processo de neurotransmissão que, por sua vez, melhora a coordenação global do cérebro (Hossein et al., 2017). Mapelli, Frova, Torti & Soress (1978) mencionaram que as sementes de pepino ajudam a prevenir vários problemas digestivos, como acidez, úlceras, gastrite e indigestão (Hossein et al., 2017).

Ripado (1991), afirma que a parte considerada comestível é a polpa, sendo a casca retirada por ter um sabor amargo, mas no entanto também é considerada uma grande ajuda na digestão do pepino e que do ponto de vista terapêutico, o pepino tem propriedades refrescantes e diuréticas, podendo ser também usado contra cólicas intestinais (Henriques, 2012).

O pepino (*Cucumis sativum*), da família *Cucurbitaceae*, possui diferentes tamanhos, formas, coloração dos frutos, sabor e características vegetativas (Sediyama, Nascimento, Lopes, Lima, & Vidigal, 2014)

A estrutura do pepino é constituído por pedúnculo, ápice, epiderme na parte exterior, e no seu interior sementes, mesocarpo, endocarpo, como se verifica na Figura 12.

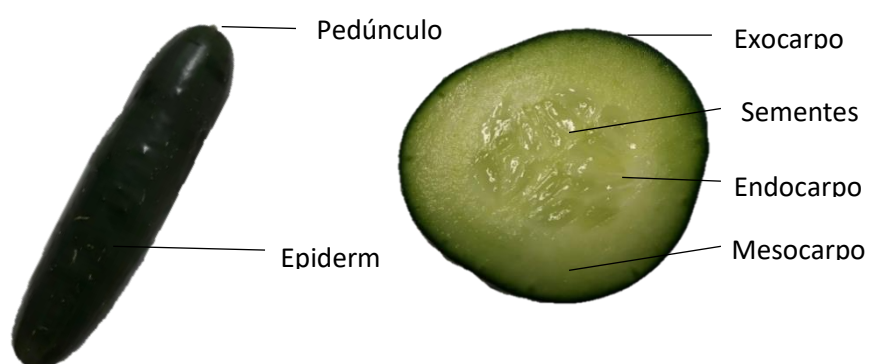


Figura 12 - Morfologia do pepino (Legenda adaptada de Oliveira (2011)).

O pepino sendo rico em betacaroteno, cálcio, magnésio, potássio e fósforo, é considerado um bom diurético, e portanto é indicado para perder peso (Medeiros, 2007).

Na tabela 4 é possível verificar os principais constituintes nutricionais do pepino.

Tabela 4 - Tabela nutricional do pepino cru (INSA, 2019).

Macroconstituintes	Por 100g	Vitaminas	Por 100g	Minerais	Por 100g
Água, g	95,1	Vitamina A total (equivalentes de retinol), ug	6,0	Cinza, g	0,30
Proteína, g	1,4	Caroteno, mg	35	Sódio (Na), mg	3,0
Gordura total, g	0,6	Vitamina D, ug	0	Potássio (K), mg	140
Total de Hidratos de Carbono disponíveis, g	1,7	a-tocoferol, mg	0,070	Cálcio (Ca), mg	10
Total de Hidratos de Carbono expresso em monossacáridos, g	1,7	Tiamina, mg	0,020	Fósforo (P), mg	18
Mono+dissacáridos, g	1,6	Riboflavina, mg	0,010	Magnésio (Mg), mg	8,0
Ácidos orgânicos, g	0	Equivalentes de niacina, mg	0,70	Ferro (Fe), mg	0,5
Álcool, g	0	Niacina, mg	0,60	Zinco (Zn), mg	0,1
Amido, g	0,1	Triptofano/60, mg	0,10		
Oligossacáridos, g	0	Vitamina B6, mg	0,050		
Fibra alimentar, g	0,7	Vitamina B12 , ug	0		
		Vitamina C, mg	3,0		
		Folatos, ug	9,0		

2.1. ESTUDOS REALIZADOS COM PROCESSOS DE DESIDRATAÇÃO EM LEGUMES

Na Tabela 5 é possível verificar alguns estudos realizados com vegetais e frutas desidratados (as). Alguns trabalhos foram desidratados com pré-tratamentos para enriquecer o produto final desidratado.

Lima et al. (2012) concluíram que entre a maçã *in natura* e após secagem existem diferenças significativas no teor de humidade, e o mesmo já não se passa com o teor de cinza.

Amezquita et al. (2018) e Kowalska et al. (2018) concluíram que com a liofilização consegue-se obter produtos com teor de humidade menor em relação à secagem por convecção de ar quente. Também Gonçalves (2015) obteve amostras com valores de teor de humidade menores recorrendo à liofilização.

Em relação à cor, Kowalska et al. (2018) verificou que a cor dos morangos liofilizados foi superior à cor dos morangos desidratados por secagem por convecção de ar quente. Contrariamente no estudo de Gonçalves (2015), a secagem convencional garantiu menos alteração de cor do que a liofilização.

Também Amezquita et al. (2018) concluiu que as amostras secas num secador vertical em tabuleiro (VTD) apresentaram menor diferença de cor em relação à amostra fresca, e ainda as amostras secas em VTD tiveram um valor mais baixo de L^* em comparação com a amostra fresca. A secagem em VTD causou um decréscimo significativo de a^* , o que sugere que a perda da cor vermelha ocorreu numa proporção maior.

Quanto à textura, Gonçalves (2015), não verificou diferenças na textura de framboesa e nêspera desidratadas por liofilização e secagem convencional. Pelo contrário, verificou que a secagem convencional conferiu maior dureza à melancia quando comparada com a liofilização.

Tabela 5 - Estudos realizados com hortofrutícolas desidratados.

Método de Secagem	Hortofrutícola	Parâmetros analisados	Conclusões	Autores
Liofilização (LF), Secagem em Spray (SS), Secagem com refrator (SR), Secagem em tambor (ST)	Manga em pó	Teor de humidade, atividade da água e análise da cor	A qualidade superior pelo método SR em comparação ao SS e ST, e é muito semelhante ao LF. O teor de humidade superior por SS e inferior por ST. A a_w superior por SR e inferior por SS.	Caparino et al., (2012)
Secagem por CO₂ Supercrítico (scCO₂), ao ar (AR) e liofilização (LF)	Maçã	Dureza, Análise de cor (L*, a*, b* e ΔE), textura, análise sensorial	No início do estudo por scCO ₂ teve os melhores resultados. Após seis meses, scCO ₂ (ar) e scCO ₂ (nitrogénio) tiveram as piores avaliações, AR e LF tiveram avaliações semelhantes.	(Djekic et al., 2018)
Liofilização (FD) e secagem por convecção de ar quente (HA)	Casca de laranja, manga e pera	Humidade final, teor de proteína, gordura, cinzas e carboidratos	No teor de humidade final não houve diferenças significativas entre FD e HA para a casca de manga; Para as amostras de laranja e de pêra desidratadas por HA o teor de humidade foi significativamente superior às amostras FD. O teor de gordura e proteína foram baixos em todas as amostras.	(Amezquita et al., 2018)
Secagem "puffing" (PF) e liofilização (LF)	Morangos	Teor de matéria seca, análise sensorial	Morangos LF em comparação com PF obtiveram um teor de matéria seca superior. A avaliação da cor dos morangos LF foi superior aos PF. Não houve diferenças significativas na análise sensorial entre as amostras LF e as PF.	(Kowalska et al., 2018)

Secagem em estufa a 60°C	Maçã	Teor de humidade, teor de cinzas, teor de vitamina C e medição pH	No teor de humidade observou-se diferença significativa entre a maçã <i>in natura</i> e após secagem. No teor de cinza a maçã <i>in natura</i> e após secagem não diferiu significativamente.	(Lima et al., 2012)
Liofilização (LF) e secagem convencional (SC)	Framboesa, melancia, nêspera	Teor de humidade, dureza, a_w , reidratação, grau brix e cor	Na dureza da framboesa e da nêspera não se verificaram diferenças entre LF e SC. Na melancia SC confere maior dureza. As amostras LF obtiveram menores valores de humidade. Na SC houve menos alteração de cor do que na LF.	(Gonçalves, 2015)
Secagem vertical em tabuleiro (VTD) e Liofilização (DF)	Ameixa mexicana	Teor de humidade, a_w , reidratação e cor	O teor de humidade de equilíbrio foi atingido a 180 min e 240 min. O teor de humidade reduziu para valores abaixo dos 10% de humidade. A a_w diminuiu continuamente ao longo do tempo e não houve diferenças significativas entre VTD e DF. A secagem VTD causou um decréscimo significativo de a^* . Não foi observada diferença significativa no b^* entre amostras VTD e FD. Já ΔE foi afetado significativamente por VTD e FD. As amostras secas em VTD apresentaram menor diferença de cor em relação à amostra fresca.	(Muñoz-lópez et al., 2018)
Secagem por convecção de ar quente forçado 90°C	Cenoura, espinafres e beterraba	Humidade, teor de minerais, análises microbiológicas	Características físico-químicas dos vegetais desidratados não sofreram grandes alterações quando comparadas aos dos vegetais <i>in natura</i> .	(ZANATTA, SCHLABITZ, & ETHUR, 2010)

Capítulo 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo encontram-se descritas as matérias-primas utilizadas no desenvolvimento deste estudo e os processos de desidratação aplicados a estas, e as metodologias seguidas para as respetivas análises físico-químicas, de textura e sensoriais, nos diferentes processos de desidratação e no produto fresco. As análises físico-químicas aos diferentes produtos compreenderam os seguintes parâmetros: a_w , teor de humidade, teor de minerais, proteína, hidratos de carbono e fibra bruta. Determinou-se também a textura e a cor dos produtos em estudo.

O estudo de consumidor baseou-se num breve inquérito e uma análise sensorial, permitindo verificar qual o padrão de consumo, a aceitabilidade e preferência relativamente aos produtos desenvolvidos.

3.1. MATÉRIAS-PRIMAS

As matérias-primas usadas para o desenvolvimento deste estudo foram: tomate, nabo, curgete e pepino no estado fresco. Posteriormente foram submetidos a secagem por convecção de ar quente e a liofilização.

O tomate utilizado para o estudo, pertence ao produtor Hortinor com exploração localizada na zona de Viana do Castelo, sendo que o lote atribuído pela Pam, Lda a este produto com a parcela de campo TM6 e a variedade “Vinícius”, foi o 5711.

O nabo utilizado para o estudo, tem origem da exploração do produtor Alberto Salgado localizada na zona de Guimarães, com o lote 53 atribuído pela Pam, Lda, sendo ele da parcela de campo NB1 e a variedade “Pelésis”.

A curgete utilizada corresponde ao produtor Fernando Lopes com a exploração localizada na zona de Famalicão, com o lote 5768 atribuído pela Pam, Lda, sendo ele da parcela de campo CG3 e a variedade “Brilhante”.

Relativamente ao pepino pertence ao produtor Hortinor com a exploração localizada na zona de Viana do Castelo, com o lote 5173 atribuído pela Pam, Lda, da parcela de campo PP2 e a variedade “Carman”.

3.2. PROCESSOS DE DESIDRATAÇÃO

Como referido anteriormente, foram realizados dois processos de desidratação, a secagem por convecção de ar quente e a liofilização. De seguida são descritas as etapas realizadas em ambos os processos e ainda os respetivos fluxogramas (Figura 13 e 14).

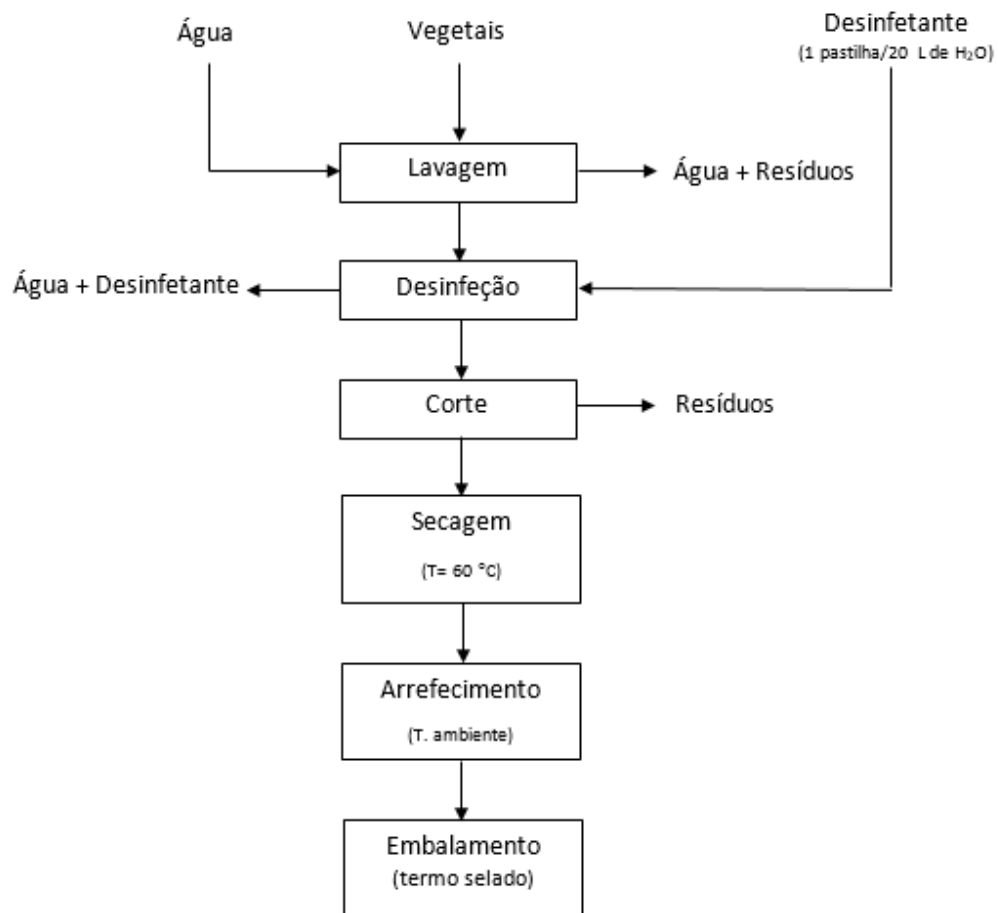


Figura 13 - Fluxograma do processo de secagem com convecção de ar quente.

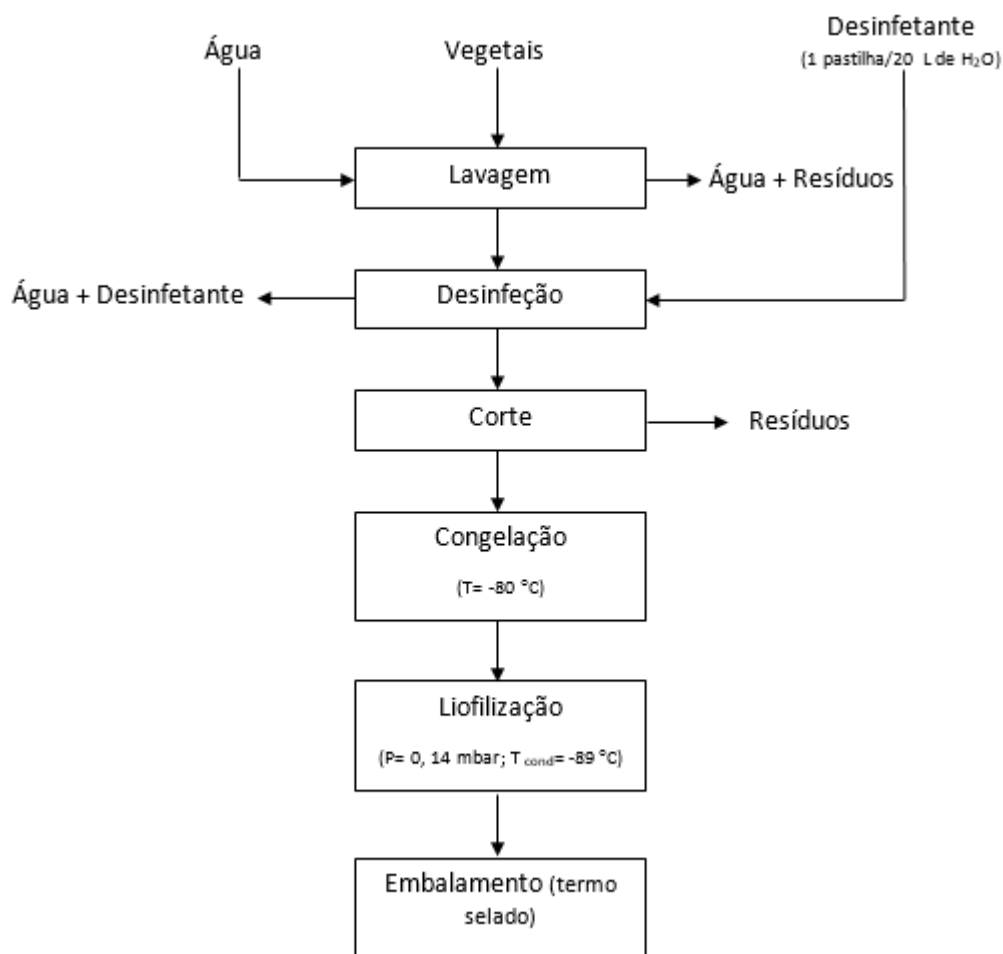


Figura 14 - Fluxograma do processo de liofilização.

3.2.1. PROCESSO DE SECAGEM POR CONVECÇÃO DE AR QUENTE

Os vegetais foram lavados em água corrente, desinfetados com pastilha de cloro estabilizado¹ (*Glow*, Portugal) numa concentração de cloro (150 ppm) (1 pastilha/20 L de água) durante 10 minutos. De seguida foram cortados numa laminadora com 4,5 mm de espessura e colocados em tabuleiros perfurados de aço inoxidável. Para a secagem foi utilizado um forno com convecção de ar quente *Fagor* (modelo Visual plus, Portugal) a uma temperatura de 60 °C e de seguida embalados hermeticamente (Figura 13).

¹ Pastilhas efervescentes para desinfecção de superfícies, incluindo as que estão ou não em contacto com alimentos, e também para a desinfecção de frutas, legumes e verduras. Pastilha de cloro estabilizado, contém um agente libertador de cloro que o torna muito eficaz.

Foram retiradas amostras de 2 em 2 h durante 12 h, para realizar a análise ao teor de humidade, a_w , cinzas, cor e textura. De modo a determinar o tempo de secagem para cada vegetal, efetuou-se uma análise estatística, usando o teste Anova e o posteriormente o teste de Tukey.

3.2.2. PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO

No caso do processo de desidratação por liofilização, as três primeiras etapas da Figura 13 repetem-se. Após o corte, os vegetais em estudo foram submetidos a congelação a uma temperatura de $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para a desidratação foi utilizado o Liofilizador *Christ Alpha1-2 LDplus*, durante 48 horas, a 0,7 Pa e de seguida embalados hermeticamente (Figura 14).

3.3. MÉTODOS ANALÍTICOS

Neste subcapítulo encontram-se descritos os métodos analíticos realizados aos diferentes produtos no estado fresco e após desidratação.

3.3.1. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras foram recolhidas nas instalações da Pam, Lda, sendo que foram selecionados lotes da produção dos sócios da Pam, de forma a valorizar o produto que não apresenta as características qualitativas exigidas pelos clientes, mas que apresentam condições para consumo ou para serem usados num processo que os valorizem.

Para a realização das análises de determinação de teor de humidade, teor de minerais, teor de hidratos de carbono, teor de fibra e teor de proteína, as amostras secas por convecção foram trituradas com um almofariz e as amostras liofilizadas, devido a serem higroscópicas, foram trituradas com uma picadora. De seguida foram embaladas em sacos de plástico termo selados e armazenadas num local protegido da luz e humidade (exsicador).

As amostras frescas foram trituradas num robot de cozinha da marca *Bimby* (modelo TM 31), ficando com aspeto de polpa (Figura 15). Para a análise de hidratos de carbono, proteína e fibra bruta, a amostra foi congelada de forma a usar sempre o

produto do mesmo lote. A polpa foi dividida em sacos de plástico termo selados e pesada, de seguida foi congelada a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. No momento da realização das análises das análises a realizar as amostras foram descongeladas durante 24 h a $6-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Após descongelação, as amostras foram pesadas novamente.

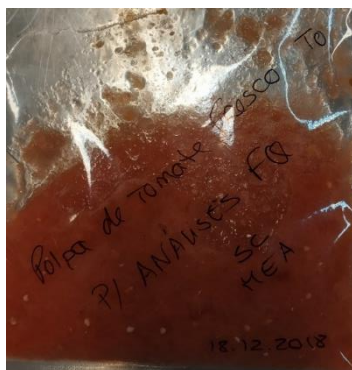


Figura 15 - Amostra do tomate fresco triturado para utilizar nas análises físico-químicas.

3.3.2. DETERMINAÇÃO DA HUMIDADE

O teor de humidade foi determinado pelo método AOAC 925.10: 2000. Foram pesadas na balança analítica (*Kern*, ACS 220-4), as amostras do produto fresco, com aproximadamente 3 g e 0,5 g, as amostras do produto desidratado, foram colocadas nos cadinhos, previamente secos e pesados na balança analítica (*Kern*, ACS 220-4). Posteriormente, as amostras foram introduzidas na estufa (*Heraeus*, UT6) a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$, procedendo-se à secagem durante 3 horas, até peso constante. Os resultados são apresentados em percentagem de humidade (base húmida). As análises foram realizadas em triplicado. No Apêndice II encontram-se os valores obtidos na determinação do teor de humidade dos quatro produtos.

3.3.3. DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE DA ÁGUA (a_w)

Para a determinação da atividade da água utilizou-se o medidor portátil *Pawkit* (*Decagon*, EUA). As amostras homogeneizadas foram colocadas nas cápsulas e procedeu-se à determinação da a_w , posicionando as mesmas no equipamento e registando os valores obtidos. As análises foram realizadas em triplicado. No Apêndice

II encontram-se os valores obtidos na determinação da atividade da água dos quatro produtos.

3.3.4. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CINZAS

Na determinação do teor de cinzas recorreu-se ao método AOAC 920.115E: 1995. As amostras, com aproximadamente 3 g de produto fresco e 0,5 g de produto desidratado, foram introduzidas na mufla (*Heraeus*, M110) ainda fria, para evitar a produção de fumos e perda de matéria, aumentando lentamente a temperatura de 50 °C até 550 °C. Depois de atingir a temperatura final, deixou-se calcinar durante quatro horas, para incineração completa da matéria orgânica. Os resultados são apresentados em percentagem de cinzas. As análises foram realizadas em triplicado. No Apêndice II encontram-se os valores obtidos na determinação do teor de cinzas dos quatro produtos.

3.3.5. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE HIDRATOS DE CARBONO

Na determinação do teor de Hidratos de Carbono recorreu-se ao método colorimétrico DNS (ácido 3,5-dinitrosalicílico), técnica descrita no *Analytical Chemistry of Foods* (James, 1995).

Para a preparação das amostras pesou-se aproximadamente 1,5 g no caso das amostras de produto fresco, e cerca de 0,2 g, para as amostras de produto desidratado. Hidrolisou-se com ácido sulfúrico (H_2SO_4 1,5 M). Prepararam-se, também, soluções padrão de glucose (0.25, 0.5, 1.0, 1.25 e 1.5 mg de glucose por ml).

Para a medição, leu-se a absorvância das diferentes amostras e soluções padrão de glucose a 540 nm no espectrofotómetro (*Varian Cary 50*) e registaram-se os resultados. Os resultados são apresentados em percentagem de peso seco. As análises foram realizadas em triplicado. No Apêndice III encontram-se os valores obtidos na determinação do teor de hidratos de carbono dos quatro produtos.

3.3.6. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE FIBRA BRUTA

Para a determinação do teor de Fibra Bruta recorreu-se ao método AOAC 962.09: 1995. Para tal, pesou-se 1 g a 3 g de cada amostra e procedeu-se à dissolução

sucessivamente em solução ácida, alcalina e com acetona. O resíduo não dissolvido constitui a fibra. Os resultados são apresentados em fibra bruta/100 g. As análises foram realizadas em triplicado. No Apêndice III encontram-se os valores obtidos na determinação do teor de fibra bruta dos quatro produtos.

3.3.7. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE PROTEÍNA

Para a determinação do teor em proteína recorreu-se ao método de Kjeldahl, descrito pela AOAC, método 955:04, 1995. Pesou-se 0,7 g a 2,2 g de cada amostra, nas amostras de produto fresco pesou-se cerca de 5 g. Efetuou-se uma digestão ácida da proteína, com duas pastilhas de catalisador, ácido sulfúrico, sulfato de potássio (K_2SO_4) concentrado. Após a digestão realizou-se uma destilação com hidróxido de sódio (NaOH), recolhendo o destilado numa solução de ácido bórico contendo reagente combinado. Por fim titulou-se com uma solução padrão de HCl, permitindo calcular a quantidade de azoto na amostra. A conversão do teor de azoto total em teor de proteína foi calculada com a utilização de um fator de conversão para vegetais, de 6,25 (Jones, Chemist, & Division, 1931). Os resultados são apresentados em percentagem de proteína bruta em peso seco. As análises foram realizadas em triplicado. No Apêndice III encontra-se descritos os resultados obtidos na determinação do teor de proteína dos quatro produtos.

3.3.8. TEXTURA

Para a análise da textura das diferentes amostras dos vários produtos foi utilizado um texturómetro TA.XT.plus (Stable Microsystems, Reino Unido) e uma sonda *Cylinder Probe P/4* em aço inoxidável (Figura 16). O registo de dados foi realizado através do *software "Exponent"*. Na Tabela 6 encontram-se as condições do ensaio utilizadas para a determinação da textura.



Figura 16 - Texturómetro TA.XT. plus e Sonda Cylinder Probe P/4

Tabela 6 - Condições do ensaio utilizadas na determinação da textura

Categorias	Valores	Unidades
Força	0,04903	N
Distância de penetração da sonda	1,5	mm
Velocidade de teste	0,50	mm/sec

Determinou-se a dureza das amostras através da força máxima (N), obtidas no textugrama (Figura 17). Os resultados são adquiridos através do *software* do equipamento (Figura 18) e submetidos a tratamento estatístico de forma a obter os dados relativos aos parâmetros de dureza das amostras analisadas. Foram analisadas 3 amostras de cada tempo de produto, e em cada uma efetuaram-se duas determinações, perfazendo um total de seis determinações para cada tempo de secagem.

Para o processo de secagem por convecção de ar quente, cada tempo corresponde 2 h de processo, até perfazer 12 h. Na liofilização apenas foi determinado ao fim das 48 h de processo.

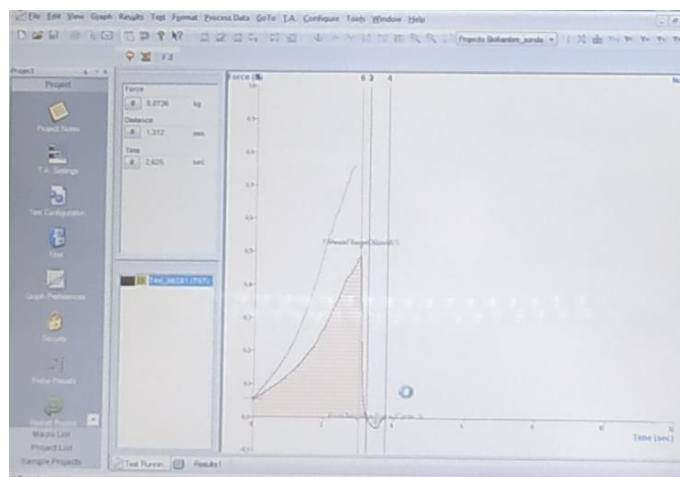


Figura 17 – Gráfico característico de um ensaio, textugrama, o qual corresponde ao ensaio TSC2H.

A partir da informação obtida do textugrama, representado na Figura 18, é possível retirar o parâmetro dureza. Os resultados obtidos através do texturómetro na determinação da dureza encontram-se no Apêndice IV.

3.3.8.1. DETERMINAÇÃO DA DUREZA

O parâmetro dureza é obtido a partir do cálculo da força máxima correspondente ao pico máximo (P1) (N.º 1 na Figura 18), expressa em Newton.

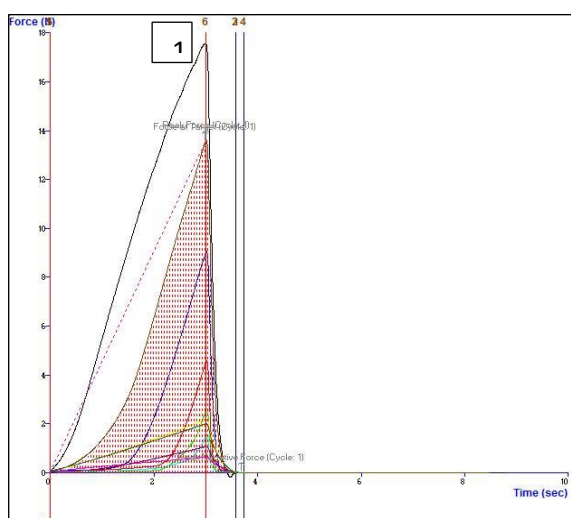


Figura 18 – Textugrama (exemplo de gráfico obtido)

3.3.9. DETERMINAÇÃO DA COR

Para a análise colorimétrica das diferentes amostras foi utilizado o colorímetro (*Minolta CR-300*) (Figura 19) segundo o método L^* , a^* , b^* , o que permite calcular a tonalidade, saturação e luminosidade do produto.

A CIE (Comission Internationale de l'Eclairage) desenvolveu modelos de cor CIE que permitem representar numericamente as cores que as pessoas, com a visão normal, conseguem ver. O método L^* a^* e b^* significa: L – Luminosidade define a cor relativamente a ser mais clara ou mais escura ((0) preto e o (100) branco), a^* - Tom define a tonalidade da cor ((-a) verde e o (+a) vermelho) e b^* - Saturação define a intensidade ou pureza da cor ((-b) azul e o (+b) amarelo) (Çaglayan & Mazi, 2018).



Figura 19 - Colorímetro (*Minolta CR-300*)

Previamente à determinação da cor das amostras, procedeu-se à calibração do equipamento através da placa de calibração. Posteriormente mediram-se os parâmetros de cor das amostras com o medidor posicionado no centro das mesmas, registando os valores (L^* , a^* , b^*) obtidos. Para cada amostra realizaram-se três medições (Zhang et al., 2018). No caso das amostras secas através da secagem por convecção por ar quente, foram realizadas três medições de duas em duas horas, ao longo das catorze horas de secagem. No caso das amostras liofilizadas foram realizadas três medições no tempo inicial e final (48 h). Os resultados obtidos das medições dos parâmetros L^* a^* e b^* encontram-se no Apêndice V.

3.4. ESTUDO DE CONSUMIDOR

Foram realizados testes de aceitabilidade e de preferência, e ainda uma análise dos dados do estudo com consumidores para caracterizar demograficamente e geograficamente, e aferir o seu padrão de consumo, relativamente ao produto desenvolvido. A estrutura do estudo realizado (inquérito, teste de aceitabilidade e de preferência) apresenta-se no Apêndice I.

O produto desenvolvido foi devidamente identificado, as amostras foram codificadas com atribuição aleatória de números constituídos por 3 dígitos, como se pode verificar na Tabela 7.

Tabela 7 - Codificação das amostras

Código da amostra	Identificação da amostra
420	Tomate seco
685	Tomate liofilizado
716	Nabo seco
953	Nabo liofilizado
842	Curgete seco
213	Curgete liofilizado
521	Pepino seco
138	Pepino Liofilizado

3.4.1. REPRESENTAÇÃO DA AMOSTRAGEM E DESCRIÇÃO DO INQUÉRITO

No estudo participaram 101 pessoas, sendo 40 homens e 61 mulheres. Este estudo baseia-se num pequeno inquérito de resposta fechada, composto por 12 questões, divididas em 3 secções nomeadamente, caracterização demográfica e socioeconómica (3 questões) e padrão do consumidor (9 questões). Da 1ª à 3ª questão,

o objetivo foi recolher informação sobre o consumidor, sexo, idade e distrito, sendo sempre o questionário anónimo. As questões (da 4ª a 12ª) visaram recolher informação acerca do padrão de consumo relativamente a produtos semelhantes ao desenvolvido neste estudo, as características que o consumidor considera mais relevantes e o interesse em consumir um *snack* saudável de legumes desidratados 100% natural.

Em simultâneo com o inquérito, os consumidores realizaram um teste de aceitabilidade e preferência do produto desenvolvido neste trabalho, considerado a secção C do estudo.

3.4.2. PADRÃO DE CONSUMO

No estudo com consumidores, foi realizado um inquérito aos hábitos de consumo de *snacks* saudáveis, em especial, consumo de frutas/legumes desidratados, no sentido de se apurar informação sobre a posição do consumidor relativamente a estes produtos.

3.4.3. TESTE DE ACEITABILIDADE

Cada consumidor recebeu 8 amostras, 2 amostras de cada legume em estudo, uma desidratada por secagem e uma liofilizada, apresentadas simultaneamente, codificadas com três algarismos aleatórios. A aceitabilidade do consumidor foi avaliada, de uma forma global, usando uma escala hedónica de 9 pontos (1 – extremamente desagradável a 9 – extremamente agradável) (Peryam et al., 1957). As amostras foram codificadas com 3 dígitos aleatórios. A ficha de prova encontra-se no Apêndice I.

3.4.4. TESTE DE PREFERÊNCIA

Relativamente ao teste de preferência, cada consumidor posteriormente ao teste de aceitabilidade de cada legume teve que referir qual das duas amostras (seco por convecção de ar quente e liofilizado) preferiu, indicando o código da amostra.

Terminando a prova de todas as amostras de legumes, segue-se um teste de preferência, na qual, de uma forma geral, usando uma escala de ordenação de 1 a 4, do legume que mais gostou para o que menos gostou, respetivamente. Ainda foram feitas 2 perguntas: qual o código que compraria para consumir como um legume e se estaria

disposto a comprar uma embalagem com um mix dos 4 legumes desidratados em estudo.

3.4.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os resultados obtidos da avaliação das características físico-químicas e sensoriais foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA), a 95% de confiança, para comparação de médias de cada parâmetro. As diferenças das médias das várias amostras foram comparadas por o teste Tukey, também, a 95% de confiança. O programa estatístico utilizado foi o Statistica da StatSoft versão 7.

Capítulo 4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo encontra-se dividido em vários subcapítulos, nos quais se faz a análise dos diferentes resultados obtidos durante os ensaios realizados. A realização deste trabalho teve como principais objetivos a caracterização físico-química, avaliação das características reológicas e a aceitabilidade/preferência do consumidor.

4.1. EFEITO DE SECAGEM NOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

4.1.1. TEOR DE HUMIDADE

Os vegetais são alimentos com teores de humidade elevados, no entanto depois de aplicado o processamento de desidratação o teor de humidade diminui significativamente, cerca de 80-90%, dependendo dos alimentos (Bogosavljevic, 2015).

O conceito de teor de humidade nos alimentos e o conceito de atividade da água são completamente diferentes. Sendo que alguns alimentos podem ter teor de humidade semelhantes, mas ter valores de a_w muito diferentes (FSAI, 2014). O teor de humidade indica a quantidade de água total presente no alimento, mas não indica se a água está ligada à matriz sólida ou se encontra livre. A humidade e a atividade da água são parâmetros importantes pois definem a vida útil e a segurança alimentar (Belitz et al., 2009). A humidade existente neste tipo de alimentos faz parte integrante da sua estrutura ou encontra-se aprisionada no interior das fibras ou poros internos, o que pode reduzir a pressão de vapor, e consequentemente a remoção da humidade (McCabe, Smith, & Harriott, 1993).

Na Figura 20 é possível observar os resultados obtidos para o teor de humidade ao longo das 12 horas de secagem (curva de secagem), nos produtos tomate, nabo, curgete e pepino.

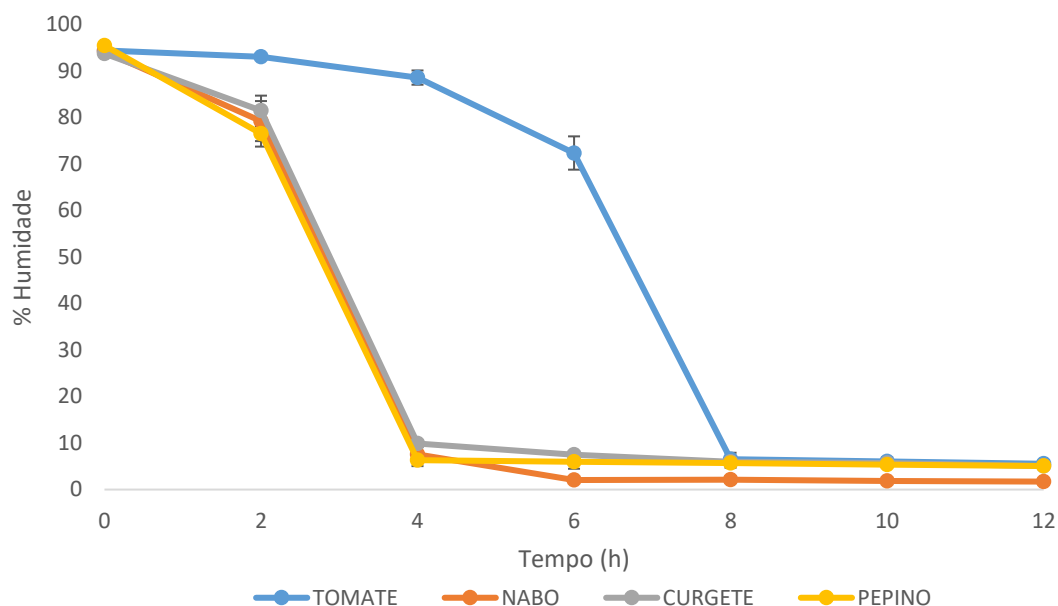


Figura 20 - Curva de secagem do tomate, nabo, curgete e pepino pelo método de secagem por convecção de ar quente. Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=3$.

Pela análise dos resultados, observa-se que o teor de humidade diminuiu acentuadamente, nas primeiras 4 horas por SC, havendo uma diminuição de aproximadamente 90%, em relação ao valor de humidade inicial, exceto no caso do tomate, que só após 8 horas de SC é que atingiu 90% do valor inicial. Este comportamento pode dever-se ao facto de este vegetal apresentar uma grande quantidade de sementes o que dificulta o processo de transferência de massa, água, da desidratação. Camargo & Ora (2000) concluiu que o tomate com sementes demorou mais tempo do que o tomate sem sementes durante a desidratação com ar quente a 70 °C. Portanto, as sementes presentes nos alimentos podem influenciar a cinética e a taxa de secagem.

Pela análise da Figura anterior (Figura 20) observa-se que há uma estabilização do teor de humidade a partir das 4 horas de SC para todos os vegetais em estudo, exceto no caso do tomate, o qual estabiliza após as 8 horas de secagem ($p < 0,05$).

De forma a verificar qual o tempo ideal de secagem por convecção, dos vegetais em estudo, realizou-se uma análise de variância, seguida de um teste de Tukey, mostrando assim o tempo em que já não se observam diferenças estatisticamente significativas. Assim no presente estudo, verificou-se que a partir de 4 h de secagem não existem diferenças no teor de humidade, exceto na curgete e no tomate, que só após as 6 horas e 8 horas de SC, respetivamente, é que se verificam diferenças significativas. Assim sendo, foi possível determinar que para o nabo, o pepino, a curgete e o tomate, o tempo ideal de secagem é de 4 h, 4 h, 6 h e, 8 h, respetivamente.

O vegetal com maior de perda de água, no caso da SC, foi o pepino, pois conseguiu uma redução de 93,4% ($p < 0,05$). O nabo apresentou a menor percentagem de perda de água 91% ($p < 0,05$).

De forma a analisar a cinética de secagem, calculou-se a taxa de secagem instantânea ao longo do tempo a partir dos dados da Figura 20 (Figura 21).

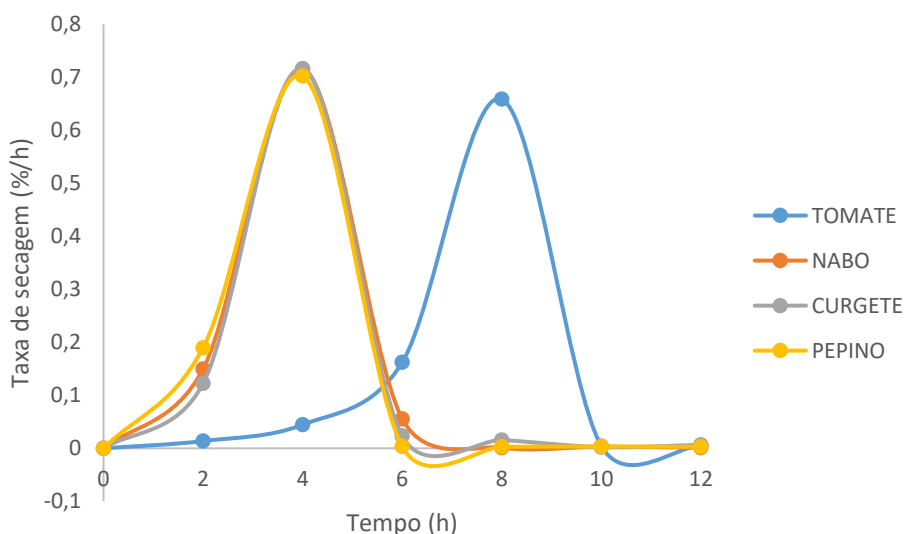


Figura 21 - Curva da taxa de secagem por convecção em função do tempo para os 4 vegetais em estudo.

Pela análise da Figura 21 verifica-se que a taxa de secagem do nabo, da curgete e do pepino aumentou até 4 h de secagem atingindo o seu valor máximo de 0,7 (%/h). No caso do tomate, o valor máximo de secagem atingiu-se após 8 h, 0,65 (%/h), diminuindo de seguida. Para todos os vegetais verifica-se que depois de atingido a taxa máxima de secagem esta apresenta uma diminuição e posterior estabilização. Estes resultados demonstram que a partir de um certo momento a perda de água é residual,

o que pode significar que não há necessidade do produto continuar na câmara de convecção.

Na Figura 22 é possível observar os resultados obtidos para o teor de humidade no final das 48 h do processo de liofilização, dos produtos tomate, nabo, curgete e pepino.

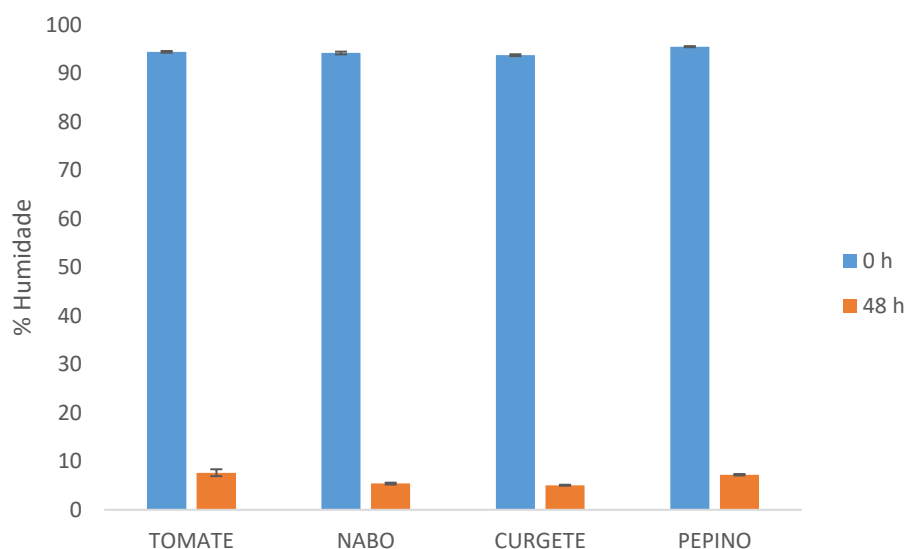


Figura 22 – Variação de secagem do tomate, nabo, curgete e pepino após o método de liofilização.

Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=3$.

Tal como esperado, verifica-se que ao fim de 48 horas o teor de humidade nos vegetais em estudo, diminui atingindo percentagens de humidade que variam entre 8% e 5%. Sendo que o vegetal com maior capacidade de desidratação foi o nabo, com uma diminuição de 94% e com menor capacidade, o tomate, com uma redução do teor de humidade de 91%.

Na Figura 23 é possível comparar os teores de humidade inicial (vegetais frescos) e final (após os respetivos processos de desidratação) obtidos para os vegetais no estudo.

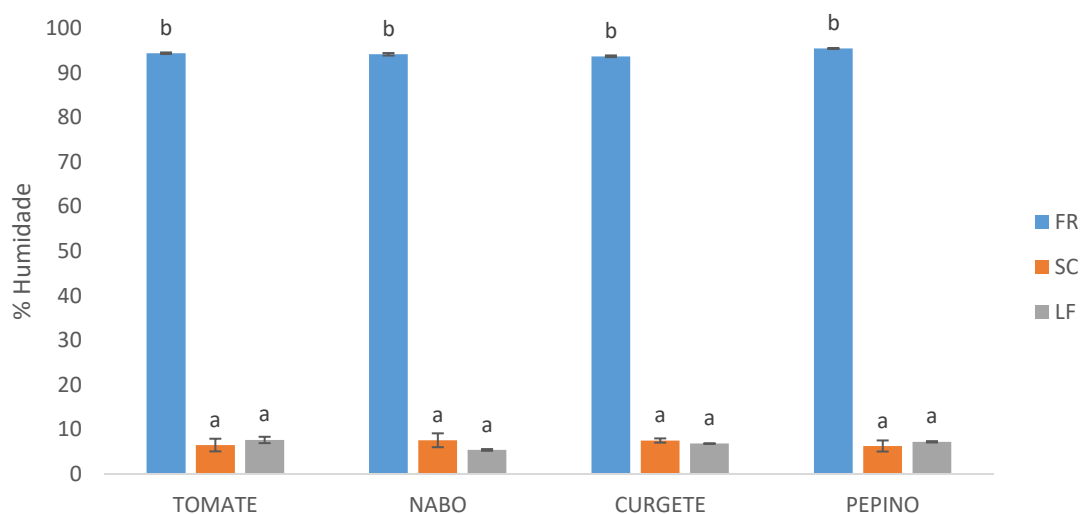


Figura 23 - Variação do teor de humidade dos vegetais frescos (FR) e dos desidratados por secagem por convecção de ar quente (SC) e por liofilização (LF).

Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=3$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na Figura 23 verifica-se que, após o processo de desidratação, o teor de humidade diminui acentuadamente. O teor de humidade final obtido para o tomate, nabo, curgete e pepino desidratado por SC foi de $6.50 \pm 1.42\%$, $7.57 \pm 1.56\%$, $7.51 \pm 0.47\%$ e $6.29 \pm 1.25\%$, respetivamente (Apêndice VI).

No caso do processo de liofilização, ao fim de 48 horas, para o tomate, nabo, curgete e pepino obtiveram-se os seguintes valores: $7.64 \pm 0.71\%$, $5.40 \pm 0.19\%$, $6.82 \pm 0.09\%$ e $7.22 \pm 0.15\%$, respetivamente. Os resultados mostraram que não houve diferenças estatisticamente significativas no teor de humidade obtido, para cada um dos vegetais, entre os dois processos de desidratação, SC e LF ($p > 0,05$).

Também Amezquita et al. (2018) no seu estudo com cascas de laranja, manga e pera espinhosa obteve resultados de teor de humidade, após o processo de liofilização e o processo de secagem por convecção de ar quente, inferior a 10% (entre 1,3 a 3,5%). Concluiu que entre os processos de desidratação estudados não se verificaram diferenças estatisticamente significativas na casca de manga ($p < 0,05$), tal como se conclui neste trabalho (Amezquita et al., 2018).

4.1.2. ATIVIDADE DA ÁGUA

A conservação/deterioração dos alimentos depende da sua constituição, sendo a água um componente muito relevante. Num alimento é possível encontrar duas formas de água: água livre e água combinada. A água livre permite o desenvolvimento dos microrganismos, estando associada ao termo de atividade da água (a_w). A água combinada está ligada ao substrato sendo de difícil eliminação. A atividade da água varia entre 0 e 1, o valor “0” indica que a água livre se encontra ausente e “1” indica que a água livre se encontra totalmente disponível (água pura) (Sahin & Sumnu, 2006).

Nos alimentos com valores de $a_w > 0,90$, o crescimento microbiológico tem uma velocidade elevada e as reações químicas e enzimáticas têm velocidades, consideravelmente, reduzidas. Quando a a_w se encontra entre 0,40 e 0,80 ocorrem reações químicas e enzimáticas rápidas. Para valores de a_w inferiores a 0,30 o desenvolvimento microbiológico não se verifica (Castro, 2003).

Os resultados obtidos na análise à atividade da água ao longo do tempo de secagem, por convecção, para cada vegetal encontram-se descritos na Figura 24.

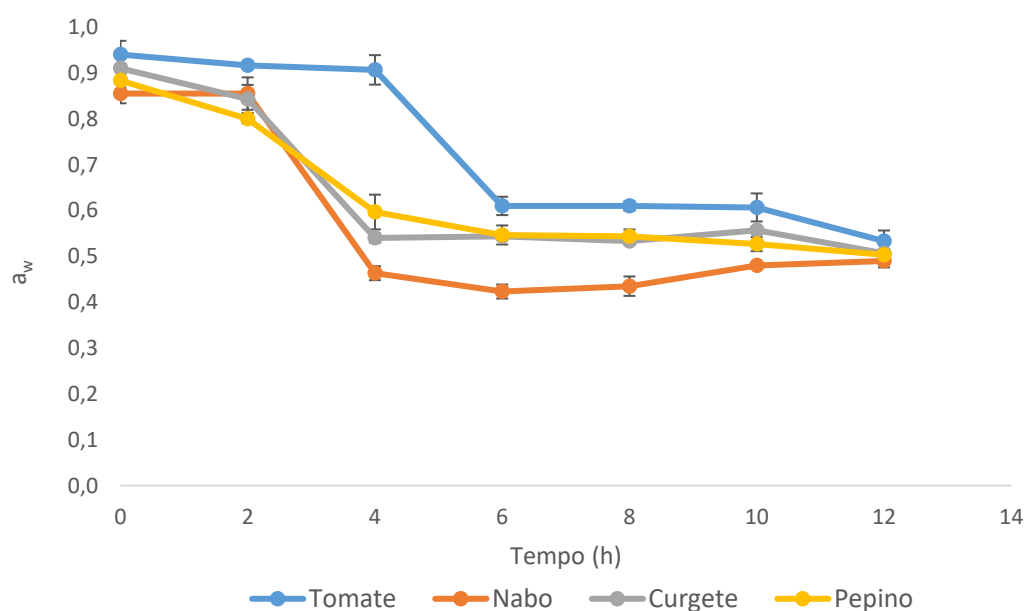


Figura 24 - Variação do teor de a_w ao longo do tempo do processo de SC. Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=3$.

Através da Figura 24 verifica-se que a atividade da água diminuiu ao longo do tempo, tal como era esperado, uma vez que a água disponível diminui à medida que o

tempo de desidratação aumenta. Zielinska et al., 2018 desidrataram *Cranberries* por secagem, por convecção de ar quente, a 60 °C. Ao fim de 140 horas a atividade da água era de 0,335. A a_w deste fruto fresco é de 0,965. O que indica que este processo reduziu cerca de 65 % o valor da a_w inicial. No presente trabalho a SC reduziu a a_w entre 30 a 50 %, sendo que o vegetal que obteve menor valor de a_w final foi o nabo e maior, o tomate.

Na Figura 25 encontram-se os resultados obtidos para a atividade da água após o processo de liofilização, ao fim de 48 horas, para os quatro vegetais em estudo.

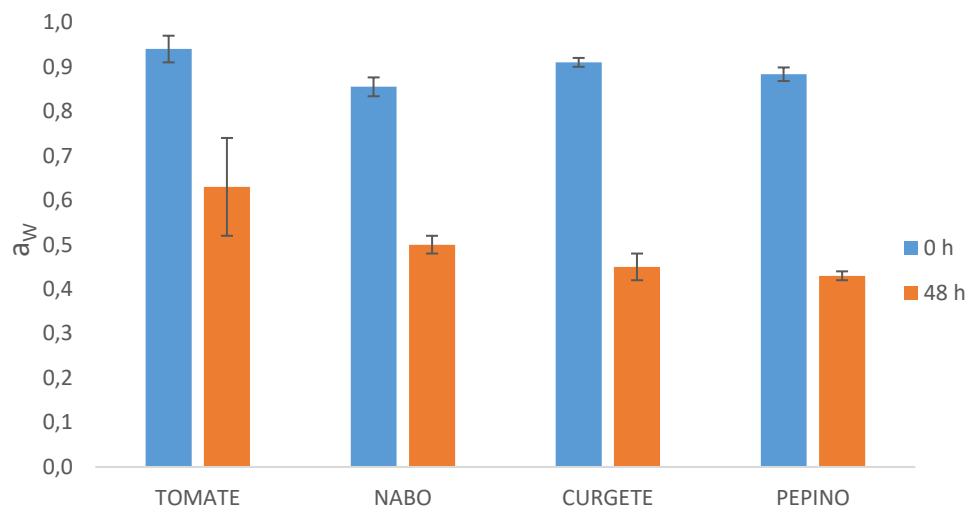


Figura 25 - Variação do teor de a_w após o processo de LF. Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=3$.

Nesta figura verifica-se que a atividade da água diminuiu entre 30% e 50% para o tomate e o pepino, respetivamente. O legume com um maior valor de a_w foi o tomate (0,63) e o legume com valor de a_w foi pepino (0,43) ($p<0,05$).

Na Figura 26, comparam-se os valores da a_w dos quatro vegetais em estudo, no estado fresco e após desidratação, pelos dois métodos.

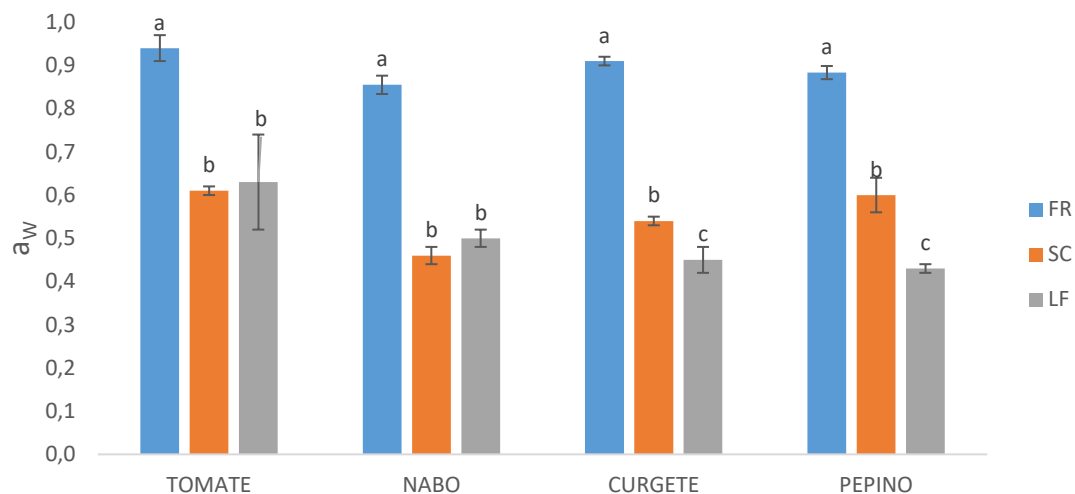


Figura 26 - Variação da atividade da água (a_w) do tomate, nabo, curgete e pepino, em fresco (FR) e após processos de desidratação (SC e LF).

Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=3$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Comparados ambos os processos de desidratação (Figura 26), conclui-se que a curgete e o pepino desidratados por LF apresentam valores de a_w inferiores à secagem por convecção ($p < 0,05$). Pelo contrário, no caso do tomate e do pepino, verifica-se que os valores de a_w , para ambos os métodos, não apresentam diferenças significativas ($p > 0,05$).

Segundo Barajas, Cortes-Rodríguez, Rodríguez-Sandoval (2012) e Henríquez, Almonacid, Lutz, Simpson, Valdenegro (2013), alimentos com valores de a_w inferiores a 0,6 e um teor de humidade de aproximadamente 0,18-0,20 g H_2O /g sólido seco pode ser considerado seguro e estável relativamente ao crescimento microbiano, e alterações enzimáticas, químicas e físicas, as quais podem levar à deterioração dos alimentos durante o armazenamento (Muñoz-lópez et al., 2018). Os valores obtidos neste trabalho, para ambos os métodos de secagem, garantem a estabilidade microbiológica dos vegetais em estudo.

4.1.3. TEOR DE CINZAS

A determinação do teor de cinzas dos alimentos é importante, pois este parâmetro é indicativo da presença de minerais. Sabe-se que a qualidade de muitos

alimentos depende da concentração e do tipo de sais minerais (cálcio, fósforo, ferro, magnésio) que os constituem.

Na Figura 27 é possível observar os resultados do teor de cinzas obtidos para os quatro vegetais após desidratação.

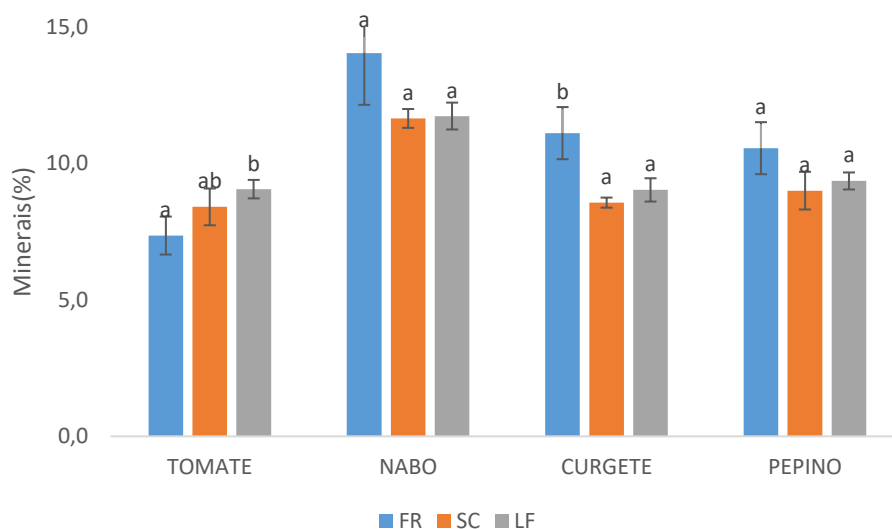


Figura 27 -Variação do teor de cinzas dos vegetais FR e dos desidratados por SC e LF.

Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=3$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Através da Figura anterior verifica-se que não existem diferenças estatisticamente significativas entre o teor de cinzas obtido para ambos os métodos de desidratação. O nabo apresenta os valores de teor de cinzas mais elevado comparativamente aos outros legumes em estudo, no seu estado fresco $14,05 \pm 1,90\%$, após secagem por convecção, $11,65 \pm 0,35\%$, e após liofilização $11,74 \pm 0,49\%$.

A desidratação de um modo geral não alterou o conteúdo final de cinzas dos dois vegetais, quando comparado com os vegetais frescos ($p < 0,05$), exceto no caso da curgete e do tomate. O tomate fresco apenas diferenciou-se do tomate liofilizado, o liofilizado influenciou positivamente, enquanto a curgete diferenciou-se de ambos os métodos de desidratação negativamente. No geral, os processos de desidratação mantiveram a qualidade nutricional dos legumes desidratados. Comparando ambos os processos de desidratação verifica-se que não existem diferenças estatisticamente

($p>0,05$) entre eles. Amezquita et al. (2018) obteve o mesmo resultado na casca de pera espinhosa.

4.1.4. TEOR DE HIDRATOS DE CARBONO

Os hidratos de carbono são classificados em monossacarídeos, dissacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos. A principal função dos hidratos de carbono é fornecer energia, no entanto também desempenham um papel importante na estrutura e função dos órgãos e das células nervosas (Asif et al., 2011). Nos vegetais os hidratos de carbono mais representativos são os monossacarídeos, segundo as tabelas nutricionais do INSA, 2019.

Na Figura 28 é possível observar o teor de hidratos de carbono obtidos nos vegetais em estudo após os processos de desidratação. Verifica-se que os valores de hidratos de carbono para os vegetais frescos são semelhantes aos da tabela do INSA, 2019 (Capítulo 2 - Tabela 1, 2, 3 e 4).

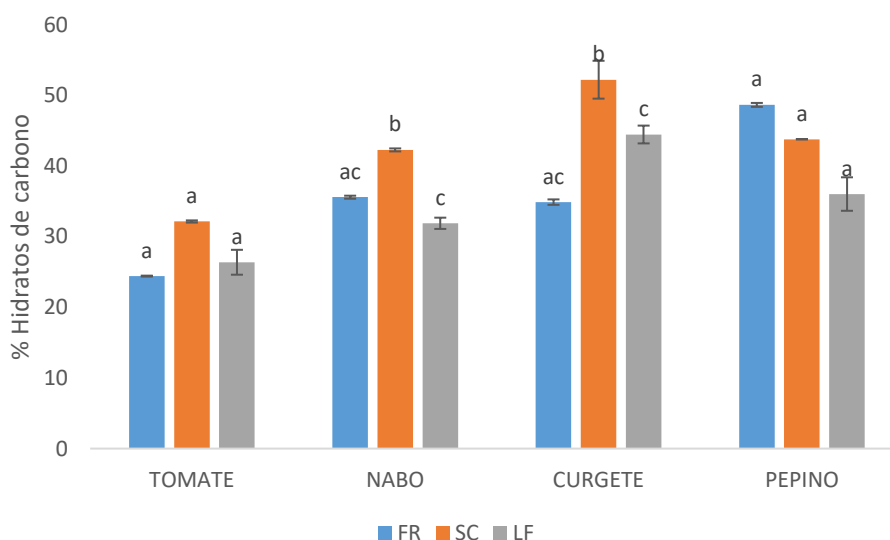


Figura 28 - Variação do teor de hidratos de carbono dos vegetais FR e dos desidratados por SC e LF. Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=3$. Valores com letras diferentes, no mesmo vegetal, são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Através da Figura anterior, é possível verificar que, no caso do nabo e da curgete, o método de secagem por convecção de ar quente apresentou maior percentagem de hidratos de carbono quando comparado com o método de liofilização ($p < 0,05$). Pelo

contrário, no caso do pepino e do tomate não se verificam diferenças entre os dois processos de desidratação aplicados ($p>0,05$). Também Amezquita et al. (2018), encontrou na casca de manga e na casca de pera espinhosa, valores superiores de teor de hidratos de carbono pelo método de secagem por convecção de ar quente. Verifica-se ainda que não existem diferenças estatisticamente significativas ($p>0,05$), entre o teor de hidratos de carbono dos vegetais frescos e após desidratação por liofilização. Pelo contrário o teor em hidratos de carbono no nabo e curgete seco com ar quente é superior ao dos vegetais frescos ($p<0,05$). No caso da curgete o teor em hidratos é $52,21\pm2,68\%$ e no nabo é $42,27\pm0,21\%$. Estes resultados indicam maior riqueza nutricional ao nível destes vegetais após desidratação por secagem.

4.1.5. TEOR DE FIBRA BRUTA

Segundo o Regulamento (CE) nº 1924/2006 para se alegar que um alimento é “fonte de fibra” tem de conter no mínimo, 3 g de fibras por 100 g do alimento ou, pelo menos, 1,5 g de fibras por 100 kcal. No entanto, para se alegar que um alimento é “rico em fibras” tem de conter, no mínimo, 6 g de fibras por 100 g do alimento ou, pelo menos, 3 g de fibras por 100 kcal.

Na Figura 29 é possível verificar o teor de fibra por 100 g de alimento para cada vegetal em fresco e após os processos de desidratação.

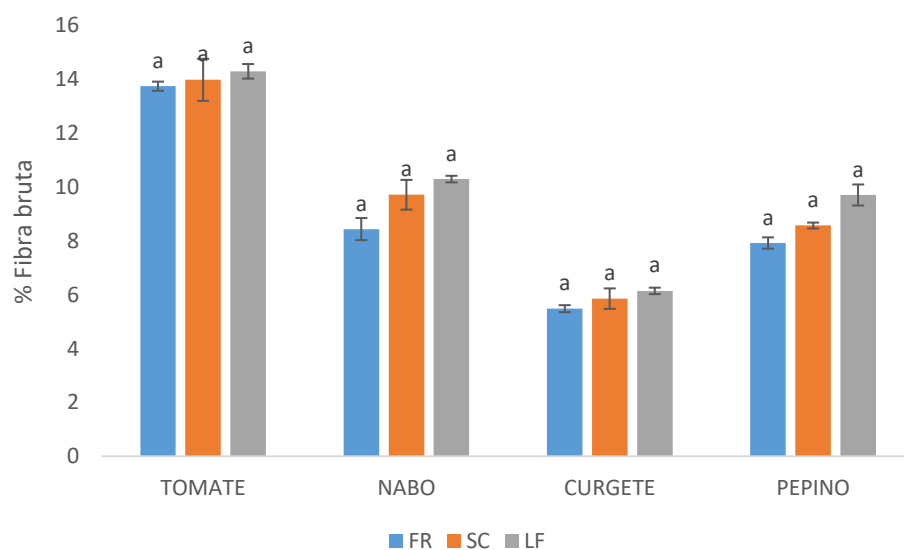


Figura 29 - Variação do teor de fibra bruta dos vegetais FR e dos desidratados por SC e LF.

Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=3$. Valores com letras diferentes, no mesmo vegetal, são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

De acordo com a Figura anterior, verifica-se que o tomate e nabo apresentam teor de fibra superior aos restantes vegetais. Verifica-se ainda que, para todos os vegetais, não existem diferenças estatisticamente significativas entre os resultados obtidos nos dois métodos de desidratação. Pelo contrário, Amezquita et al. (2018) obteve um teor de fibra bruta, em casca de laranja inferior no método de secagem por convecção de ar quente.

Através dos resultados obtidos verifica-se também que não existem diferenças estatisticamente significativas entre os vegetais frescos e desidratados. O que quer dizer que a desidratação não influenciou o teor de fibra dos vegetais ($p>0,05$), independentemente do método utilizado, tal como concluído por Amezquita et al. (2018) com a casca de manga.

Assim, com os resultados obtidos constata-se que se pode aplicar as alegações “fonte de fibra” e “rico em fibras” indicadas no Regulamento (CE) nº 1924/2006 a todos os vegetais desidratados, exceto na curgete desidratada pelo método de secagem por convecção que apresenta menos de 6g de fibra /100g de alimento.

4.1.6. TEOR DE PROTEÍNA

Relativamente à quantidade de proteína, num alimento e segundo o Regulamento (CE) nº 1924/2006 para se poder usar a alegação “fonte de proteína”, pelo menos 12% do valor energético do alimento tem de ser fornecido por proteína. Também, só pode ser feita a alegação “rico em proteínas” quando, pelo menos, 20% do valor energético do alimento for fornecido por proteínas (Regulamento (CE) nº 1924/2006).

O teor de proteína por 100 g de alimento para cada vegetal fresco e após desidratação encontra-se na Figura 30. Através desta Figura verifica-se que o tomate e a curgete frescos apresentam os valores mais elevados de proteína (Apêndice III).

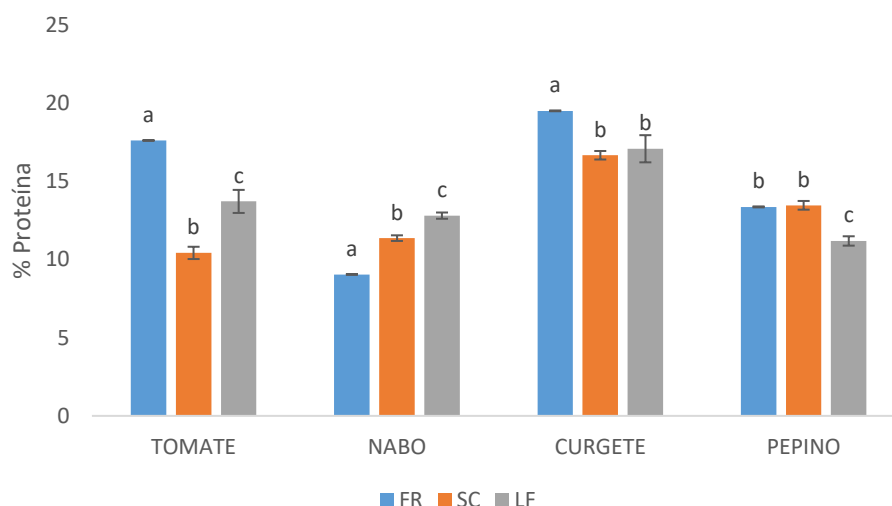


Figura 30 - Variação do teor de proteína dos vegetais FR e dos desidratados por SC e LF.

Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=3$. Valores com letras diferentes, no mesmo vegetal, são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Pela análise da Figura 30, verificou-se ainda que a liofilização promoveu maior teor de proteína comparativamente à secagem por convecção, para todos os vegetais, com exceção do pepino, isto pode dever-se ao facto do pepino ser o vegetal em estudo com menos monossacarídeos e dissacarídeos. Estes açúcares ajudam na conservação de proteínas durante o processo de liofilização, uma vez que neste processo o produto é sujeito a condições agressivas como a congelação e desidratação que podem desnaturar as proteínas (Crowe, Reid, & Crowe, 1996). No caso da curgete não existem diferenças entre as duas técnicas de desidratação aplicadas. Estes resultados vão de encontro dos obtidos por Amezcua et al. (2018) em pera espinhosa liofilizada.

Após a desidratação, no caso do tomate e da curgete o teor de proteína diminui, possivelmente devido à desnaturação de proteínas da casca ($p < 0,05$). Entre os processos de desidratação houve diferenças significativas ($p < 0,05$), com a exceção da curgete ($p > 0,05$). O mesmo foi obtido por Amezcua et al. (2018) com a casca de laranja e a casca de pera espinhosa.

Verifica-se ainda que, em todos os vegetais desidratados, com a exceção do tomate desidratado por SC, pode-se aplicar a alegação “fonte de fibra”, pois a proteína representa mais de 12% do valor energético. Deste modo, constata-se que as seguintes alegações “As proteínas contribuem para o crescimento da massa muscular”, “As proteínas contribuem para a manutenção da massa muscular” e “As proteínas contribuem para a manutenção de ossos normais”, indicadas no Regulamento (UE) N° 432/2012, também se podem aplicar em alguns dos vegetais.

Na generalidade das análises físico-químicas realizadas verificou-se um destaque dos hidratos de carbono, cinzas, proteína e fibra alimentar em comparação aos produtos frescos. Também Filho, Eidam, & Vinicius (2011) obtiveram resultados semelhantes na farinha de beterraba desidrata por convecção de ar quente forçado, apresentando um teor destacado para a fibra alimentar, hidratos de carbono, proteína, minerais, e reduzido para a gordura.

ZANATTA et al. (2010) produziram farinhas de vegetais a partir de produto “não conforme” (beterraba, cenoura e espinafre) e ao avaliarem os parâmetros nutricionais concluíram que os vegetais desidratados não sofreram alterações significativas quando comparados com vegetais *in natura*. Guiné, Pinho, & Barroca (2011) verificaram que a desidratação de abóbora com circulação de ar em estufa diminuiu o teor de açúcares totais, fibras e proteínas comparativamente ao produto fresco.

4.1.7. TEXTURA

Segundo diversos autores a textura pode definir-se da seguinte maneira: “a manifestação sensorial e funcional da estrutura, propriedades mecânicas e de superfície dos alimentos detetados através dos sentidos da visão, audição, tato e cinestesia ” (Szczesniak, 2002).

A dureza pode ser definida como a força necessária para atingir uma determinada deformação (Szczesniak, 2002). A dureza dos vegetais foi calculada a partir da análise dos gráficos obtidos durante o procedimento experimental (Apêndice IV).

Na Figura 31 é possível observar a dureza obtida para os diferentes vegetais, fresco e pela aplicação dos dois métodos de desidratação.

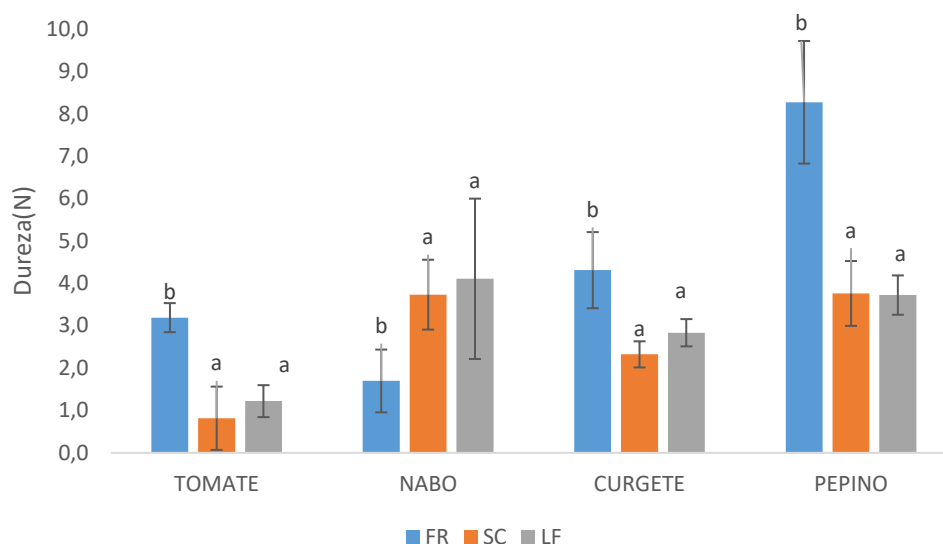


Figura 31 - Variação dos valores de dureza dos vegetais FR e dos desidratados por SC e LF. Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=3$. Valores com letras diferentes, são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Através da Figura anterior verifica-se que a dureza dos vegetais diminuiu após desidratação, com exceção do nabo. Apesar do nabo fresco apresentar uma textura muito uniforme e dura, a força necessária para penetrar o vegetal fresco é menor do que após desidratação, uma vez que fica com uma textura muito esponjosa e dura. Os restantes legumes frescos apresentam uma textura mais coesa e firme, sendo necessária uma força superior para penetrar. O tomate foi o vegetal que apresentou menor dureza, após os métodos de desidratação.

Através dos resultados verifica-se ainda que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os dois processos de desidratação (SC e LF) ($p > 0,05$). Verifica-se também que a liofilização aumentou a dureza dos vegetais comparativamente à secagem por convecção, exceto no pepino ($p < 0,05$).

Os dados obtidos relativamente à dureza mostram que não existem diferenças entre as técnicas de desidratação, tal como Gonçalves (2015) concluiu na framboesa e

na melancia desidratadas por liofilização e secagem convencional. No entanto, na Figura 31 verifica-se um desvio padrão bastante elevado para este parâmetro, isto poderá dever-se à fina espessura das amostras obtida após a desidratação, e segundo Silva, (1973) também se pode dever à variabilidade da qualidade dos frutos dentro do mesmo lote (Gonçalves, 2015).

4.1.8. COR

A cor dos alimentos é das primeiras características a ser observada pelo consumidor, influenciando a aceitabilidade dos produtos. No caso dos legumes/fruta desidratados, a cor pode ser alterada devido aos métodos utilizados para a sua obtenção, causando descoloração e escurecimento durante a secagem, podendo ser resultado da destruição da clorofila, de reações de oxidação, e de reações de Maillard. A reação de Maillard é uma reação química que ocorre entre açúcares redutores e os aminoácidos das proteínas, o que promove o aparecimento da cor acastanhada (Zhang et al., 2018).

Os parâmetros L* a* e b* do tomate, nabo, curgete e pepino podem ser observados nas Figuras 32, 33 e 34, respetivamente.

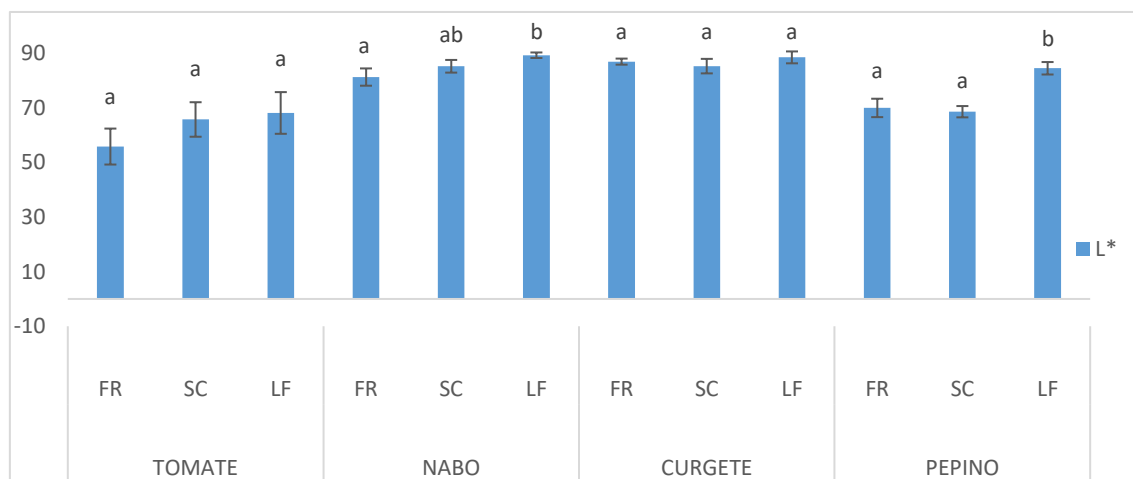


Figura 32 - Variação dos valores de L* dos vegetais no seu estado fresco (FR) e após métodos de desidratação (SC e LF). Valores médios $\pm$ desvio padrão para n=3. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

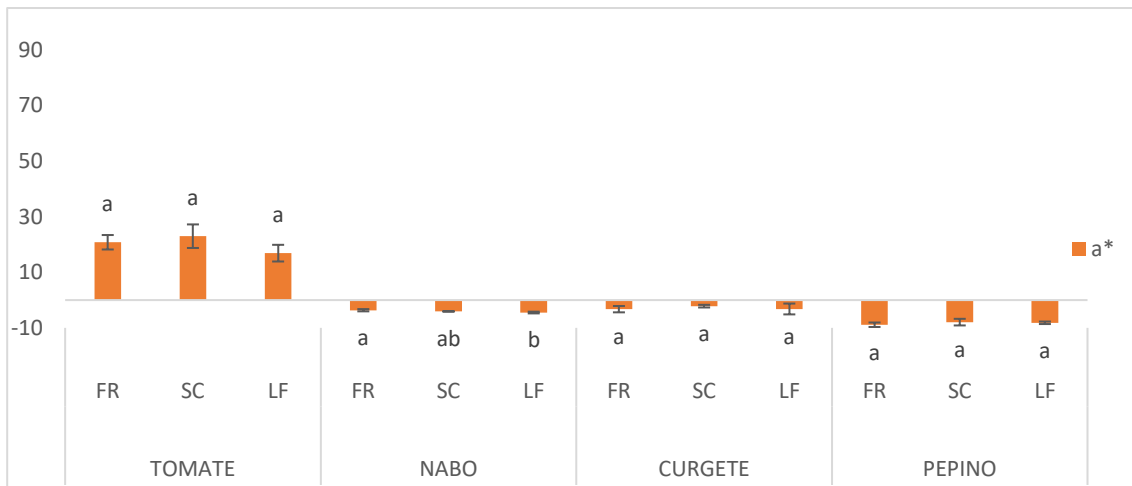


Figura 34 - Variação dos valores de a^* dos vegetais no seu estado fresco (FR) e após métodos de desidratação (SC e LF). Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=3$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

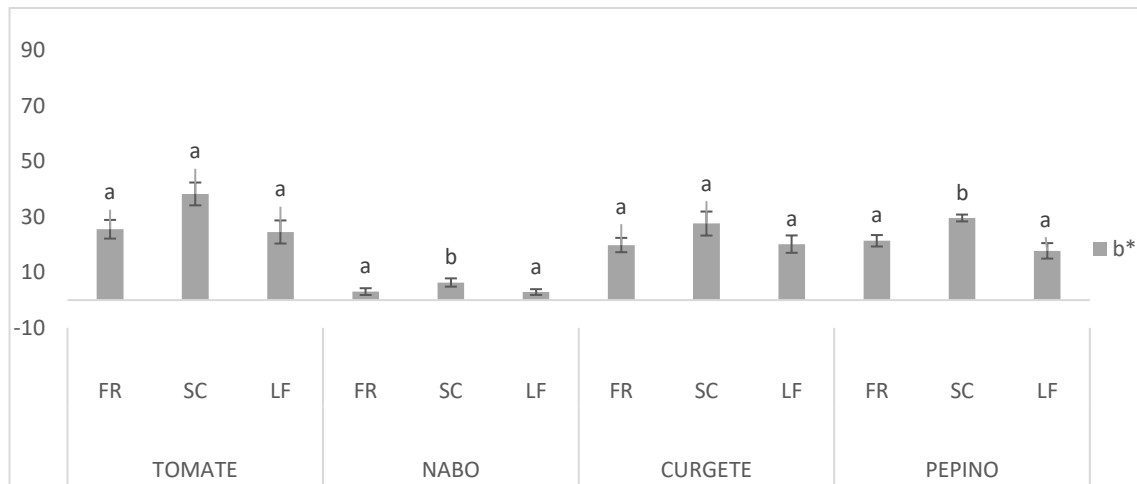


Figura 33 - Variação dos valores de b^* dos vegetais no seu estado fresco (FR) e após métodos de desidratação (SC e LF). Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=3$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Relativamente ao parâmetro luminosidade (L^*) verifica-se que no tomate e na curgete não existem diferenças estatisticamente significativas, entre o produto fresco e após desidratação, independentemente do método ($p > 0,05$). Relativamente ao nabo e ao pepino verificam-se diferenças significativas entre o fresco e o liofilizado, sendo a luminosidade superior no produto liofilizado ($p < 0,05$). Neste último caso a desidratação por liofilização permitiu obter amostras de pepino e nabo mais claras e luminosas. Estes resultados estão de acordo com o trabalho de Zhang et al. (2018), que também obtiveram valores de L^* mais elevados após liofilização de folhas *Ashitaba*.

Em termos do parâmetro tonalidade (a^*) no tomate, na curgete e no pepino não existem diferenças estatisticamente significativas ($p>0,05$), entre o fresco e os dois métodos de desidratação. Isto é os métodos de desidratação não tem influência na tonalidade destes vegetais. Relativamente ao nabo detetaram-se diferenças entre o nabo fresco e após liofilização, sendo que entre os métodos de desidratação não foram detetadas diferenças. Ainda é possível concluir que os vegetais liofilizados apresentam valores de tonalidade inferiores aos frescos. Estes valores estão em concordância com o trabalho de Zhang et al. (2018), que também concluíram que a liofilização foi o melhor método para obter amostras desidratadas com menor tonalidade (tendência para o verde).

Em termos de valores de b^* (amarelo/azul) no tomate e na curgete não há diferenças estatisticamente significativas, entre o fresco e dois métodos de desidratação. Conclui-se ainda que a liofilização foi o método com valores de b^* mais baixos (tendência para o azul), e foi a variável de cor menos afetada entre os métodos de secagem, conforme Zhang et al. (2018), concluíram em folhas *Ashitaba*.

Na Figura 35 é apresentada a diferença de cor (ΔE) entre o vegetal fresco e após desidratação pelos dois métodos em estudo. Este parâmetro é definido como um valor absoluto que mostra a diferença de “sensação” na totalidade da cor, incluindo tonalidade e saturação (Seguenka et al., 2014). Este parâmetro é obtido através dos valores do produto fresco e final de secagem. Assim, em comparação com as amostras no estado fresco consegue-se perceber se existem diferenças de cor após a aplicação dos métodos de desidratação.

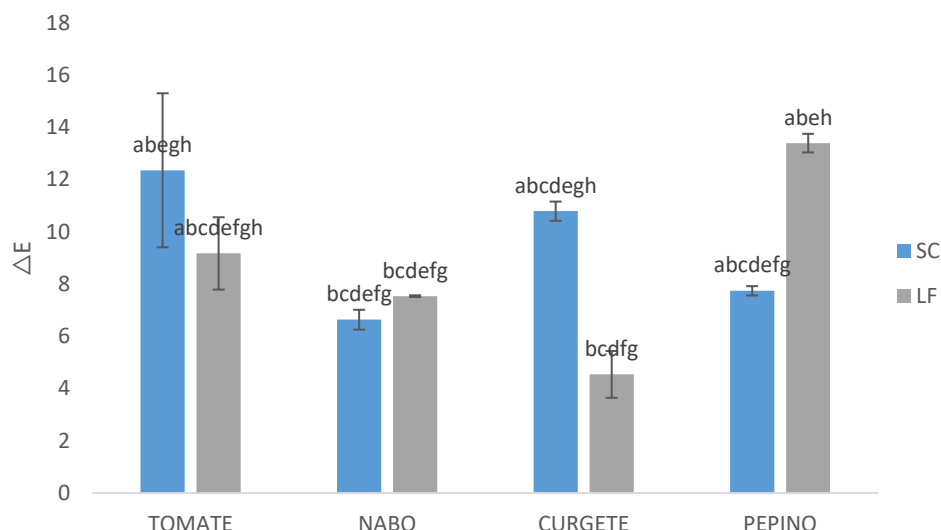


Figura 35 - Variação dos valores de ΔE dos vegetais desidratados por SC e LF.

Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=3$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Relativamente ao parâmetro ΔE o nabo apresenta valores que são significativamente semelhantes entre os dois métodos de desidratação, indicando que o efeito na evolução da cor do nabo fresco e após desidratação foi semelhante. No caso do tomate e da curgete após liofilização verifica-se que a diferença de cor foi menos influenciada pela liofilização do que pela secagem por convecção de ar quente, uma vez que os valores de ΔE para SC são superiores aos de LF ($p < 0,05$). Este comportamento, pode indicar que ocorreu maior descoloração e escurecimento durante a secagem térmica resultando em várias reações químicas, como por exemplo destruição de clorofila ou reação não enzimática de Maillard ou oxidação, pelo escurecimento enzimático. O pepino liofilizado apresenta maior ΔE após liofilização do que após secagem. Este comportamento pode ter como base o branqueamento em ambiente de vácuo e de baixas temperaturas promovidas pelo equipamento utilizado na liofilização. Estes resultados corroboram os obtidos anteriormente (Figura 32), pois o nabo e o pepino, após liofilização, apresentaram maiores valores de L, relativamente ao vegetal fresco e desidratado por convecção com ar quente.

Verifica-se ainda que existem diferenças estatisticamente significativas entre os dois métodos de desidratação nos vegetais, tomate, curgete e pepino ($p < 0,05$). Pelo

contrário, no caso do nabo não se verificaram diferenças significativas entre os métodos de desidratação ($p>0,05$).

4.1.8.1. Tomate

Nas Figuras 36 A) e B) é possível verificar a evolução da cor do tomate ao longo do processo de secagem por convecção forçada e por liofilização, respetivamente.

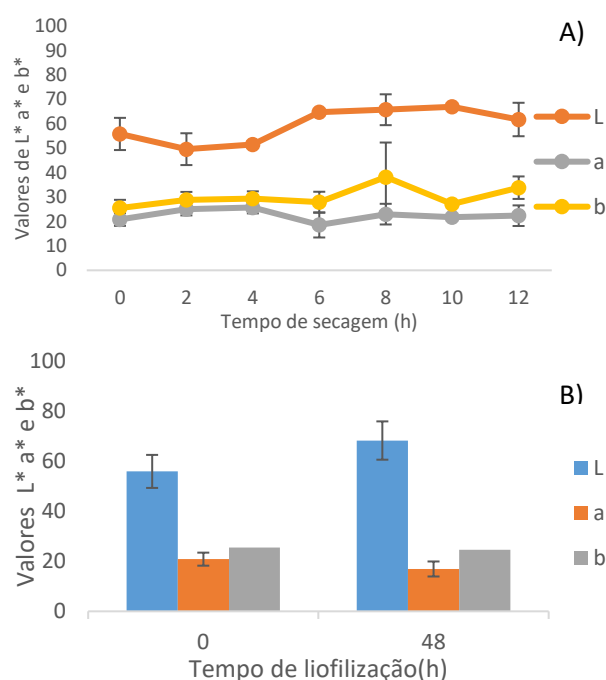


Figura 36 - Variação dos valores de L^* , a^* , b^* do tomate ao longo do tempo da SC (A) e LF (B).
Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=3$.

Através da análise destas Figuras (36 A) é possível verificar que não houve alteração dos valores de L^* , a^* e b^* ao longo do tempo ($p>0,05$). No entanto, após 6 horas de secagem observa-se uma oscilação dos valores apesar de não ter significado estatístico.

Analisando a Figura (36 B) verifica-se que o parâmetro L^* aumenta após 48 horas de secagem por liofilização ($p<0,05$). Enquanto, os valores de b^* e a^* diminuíram ligeiramente ($p<0,05$). Estes resultados indicam que o processo de liofilização tornou o tomate mais claro e brilhante.

Na Figura (37 A), é possível visualizar o aspeto do tomate ao longo do tempo de SC e na Figura (37 B) no final de 48 horas de LF. Estas imagens permitem confirmar os resultados anteriormente descritos. De facto, através da Figura (37 A), constata-se que ao longo do processo de SC houve um ligeiro escurecimento do tomate que se pode dever às reações de Maillard. No caso do tomate liofilizado verifica-se um aumento da luminosidade que se deve à ocorrência de descoloração pelo vácuo a baixas temperaturas.

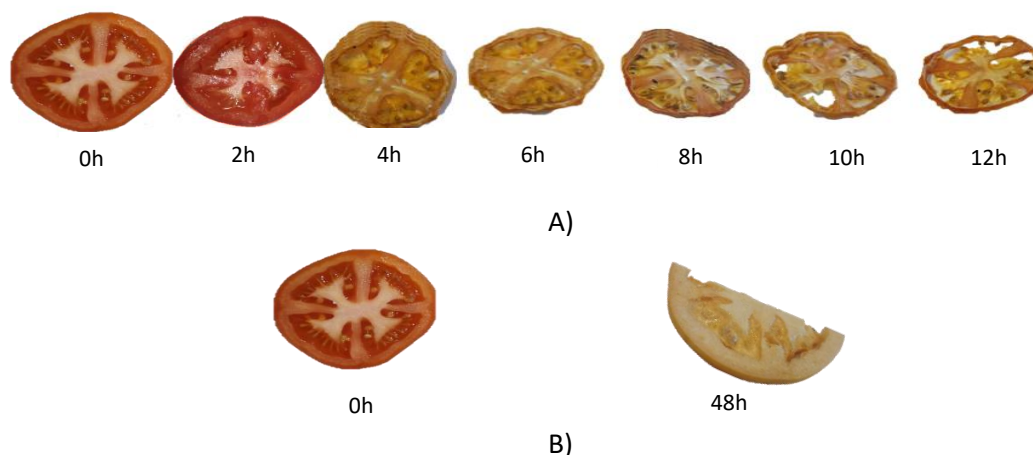


Figura 37 – Imagens do tomate ao longo do processo de secagem (A) e após liofilização (B).

4.1.8.2. Nabo

Na Figura 38 A) e B) é possível verificar a evolução da cor do nabo ao longo do processo de secagem por convecção e por liofilização, respetivamente.

Pela análise da Figura (38 A) é possível verificar que, à semelhança do tomate também no caso do nabo não houve alteração dos valores de L^* , a^* e b^* ($p > 0,05$). Verifica-se uma ligeira alteração do valor de L^* após 6 horas de secagem observa-se um aumento de L^* até ao fim de, ao fim de 6 horas de secagem. Analisando a Figura (38 B) verifica-se um ligeiro aumento dos valores L^* e a^* ao fim de 48 horas de liofilização, já os valores de b^* mantiveram-se ($p < 0,05$).

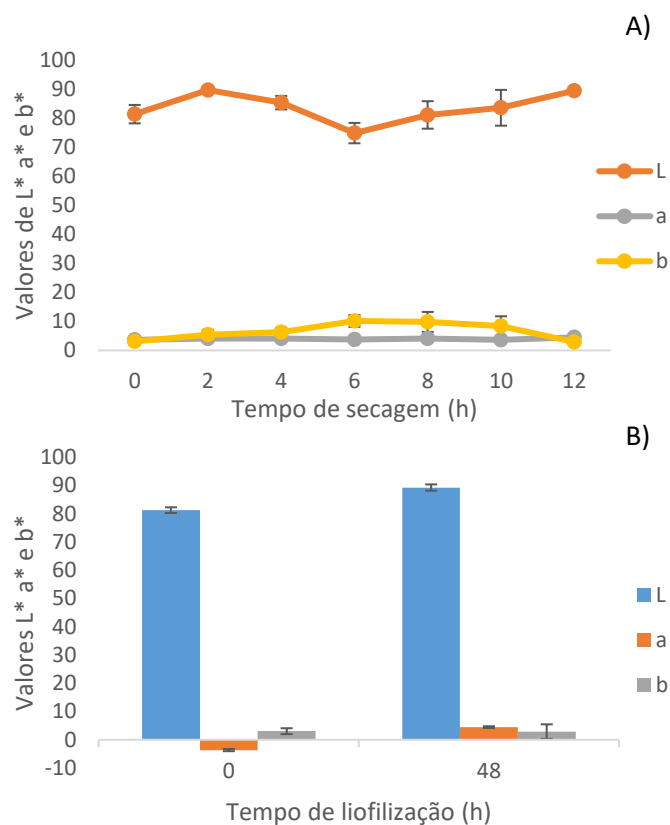


Figura 38 - Variação dos valores de L^* a^* b^* do nabo ao longo do tempo da SC (A) e LF (B).

Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=3$.

Na Figura 39 A) e B), é possível visualizar o aspeto do nabo ao longo do tempo de secagem por convecção e por liofilização, respetivamente, confirmando-se os resultados anteriormente descritos.

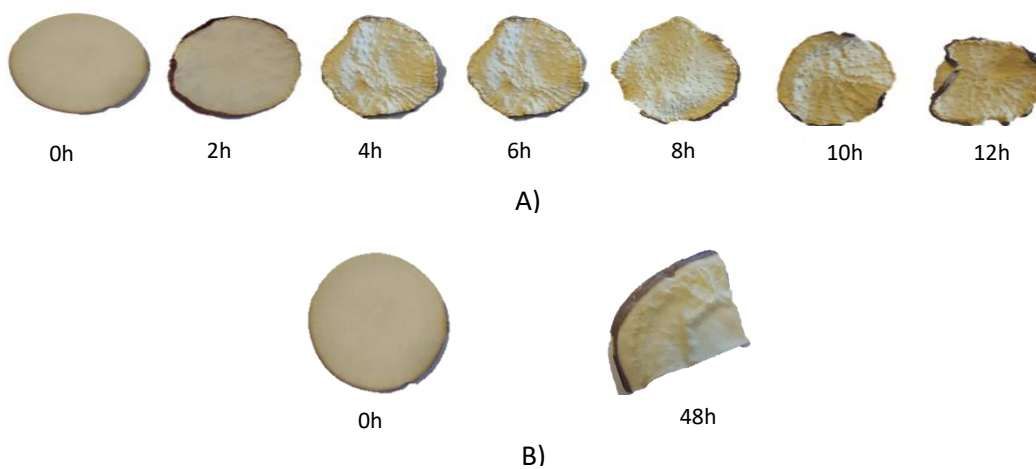


Figura 39 - Imagens do nabo ao longo do processo de secagem (A) e após liofilização (B).

Através da Figura (39 A), constata-se que ao longo do processo de secagem a 60 °C houve um ligeiro escurecimento do nabo que se deve às reações de Maillard. No caso da liofilização houve um aumento da luminosidade, como se pode ver na Figura (39 B) devido à descoloração do nabo com o processo de liofilização.

4.1.8.3. Curgete

Nas Figuras 40 A) e B) é possível verificar a evolução da cor da curgete ao longo do processo de secagem por convecção e por liofilização, respetivamente.

Pela análise da Figura (40 A) é possível verificar que não houve alteração significativa dos valores de L^* , a^* e b^* . Após 2 h de secagem é possível observar uma diminuição pontual de L^* e aumento de a^* . No entanto, nas horas seguintes os valores de L^* e a^* mantiveram-se quase iguais aos valores do legume em fresco. Analisando a Figura (40 B) verifica-se um ligeiro aumento dos valores L^* e a^* ao fim de 48 horas de liofilização, já os valores de b^* mantiveram-se.

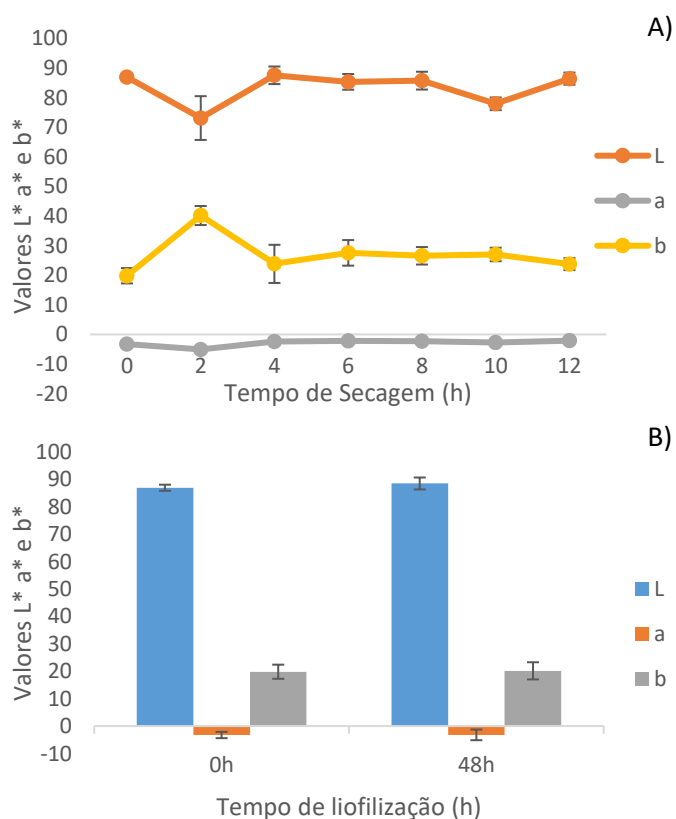


Figura 40- Variação dos valores de L^* , a^* , b^* da curgete ao longo do tempo da SC (A) e LF (B).

Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=3$.

Na Figura 41 A) e B), é possível visualizar o aspeto da curgete ao longo do tempo de secagem e no fim da liofilização, respetivamente.

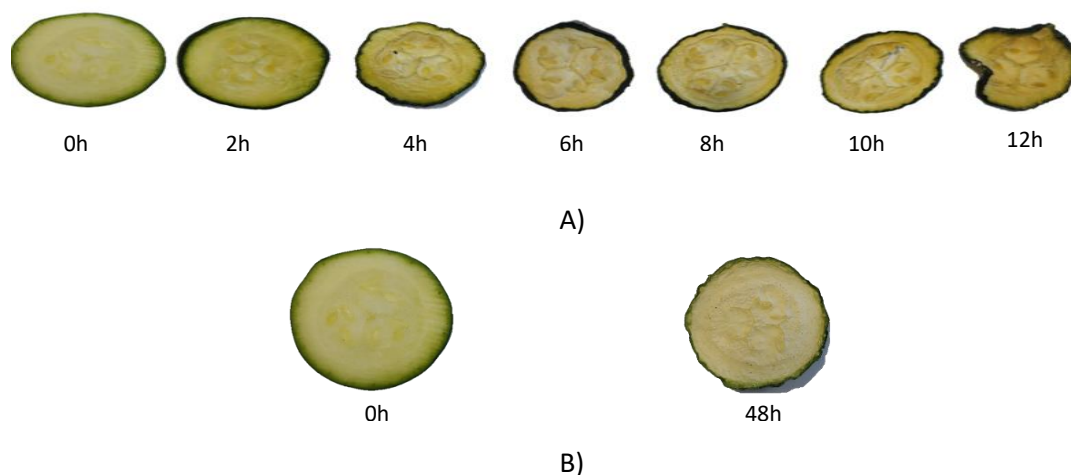


Figura 41 - Imagens da curgete ao longo do processo de secagem (A) e após liofilização (B).

Confirmando-se os resultados obtidos através do colorímetro na Figura 41 A), constata-se um ligeiro escurecimento ao longo do processo de secagem a 60°C. À semelhança dos vegetais anteriores, também no caso da curgete liofilizada observa-se aumento da luminosidade e a descoloração da mesma.

4.1.8.4. Pepino

Na Figura 42 A) e B) é possível verificar a evolução da cor do pepino ao longo do processo de secagem por convecção e por liofilização, respetivamente.

Pela análise da Figura 42 A) é possível verificar que não houve alteração significativa dos valores de L^* , a^* e b^* . Após 12 horas de secagem verifica-se que o valor de L^* diminui de 70 para 60. Este comportamento é indicativo de um ligeiro escurecimento do pepino. Os valores finais de a^* e b^* são muito próximos dos valores obtidos do pepino fresco.

Analisando a Figura 42 B) verifica-se um ligeiro aumento dos valores de L^* ao fim de 48 horas de liofilização, já os valores de a^* mantiveram-se e os valores de b^* diminuíram ligeiramente. Na liofilização houve um aumento da luminosidade, o que pode dever-se como já foi referido anteriormente ao clareamento em ambiente de

vácuo e de baixas temperaturas. Esta observação pode-se verificar na Figura 43 B) onde houve uma ligeira descoloração, conforme os restantes legumes em estudo.

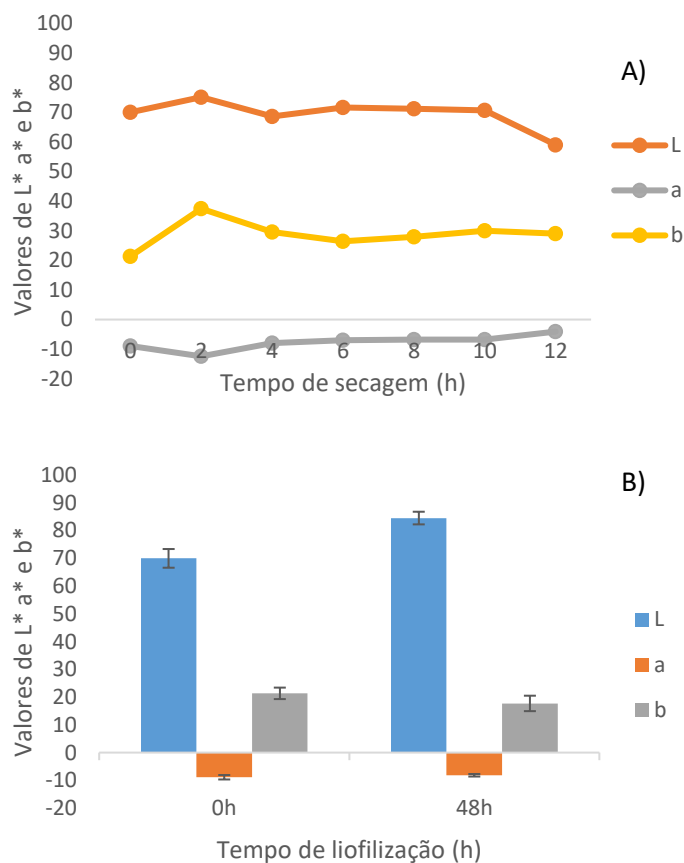


Figura 42 - Variação dos valores de L^* a^* b^* do pepino ao longo do tempo da SC (A) e LF (B).
Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=3$.

Na Figura 43 A) e B), é possível visualizar o aspeto do pepino ao longo do tempo de secagem e após liofilização, respetivamente, confirmando-se os resultados obtidos pela análise da cor. Através da Figura 43 B), constata-se que ao longo do processo de secagem por convecção de ar quente houve um ligeiro escurecimento do pepino e no caso de liofilização confirma-se o aumento de luminosidade e descoloração.

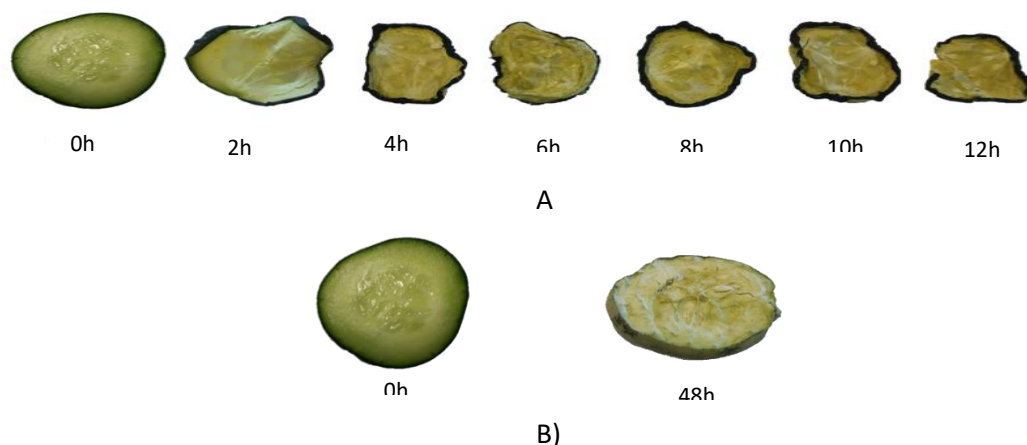


Figura 43 - Aspeto do pepino ao longo do processo de SC (A) e após liofilização (B).

4.2. ESTUDO DE CONSUMIDOR

De acordo com a Norma Portuguesa 4263 (1994) pode-se definir “análise sensorial” como o “exame das características organoléticas de um produto pelos órgãos dos sentidos”, sendo a definição de “organolética” definida como “qualificação de uma propriedade de um produto perceptível pelos órgãos dos sentidos” (NP4263, 1994).

Nas provas hedónicas, afetivas e de consumidores, o provador indica a sua apreciação sobre o produto que está em análise, indicando se gosta, se aceita ou não, ou se o prefere relativamente a um outro produto. Estas provas apresentam uma grande variabilidade e são as provas cujos resultados são mais difíceis de interpretar, já que tratam de opiniões completamente pessoais. Este tipo de provas pode ser utilizado numa das seguintes situações: manutenção das características, melhoria ou otimização de um produto, desenvolvimento de novos produtos e avaliação do potencial de mercado (Noronha, 2003).

De forma a caracterizar sensorialmente os quatro legumes desidratados e verificar a aceitabilidade e a preferência do consumidor relativamente aos produtos obtidos pelos dois processos de desidratação, secagem por convecção e liofilização, fez-se uma prova de análise sensorial utilizando uma ficha de prova (Apêndice I). Em simultâneo realizou-se um estudo de caracterização dos consumidores, para aferir o seu padrão de consumo relativamente a *snacks* saudáveis. Os vegetais desidratados e desenvolvidos no presente trabalho enquadraram-se na categoria de *snacks*.

Na tabela 8 é possível observar os resultados obtidos no inquérito realizado a 101 consumidores sobre hábitos de consumo. O inquérito encontra-se dividido em 2 secções: secção A - Informação demográfica e socioeconómica, e secção B - Padrão de consumo.

Tabela 8 - Respostas dos indivíduos ao inquérito dos hábitos de consumo.

Perguntas	Respostas	n	Frequência (%)
Secção A - Informação demográfica e socioeconómica			
1. Sexo	Feminino	61	60,4%
	Masculino	40	39,6%
2. Idade	Menos de 18	2	2,0%
	18-25	21	20,8%
	26-35	18	17,8%
	36-45	20	19,8%
	46-55	31	30,7%
	56-65	8	7,9%
	66-75	1	1,0%
	Mais de 75	0	0,0%
3. Distrito	Aveiro	1	1,0%
	Beja	0	0,0%
	Braga	69	68,3%
	Bragança	0	0,0%
	Castelo Branco	0	0,0%
	Coimbra	0	0,0%
	Évora	0	0,0%
	Faro	0	0,0%
	Guarda	0	0,0%
	Leiria	0	0,0%
	Lisboa	0	0,0%
	Portalegre	0	0,0%
	Porto	16	15,8%
	Santarém	0	0,0%
	Setúbal	0	0,0%
	Viana do Castelo	14	13,9%
	Vila Real	1	1,0%
	Viseu	0	0,0%
	Ilhas	0	0,0%
Secção B - Padrão de Consumo			
4. Costuma consumir legumes?	Sim	99	98,0%
	Não	2	2,0%
	Sopa	86	85,1%

5. De que forma costuma consumir mais legumes?	Salada	83	82,2%
	Salteados	62	61,4%
	Cozidos	65	64,4%
	Desidratados	2	2,0%
	Outros	4	4,0%
6. Com que frequência costuma consumir legumes?	Todos os dias da semana	61	60,4%
	Mais do que uma vez por semana	34	33,7%
	Uma vez por semana	3	3,0%
	Uma vez por mês	0	0,0%
	Raramente	1	1,0%
7. Já consumiu fruta/legumes desidratados?	Sim	56	55,4%
	Não	45	44,6%
8. Com que frequência costuma consumir fruta/legumes desidratados?	Todos os dias da semana	2	2,0%
	Mais do que uma vez por semana	4	4,0%
	Uma vez por semana	5	5,1%
	Uma vez por mês	7	7,1%
	Raramente	39	39,4%
9. O que considera mais interessante num <i>snack</i> saudável?	Aspeto	18	17,8%
	Crocância	18	17,8%
	Sabor	53	52,5%
	<i>Snack</i> saciador	10	9,9%
	Características nutricionais (Saudável)	29	28,7%
10. Qual o interesse em consumir um <i>snack</i> de legumes desidratados 100% naturais (sem adição de açúcar, corantes e conservantes)?	Muito interessado (a)	49	48,5%
	Interessa-me ligeiramente	39	38,6%
	Interessa-me pouco	8	7,9%
	Nada interessado (a)	5	5,0%
11. Em que momentos do dia consumiria estes <i>snacks</i> de legumes desidratados, 100% naturais?	Pequeno-almoço	6	5,9%
	Lanche da manhã	34	33,7%
	Almoço	22	21,8%
	Lanche da tarde	74	73,3%
	Jantar	13	12,9%
	Ceia	4	4,0%
12. Quanto estaria disposto a dar por um <i>snack</i> de legumes (embl 30g com Mix de legumes desidratados)?			79,2%
	1,50 €	80	9,9%
	2,50 €	10	2,0%
	3,00 €	2	
	Nada	9	8,9%

Na secção A verifica-se que a grande maioria dos participantes no inquérito é do sexo feminino (60,4%) e a faixa etária mais representativa encontra-se entre os 46 e os 55 anos, representando 30,69% da amostra. Relativamente à demografia dos participantes, verifica-se que a maioria é do distrito de Braga (68,32%). Na secção B do inquérito, que define o padrão de consumo, constata-se que 98,02% da população consome legumes e a maioria consome-os em forma de sopas e saladas (cerca de 85%), no entanto, apenas 1,98%, respondeu que os consome na forma de desidratados. Num estudo sobre o consumo diário de legumes realizado na União Europeia (EU), Portugal encontra-se em quarto lugar, cerca de 78% da população consome legumes, o que demonstra que a maioria da população consome legumes todos os dias, o que para o presente trabalho é importante (Eurostat, 2019).

No que diz respeito à frequência do consumo de legumes, 60,4% referiu que os consome “Todos os dias da semana”, e apenas 0,99% respondeu “raramente”, o que revela que os inquiridos consomem legumes com frequência.

De acordo com uma pesquisa realizada na população da União Europeia (UE) em 2017, cerca de 1 em cada 4 pessoas (27%) consome fruta pelo menos duas vezes por dia, 37% da população da UE come fruta uma vez por dia e 36% consome com menor frequência ou nada durante uma semana (Eurostat, 2019). Relativamente ao consumo de legumes, 23% da população da UE consome legumes pelo menos duas vezes por dia e 40% consome legumes uma vez por dia (Eurostat, 2019).

No que concerne ainda à secção B do inquérito, que visa avaliar o padrão de consumo do inquirido, nomeadamente o consumo de fruta/legumes desidratados, 55% responderam afirmativamente (Figura 44) e quando questionados relativamente à frequência do seu consumo, a maioria respondeu “raramente” (39,39%) e “todos os dias da semana” apenas 2,02% (Figura 45).

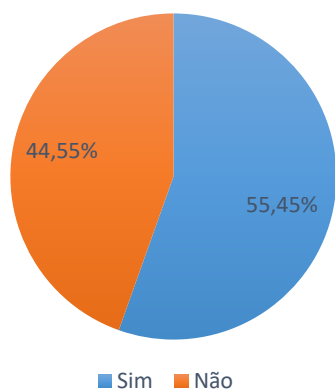


Figura 44- Consumo de frutas/ legumes

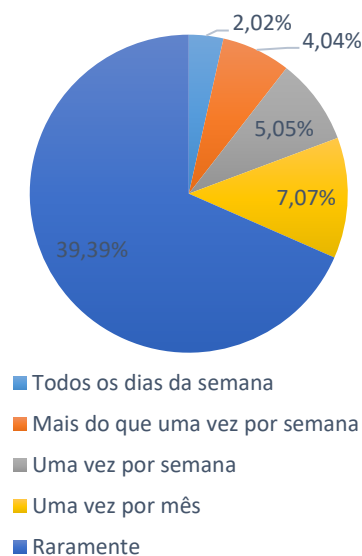


Figura 45 - Frequência de consumo de fruta/legumes desidratados

Tal como mostra a Figura 46, o atributo considerado mais importante num *snack* foi o sabor (52,48%), seguindo-se das características nutricionais (28,7%) e da crocância e do aspeto (17,82%), apenas 9,9% consideraram o *snack* como algo “saciador”. Também num estudo realizado com frutas desidratadas o sabor foi o atributo considerado mais importante (Ribeiro & Fernandes, 2017).

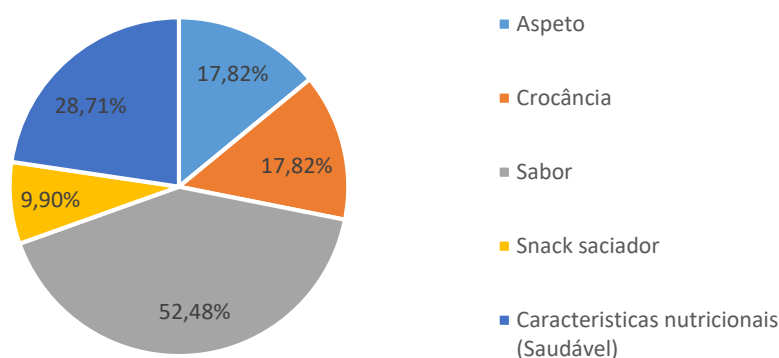


Figura 46 - Atributo que mais interesse tem num *snack* saudável.

A maioria dos inquiridos, quando questionados sobre o interesse em consumir um *snack* de legumes desidratados 100% naturais, responderam “muito interessado” (48,51%) e apenas 4,95% respondeu “nada interessado”. Dos inquiridos que apresentavam interesse em consumir, a maioria consumiria este *snack* ao lanche da tarde (73,27%).

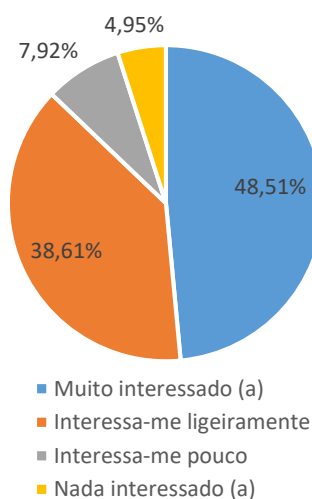


Figura 47 - Interesse em consumir um *snack* de legumes desidratados 100% naturais (sem adição de açúcar, corantes e conservantes)

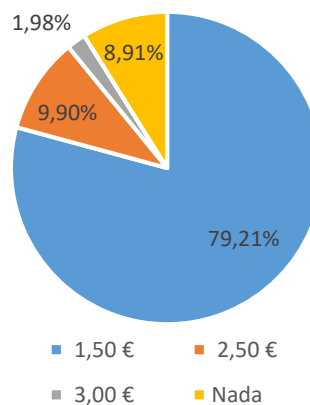


Figura 48 - Valor que estaria disposto a pagar por um *snack* de legumes (embalagem de 30g com Mix de legumes desidratados).

A última pergunta do questionário pretendeu auscultar o quanto os inquiridos estavam dispostos a pagar por um *snack* de legumes (embalagem de 30g com um mix de legumes desidratados) sendo que 79,21% responderam “1,50€”, e 9,90% dariam 2,50€. É possível concluir que a maioria da população estaria disposto a dar um valor relativamente aceitável por este produto (Figura 48). Os resultados da Figura 47 mostram que há um grande interesse no consumo de um *snack* de legumes desidratados, pelo que se verifica que há a possibilidade de introduzir, com potencial sucesso, este produto no mercado.

4.2.1. ANÁLISE SENSORIAL

Quando se introduz um novo produto no mercado pode-se fazer um estudo de consumidor para conhecer o nível de aceitabilidade do consumidor. Para tal, o uso da análise sensorial é de grande importância, uma vez que tem como objetivo principal, verificar o nível de aceitabilidade do consumidor perante o produto que se pretende

avaliar (Nogueira et al., 2012). A análise sensorial é realizada através da degustação do produto utilizando os sentidos humanos para que, de forma objetiva e reprodutível, as características de um produto possam ser quantificadas (Nogueira et al., 2012).

4.2.1.1. TESTE DE ACEITABILIDADE

Foi realizado um teste de aceitabilidade com consumidores, no qual os produtos foram avaliados maioritariamente por pessoas com idades acima dos 18 anos, sendo estas professores, funcionários e alunos da ESTG-IPVC, pessoas da Unidade de Saúde Familiar Alcaides Faria e familiares, num total de 101 consumidores. Os testes de aceitabilidade têm como principal objetivo avaliar hedonisticamente os produtos pelos potenciais consumidores, sem que este esteja associado a uma embalagem, marca, preço ou qualquer outro tipo de categorização que possa influenciar a sua avaliação. Neste estudo, tal como referido no capítulo 3, cada consumidor recebeu 8 amostras em simultâneo: 2 amostras de cada legume em estudo (desidratadas pelos 2 métodos), codificadas com três algarismos aleatórios. Os consumidores avaliaram, de forma global, o grau de aceitação relativo a cada amostra numa escala hedónica de 9 pontos, e através da mesma escala avaliaram algumas características sensoriais, como a impressão global, aroma, cor, textura, sabor. Antes da realização da prova de aceitabilidade, todos os provadores preencheram o inquérito referido no ponto anterior e foram incluídos no estudo (Apêndice I).

4.2.1.1.1. TOMATE

Na Figura 49 é possível verificar a média da avaliação dos inquiridos em cada atributo sensorial para as amostras de tomate.

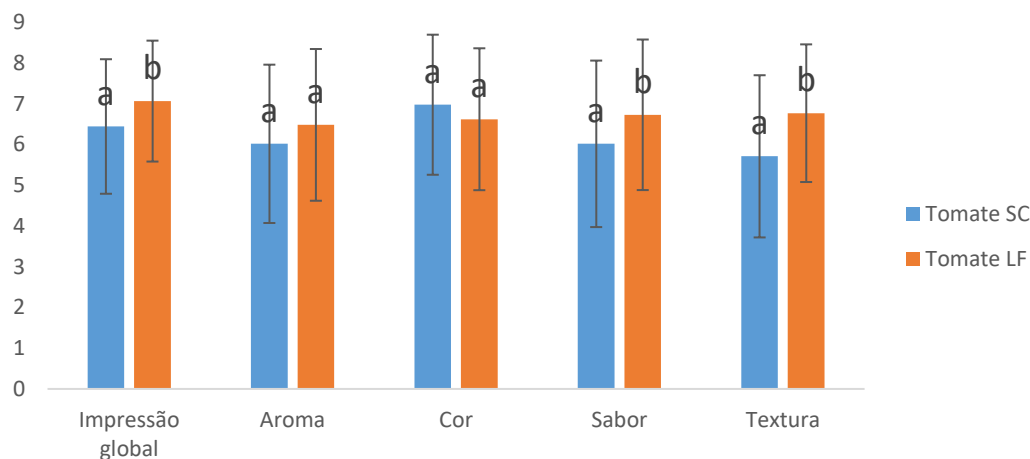


Figura 49 - Avaliação dos inquiridos em cada atributo sensorial para as amostras de tomate SC e LF. Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=101$. Valores com letras diferentes, no mesmo atributo, são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Pela análise da Figura 49 verifica-se que o tomate LF apresentou uma classificação superior em relação ao tomate SC no que se refere à “impressão global”, “sabor” e “textura” ($p < 0,05$) (entre 6,5 e 7 pontos que corresponde a “gostei ligeiramente e gostei moderadamente”). Pelo contrário, em relação aos atributos “cor” e “aroma” não se registaram diferenças significativas ($p > 0,05$). Estes resultados vão ao encontro dos observados anteriormente na análise do parâmetro L^* (Figura 32). Neste caso, também os inquiridos detetaram a descoloração do tomate LF o que originou uma classificação mais baixa em relação ao tomate SC.

A partir destes resultados pode-se concluir que, o tomate liofilizado foi a amostra com melhor pontuação, o que pode indicar que este produto pode ter maior potencial de mercado.

Na Figura 50 estão representados os resultados obtidos da análise sensorial do tomate desidratado, onde os inquiridos avaliaram de uma forma geral ambas as amostras desidratadas. Através desta Figura, verificou-se que no universo dos 101 inquiridos a aceitabilidade do tomate SC, situou-se entre “gostei muito” (19%), “gostei moderadamente” (30%) e “gostei ligeiramente” (24%). A média de aceitabilidade dos inquiridos foi de 6,59 pontos numa escala hedónica de 9 pontos, situando-se, de acordo com essa escala entre “gostei ligeiramente e gostei moderadamente”. Relativamente ao tomate LF, também se situou entre “gostei muito” (32%), “gostei moderadamente” (30%) e “gostei ligeiramente” (19%). A média de aceitabilidade dos inquiridos para esta amostra foi de 7,09 pontos, o que corresponde nessa escala entre “gostei moderadamente e gostei muito”. Ou seja a amostra de tomate LF foi a preferida pelos consumidores, apesar de a diferença entre ambas as amostras de tomate ser pouco significativa.

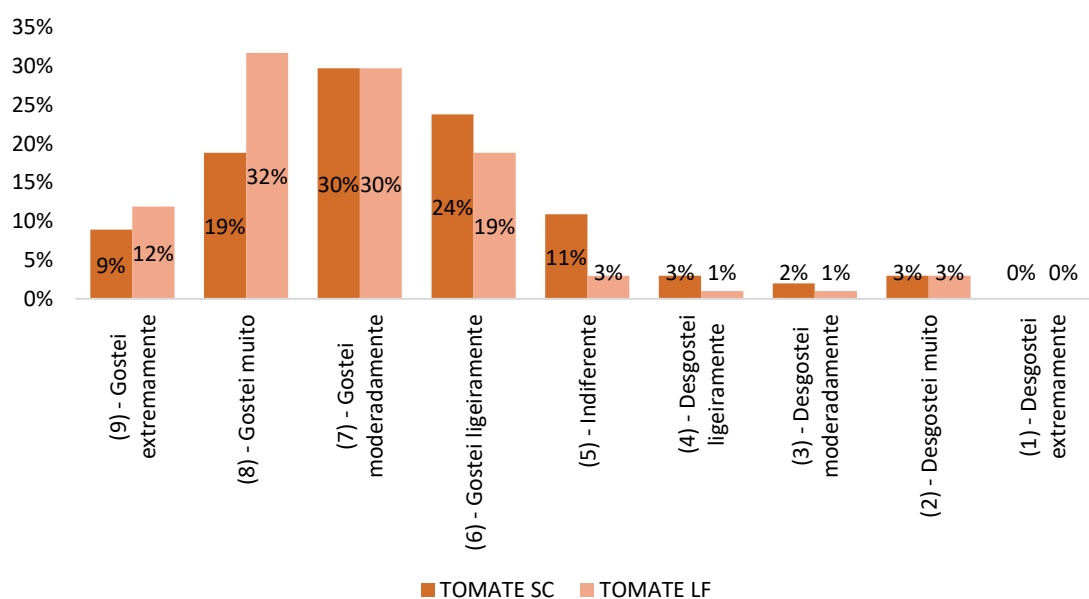


Figura 50 - Avaliação sensorial geral das amostras de tomate SC e LF, em percentagem, numa escala de 1 a 9 (1- desgostei extremamente e 9-gostei extremamente).

4.2.1.1.2. NABO

Os resultados obtidos da análise sensorial realizada às amostras de nabo, avaliando cinco atributos, encontram na Figura 51.

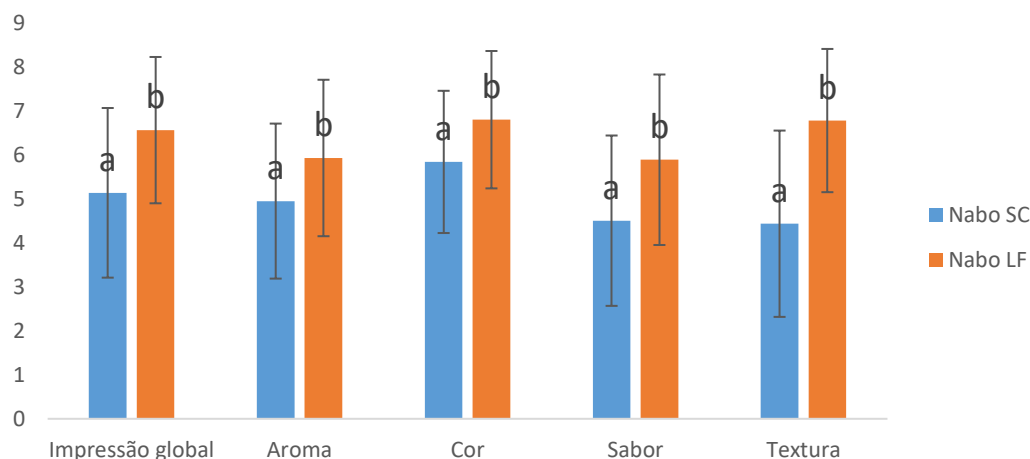


Figura 51 - Avaliação dos inquiridos em cada atributo sensorial para as amostras de nabo SC e LF. Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=101$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Através da análise da Figura 51 é possível verificar que o nabo LF obteve a preferência dos consumidores em relação a todos os atributos avaliados ($p < 0,05$). O nabo LF apresentou a classificação, em alguns atributos, entre 5,9 e 6,8 pontos, enquanto o nabo SC apresentou a pontuação entre 4,4 e 5,8, que corresponde ao “desgostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”, respetivamente.

Na Figura 52 estão representados os resultados obtidos da análise sensorial ao nabo onde os inquiridos avaliaram, de uma forma geral, ambas as amostras desidratadas.

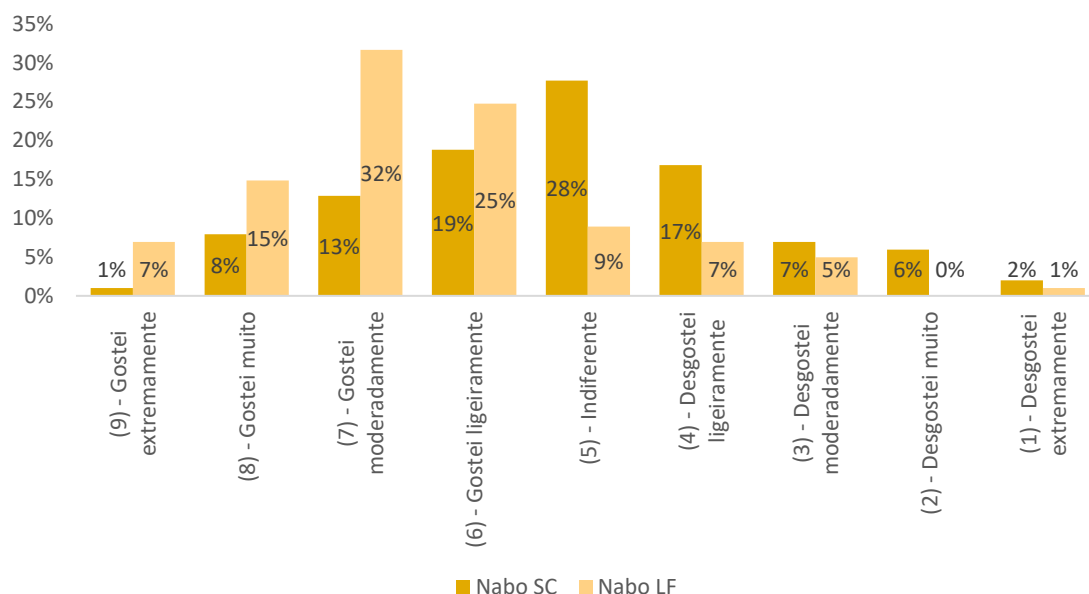


Figura 52 - Avaliação sensorial geral das amostras de nabo SC e LF, em percentagem, numa escala de 1 a 9 (1- desgostei extremamente e 9-gostei extremamente).

Através da Figura 52 verificou-se que a aceitabilidade do nabo SC, situou-se entre “gostei ligeiramente” (19%), “indiferente” (28%) e “desgostei ligeiramente” (17%). A média de aceitabilidade dos inquiridos foi de 5,16 pontos, entre “gostei ligeiramente e indiferente”. Já no nabo LF verificou-se que a maioria das opiniões se situaram entre “gostei muito” (15%), “gostei moderadamente” (32%) e “gostei ligeiramente” (25%). A média de aceitabilidade dos inquiridos para esta amostra foi de 6,4 pontos, entre “gostei moderadamente e gostei ligeiramente”. Assim verifica-se que a amostra de nabo LF foi a preferida pelos consumidores.

4.2.1.1.3. CURGETE

Na Figura 53, estão representados os valores da análise sensorial realizada à curgete, avaliando os seguintes atributos impressão global, aroma, textura, cor e sabor.

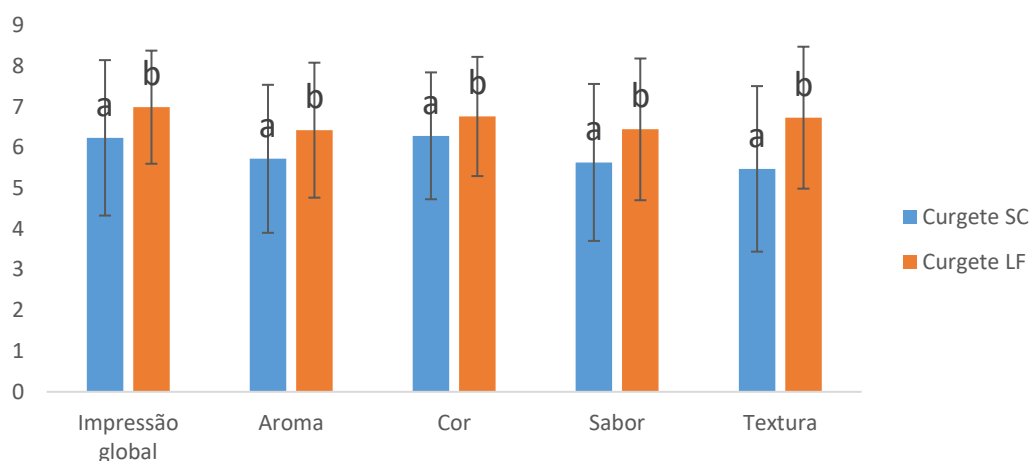


Figura 53 - Avaliação dos inquiridos em cada atributo sensorial para as amostras de curgete SC e LF. Valores médios $\pm$ desvio padrão para $n=101$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A partir da Figura 53 verifica-se que a amostra LF apresenta uma classificação superior à SC, com uma pontuação entre 6,4 e 7 que corresponde a “gostei ligeiramente e gostei moderadamente”), e entre 5,5 e 6,5 correspondendo a “Indiferente e gostei moderadamente”, respetivamente. Ou seja, também os inquiridos possivelmente detetaram a descoloração da curgete LF o que originou uma classificação mais baixa em relação à curgete SC. No entanto, os resultados demonstraram que existem diferenças estatisticamente significativas entre a curgete SC e a curgete LF, em todos os atributos analisados pelos inquiridos ($p < 0,05$). Com estes resultados conclui-se que a curgete LF foi a preferida pelos consumidores, podendo ser este produto o que tem mais potencial de mercado.

Na Figura 54 encontram-se representados os resultados obtidos da análise sensorial da curgete onde os inquiridos avaliaram, de uma forma geral as 2 amostras desidratadas.

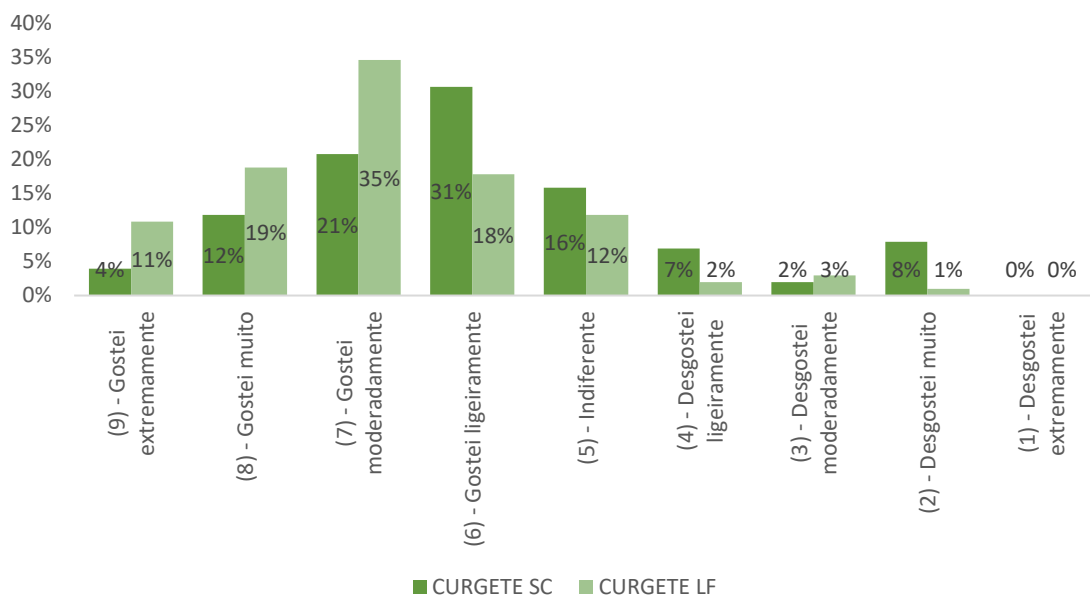


Figura 54 - Avaliação sensorial geral das amostras de curgete SC e LF, em percentagem, numa escala de 1 a 9 (1- desgostei extremamente e 9-gostei extremamente).

A aceitabilidade da curgete SC situou-se entre “gostei moderadamente” (21%), “gostei ligeiramente” (31%) e “indiferente” (16%). A média de aceitabilidade dos inquiridos foi de 5,89 pontos, entre “indiferente e gostei ligeiramente”. Relativamente à curgete LF, situou-se entre “gostei muito” (19%), “gostei moderadamente” (35%) e “gostei ligeiramente” (18%). A média de aceitabilidade dos inquiridos para esta amostra foi de 6,76 pontos numa escala hedónica de 9 pontos, o que corresponde a “gostei moderadamente e gostei ligeiramente”. Ou seja, a amostra de curgete LF foi a preferida pelos consumidores pois obteve uma pontuação mais elevada (Figura 54).

4.2.1.1.4. PEPINO

Relativamente ao pepino, na Figura 55 pode-se verificar a média da avaliação dos inquiridos em cada atributo sensorial para as amostras desidratadas.

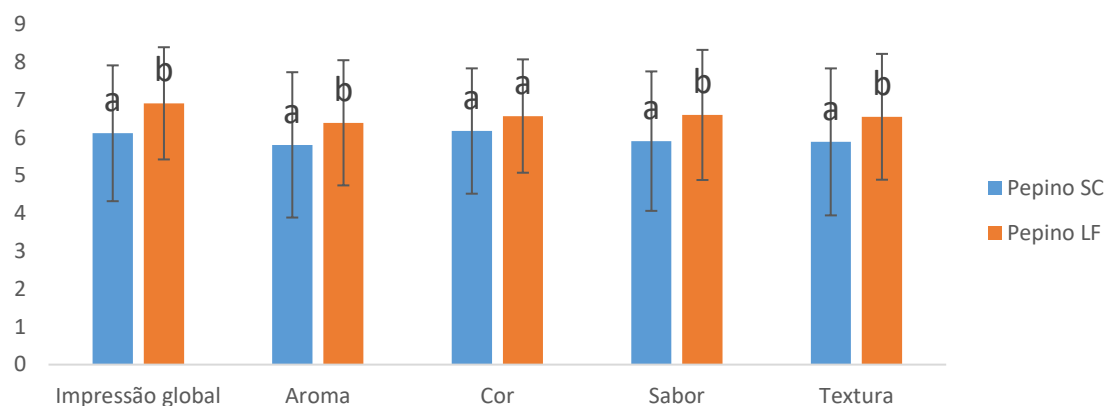


Figura 55 - Avaliação dos inquiridos em cada atributo sensorial para as amostras de pepino SC e LF. Valores médios $\pm$ desvio padrão para n=101. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Através da Figura 55 pode-se verificar que o pepino LF foi a amostra que apresentou uma classificação superior com uma pontuação entre 6 e 7 que corresponde a “gostei ligeiramente e gostei moderadamente”, enquanto pepino SC apresentou uma pontuação entre 5 e 6 correspondendo a “Indiferente e gostei ligeiramente”.

Os resultados demonstraram que existem diferenças entre o pepino SC e LF em todos os atributos avaliados pelos consumidores ($p > 0,05$), exceto na cor. Portanto a amostra liofilizada de pepino liofilizada pode ser a que tem melhor potencial de mercado, uma vez que o consumidor avaliou esta amostra com uma pontuação mais elevada relativamente à amostra desidratada por secagem por convecção.

Na Figura 56 estão representados os resultados obtidos da análise sensorial do pepino onde os inquiridos avaliaram, de uma forma geral, ambas as amostras desidratadas, SC e LF.

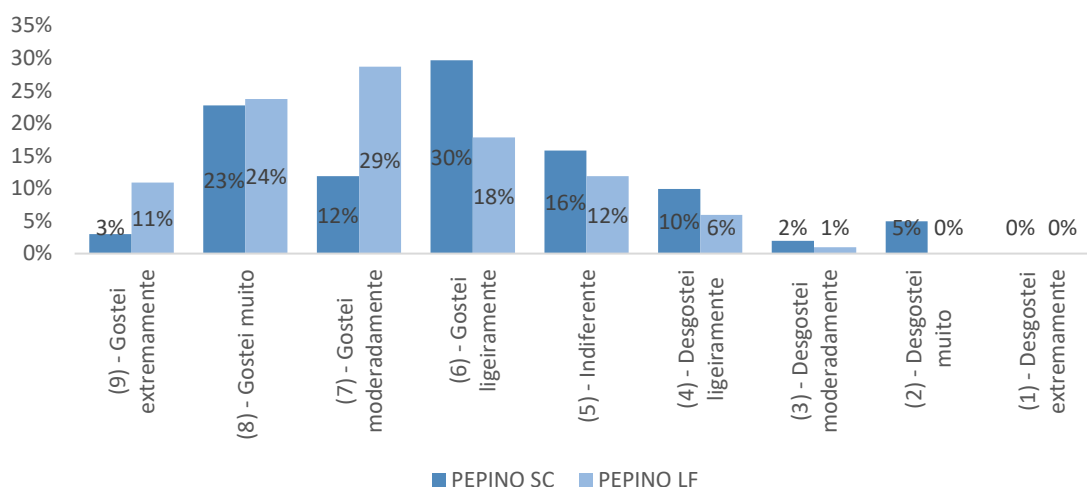


Figura 56 -Avaliação sensorial geral das amostras de pepino SC e LF, em percentagem, numa escala de 1 a 9 (1-desgostei extremamente e 9-gostei extremamente).

Na Figura 56 verifica-se que o pepino SC apresentou uma aceitabilidade que se situou maioritariamente entre “gostei muito” (23%), “gostei ligeiramente” (30%) e “indiferente” (16%). A média de aceitabilidade dos inquiridos foi de 6,05 pontos, entre “gostei ligeiramente e gostei moderadamente”. Relativamente ao pepino LF, situou-se entre “gostei muito” (24%), “gostei moderadamente” (29%) e “gostei ligeiramente” (30%). A média de aceitabilidade dos inquiridos para esta amostra foi de 6,82 pontos entre “gostei moderadamente e gostei ligeiramente”. Ou seja, a amostra de pepino LF foi a preferida entre as duas amostras de pepino

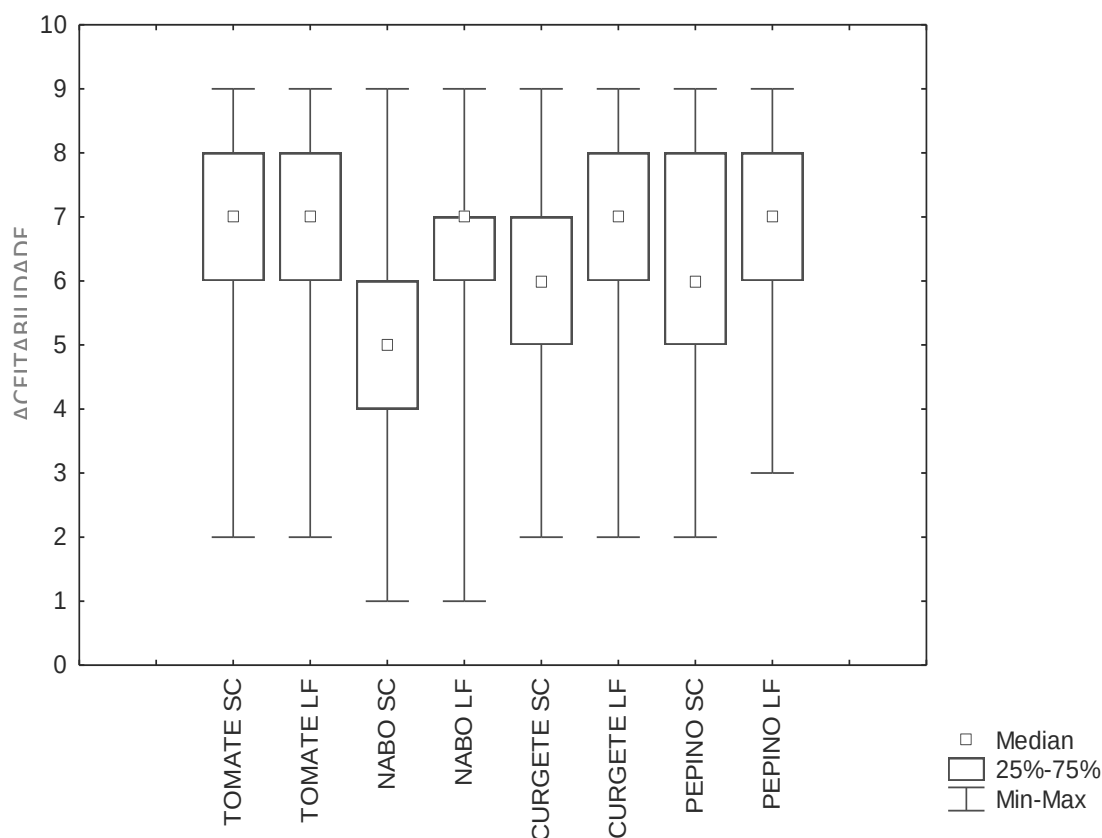


Figura 57 - Diagramas de dispersão interquartilica da aceitabilidade das amostras de tomate, nabo, curgete e pepino SC e LF.

Na Figura 57 é possível comparar a aceitabilidade de todos os vegetais desidratados. Através de análise desta figura verifica-se que as amostras parecem apresentar uma distribuição normal exceto a amostra pepino SC, pois as classes centrais (caixas) são estreitas e as classes extremas (bigodes) são mais compridas. Verifica-se que as amostras de tomate SC e LF, a curgete LF e o pepino LF são pontuadas de forma semelhante. Em ambos os casos, 50% dos inquiridos, pontua as amostras de tomate acima de 7 (agradável), considerando-se assim como tendo uma aceitabilidade elevada. Para as amostras de nabo SC, nabo LF, curgete SC e pepino SC, mais ou igual a 50% dos inquiridos pontuou abaixo de 7, o que indica que há mais potenciais consumidores a considerarem as amostras abaixo do aceitável o que leva à diferenciação por parte dos inquiridos, levando à rejeição destes produtos ($p < 0,05$). Estes resultados confirmam os anteriores relativamente à preferência dos inquiridos que recai sobre os vegetais liofilizados.

4.2.1.2. ANÁLISE DE PREFERÊNCIA

Relativamente à análise de preferência, cada consumidor, posteriormente à análise de aceitabilidade de cada legume, referiu qual das duas amostras (secagem por convecção *versus* liofilização) preferiu, qual o código que compraria para consumir e se estaria disposto a comprar uma embalagem com um mix dos 4 legumes desidratados em estudo.

Na Figura 58 é possível verificar qual foi o método de desidratação mais apreciado de cada legume em estudo.

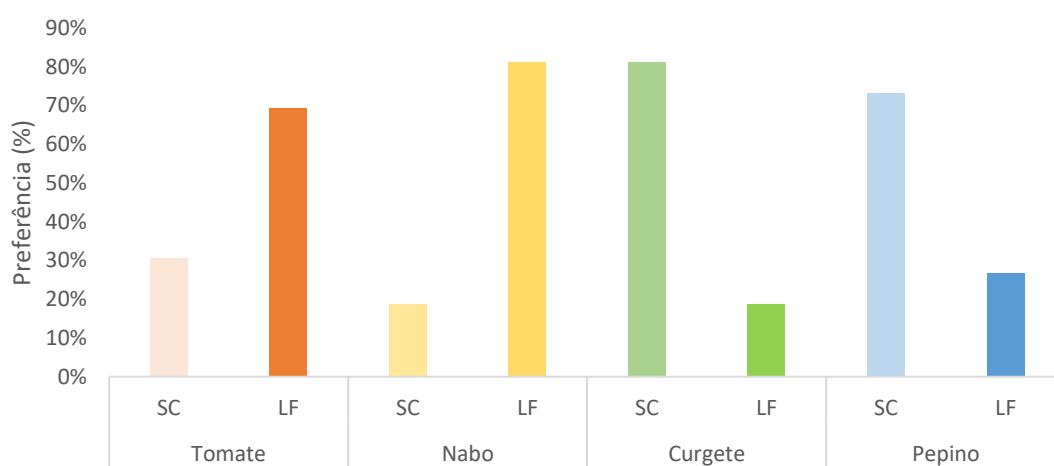


Figura 58 - Preferência entre as amostras SC e LF do tomate, nabo, curgete e pepino.

Pela análise da Figura 59, verifica-se que no caso do tomate e do nabo, o processo preferido pelos inquiridos foi a liofilização, já na curgete e no pepino foi a secagem por convecção de ar quente. Entre 70 a 80% dos inquiridos definiram qual foi a amostra preferida, o que permite validar qual o processo mais apreciado pelos consumidores em cada vegetal.

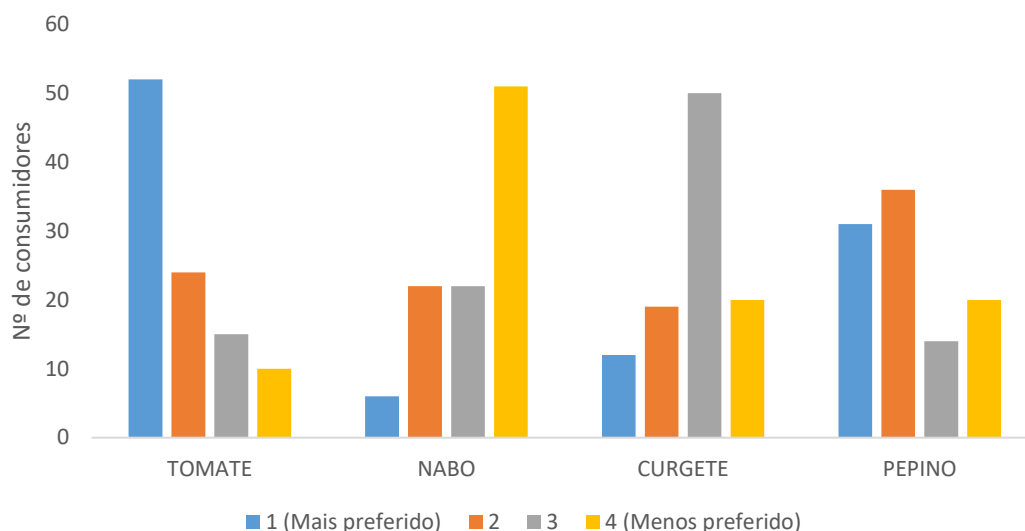


Figura 59 - Ordem de preferência entre as amostras de tomate, nabo, curgete e pepino

Na Figura 59 pode-se observar a ordem de preferência entre os 4 vegetais em estudo, excluindo o método de desidratação aplicado.

De modo a perceber quais foram os legumes mais bem aceites pelo consumidor, a Figura 59 demonstra que em primeiro lugar (o mais preferido) foi o tomate, em segundo lugar o pepino, terceiro a curgete e por último o nabo (menos preferido). Este resultado, pode dever-se ao facto do tomate e do pepino serem consumidos, mais frequentemente, no seu estado fresco e os consumidores estarem habituados a estes sabores. Pelo contrário, a curgete e o nabo como são mais utilizados em sopa, o seu sabor é “camuflado”, e por esta razão terem sido menos agradados pelos consumidores.

Na Figura 60 pode-se verificar qual das amostras que se encontram em estudo seria adquirida pelos inquiridos para consumir como um *snack*. Assim, através desta Figura pode-se verificar que o pepino LF foi a amostra que a maioria dos inquiridos (cerca de 30%) consideraram como sendo a melhor para comprarem, de seguida o tomate LF (cerca de 29%), em minoria, os consumidores comprariam, o tomate SC e a curgete LF (cerca de 13%) e por último o nabo LF. Com este dados conclui-se que a liofilização seria o método mais apreciado pelos consumidores e os legumes seriam o tomate e o pepino.

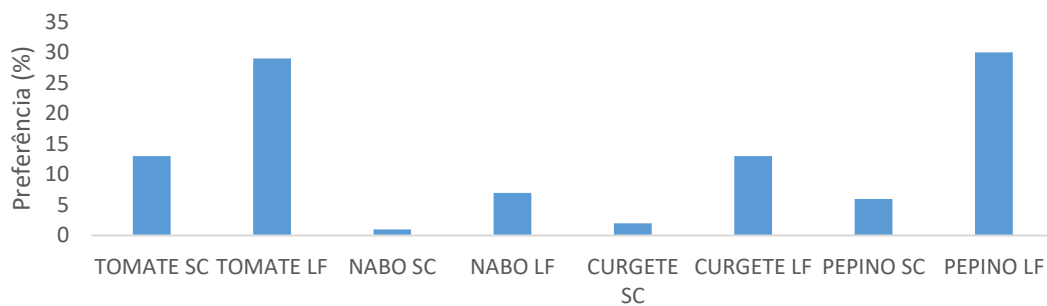


Figura 60 - Seleção das amostras do tomate, nabo, curgete e pepino preferenciais para compra.

4.2.1.3. INTENÇÃO DE COMPRA

Pela análise da Figura 61 é possível avaliar a intenção de compra deste tipo de produto: *snack* com mix de vegetais desidratados.

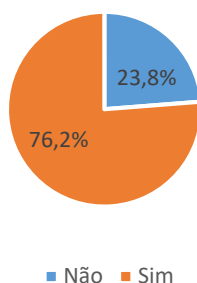


Figura 61 - Intenção de compra dos consumidores de uma embalagem com Mix dos vegetais desidratados desenvolvidos neste estudo.

Na Figura 61 pode-se verificar que cerca de 76% dos inquiridos comprariam este novo produto, o que reportando para a realidade, demonstra uma forte potencialidade para ser colocado no mercado.

Capítulo 5. CONCLUSÃO

Os métodos de desidratação aplicados neste trabalho apresentaram resultados positivos quer a nível físico-químico quer a nível sensorial nos diferentes produtos: tomate, nabo, curgete e pepino.

A atividade da água diminui com a remoção da humidade na secagem. Os legumes secos, provenientes de ambos os métodos de desidratação, apresentaram valores de atividade da água e um teor de humidade suficientemente baixos que garantem o não desenvolvimento de microrganismos e de reações químicas e enzimáticas indesejáveis.

No teor de cinzas, estatisticamente, verificou-se que não existem diferenças entre a SC e a LF. Também se verificou que ambas as técnicas de um modo geral ofereceram ao produto final uma qualidade equivalente ao fresco em termos de riqueza nutricional relativamente a este parâmetro.

Na avaliação da cor, concluiu-se que o LF foi o melhor método para obter amostras secas, com maior luminosidade (L^*), menor tonalidade (a^*) e menores valores de b^* . Contudo as amostras de tomate e curgete LF apresentaram menores diferenças de cor (menores valores de ΔE) e as amostras de nabo e pepino LF apresentam maiores diferenças de cor, relativamente ao fresco.

Da análise efetuada à dureza em ambos os processos de desidratação, não se verificaram diferenças. Dos quatro legumes, verificou-se que apenas o nabo após desidratação apresentou uma maior dureza, comparativamente ao fresco.

Relativamente às características físico-químicas, houve diferenças significativas entre o método SC e LF no teor de hidratos de carbono, exceto no tomate e no pepino ($p < 0,05$). No teor de fibra bruta não se verificaram diferenças entre LF e os dois métodos de desidratação ($p > 0,05$). Relativamente ao teor de proteína verificaram-se diferenças significativas entre SC e LF ($p < 0,05$), exceto na curgete.

Atendendo às qualidades organoléticas dos vegetais testados na análise sensorial, os consumidores preferiram os liofilizados, afirmando que o produto poderá ter um potencial valor comercial.

Assim, os resultados mostraram que ambos os métodos são eficientes relativamente ao objetivo pretendido, prolongar o tempo de vida útil dos vegetais frescos, e consequentemente reduzir o desperdício alimentar. No entanto, o método de liofilização demonstrou ser o melhor processo pois assemelha-se mais com o produto fresco em termos de cor e textura, em termos de teor de humidade e a_w apresenta valores muito satisfatórios e os valores de teor de cinzas relativamente superiores.

Devido às restrições de disponibilidade e sazonalidade de alguns hortofrutícolas, é aceitável processar este tipo de produtos para estarem disponíveis durante todo o ano. Portanto, vegetais desidratados podem ser uma boa alternativa para as refeições intermédias, podendo também ser adicionados a outros produtos, como polpas, sumos, cereais e salgados, satisfazendo as necessidades nutricionais básicas.

5.1. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

O trabalho desenvolvido encaminha para um conjunto de investigações futuras relativas ao desenvolvimento da tecnologia de desidratação. Ao nível da matéria-prima, seria interessante existir uma análise da maturação dos legumes precavendo a sua interferência no processo de desidratação e na qualidade do produto final. Assim como também seria importante, os consumos energéticos e a segurança microbiológica. Outras sugestões seriam o estudo das condições de operação (binómio tempo-temperatura), os efeitos de pré-tratamentos e determinar o tempo de vida útil do produto.

Com os resultados obtidos ao longo deste trabalho propõe-se à Pam, Lda, o investimento nos vegetais desidratados, sendo que o método por liofilização obteve melhores resultados em todos os parâmetros analisados. No entanto, a secagem por convecção de ar quente forçado, em alguns parâmetros analisados (teor de humidade de cinzas e dureza) não apresentou diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$), em comparação com o método de liofilização.

Com este trabalho verificaram-se várias vantagens no desenvolvimento dos vegetais desidratados, independentemente do método de desidratação aplicado, tais

como: aproveitamento do excedentário dos vegetais da empresa, desidratação simultânea de diferentes vegetais, valorização nutricional dos vegetais, aplicação de alegações nutricionais no produto, seguindo as tendências atuais e colocando a empresa com um novo posicionamento no mercado.

Capítulo 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alibas, I. (2012). Determination of Vacuum and Air Drying Characteristics of Celeriac Slices Determination of Vacuum and Air Drying Characteristics of Celeriac Slices. *J. BIOL. ENVIRON. SCI*, (6(16), 1–13).
- Amaral, A. P. C. do. (2014). *ESTUDO DA SECAGEM DE MAÇÃS: UTILIZAÇÃO DE PRÉ-TRATAMENTOS*. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.
- Amezquita, L. E. G., Tejada-Ortigoza, V., Campanella, O. H., & Welte-Chanes, and J. (2018). Influence of Drying Method on the Composition , Physicochemical Properties , and Prebiotic Potential of Dietary Fibre Concentrates from Fruit Peels, 2018.
- AOAC.920:115E. (1995). AOAC Official Method E-Ash. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 2 (33), 48.
- AOAC.925:10. AOAC Official Method Moisture Content Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. (2000).
- AOAC.955:04. AOAC Official Method Nitrogen Total in Fertilizers Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 2 (4), 03. (1995).
- AOAC.962:09. AOAC Official Method Fiber Crude in Animal feeds. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 1 (4), 18. (1995).
- APN. (2017). Programa de Sustentabilidade Alimentar (Pesquisa online): <https://doi.org/https://www.apn.org.pt/ver.php?cod=0D0K>
- Araújo, A., Pereira, D., Amaral, F., Soares, J., Alves, J., Ferrari, M., ... Ribeiro, L. F. (2017). III Congresso Ibero-Americano de Ambiente e Tecnologia : Livro de atas uma câmara de secagem por ar seco frio para alimentos.
- Asif, H. M., Akram, M., Saeed, T., Khan, M. I., Akhtar, N., Shah, S. M. A., ... Shaheen, G. (2011). Carbohydrates, 1(February), 1–5.
- Baccar, N. D. M., Silvia, M., & Oliveira, R. De. (2016). Tecnologias de atomização e desidratação: alternativas para a produção de farinhas a partir de vegetais. *Revista*

Jovens Pesquisadores, Santa Cruz do Sul, 6, 31–44.

Belitz, H.-D., Grosch, W. e Schieberle, P. (2009). *Food chemistry* (4ª Edition). Germany: Springer.

Beuchat, L. R., Komitopoulou, E., Beckers, H., & Betts, R. O. Y. P. (2013). Low – Water Activity Foods : Increased Concern as Vehicles of Foodborne Pathogens. *Journal of Food Protection*, 76(1), 150–172. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-211>

Blancard, D. (2005). *Enfermedades del Tomate*. (Mundi-prensa, Ed.). Madrid.

Bogosavljevic, D. (2015, Fevereiro). Inovar em Produtos Minimamente Processados _ TecnoAlimentar. *Tecnoalimentar* 1. <https://doi.org/http://www.tecnoalimentar.pt/noticias/inovar-em-produtos-minimamente-processados/>

Boschi, K. (2015). *CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E ANTIOXIDANTES DA SEMENTE , GERMINADOS , FLORES , POLPA E FOLHA DESENVOLVIDA DE ABÓBORA (Cucurbita pepo L .)*. Escola Superior Agrária de Bragança.

Bourdoux, S., Li, D., Rajkovic, A., Devlieghere, F., & Uyttendaele, M. (2016). Performance of Drying Technologies to Ensure Microbial Safety of Dried Fruits and Vegetables. *Food Science and Food Safety*, 15, 1056–1066. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12224>

Bourdoux, S., Rajkovic, A., De Sutter, S., Vermeulen, A., Spilimbergo, S., Zambon, A., ... Devlieghere, F. (2018). Inactivation of Salmonella, Listeria monocytogenes and Escherichia coli O157:H7 inoculated on coriander by freeze-drying and supercritical CO2 drying. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 47, 180–186. <https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2018.02.007>

Brennan, J. ., Butters, J. ., Cowell, N. D., & Lilley, A. E. . (1990). *Food engineering operations* (3ªEdition). London and New York.

Çaglayan, D., & Mazi, I. B. (2018). Effects of ultrasound-assisted osmotic dehydration as

- a pretreatment and finish drying methods on the quality of pumpkin slices. *Journal of Food Processing Preservation*, (April). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13679>
- Camargo, Gisele A, Haj-isa, N., & Queiroz, M. R. De. (2007). Avaliação da qualidade de tomate seco em conserva. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.11, n.5, (19), 521–526.
- Camargo, Gisele Anne, & Ora. (2000). *Secagem de tomate para conserva: Estudos de parâmetros com base na qualidade inicial*. São paulo.
- Caparino, O. A., Tang, J., Nindo, C. I., Sablani, S. S., Powers, J. R., & Fellman, J. K. (2012). Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine «Carabao» var.) powder. *Journal of Food Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.010>
- Castro, A. G. de. (2003). *A Química e a Reologia no Processamento Alimentar*. (l. Portugal: Piaget, Ed.).
- Chua, K. J., & Chou, S. K. (2003). Low-cost drying methods for developing countries. *Trends in Food Science & Technology*, 14, 519–528. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.07.003>
- Coelho, K. D. (2010). *SECAGEM DE TOMATE (Lycorpesicon esculentum Mill) EM CAMADA DELGADA : AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS SECAGEM DE TOMATE (Lycorpesicon esculentum Mill) EM CAMADA DELGADA : AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS*. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE.
- Cornejo, F. E. P., Nogueira, R. I., & Wilberg, V. C. (2003). *Secagem como Métodos de Conservação de Frutas*.
- Corrêa, P. G. (2014). *SECAGEM CONVECTIVA DE ABACAXI COMBINADA COM APLICAÇÃO DE POTÊNCIA DE MICRO-ONDAS VARIÁVEL*. UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO.

- Crowe, L. M., Reid, D. S., & Crowe, J. H. (1996). Is Trehalose Special for Preserving Dry Biomaterials ?, *71*(October), 2087–2093.
- Djekic, I., Tomic, N., Bourdoux, S., Spilimbergo, S., Smigic, N., Udovicki, B., ... Rajkovic, A. (2018). Comparison of three types of drying (supercritical CO₂, air and freeze) on the quality of dried apple – Quality index approach. *LWT*, *94*, 64–72. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.04.029>
- Eurostat. (2019). Do you eat fruit and vegetables daily? *Do you eat fruit and vegetables daily?* Obtido de <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20190401-1>
- FAO. (2014). Building a common vision for sustainable food and agriculture. *Building a Common Vision for Sustainable Food and Agriculture*. Obtido de <http://www.fao.org/3/a-i3940e.pdf>
- Filho, D., Eidam, T., & Vinicius, A. (2011). Processamento de produto farináceo a partir de beterrabas submetidas à secagem estacionária, (c), 207–214. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i2.4885>
- FIPA. (2019). MEDIR O DESPERDÍCIO ALIMENTAR. <https://doi.org/https://www.fipa.pt/sustentabilidade/medir-o-desperdicio-alimentar>
- FSAI. (2014). *Guidance note n.18: validation of product shelf-life (revision 2)*. Food Safety Authority of Ireland. Dublin: Ireland.
- Gonçalves, O. (2015). *Estudo Comparativo de processos de desidratação por liofilização e secagem convencional*. Instituto Politécnico de Tomar.
- Governo de Portugal. (2014). Prevenir desperdício alimentar.
- Guiné, R. P. F., Henriques, F., & Barroca, M. J. (2009). VALORIZAÇÃO DE PEPINO ATRAVÉS DE SECAGEM : ESTUDO DO EFEITO DO MÉTODO DE SECAGEM SOBRE A COMPOSIÇÃO.

- Guiné, R. P. F., Pinho, S., & Barroca, M. J. (2011). Study of the convective drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*), (October). <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.09.001>
- Hajiboland, R., Farhanghi, F., & Aliasgharpour, M. (2012). Morphological and anatomical modifications in leaf , stem and roots of four plant species under boron deficiency conditions, 15–29.
- Henriques, F. S. de S. C. (2012). *EFEITO DA SECAGEM SOBRE AS PROPRIEDADES DAS CURCUBITÁCEAS*. INSTITUTO POLITÉCNICO DE VISEU.
- Hossein, A., Barati, M., Abouali, B., & Sadin, R. (2017). Evaluation of some engineering properties of cucumber (*Cucumis sativus* L .) seeds and kernels based on image processing. *Information Processing in Agriculture*, 4(4), 300–315. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.07.001>
- INSA. (2019). Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge. Tabela de Composição de Alimentos (Pesquisa Online): Obtido 22 de Junho de 2019, de <http://www2.insa.pt/sites/INSA/Portugues/AreasCientificas/AlimentNutricao/AplicacoesOnline/TabelaAlimentos/PesquisaOnline/Paginas/DetalheAlimento.aspx?ID=IS609>
- Ismail, A., Marjan, Z. M., & Foong, C. W. (2004). Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. *Food Chemistry*, 87, 581–586. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.010>
- J N Brandão Oliveira. (2011). Anatomia de plantas superiores, 391–402.
- James, C. S. (1995). *Experimental Procedures - DNS colorimetric determination of available carbohydrates in foods. Analytical Chemistry of Foods*.
- Jardim, M. F., Nogueira, S., Melliny, M., & Freitas, G. De. (2017). APROVEITAMENTO DE EXCEDENTE AGRÍCOLA DO MUNICÍPIO DE NOVA MATRONA - MG PARA PRODUÇÃO DE TOMATE SECO POR SECAGEM NATURAL, (2004), 2004–2006.

- Jones, B. D. B., Chemist, P., & Division, N. (1931). Factors for converting percentages of nitrogen in foods and feeds into percentages of proteins [electronic resource]. D.C: U.S. Dept. of Agriculture.
- JUNIOR, F. P. D. B. (2012). *PRODUÇÃO DE TOMATE (Solanum lycopersicum L.) REUTILIZANDO SUBSTRATOS SOB CULTIVO PROTEGIDO NO MUNICÍPIO DE IRANDUBA-AM*. UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS.
- Kowalska, J., Kowalska, H., Marzec, A., Brzezina, T., Samborska, K., & Lenart, A. (2018). Dried strawberries as a high nutritional value fruit snack, 27, 799–807. <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0304-6>
- Krücken-Pereira, L., & Abreu, A. F. De. (2002). A necessidade de inovar : um estudo na indústria de alimentos, 19–27.
- Kumar, G. P., Prashanth, N., & Kumari, B. (2011). Fundamentals and Applications of Lyophilization. *Journal of Advanced Pharmaceutical Research.*, 2(4), 157–169. Obtido de https://www.academia.edu/23830890/Fundamentals_and_Applications_of_Lyophilization
- Lima, M. A. De, Moreira, L. F., & Souza, P. A. De. (2012). Caracterização físico-química de maçãs desidratadas.
- Lopes, A. de P. N. (2009). *Caracterização química e biológica da Pieris brassicae alimentada com Brassica rapa var . rapa*. Universidade do Porto.
- Maskan, M. (2001). Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying, 48, 169–175.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (1993). *Unit Operations of Chemical Engineering*. (McGraw-Hill, Ed.) (5ª Edition).
- Medeiros, P. R. F. de. (2007). *Manejo da fertirrigação em ambiente protegido visando o controle da salinidade para a cultura do pepino enxertado*. Universidade de São

Paulo.

- Muñoz-lópez, C., Urrea-garcia, G. R., Jiménez-fernandez, M., & Carmen, G. (2018). Effect of drying methods on the physicochemical and thermal properties of Mexican plum (*Spondias purpurea* L .), *16*(1), 127–134.
- Murcia, M. A., Jiménez, A. M., & Martínez-tomé, M. (2009). Vegetables antioxidant losses during industrial processing and refrigerated storage. *Food Research International*, *42*(8), 1046–1052. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.04.012>
- Nogueira, D. C., Nogueira, G. P., & Falcão, P. H. A. S. (2012). Análise sensorial de frutas desidratadas por processo de desidratação osmótica seguida de secagem em microondas. *ANUÁRIO DA PRODUÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DISCENTE*, Vol. 13, N, 39–47.
- Noronha, J. F. (2003). *Análise Sensorial - Metodologia Versão 1.0. Escola Superior Agrária de Coimbra*.
- NP4263. Projeto norma portuguesa NP4263:1994. Análise Sensorial- Vocabulário. IPQ, Lisboa (1994).
- Oliveira, R. A. De. (2009). *ESTUDO DA SECAGEM EM DOIS TIPOS DE SECADORES : AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS E COMPORTAMENTO DO MATERIAL SECO*. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS.
- Pereira, G. I. S., Pereira, R. G. F. A., Barcelos, M. de F. P., & Morais, A. R. de. (2003). CARROT LEAF CHEMICAL EVALUATION AIMING ITS USE IN HUMAN FEEDING. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, *27*(n. 4), 852–857.
- Pereira, I. (2017). Equidade Alimentar e Cuidados na Manutenção da Vida ., *21*, 45–54.
- Peryam, D. R., & Pilgrim, F. J. (1957). Hedonic scale method of measuring food preferences. *Food Technology*, 9–14.
- Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review. *Journal of Food Engineering*. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00228-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00228-4)

Regulamento(CE).N.º.1441/2007. Regulamento (CE) N.º 1441/2007 da Comissão de 5 de dezembro de 2007 relativo a critérios microbiológicos aplicáveis aos géneros alimentícios, Jornal oficial da União Europeia § (2007).

Regulamento (CE) nº 1924/2006 do parlamento Europeu e do Conselho de 20 de dezembro de 2006.

Regulamento (UE) Nº 432/2012 DA COMISSÃO de 16 de maio de 2012 Journal Oficial L136 de 25.05.2012 C.F.R (2012).

Ribeiro, M. I., & Fernandes, A. (2017). Consumo e hábitos de compra de fruta desidratada no Norte de Portugal Introdução Objetivos Material e Métodos Conclusão. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.571798.2>.

Ribeiro, P. (2012). *Processo de Liofilização de Produtos Alimentares Perecíveis*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

Sahin, S., & Sumnu, S. G. (2006). *Water Activity and Sorption*. New York: NY: Springer New York.

Santana, M. J. de, Vieira, T. A., Barreto, A. C., & Cruz, O. C. da. (2010). RESPOSTA DO TOMATEIRO IRRIGADO A NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DE ÁGUA NO SOLO. *Irriga, Botucatu*, v. 15, n. 4, v. 15, n., 443–454.

SANTOS, F. F. B. DOS. (2009). *OBTENÇÃO E SELEÇÃO DE HÍBRIDOS DE TOMATE VISANDO À RESISTÊNCIA AO Tomato yellow vein streak virus (ToYVSV)*. Instituto Agronômico de Campinas.

Santos, J. R. (2013). *PRODUTOS HORTOFRUTÍCOLAS Joana Rosa Santos Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Alimentar*.

Seabra, R. M., & Andrade, P. B. (2007). Food Chemistry Chemical and antioxidative assessment of dietary turnip (*Brassica rapa* var . *rapa* L .), 105, 1003–1010. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.063>

Sediyama, M. A., Nascimento, J. L., Lopes, I. P., Lima, P. C., & Vidigal, S. M. (2014). Página

- do horticultor, 2, 491–496.
- Seguenka, B., Vandr  Barboza Bri o, C. S., Salla, A. C. V., Adriana, Milani, & Castoldi, S. M. (2014). Clarificação de Vinho Tinto Pelo Processo de Separação por Membranas. *Global Science and Technology*, (December). <https://doi.org/10.14688/1984-3801/gst.v7n3p119-126>
- Silva, A. R. (2014). Combate ao desperdício de alimentos entra no negócio da indústria. *Público*.
<https://doi.org/https://www.publico.pt/2014/01/31/economia/noticia/combate-a-desperdicio-de-alimentos-entra-no-negocio-da-industria-1621730>
- Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property, 13, 215–225.
- Teresa de Noronha, E. M. and P. N. (2017). Tecnoalimentar , 11. *Paisagem Agroalimentar em Portugal a nível regional. Factos e perspetivas*, 4–8.
- Terroni, H. C., Jesus, M. D. E., Thaessa, L., Lucina, A., Ventura, V., Fernandes, R., Patrícia de C. DAMY-BENEDETTI & Damy, C. (2013). *Revista Científica UNILAGO*, 271–284.
- Valério, S. H. (2017). Glicosinolatos : Estrutura Química , Mecanismo de Ativa  o Enzimática e Atividade Biológica.
- Vallespir, F., Rodríguez,  ., Eim, V. S., Rosselló, C., & Simal, S. (2018). Freezing pre-treatments on the intensification of the drying process of vegetables with different structures, 239(July), 83–91.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.008>
- Vanaclocha, A. C., & Requena, J. A. (2003). *Procesos de conservación de alimentos* (2  Edición).
- Vega-Gálvez, Antonio, Zura-Bravo, Liliana, Roberto, Lemus-Mondaca, Martinez-Monz , Javier, Quispe-Fuentes, Issis, Puente, Luis, Di Scala, K. (2015). Influence of drying temperature on dietary fibre , rehydration properties , texture and microstructure of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L .), 52(April), 2304–2311.

<https://doi.org/10.1007/s13197-013-1235-0>

Vélez, H. A. V. (2011). *APLICAÇÕES DE SECAGEM PARA O APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA BANANA, VISANDO SUA APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA*. Universidade Estadual Paulista.

Yaghmaee, P., & Durance, T. (2007). Efficacy of Vacuum Microwave Drying in Microbial Decontamination of Dried Vegetables. *Drying Technology*, 25: 1109–1114,. <https://doi.org/10.1080/07373930701397301>

Yang, J., Chen, Y., Kawabata, S., Li, Y., & Wang, Y. (2017). Identification of Light-Independent Anthocyanin Biosynthesis Mutants Induced by Ethyl Methane Sulfonate in Turnip “Tsuda” (*Brassica rapa*). <https://doi.org/10.3390/ijms18071288>

ZANATTA, C. L., SCHLABITZ, C., & ETHUR, E. M. (2010). AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE FARINHAS OBTIDAS A PARTIR DE VEGETAIS NÃO CONFORMES À COMERCIALIZAÇÃO, 459–468.

Zhang, C., Liu, D., & Gao, H. (2018). Kinetics, physicochemical properties, and antioxidant activities of *Angelica keiskei* processed under four drying conditions. *LWT*, 98, 349–357. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.08.054>

Zielinska, M, Sadowski, P., & B, W. (2015). Freezing / thawing and microwave-assisted drying of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L .). *LWT - Food Science and Technology*, 62, 555–563. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.002>

Zielinska, Magdalena, & Michalska, A. (2016). Microwave-assisted drying of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L .) fruits : Drying kinetics , polyphenols , anthocyanins , antioxidant capacity , colour and texture. *Food Chemistry*, 212, 671–680. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.003>

Zielinska, Magdalena, Ropelewska, E., & Zapotoczny, P. (2018). Effects of freezing and hot air drying on the physical , morphological and thermal properties of cranberries (*Vaccinium macrocarpon*). *Food and Bioproducts Processing*, 110, 40–49.

<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.04.006>

Capítulo 7. APÊNDICES

7.1. Apêndice I – Inquérito e teste de aceitabilidade com consumidores



Estudo de Consumidor Aceitabilidade de Vegetais Desidratados

O objetivo deste estudo de consumidor é recolher informação importante acerca da aceitabilidade de um novo produto desenvolvido no âmbito de uma dissertação do Mestrado de Engenharia Alimentar, realizada no Instituto Politécnico de Viana do Castelo.

Informo que este inquérito é anónimo.

Preencha por favor, as questões abaixo apresentadas.

As questões com * são de resposta obrigatória.

Agradeço, desde já, a sua colaboração.

Sara Costa

Secção A – Informação demográfica e socioeconómica

As respostas nesta secção servem só e apenas para caracterização da amostra/população que respondeu ao inquérito.

1. Sexo*

☐

Feminino

☐

Masculino

2. Idade (em anos)*

☐

Menos de 18

☐

26 – 35

☐

46 – 55

☐

66 – 75

☐

18 – 25

☐

36 – 45

☐

56 – 65

☐

Mais de 75

3. Distrito*

☐

Aveiro

☐

Bragança

☐

Faro

☐

Lisboa

☐

Viana do Castelo

☐

Beja

☐

Castelo Branco

☐

Guarda

☐

Portalegre

☐

Vila Real

☐

Braga

☐

Coimbra

☐

Leiria

☐

Santarém

☐

Ilhas

☐

Porto

☐

Évora

☐

Viseu

☐

Setúbal

Secção B – Padrão de Consumo

4. Costuma consumir legumes?*

☐

Sim (Avance para a questão 5)

☐

Não (Avance para a questão 7)

5. De que forma costuma consumir mais legumes?* (Pode seleccionar vários)

☐

Sopa

☐

Salada

☐

Salteados

☐

Cozidos

☐

Desidratados

☐

Outros

6. Com que frequência costuma consumir legumes?

☐

Todos os dias da semana

☐

Uma vez por semana

☐

Raramente

☐

Mais do que uma vez por semana

☐

Uma vez por mês

(Imagens exemplificativas)

7. Já consumiu fruta/legumes desidratada(os)?*

☐

Sim (Avance para a questão 8)

☐

Não (Avance para a questão 10)



8. Com que frequência costuma consumir fruta/legumes desidratada(os)?

☐

Todos os dias da semana

☐

Uma vez por semana

☐

Raramente

☐

Mais do que uma vez por semana

☐

Uma vez por mês

Estudo de Consumidor

Aceitabilidade de Vegetais Desidratados

9. O que considera mais interessante num snack saudável? (Pode selecionar vários)

- ☐ Aspeto ☐ Sabor ☐ Características nutricionais (Saudável)
☐ Crocância ☐ Snack saciador

10. Qual o interesse em consumir um snack de legumes desidratados, 100% naturais (sem adição de açúcar, corantes e conservantes)?

- ☐ Muito interessado(a) ☐ Interessa-me pouco
☐ Interessa-me ligeiramente ☐ Nada Interessado(a) (Avance para a secção C)

11. Em que momentos do dia consumiria estes snacks de legumes desidratados, 100% naturais? (Pode selecionar vários)

- ☐ Pequeno-almoço ☐ Almoço ☐ Jantar
☐ Lanche da manhã ☐ Lanche da tarde ☐ Ceia

12. Quanto estaria disposto a dar por um snack de legumes (embalagem de 30g com MIX de legumes desidratados)?

- ☐ 1,5 € ☐ 3 €
☐ 2,5 € ☐ Nada

Secção C – Teste de aceitabilidade e preferência

Sr(a) Provedor(a), avalie a amostra codificada e use a escala abaixo para indicar o quanto gostou ou desgostou da amostra (lado esquerdo da folha). Utilize esta mesma escala para classificar os atributos da caixa (lado direito da folha).

Produto: Tomate

- (9) - Gostei extremamente
 (8) - Gostei muito
 (7) - Gostei moderadamente
 (6) - Gostei ligeiramente
 (5) - Indiferente
 (4) - Desgostei ligeiramente
 (3) - Desgostei moderadamente
 (2) - Desgostei muito
 (1) - Desgostei extremamente

Amostra: 420

Impressão Global	_____
Aroma	_____
Cor	_____
Sabor	_____
Textura	_____

Produto: Tomate

- (9) - Gostei extremamente
 (8) - Gostei muito
 (7) - Gostei moderadamente
 (6) - Gostei ligeiramente
 (5) - Indiferente
 (4) - Desgostei ligeiramente
 (3) - Desgostei moderadamente
 (2) - Desgostei muito
 (1) - Desgostei extremamente

Amostra: 685

Impressão Global	_____
Aroma	_____
Cor	_____
Sabor	_____
Textura	_____

Qual destas duas amostras de tomate prefere? Código da amostra

Estudo de Consumidor

Aceitabilidade de Vegetais Desidratados

Produto: Nabo

- (9) - Gostei extremamente
(8) - Gostei muito
(7) - Gostei moderadamente
(6) - Gostei ligeiramente
(5) - Indiferente
(4) - Desgostei ligeiramente
(3) - Desgostei moderadamente
(2) - Desgostei muito
(1) - Desgostei extremamente

Amostra: 716

Impressão Global	_____
Aroma	_____
Cor	_____
Sabor	_____
Textura	_____

Produto: Nabo

- (9) - Gostei extremamente
(8) - Gostei muito
(7) - Gostei moderadamente
(6) - Gostei ligeiramente
(5) - Indiferente
(4) - Desgostei ligeiramente
(3) - Desgostei moderadamente
(2) - Desgostei muito
(1) - Desgostei extremamente

Amostra: 953

Impressão Global	_____
Aroma	_____
Cor	_____
Sabor	_____
Textura	_____

Qual destas duas amostras de nabo prefere? Código da amostra

Produto: Curgete

- (9) - Gostei extremamente
(8) - Gostei muito
(7) - Gostei moderadamente
(6) - Gostei ligeiramente
(5) - Indiferente
(4) - Desgostei ligeiramente
(3) - Desgostei moderadamente
(2) - Desgostei muito
(1) - Desgostei extremamente

Amostra: 842

Impressão Global	_____
Aroma	_____
Cor	_____
Sabor	_____
Textura	_____

Produto: Curgete

- (9) - Gostei extremamente
(8) - Gostei muito
(7) - Gostei moderadamente
(6) - Gostei ligeiramente
(5) - Indiferente
(4) - Desgostei ligeiramente
(3) - Desgostei moderadamente
(2) - Desgostei muito
(1) - Desgostei extremamente

Amostra: 213

Impressão Global	_____
Aroma	_____
Cor	_____
Sabor	_____
Textura	_____

Qual destas duas amostras de curgete prefere? Código da amostra

Estudo de Consumidor

Aceitabilidade de Vegetais Desidratados

Produto: Pepino

- (9) - Gostei extremamente
- (8) - Gostei muito
- (7) - Gostei moderadamente
- (6) - Gostei ligeiramente
- (5) - Indiferente
- (4) - Desgostei ligeiramente
- (3) - Desgostei moderadamente
- (2) - Desgostei muito
- (1) - Desgostei extremamente

Amostra: 521

Impressão Global	
Aroma	
Cor	
Sabor	
Textura	

Produto: Pepino

- (9) - Gostei extremamente
- (8) - Gostei muito
- (7) - Gostei moderadamente
- (6) - Gostei ligeiramente
- (5) - Indiferente
- (4) - Desgostei ligeiramente
- (3) - Desgostei moderadamente
- (2) - Desgostei muito
- (1) - Desgostei extremamente

Amostra: 138

Impressão Global	
Aroma	
Cor	
Sabor	
Textura	

Qual destas duas amostras de pepino prefere? Código da amostra

1. POR FAVOR, ORDENE DE 1 A 4, DO LEGUME QUE MAIS GOSTOU PARA O QUE MENOS GOSTOU, RESPETIVAMENTE.

	Tomate
	Nabo
	Curgete
	Pepino

2. POR FAVOR, INDIQUE QUAL A AMOSTRA QUE COMPRARIA PARA CONSUMIR COMO UM SNACK?

CÓDIGO

3. ESTARIA DISPOSTO A COMPRAR UMA EMBALAGEM COM UM MIX DESTES 4 LEGUMES DESIDRATADOS?

☐ Sim	☐ Não
------------------------------	------------------------------

Obrigada pela sua colaboração!

7.2. Apêndice II – Resultados do teor de humidade, de minerais e a_w

		% Humidade	a_w	% Cinzas
Tomate	FR	94,42±0,18b	0,94±0,03a	7,36±0,70a
	SC	6,50±1,42a	0,61±0,01b	8,45±0,67ab
	LF	7,64±0,71a	0,63±0,11b	9,06±0,34b
Nabo	FR	94,18±0,28b	0,86±0,02a	14,05±1,90a
	SC	7,57±1,56a	0,46±0,02b	11,65±0,35a
	LF	5,40±0,19a	0,50±0,02b	11,74±0,49a
Curgete	FR	93,73±0,19b	0,91±0,01a	11,11±0,96b
	SC	7,51±0,47a	0,54±0,01b	8,56±0,18a
	LF	6,82±0,09a	0,45±0,03c	9,03±0,43a
Pepino	FR	95,48±0,11b	0,88±0,02a	10,56±0,95a
	SC	6,29±1,25a	0,60±0,04b	9,00±0,69a
	LF	7,22±0,15a	0,43±0,01c	9,36±0,31a

(FR) - Fresco; (SC) - Secagem por convecção; (LF) - Liofilização; Valores são a média de três determinações ± DP. Valores por vegetal (FR, SC e LF) dentro da mesma coluna seguidos de letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

7.3. Apêndice III – Resultados do teor de hidratos de carbono, fibra bruta e proteína

		% Hidratos de carbono	% Fibra Bruta	% Proteína
Tomate	FR	24,41±0,07a	13,74±0,17a	17,62±0,02a
	SC	32,14±0,15a	13,98±0,78a	10,43±0,39b
	LF	26,37±1,76a	14,29±0,27a	13,72±0,74c
Nabo	FR	35,58±0,21ac	8,43±0,41a	9,05±0,01a
	SC	42,27±0,21b	9,71±0,55a	11,37±0,18b
	LF	31,88±0,80c	10,29±0,12a	12,81±0,20c
Curgete	FR	34,88±0,39ac	5,48±0,13a	19,51±0,03a
	SC	52,21±2,68b	5,85±0,38a	16,67±0,27b
	LF	44,45±1,26c	6,14±0,12a	17,09±0,87b
Pepino	FR	48,64±0,28a	7,92±0,21a	13,37±0,02b
	SC	43,77±0,03a	8,57±0,11a	13,47±0,28b
	LF	36,02±2,37a	9,70±0,39a	11,19±0,30c

(FR)- Fresco; (SC)- Secagem por convecção; (LF)- Liofilização; Valores são a média de três determinações ± DP. Valores por vegetal (FR, SC e LF) dentro da mesma coluna seguidos de letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

7.4. Apêndice IV – Resultados da dureza (N)

		Dureza (N)
Tomate	FR	3,19±0,34b
	SC	0,82±0,75a
	LF	1,22±0,38a
Nabo	FR	1,70±0,74b
	SC	3,73±0,82a
	LF	4,10±1,89a
Curgete	FR	4,31±0,90b
	SC	2,32±0,31a
	LF	2,83±0,32a
Pepino	FR	8,27±1,45b
	SC	3,76±0,76a
	LF	3,72±0,46a

(FR) - Fresco; (SC) - Secagem por convecção; (LF) - Liofilização; Valores são a média de três determinações ± DP. Valores por vegetal (FR, SC e LF) dentro da mesma coluna seguidos de letras diferentes são significativamente diferentes (p <0,05).

7.5. Apêndice V – Resultados de L* a* e b*

		Cor			
		L*	a*	b*	ΔE
Tomate	FR	55,84±6,59a	20,82±2,60a	25,50±3,36a	-
	SC	65,76±6,32a	23,01±4,24a	38,21±14,11a	12,36±2,95a
	LF	68,15±7,64a	16,90±3,00a	24,52±4,16a	9,17±1,38a
Nabo	FR	81,30±3,17a	-3,65±0,40a	3,05±1,22a	-
	SC	85,25±2,32ab	4,07±0,08ab	6,33±1,49b	6,64±0,38a
	LF	89,30±1,01b	-4,48±0,31b	2,89±1,04a	7,54±0,03a
Curgete	FR	86,95±1,11a	-3,27±1,14a	19,82±2,58a	-
	SC	85,31±2,66a	-2,18±0,48a	27,55±4,32a	10,79±0,37a
	LF	88,51±2,18a	-3,2±1,95a	20,15±3,13a	4,54±0,90b
Pepino	FR	69,99±3,37a	-8,88±0,80a	21,35±2,06a	-
	SC	68,61±2,07a	-7,93±1,19a	29,56±1,23b	7,74±0,18a
	LF	84,52±2,28b	-8,17±0,45a	17,72±2,79a	13,39±0,36b

(FR) - Fresco; (SC) - Secagem por convecção; (LF) - Liofilização Valores são a média de três determinações ± DP. Valores por vegetal (FR, SC e LF) dentro da mesma coluna seguidos de letras diferentes são significativamente diferentes (p <0,05).

7.6. Apêndice VI – Resultados do teor de humidade ao longo do tempo de secagem por convecção de ar quente

Parâmetro	Tempo (horas)						
	0	2	4	6	8	10	12
% Humidade							
Tomate	94,42±0,18a	93,04±0,11ab	88,58±1,53b	72,36±3,58c	6,50±1,42d	6,06±0,87d	5,54±0,56d
Nabo	94,18±0,28a	82,38±0,14b	7,57±1,56c	2,02±0,47c	1,87±0,64c	1,83±0,67c	1,71±0,38c
Curgete	93,73±0,19a	81,50±2,03a	9,87±0,28a	7,51±0,47b	5,94±0,52b	5,71±0,26b	5,06±0,10b
Pepino	95,48±0,11a	76,52±1,60b	6,29±1,25c	5,96±1,49c	5,68±0,98c	5,33±0,28c	5,06±0,56c

Os valores são a média de três determinações ± DP. Valores da mesma linha seguidos de letras diferentes são significativamente diferentes (p <0,05).

ESTG

Novembro 2019

ESTG

Novembro 2019