

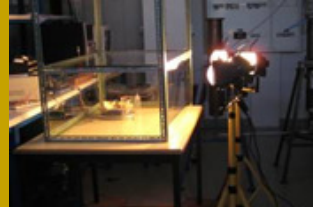
SECAGEM DE PERAS

Da Tradição à Ciência

Coordenação

RAQUEL GUINÉ

2010



SECAGEM DE PERAS

Da Tradição à Ciência



Projecto PTDC/AGR-ALI/74587/2006

Coordenação

Raquel Guiné

Ficha técnica

Edição

CI&DETS – Centro de Investigação em Educação, Tecnologias e Saúde
Instituto Politécnico de Viseu
Viseu

Coordenação editorial

Raquel Guiné, ESAV/CI&DETS, IPV

Composição

Raquel Guiné, ESAV/CI&DETS, IPV

Capa

Raquel Guiné, ESAV/CI&DETS, IPV

Copyright © 2010

Impressão e acabamento

Nocamil - Nova casa tipográfica, Lda
Coimbra

ISBN 978-989-96937-1-5

Depósito Legal 317900/10

Tiragem

250 exemplares

1ª Edição: Setembro de 2010

Distribuição gratuita

Publicação financiada pela FCT

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR



Conteúdo

Prefácio	iii
Agradecimentos	iv
Lista de autores	v
Capítulo 1	
Apresentação do projecto	1
<i>Raquel Guiné</i>	
Capítulo 2	
Método tradicional de produção da “Pêra Passa de Viseu”	7
<i>Maria João Lima, Raquel Guiné, Dulcineia Ferreira, Maria João Barroca</i>	
Capítulo 3	
Caracterização da produção da Pêra Passa Tradicional	17
<i>Raquel Guiné, Gabriela Peres</i>	
Capítulo 4	
Secagem de peras de S. Bartolomeu em estufa solar	43
<i>Raquel Guiné, Maria João Barroca</i>	
Capítulo 5	
Secagem de peras num protótipo duma nova estufa solar para obtenção dum produto tradicional: alguns resultados experimentais e sugestões	57
<i>João Monney Paiva, Paulo Lopes</i>	
Capítulo 6	
Secagens convectivas de pêra São Bartolomeu em túnel	101
<i>Vítor Silva, Rui Figueiredo, José Costa, Raquel Guiné, Dulcineia Ferreira, João Gonçalves</i>	
Capítulo 7	
Comparação de secagens convectivas em túnel, em regime contínuo e descontínuo	119
<i>Vítor Silva, Rui Figueiredo, José Costa, Raquel Guiné, Dulcineia Ferreira, João Gonçalves</i>	
Capítulo 8	
Estudo das cinéticas em diferentes sistemas de secagem da pêra S. Bartolomeu	127
<i>Raquel Guiné, Maria João Barroca</i>	

Capítulo 9	
Comparação de propriedades físico-químicas de peras secadas por métodos diferentes	143
<i>Fernando J. Gonçalves, Raquel Guiné, Maria João Barroca</i>	
Capítulo 10	
Caracterização bioquímica e fúngica de peras secadas por diferentes processos	155
<i>Inês Almeida, Elisa Costa, Raquel Guiné</i>	
Capítulo 11	
Influência do modo de secagem sobre a cor, a textura e a composição nutricional das peras	173
<i>Raquel Guiné, Fátima Carrilha, Andreia Loureiro</i>	
Capítulo 12	
Análise sensorial, estudo da coloração característica e perfil de aminoácidos da Pêra Passa de Viseu	198
<i>Pedro cunha, Sílvia M. Rocha, Ana C. Correia, Raquel Guiné, Manuel A. Coimbra</i>	
Capítulo 13	
Isolamento e caracterização estrutural de polissacarídeos pécticos da pêra passa de Viseu	205
<i>Lisete Silva, Cláudia Nunes, Maria do Rosário Domingues, Raquel Guiné, Manuel António Coimbra</i>	

Prefácio

A “Pêra Passa de Viseu” resulta da secagem artesanal das peras da variedade S. Bartolomeu, feita por exposição directa ao sol durante os períodos de Verão, e possui características organolépticas únicas.

É um produto regional bastante apreciado, mas que não tem sido devidamente valorizado comercialmente ao longo das últimas décadas. Nesta medida, tem a Escola Superior Agrária de Viseu desenvolvido trabalhos, em conjunto com outras instituições, no sentido de inverter esta tendência.

As informações constantes da presente publicação resultam do trabalho desenvolvido no âmbito do projecto PTDC/AGR-ALI/74587/2006 intitulado “Peras secadas, promoção de um produto agro-alimentar tradicional utilizando metodologia científica”, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia.

O projecto desenvolveu-se de 2006 a 2010, sob a liderança da Escola Superior Agrária de Viseu, tendo como instituições parceiras a Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial da Universidade de Coimbra, a Escola Superior de Tecnologia de Viseu, a Felba - Promoção de Frutas e Legumes da Beira Alta A.C.E, o INRA - Unité de Recherches Cidricoles, Biotransformation des Fruits et Légumes - Département CEPIA/França, o Instituto Nacional de Recursos Biológicos e a Universidade de Aveiro.

Os estudos desenvolvidos, muito embora incidissem fortemente sob a tecnologia de secagem, foram contudo para além disso, envolvendo um conjunto de análises com vista à caracterização das peras secadas obtidas pelos diferentes métodos, e ainda estudos que permitam conhecer e explicar alguns dos fenómenos químicos e/ou bioquímicos que ocorrem durante a secagem.

Os resultados obtidos permitem antever algumas possibilidades de melhoramento do processo tradicional, nomeadamente no que respeita aos sistemas de secagem, com importantes vantagens em relação aos aspectos sanitários relacionados com o produto final.

A coordenadora editorial

Raquel Guiné

Agradecimentos

Agradece-se a:

- Fundação para a Ciência e Tecnologia
- Direcção Regional de Agricultura da Beira Litoral
- Francisco Gonçalo, Graça Gonçalves, António Maia, José Francisco João Flor
- Belarmino Alves, da Cooperativa Agrícola dos Fruticultores da Beira Alta, CRL
- Nuno Neves da DRABL
- Manuel Candeias, do Instituto Nacional dos Recursos Biológicos
- Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Viseu e a todas as outras instituições que acolheram o projecto, bem como aos investigadores e bolseiros que integraram as equipas nas diferentes instituições participantes.

Lista de autores

ANA CRISTINA CORREIA

Dep. Indústrias Alimentares, Escola Superior Agrária de Viseu
Quinta da Alagoa, Estrada de Nelas, Ranhados, 3500-606 Viseu
(anacorreia@esav.ipv.pt)

ANDREIA LOUREIRO

Dep. Indústrias Alimentares, Escola Superior Agrária de Viseu
Quinta da Alagoa, Estrada de Nelas, Ranhados, 3500-606 Viseu
(andrea.loureiro@live.com.pt)

CLÁUDIA NUNES

Departamento de Química, Universidade de Aveiro
Campus Universitário de Santiago, 3810 - 193 Aveiro
(claudianunes@ua.pt)

DULCINEIA FERREIRA

CI&DETS – IPV, Dep. Indústrias Alimentares, Escola Superior Agrária de Viseu
Quinta da Alagoa, Estrada de Nelas, Ranhados, 3500-606 Viseu
(ferdulcineia@esav.ipv.pt)

ELISA MATOS COSTA

CI&DETS – IPV, Dep. Indústrias Alimentares, Escola Superior Agrária de Viseu
Quinta da Alagoa, Estrada de Nelas, Ranhados, 3500-606 Viseu
(elisacosta@esav.ipv.pt)

FÁTIMA CARRILHA

Dep. Indústrias Alimentares, Escola Superior Agrária de Viseu
Quinta da Alagoa, Estrada de Nelas, Ranhados, 3500-606 Viseu
(Fatima.cloureiro@hotmail.com)

FERNANDO J. GONÇALVES

Dep. Indústrias Alimentares, Escola Superior Agrária de Viseu
Quinta da Alagoa, Estrada de Nelas, Ranhados, 3500-606 Viseu
(fgoncalves@esav.ipv.pt)

GABRIELA PERES

FELBA, Promoção das Frutas e Legumes da Beira Alta, A.C.E., Viseu
Dep. Indústrias Alimentares, Escola Superior Agrária de Viseu
Quinta da Alagoa, Estrada de Nelas, Ranhados, 3500-606 Viseu
(gabyperes@hotmail.com)

INÊS CARDOSO ALMEIDA

Dep. Indústrias Alimentares, Escola Superior Agrária de Viseu
Quinta da Alagoa, Estrada de Nelas, Ranhados, 3500-606 Viseu
(ineslorinha@hotmail.com)

JOÃO GONÇALVES

ADAI – Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
Rua Pedro Hispano nº12, 3031 - 289 Coimbra
(jgoncalves@esav.ipv.pt)

JOÃO MONNEY PAIVA

Dep. de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, Escola Superior de Tecnologia de Viseu
Campus Politécnico, 3504-510 Viseu
(jmonney@demgi.estv.ipv.pt)

JOSÉ J. COSTA

ADAI – Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
Rua Pedro Hispano nº12, 3031 - 289 Coimbra
(jose.costa@dem.uc.pt)

LISETE SILVA

Departamento de Química, Universidade de Aveiro
Campus Universitário de Santiago, 3810 - 193 Aveiro
(li__ms@hotmail.com)

MANUEL ANTÓNIO COIMBRA

Departamento de Química, Universidade de Aveiro
Campus Universitário de Santiago, 3810 - 193 Aveiro
(mac@ua.pt)

MARIA DO ROSÁRIO DOMINGUES

Departamento de Química, Universidade de Aveiro
Campus Universitário de Santiago, 3810 - 193 Aveiro
(mrd@ua.pt)

MARIA JOÃO BARROCA

CERNAS – ESAC/IPC, Dep. Eng^a Química e Biológica, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
Rua Pedro Nunes, Quinta da Nora, 3030-199 Coimbra
(mjbarroca@gmail.com)

MARIA JOÃO LIMA

CI&DETS – IPV, Dep. Indústrias Alimentares, Escola Superior Agrária de Viseu
Quinta da Alagoa, Estrada de Nelas, Ranhados, 3500-606 Viseu
(mjoalima@esav.ipv.pt)

PAULO LOPES

Dep. de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, Escola Superior de Tecnologia de Viseu
Campus Politécnico, 3504-510 Viseu
(paulolopes.7114@gmail.com)

PEDRO CUNHA

Departamento de Química, Universidade de Aveiro
Campus Universitário de Santiago, 3810 - 193 Aveiro
(pedror@ua.pt)

RAQUEL GUINE

CI&DETS – IPV, Dep. Indústrias Alimentares, Escola Superior Agrária de Viseu
Quinta da Alagoa, Estrada de Nelas, Ranhados, 3500-606 Viseu
(raquelguine@esav.ipv.pt)

RUI FIGUEIREDO

ADAI – Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
Rua Pedro Hispano nº12, 3031 - 289 Coimbra
(rui.figueiredo@dem.uc.pt)

SÍLVIA M. ROCHA

Departamento de Química, Universidade de Aveiro
Campus Universitário de Santiago, 3810 - 193 Aveiro
(smrocha@ua.pt)

VÍTOR SILVA

ADAI – Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
Rua Pedro Hispano nº12, 3031 - 289 Coimbra
(vitors80@gmail.com)

APRESENTAÇÃO DO PROJECTO

Raquel Guiné

RESUMO

O Projecto intitulado “Peras secadas, promoção de um produto agro-alimentar tradicional utilizando metodologia científica”, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, iniciou-se em Maio de 2007 e desenvolveu-se ao longo de 3 anos e meio, até Novembro de 2010. O projecto em causa apresentava-se sob duas vertentes complementares, uma de investigação fundamental que envolvia o estudo das relações entre o estado de maturação e a cinética de secagem, bem como as transformações (macro)moleculares e macroestruturais que se verificam durante o processo de secagem; e outra de investigação tecnológica aplicada, com o desenvolvimento de diferentes tipos de sistemas de secagem específicos para este tipo de frutos.

1. ENQUADRAMENTO

O Projecto intitulado “Peras secadas, promoção de um produto agro-alimentar tradicional utilizando metodologia científica” foi aprovado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) em 2006 no âmbito do Programa em Todos os Domínios Científicos (PTDC/AGR-ALI/74587/2006). O mesmo surge na sequência de outros trabalhos e projectos em que a Escola Superior Agrária de Viseu (ESAV) se tem vindo a envolver desde há alguns anos, maioritariamente centrados no objecto de estudo “Pera Passa de Viseu”, por ser uma área de interesse regional. Efectivamente, dado tratar-se de um produto tradicional com variadas potencialidades que não têm vindo a ser devidamente aproveitadas, tem a ESAV ao longo dos últimos anos pretendido dar um contributo para a sua promoção e crescimento, atendendo aos desafios que actualmente se colocam a este produto. De entre eles destacam-se as condições de higiene na produção e transformação; a qualidade final do produto, incluindo a segurança; a modernização das técnicas de produção e a rentabilidade.

Um exemplo de sucesso dessas acções passadas é o Projecto AGRO nº 158, intitulado "Conservação e valorização de recursos genéticos de pomóideas regionais", aprovado em 2002 e financiado no âmbito da Medida 8 do Programa Operacional Agricultura e Desenvolvimento Rural, do Ministério da Agricultura. O mesmo foi coordenado pelo Prof. Doutor António Luís Crespí, da UTAD, e envolveu as seguintes entidades: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD); Universidade de Aveiro (UA); Escola Superior Agrária de Viseu (ESAV); Direcção Regional de Agricultura da Beira Alta (DRABAL); Direcção Regional de Agricultura de Trás-os-Montes (DRATM); Direcção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho (DRAEDM); Cooperativa Agrícola dos Fruticultores de Braga (CAFB). Os objectivos gerais foram a modernização do sector agro-rural e a diversificação de produtos específicos regionais, sendo que ao nível da ESAV o trabalho realizado teve por objectivos, por um lado propor soluções alternativas ao método de secagem tradicional, de forma a torná-lo mais competitivo, e por outro, avaliar a possibilidade de produzir pêra passa com características semelhantes à pêra passa tradicional, a partir de variedades alternativas, provenientes de variedades regionais de pomóideas. Neste sentido, as actividades desenvolvidas pela ESAV no âmbito do projecto envolveram estudos de secagem de algumas variedades regionais de peras, com vista à sua valorização, tendo esses estudos sido acompanhados de um conjunto vasto de análises ao fruto em fresco e depois de secado, para caracterização e avaliação das suas propriedades químicas e microbiológicas. O mesmo envolveu ainda a montagem de uma estufa solar protótipo para secagem de peras por parte de pequenos agricultores (Guiné et al, 2005).

Outro trabalho levado a cabo na ESAV em consonância com a Universidade de Coimbra permitiu fazer um estudo exaustivo da secagem de peras, comparando a secagem solar com secagem em estufa com convecção forçada, realizada a temperatura constante, e fazendo ainda uma análise das etapas do processo tradicional, tendo permitido concluir que existem alternativas viáveis à secagem solar tradicional, que se podem traduzir em simplicidade de processos e aumento da rentabilidade do produto, sem perda de qualidade (Guiné, 2005).

Foi ainda realizado um outro trabalho na Universidade de Aveiro em que participou uma docente da ESAV, que teve por objectivo a aquisição de conhecimento científico acerca das modificações que

ocorrem ao nível macromolecular, microestrutural e macroestrutural na pêra de S. Bartolomeu (*Pyrus communis* L.) após secagem solar. A análise microestrutural da polpa revelou que, da pêra em fresco para a secada, as propriedades de fractura dos tecidos foram modificadas. A fractura conduziu à ruptura das células na polpa em fresco e à separação das células na polpa secada. A maior elasticidade e a menor firmeza da polpa da pêra secada, em relação à fresca, determinada pela análise de textura, pode estar relacionada com as alterações macromoleculares e microestruturais ocorridas na polpa (Ferreira, 2003).

2. APRESENTAÇÃO DO PROJECTO

Dando continuidade aos trabalhos previamente desenvolvidos, surge o presente projecto, que teve por objecto de estudo a pêra de S. Bartolomeu (*Pyrus communis* L.), que é uma pêra de variedade regional em Portugal. O projecto foi liderado pela Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Viseu, tendo ainda contado com a participação de outra Escola do mesmo Instituto, a Escola Superior de Tecnologia. O mesmo teve como parceiras ainda outras instituições nacionais e internacionais: Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial da Universidade de Coimbra (ADAI/UC); Universidade de Aveiro (UA); Felba - Promoção de Frutas e Legumes da Beira Alta A.C.E (FELBA); Instituto Nacional dos Recursos Biológicos (INRB); INRA - Unité de Recherches Cidricoles, Biotransformation des Fruits et Légumes, Département CEPIA (INRA - URC-BFL, CEPIA - France).

A tradição, na Beira Alta, de secar os frutos ao sol permite obter peras secadas (pêra passa de Viseu), de pequeno tamanho com uma cor vermelho acastanhado e com propriedades elásticas e de sabor peculiares. Como foi referido, do trabalho de investigação desenvolvido anteriormente na área da secagem das peras, na Escola Superior Agrária de Viseu, concluiu-se que o método de secagem tradicional ao ar livre pode ser substituído por um processo de secagem solar em estufa. Este processo permite reduzir o tempo de secagem, mantendo as propriedades da pêra secada pelo método tradicional (Guiné *et al*, 2005). Apesar do elevado número de trabalhos de investigação sobre o amadurecimento de frutos, pouco se conhece sobre as transformações estruturais durante a desidratação. A escassa informação científica sobre a secagem de

peras, em geral, justificou então o presente projecto em duas vertentes:

- I. Investigação fundamental, com o estudo das relações entre o estado de maturação e a cinética de secagem e as transformações (macro)moleculares e macroestruturais durante o processo de secagem;
- II. Investigação tecnológica, com o desenvolvimento de secadores específicos para frutos.

O objectivo último deste projecto é aumentar a capacidade de criação de valor económico para o sector agro-alimentar. O estabelecimento de uma Denominação de Origem para a pêra passa de Viseu está a ser presentemente equacionado pela FELBA - Promoção de Frutas e Legumes da Beira Alta A.C.E, com a intervenção do Instituto de Desenvolvimento Rural e Hidráulica do Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas.

No sentido de atingir os objectivos supra referidos, o projecto desenvolveu-se nas seguintes etapas:

1. Estudo de dois sistemas de secagem, com e sem incidência directa da radiação solar sobre os frutos, equipados com sistemas de aquisição de dados de modo a estabelecer condições de secagem, que permitam aumentar a eficiência da secagem e a sua implementação pelos produtores de frutos secados.
2. Construção de colectores de baixo custo, que serão usados na produção de peras secadas, sem a incidência directa da radiação solar sobre os frutos, de forma a aumentar a produção com custos energéticos baixos comparados com secadores que utilizam energias não-renováveis.
3. Secagem de peras em secadores convectivos, com e sem incidência directa da radiação solar sobre os frutos.
4. Avaliação das alterações sofridas pelos polissacarídeos das paredes celulares e compostos fenólicos, de peras em diferentes estágios de amadurecimento, durante o processo de secagem, em condições de operação diferentes e sistemas de secagem diferentes.
5. Estabelecimento das condições de operação e estágio de amadurecimento que permitem obter um produto secado de qualidade em sistemas de secagem diferentes.

6. Definição das cinéticas de secagem baseadas nas condições de operação, designadamente temperatura, humidade e estágio de amadurecimento.
7. Avaliação sensorial de atributos relacionados com qualidade, e quantificação do valor nutritivo do produto secado.

Referências

- Ferreira DMS (2003) Estudo das Transformações Bioquímicas e Químicas da Pêra de São Bartolomeu Durante o Processo de Secagem – Recurso Endógeno da Região de Viseu. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro.
- Guiné RFF, Ferreira DMS, Barroca MJ & Gonçalves F (2005) Produção de Pêra Passa: Modernização de Técnicas e Diversificação de Variedades. Viseu: ESAV.
- Guiné RPF (2005) Secagem de Peras: Estudo Experimental e Simulação do Processo. Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra.

MÉTODO TRADICIONAL DE PRODUÇÃO DA “PÊRA PASSA DE VISEU”

Maria João Lima, Raquel Guiné, Dulcineia Ferreira, Maria João Barroca

RESUMO

A “Pêra Passa de Viseu” constitui uma variedade secada de um produto tradicional genuinamente português, obtido através de um processo artesanal de longa duração de preparação, através da secagem directa solar. Este produto, realmente apreciado especialmente na época natalícia, é geralmente de pequena dimensão e apresenta-se com uma cor vermelha/ acastanhada típica, com formato de viola, não sendo muito comum o seu aparecimento à venda, excepto em lojas de reduzidas dimensões, com produtos tipicamente artesanais, de produção em escala reduzida. Estas mesmas peras possuem um sabor tipicamente agreste quando ingeridas em fresco e, pelo contrário, transformam-se num produto deveras interessante após secagem. No entanto, a obtenção deste tipo de produto secado implica a utilização de bastante mão-de-obra para as operações de apanha da pêra, descasque e espalma entre outras, com o inconveniente associado pela forte dependência das condições climatéricas.

Neste mesmo trabalho fazer-se-á fazer um breve resumo do processo de secagem tradicional, de modo a transformar a pêra em pêra passa. Adicionaram-se ainda um conjunto de fotografias, de modo a dar uma ideia da reunião das operações realizadas, para a obtenção do produto final.

1. INTRODUÇÃO

A designação de “Pêra Passa de Viseu” é aplicada a peras da variedade S. Bartolomeu (*Pyrus communis*, Lineu), Figura 1. Esta variedade de pêra apresenta origens na região da Beira Alta, mais especificamente nos concelhos de Carregal do Sal, Oliveira do Hospital, Nelas, Seia e Tábua. De acordo com a literatura, esta mesma denominação parece dever-se fundamentalmente a dois factores: primeiramente pelo facto da cidade de Viseu ter sido o seu principal local de comercialização (Castilho (1932)) e em segundo

lugar, devido à Feira Franca de Viseu (realizada desde 1392) ter sido em tempos o local mais importante de venda deste produto, a nível nacional.

Por outro lado, a variedade fresca da pêra de S. Bartolomeu assumiu esta mesma designação, devido dos seus frutos amadurecerem à volta do dia de S. Bartolomeu (24 de Agosto), condição hoje em dia variável devido às constantes alterações das condições climáticas actuais.

O método tradicional de produção desta mesma variedade é ancestral e inclui a colheita por métodos manuais, a secagem por exposição directa ao sol, em cima de caruma, eiras ou redes, onde as peras são colocadas, depois de descascadas, e aí permanecem em média 8 a 10 dias. Depois sofrem um embarrelamento e espalma, e voltam a ser colocadas ao sol, por mais 3 a 4 dias. (Barroca *et al.* (2006); Guiné (2005)).

A região na qual se enquadra a área geográfica de produção desta mesma variedade é caracterizada por possuir condições edafoclimáticas características de um clima temperado, caracterizada por verões muito quentes e secos e com solos cujo pH está situado entre 5-7 (ligeiramente ácidos a neutros). Trata-se portanto de um processo demasiado moroso e muito dependente das condições climáticas, o que pode comprometer inclusive a totalidade da produção, em caso de demasiado orvalho nocturno ou chuva. Com certeza que adicionalmente à integridade físico-química, há igualmente que ter em conta a possibilidade de contaminação microbiológica que este processo tradicional pode acarretar, podendo este conjunto de questões por em causa a sua comercialização, por razões de higiene e segurança alimentar.

No que diz respeito a esta mesma variedade secada, em tempos esta assumiu uma invulgar importância económica para inúmeras famílias que se dedicavam à obtenção deste produto tradicional, praticamente como exclusividade de subsistência. Assumindo-se como uma variedade regional, a pêra passa contém uma panóplia de sabores, os quais foram afinados de geração em geração. Verificou-se no entanto a existência de uma época em que as pereiras antigas entraram em declínio, devido à idade avançada dos agricultores e apenas o preço atractivo da variedade secada tem evitado o abandono completo desta actividade. Por outro lado, ainda que de uma forma sublime, têm-se vindo a verificar pontuais investimentos em novos pomares mas todo o processo de produção, nomeadamente

informações que dizem respeito a porta-enxertos, rega, adubação e outros, ainda não estão completamente estabelecidos e estudados, daí que se pode dizer que o processo de produção da pêra passa ainda está nos seus primórdios, necessitando de ganhar dimensão para se tornar num produto competitivo.



Figura 1 – Pereiras da variedade S. Bartolomeu.

1.1. Secagem tradicional da pêra

Quanto ao processo de transformação da pêra em pêra passa, este é essencialmente de ordem tradicional, sendo constituído por operações relativamente elementares, que a seguir se descrevem (Ferreira, 2003; Guiné, 2005), provocando alterações significativas do sabor, da cor e textura, levando à obtenção de uma pêra com uma coloração castanho-avermelhada, com propriedades elásticas.

Colheita: A pêra é colhida manualmente (Figura 2, 3 e 4), fruto a fruto, directamente ou com a ajuda de uma vara, ou ainda por vibração das pernas (Figura 2). A apanha decorre normalmente durante o mês de Agosto e abrange diferentes estágios de maturação, que conduzem à obtenção de produtos secados com diferentes características. Assim, quando o fruto é apanhado antes da maturação completa, a passa resultante apresenta-se rija e de cor castanho avermelhada (Figura 3), por vezes mais atraente para o consumidor; quando o fruto é

apanhado num estado de maturação mais avançado, a passa fica mais escura, mas por outro lado é mais macia e mais doce.



Figura 2 – Actividade de colheita da pêra.



Figura 3 – Actividade de colheita da pêra.



Figura 4 – Aspecto geral das peras colhidas.

Descasque: Após a colheita, a pêra é descascada manualmente, com faca ou navalha (Figura 6). Nas noites quentes de Agosto, as famílias juntam-se e ficam noite fora no descasque da pêra.



Figura 6 – Agrupamento de mulheres na actividade de descasque.

Primeira secagem: As peras descascadas são colocadas em eiras de granito, sobre tabuleiros móveis ou, mais frequentemente, em passeiras (constituídas por uma cama de caruma de pinheiro) onde ficam em regra cinco dias ao sol (Figura 7). O local de colocação das passeiras deve ser arejado e com boa exposição ao sol de modo a favorecer uma boa incidência da luz e temperaturas elevadas (Figura 8). Por vezes as peras são igualmente colocadas em cima de penedos, onde o sol bate durante todo o dia e onde há libertação de calor durante 24 horas por dia.

Embarrelamento: Após a primeira secagem (Figura 9), as peras são retiradas das passeiras à hora de maior calor, a fim de serem calcadas e abafadas dentro de cabazes ou cestos, operação esta designada por embarrelamento. Os cestos são então cobertos com mantas e guardados à sombra durante cerca de dois dias. A humidade e o calor acumulados no interior amolecem consideravelmente a polpa, conferindo-lhe a elasticidade necessária à espalma.



Figura 7 – Aspecto geral das peras durante a 1ª secagem.



Figura 8 – Peras ao sol durante a 1ª secagem.



Figura 9 – Variação na cor das peras durante a 1ª secagem.

Espalma: Depois de retiradas dos cestos, as peras são espalmadas (Figura 10). Esta operação consiste no achatamento do fruto e é feita com um instrumento de fabrico artesanal, a espalmadeira, que é formado por duas peças de madeira articuladas por um pedaço de couro ou dobradiça. Alternativamente, pode realizar-se a espalma por compressão de duas pedras lisas.



Figura 10 – Aspecto geral da espalmadeira.

Segunda secagem: Os frutos depois de espalmados estendem-se novamente em eiras, desta vez sobre lençóis

brancos, onde permanecem ao sol por mais dois a quatro dias (Figura 11).



Figura 11 – Aspecto geral da pêra secada

Acondicionamento: A pêra secada é depois embalada em sacos de 50 kg, que são guardados em armazéns para posterior comercialização. Trata-se de um produto bastante sensível à humidade, rehidratando-se com alguma facilidade, daí que o seu armazenamento e transporte deve ser feito em condições apropriadas.

2. QUALIDADE FINAL DA PÊRA PASSA DE VISEU

A qualidade final da pêra passa é avaliada tendo em conta algumas características específicas, nomeadamente a sua

consistência, coloração uniforme (em tom de tijolo ou colorau – Figura 11), pedúnculo com cerca de 1 cm, bem como a flexibilidade da polpa, não sendo, no entanto, estes parâmetros determinados quantitativamente.

Trata-se de um produto bastante sensível à humidade, daí que o seu armazenamento deve ser estudado de uma forma adequada (Barroca et. al., 2006) e não vendido a granel, tal como tradicionalmente surgem nas lojas.

3. CONCLUSÃO

A pêra passa de Viseu constitui um produto regional com características organolépticas ímpares, o que a torna um produto bastante apreciado pelo consumidor. Trata-se de um produto que deve ser protegido, de modo a poder obedecer às novas exigências de condições de higiene e transporte, de modo a poder chegar ao consumidor, tal como de costume, na época natalícia.

O aspecto do descasque da pêra, tradicionalmente executado à mão, deve igualmente ser tema de estudo, tentando minimizar a intervenção humana, não cortando o pedúnculo do fruto.

Por outro lado, o problema, aliás transversal ao sector, do envelhecimento da maioria dos agricultores, deve ser seriamente avaliado, de modo a serem criadas condições para a correcta comercialização deste produto. Provavelmente o futuro está no interesse dos jovens empresários neste mesmo produto, com condições actualizadas da obtenção do produto secado, com dimensões interessantes para o investimento e posterior rentabilização.

Urge desta forma elaborarem-se estratégias de intervenção, de modo a contribuírem para um reposicionamento deste produto tradicional.

Referências

- Barroca MJ, Guiné RPF, Pinto A, Gonçalves FM & Ferreira DMS (2006) Chemical and Microbiological characterization of portuguese varieties of pears. *Food and Bioproducts Processing*, 84(C2), 109-113.
- Castilho A (1932) A pêra passa de Viseu. Direcção Geral dos Serviços Agrícolas, Bol. Est. Agr. Central, Série A, Agosto.

- Coutinho EF, Malgarim MB, Souza EL & Treptow RO (2003) Qualidade pós-colheita da pêra (*Pyrus communis* L.) cultivar Carrick submetida a diferentes condições de armazenamento. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25, 3.
- Ferreira D (2003) Estudo das transformações bioquímicas e químicas da pêra de *S. Bartolomeu* durante o processo de secagem- recurso endógeno da região de Viseu, Tese de Doutorado, Universidade de Aveiro.
- Guiné RPF (2005) Secagem de Peras: Estudo Experimental e Simulação do Processo. Tese de Doutorado, Universidade de Coimbra.

CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DA PÊRA PASSA TRADICIONAL

Raquel Guiné, Gabriela Peres

RESUMO

O presente trabalho consistiu na realização de inquéritos junto dos produtores e operadores da pêra de São Bartolomeu e respectivo fruto secado, tendo por objectivo a recolha de informações que permitam uma caracterização global da realidade do sector no que respeita à produção desta variedade de pêra, que é utilizada para secar originando a Pêra Passa de Viseu.

A partir da informação recolhida foi feita uma avaliação da situação presente em relação à produção e comercialização deste produto tradicional, a qual envolveu uma análise SWOT, ou seja, uma análise dos pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças, com vista ao estabelecimento de um plano de acção. De acordo com os resultados obtidos no diagnóstico efectuado, o plano de acção a propor compreende acções específicas a implementar na área da produção da pêra em fresco, e na área da comercialização da pêra secada, por terem estes sido aspectos identificados como fragilidades no sector. Por fim é feita uma avaliação do interesse dos intervenientes do sector, a fim de se avançar para a protecção da pêra de São Bartolomeu como produto tradicional (DOP - Denominação de Origem Protegida).

1. INTRODUÇÃO

1.1. Identificação do produto e da produção

A Pêra de Passa de Viseu é um produto tradicional Português, com raízes na Beira Alta, e que é produzido segundo hábitos ancestrais, potenciando os recursos humanos existentes, gerando postos de trabalho e contribuindo para a subsistência de algumas famílias que vêem na Pêra Passa de Viseu uma importante fonte de rendimento, melhorando dessa forma a qualidade de vida das populações e ajudando à sua fixação no interior do país. A tradição consiste na

secagem ao sol da pêra de São Bartolomeu (Figura 1) (Barroca *et al*, 2006; Guiné *et al*, 2001; Guiné *et al*, 2007), resultando uma pequena pêra secada que é bastante apreciada pelo consumidor. O processo de secagem provoca alterações do sabor, da cor e da textura, e o resultado é uma pêra de cor castanho avermelhado com propriedades elásticas (Ferreira, 2003; Ferreira *et al*, 2002).

A designação qualitativa “de Viseu” deve-se ao facto da feira franca de Viseu, realizada todos os anos em Setembro, desde 1392, nesta cidade Beirã, ter sido em tempos o local mais importante de venda deste produto a nível nacional. A Pêra Passa de Viseu é tradicionalmente obtida a partir de peras da variedade de São Bartolomeu (*Pyrus Communis* L), sendo cultivada na região da Beira Alta.

A Pêra Passa de Viseu, por seu lado, agrupa uma panóplia de sabores que se afinaram de geração em geração e que actualmente urge em se aperfeiçoar, como forma de preservar este importante recurso endógeno.

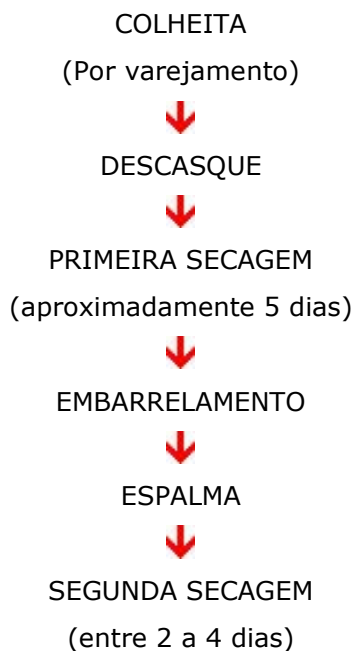


Figura 1 – Fluxograma do método tradicional da obtenção da Pêra Passa de Viseu.

1.2. Diagnóstico da comercialização

A Pêra de São Bartolomeu atinge em todas as campanhas valores aliantes para quem a produz. Na maioria das vezes, a forma de escoamento é garantida por um distribuidor que as adquire a granel, transportando-as para os grandes mercados do Porto e Lisboa.

No ano de 2007 porém, ocorreram grandes mudanças no que à Pêra Passa de Viseu diz respeito, devido às novas exigências de higiene e transporte. Os distribuidores, alertados para estas rápidas alterações, começaram a abdicar do produto, visto que os produtores não têm condições para obedecer ao conjunto de normas que actualmente lhes são exigidas, designadamente rotulagem, facturação, higiene e segurança alimentar.

Presentemente, um sério problema transversal a todo o sector, é o envelhecimento dos actores da fileira, maioritariamente com idade superior a 65 anos. Estes, habituados aos tradicionais métodos de concepção do produto (descasque à mão, secagem e espalma) vêem-se desengajados das novas exigências de mercado, sendo este um sério problema que põe em causa a própria existência desta tradição, podendo contribuir para o abandono da actividade por parte de quem a produz.

O interesse por parte dos jovens empresários é uma realidade, podendo tornar-se numa séria oportunidade para o garante da expansão deste produto no mercado. Estes, porém, sentem-se desajudados, pois necessitam de equipas técnicas capazes de desenvolver trabalhos de experimentação, assim como de garantir apoio técnico na produção. Entre as várias temáticas que os jovens investidores mais necessitam de informação estão incluídas os porta enxertos, rega, densidade de plantação e questões de higiene e segurança alimentar, assim como um conjunto de acções de marketing/promoção de produtos, que permitam uma melhor penetração do produto nos mercados nacionais e internacionais.

1.3. Análise SWOT

A Análise SWOT compreende a análise dos pontos Fortes (Strengths) e Fracos (Weaknesses) de uma organização e a sua relação com as Oportunidades (Opportunities) e Ameaças (Threats) do meio envolvente.

A análise SWOT é uma ferramenta de suporte importante para a tomada-de-decisão e é frequentemente usada como forma de sistematicamente analisar os ambientes interno e externo da

organização (Kotler, 1988). Através da identificação dos pontos fortes, das fraquezas, das oportunidades e das ameaças, a organização pode construir estratégias em face dos pontos fortes, eliminar as suas fraquezas, e explorar as oportunidades para as usar como contra-ameaças.

A ferramenta SWOT subdivide-se em duas análises complementares entre si: a análise externa e a análise interna (Dyson, 2004).

Análise Externa

A análise externa corresponde às principais perspectivas de evolução do mercado em que a organização actua. Compreende factores provenientes do mercado e do meio envolvente, e portanto decisões e circunstâncias fora do controlo directo da organização. Esta deve tirar partido dessas circunstâncias quando elas constituam oportunidades, isto é, quando signifiquem aspectos positivos da envolvente, com impacto significativo no negócio da organização; ou alternativamente proteger-se, construindo barreiras defensivas contra as ameaças externas, relacionadas com os aspectos negativos da envolvente, com impacto importante no negócio da organização.

Análise Interna

A análise interna corresponde aos principais aspectos que diferenciam a organização ou o(s) produto(s) dos seus concorrentes. São provenientes do produto e da organização, e portanto constituem decisões e níveis de performance que a empresa pode gerir. Os pontos fortes são as vantagens internas da organização ou produto(s) em relação aos seus principais concorrentes; enquanto que nos pontos fracos se enquadram as desvantagens internas da organização ou produto(s) em relação aos concorrentes.

A análise SWOT sumaria os factores internos e externos mais importantes que podem influenciar o futuro da organização, e que são referidos como factores estratégicos (Kangas *et al*, 2003). Os ambientes interno e externo consistem em variáveis que estão dentro e fora da organização, respectivamente. A gestão da organização não tem efeito a curto prazo em qualquer deste tipo de variáveis (Houben *et al*, 1999).

Uma análise ambiental cuidada é importante para o reconhecimento da variedade de forças internas e externas com as

quais a organização é confrontada. Estas forças podem incluir potenciais estímulos, mas por outro lado, podem constituir potenciais limitações no que respeita ao desempenho da organização ou aos objectivos que esta pretende atingir (Houben *et al*, 1999). A informação obtida pode ser sistematicamente representada numa matriz (Ulgen & Mirze, 2004), ou então diferentes combinações dos quatro factores da matriz (Dincer, 2004) podem ajudar na determinação das estratégias para o longo prazo.

Quando utilizada correctamente, a análise SWOT pode fornecer uma boa base para a formulação estratégica (Kajanus *et al*, 2004). Contudo, a própria análise também apresenta algumas fragilidades, associadas às próprias etapas de identificação, medição e avaliação (Hill & Westbrook, 1997; McDonald, 1993). Na análise SWOT convencional a magnitude dos factores não é quantificada para determinar o efeito de cada factor no plano estratégico proposto (Masozera, 2006). Assim, esta não fornece um meio analítico de determinar a importância relativa dos factores, ou a possibilidade de aceder a decisões alternativas baseadas nestes factores (Kajanus *et al*, 2004). A análise SWOT possibilita a categorização pelos analistas dos factores como sendo internos (pontos fortes e fracos) e externos (oportunidades e ameaças) em relação a uma determinada decisão, e como tal permite-lhes a comparação das oportunidades e ameaças com as fraquezas e pontos fortes (Shrestha *et al*, 2004). Ainda assim, o resultado da análise SWOT é muitas das vezes uma mera listagem ou um exame qualitativo incompleto dos factores internos e externos (Kangas *et al*, 2003).

Kurttila *et al* (2000) desenvolveram um método híbrido para eliminar as fraquezas nos passos de medição e avaliação da análise SWOT. Esta técnica denominada por processo hierárquico analítico (AHP - Analytical Hierarchy Process) foi mais tarde referenciada como A'WOT (Leskinen *et al*, 2006). Este método híbrido foi testado e utilizado em vários estudos (Leskien *et al*, 2006; Masozera *et al*, 2006; Stewart *et al*, 2006).

1.4. Certificação

A União Europeia concede uma protecção especial aos produtores de especialidades regionais (Regulamento (CE) nº 510/2006 do Conselho, de 20 de Março de 2006: protecção das Indicações Geográficas e Denominações de Origem dos produtos agrícolas e dos géneros alimentícios; Regulamento (CE) nº 509/2006 do Conselho, de

20 de Março de 2006: Especialidades Tradicionais Garantidas dos produtos agrícolas e dos géneros alimentícios).

O regime possibilita aos produtores registarem-se num sistema comunitário de protecção obrigatória de determinados produtos agrícolas e géneros alimentícios com denominação de origem. Assim, os elementos diferenciadores e identificadores assumem uma importância acrescida, quer para os produtores quer para os consumidores, para quem é importante poder dispor de produtos reconhecidamente tradicionais, com características de qualidade, reportadas quer à região de onde são originários quer aos modos de produção.

Pretende-se estudar a possibilidade de certificação da pêra de São Bartolomeu com a designação de Pêra Passa de Viseu, enquanto DOP (Denominação de Origem Protegida), o que seria uma extraordinária mais-valia para a região e populações que trabalham dia a dia no sector primário.

Com a obtenção desta certificação poder-se-ão verificar as seguintes mais-valias:

- Incentivo da produção agrícola diversificada;
- Protecção do nome contra imitações e utilizações indevidas;
- Estratégias de promoção deste produto tradicional em nome da região;
- Melhoramento do rendimento dos agricultores;
- Fixação da população rural;
- Ajuda aos consumidores, fornecendo-lhes informações relativas às características específicas dos produtos.

A entidade gestora e promotora para a certificação da pêra de S. Bartolomeu é a FELBA - Promoção das Frutas e Legumes da Beira Alta, A.C.E., que é um agrupamento de empresas da região da Beira Alta. Esta iniciou actividade em 23 de Outubro de 2003, e tem por missão promover e gerir produtos hortofrutícolas qualificados, definindo e implementando regras na produção, conservação e comercialização de acordo com os mais elevados padrões de qualidade e exigências do consumidor.

2. METODOLOGIA

2.1. Realização dos inquéritos aos produtores

De um total de 100 produtores de pêra de São Bartolomeu existente em cadastro na FELBA - Promoção das Frutas e Legumes da Beira Alta, A.C.E., foram seleccionados 20, correspondendo a uma

22

amostragem de 20% do total. Para a selecção foram consideradas as seguintes premissas:

- Pertencer à área geográfica de produção de Pêra de S. Bartolomeu;
- Possuir no mínimo uma pereira de São Bartolomeu;
- Distribuição pelos concelhos com maior produção da seguinte forma: Oliveira do Hospital-10, Seia-6, Tábua-2, Nelas-1, Mangualde-1.

No total de produtores inquiridos, 55% pertence ao sexo masculino e 45% ao sexo feminino.

2.2. Entrevistas aos operadores

No âmbito do presente trabalho foram entrevistados os seguintes operadores: Cooperativa Agrícola de Fruticultores da Beira Alta CRL e Cooperativa Agrícola de Mangualde CRL.

A Cooperativa Agrícola de Mangualde CRL tem 387 associados, 204 dos quais estão activos, tendo apenas um associado que produz pêra de São Bartolomeu. A Cooperativa tem capacidade de armazenamento total de 5100 toneladas (2300 toneladas em atmosfera controlada (ATC) e 2800 em atmosfera normal (ATN)). A área de produção abrangida é de 326 hectares, tendo implementado o sistema de controlo de qualidade HACCP assim como o sistema de controlo à entrada e saída. Os concelhos de actuação são: Mangualde, Nelas, Carregal do Sal, Santa Comba Dão, Oliveira do Hospital, Seia, Gouveia, Celorico da Beira, Guarda, Covilhã, Penalva do Castelo, Aguiar da Beira, Viseu, São Pedro do Sul e Tondela.

A Cooperativa Agrícola de Fruticultores da Beira Alta CRL tem 640 associados, 104 dos quais estão activos tendo apenas um associado que produz pêra de São Bartolomeu. A Cooperativa tem capacidade de armazenamento total para 4000 toneladas (3200 toneladas em atmosfera controlada (ATC) e 800 toneladas em atmosfera natural (ATN)). A área de produção abrangida é de 250 hectares, tendo implementado o sistema de controlo de qualidade HACCP. A zona de intervenção é: Fornos de Algodres, Trancoso, Pinhel, Alfandega da Fé, Mangualde, Nelas, Carregal do Sal, Santa Comba Dão, Oliveira do Hospital, Seia, Gouveia, Guarda, Covilhã, Penalva do Castelo, Aguiar da Beira, Viseu, São Pedro do Sul e Tondela.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Inquéritos aos produtores

Dos inquéritos realizados aos produtores, verifica-se que a maioria (55 % dos inquiridos) tem mais de 65 anos. Com um peso significativo estão os produtores com idades compreendidas entre 25 e 40, que apresentam interesse crescente a nível do investimento na produção da pêra de São Bartolomeu (30 % dos inquiridos). Os produtores incluídos na faixa etária 25-40 aparecem associados às explorações de maiores dimensões e maior densidade de plantação. Os produtores incluídos na faixa etária superior a 65 apresentam baixa densidade de plantação (uma a cinco pereiras dispersas), normalmente na bordadura dos campos de cultivo.

O nível de escolaridade dos produtores é muito reduzido, sendo que 30 % dos inquiridos tem escolaridade igual ou inferior à 4ª classe. Porém, 10% dos inquiridos tem o 12º ano e outros 10 % tem formação superior. Os produtores com mais escolaridade apresentam um interesse maior neste produto endógeno, o que se traduz numa maior densidade de plantação de pereiras de São Bartolomeu (Figura 2).

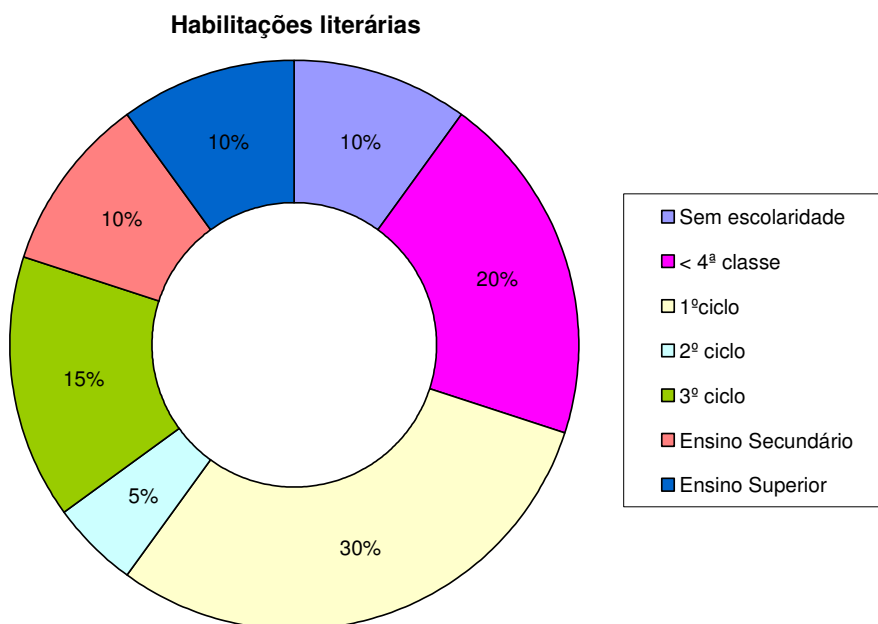


Figura 2 – Nível de escolaridade.

Tendo em consideração a actividade agrícola, para 45 % dos inquiridos, a agricultura é a sua principal fonte de rendimento, enquanto que 55 % dos produtores apresenta como principal fonte de rendimento actividades não agrícolas (sector secundário, sector terciário, ou reformas) (Figura 3). Quanto à natureza jurídica verifica-se que 85 % são agricultores autónomos e 15 % são empresários agrícolas.

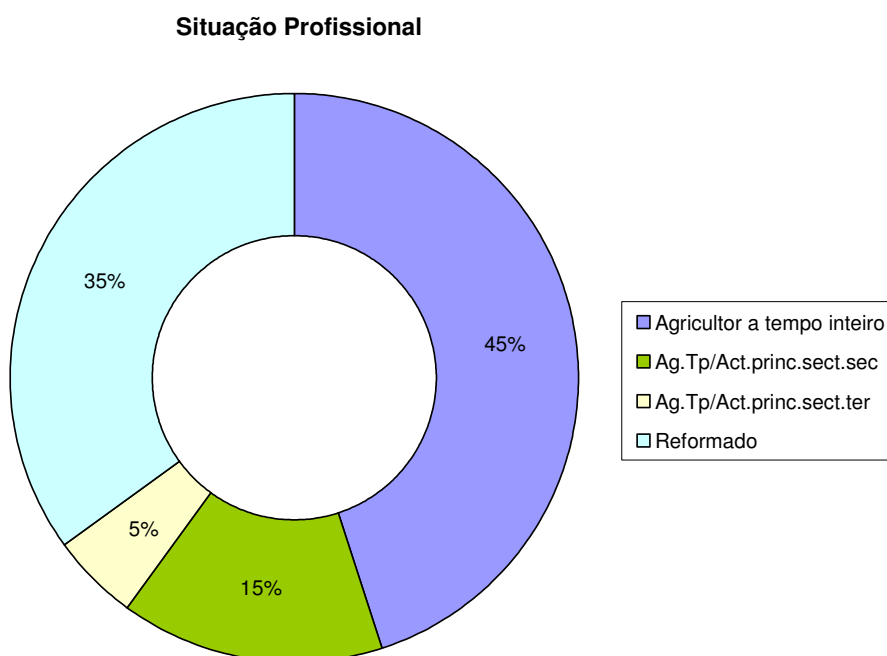


Figura 3 – Situação profissional.

Quanto à actividade principal da exploração, 25 % dos produtores inquiridos apresenta como actividade principal a fruticultura. Destacam-se ainda os produtores em que a actividade da produção é a vinha (20 %), produção de queijos, compotas e pastagens (15 %), o olival (10 %) e turismo rural (5 %). Dos produtores inquiridos, 25 % tem pequenas áreas cultivadas (um pouco de tudo), não se evidenciando nenhuma actividade principal (Figura 4).

Verifica-se que 65 % dos produtores inquiridos não estão associados a nenhuma organização de produtores. Os 35 % dos produtores que estão associados, distribuem-se pelas seguintes organizações: Ancose, Estrelacoop, Adegua Cooperativa de Nogueira do Cravo, Adegua Cooperativa de Nelas, SOGRAPE e AAPIM.

No que respeita aos tratamentos fitossanitários o atomizador evidencia-se como sendo o mais utilizado na aplicação de produtos

fitofarmacêuticos de acordo com 50% dos inquiridos. Dos inquiridos, 30% utilizam o pulverizador com turbina estando este associado às explorações com maiores dimensões. Os restantes 20 % não aplica tratamentos ou não responde à questão colocada.

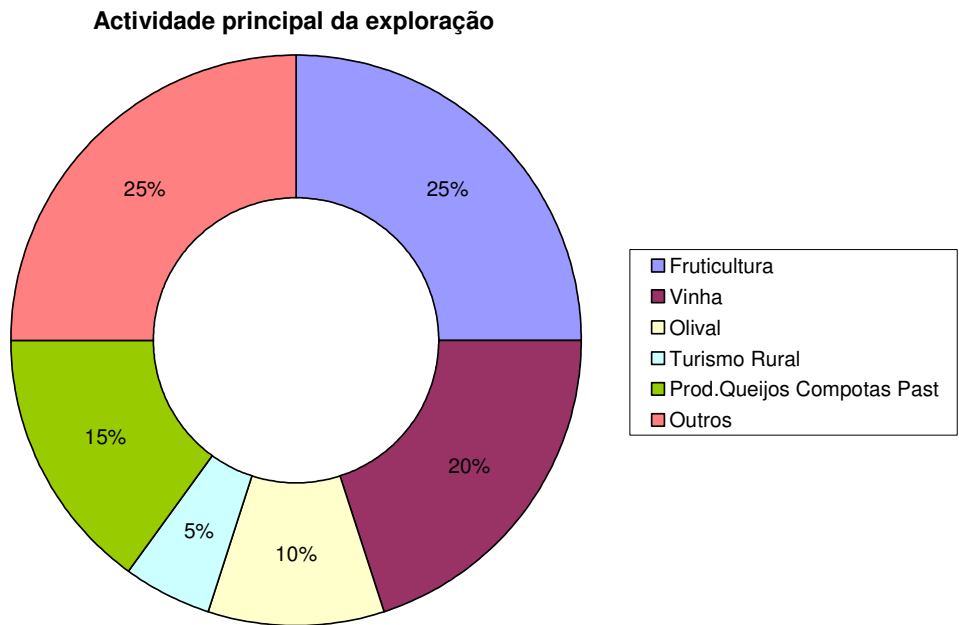


Figura 4 – Actividade principal da exploração.

A rega gota-a-gota é utilizada por 15 % dos inquiridos e está associada às explorações com maior área e densidade de pereiras de São Bartolomeu sendo igualmente as explorações mais modernas. O sistema de rega mais utilizado por maior número de inquiridos é a gravidade, com 30 %. Na sua maioria, 40 %, não têm sistema de rega (Figura 5).

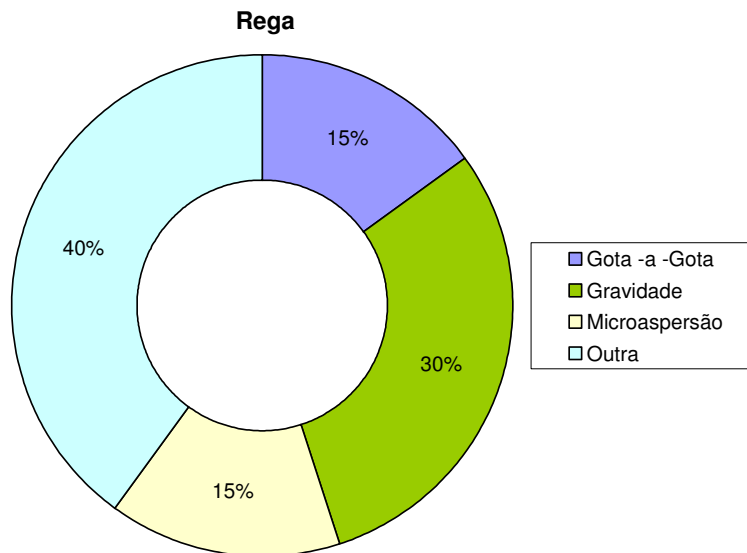


Figura 5 – Sistemas de rega da exploração.

Dos produtores inquiridos, apenas 16 % referem ter preocupações a nível da adubação, quer pela fertirrigação (conceito cada vez mais actual e indispensável) quer pela aplicação de adubos foliares. Esta é uma temática cada vez mais importante para o equilíbrio de uma cultura, pelo que no futuro terão que ser conceitos correntes no dia-a-dia do produtor da pêra de São Bartolomeu e dos fruticultores em geral (Figura 6).

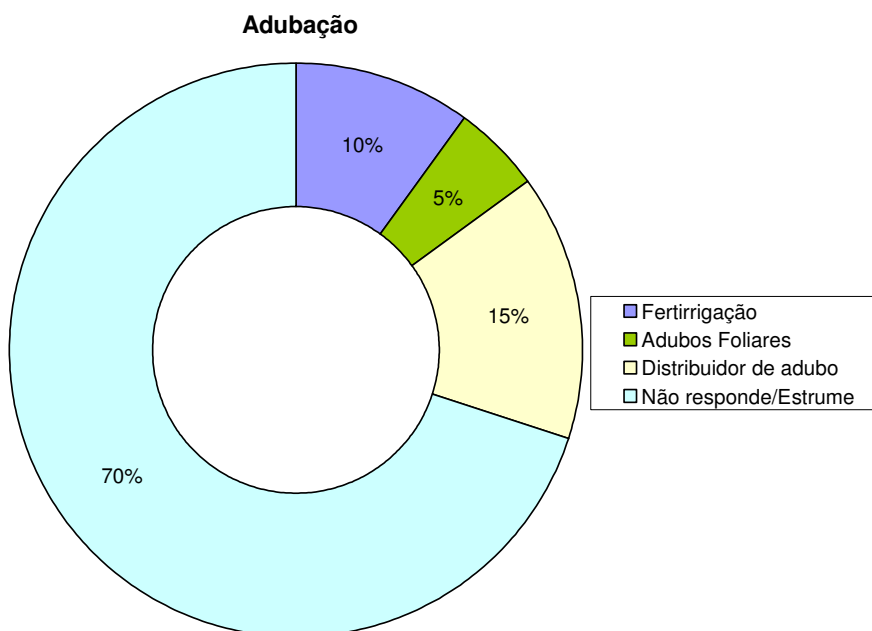


Figura 6 – Tipos de adubação efectuados pelos produtores da pêra de São Bartolomeu.

Metade dos produtores inquiridos (50 %) não faz qualquer controlo de infestantes, sendo a utilização de herbicidas e as mobilizações as formas mais referidas pelos inquiridos (Figura 7).

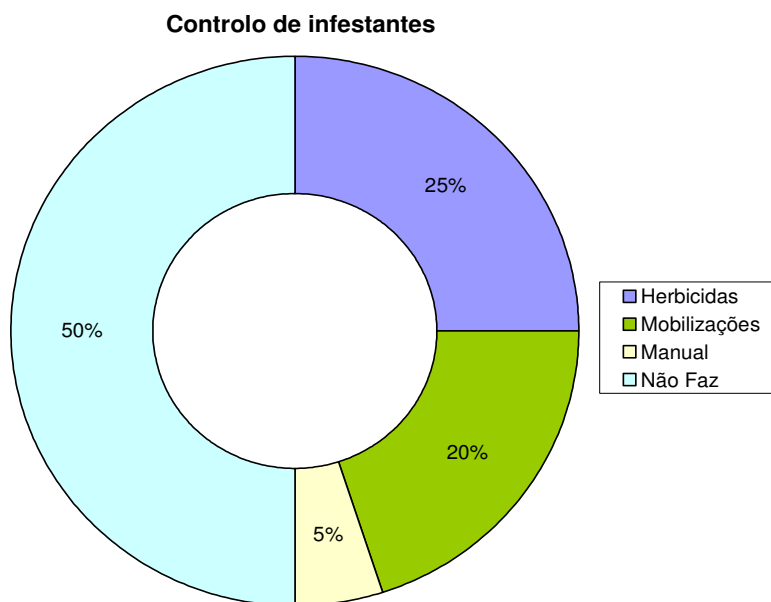


Figura 7 – Controlo de infestantes na produção da pêra de São Bartolomeu.

A maior parte dos inquiridos (65 %) não faz monda de frutos e 35 % fazem-na manualmente. Quanto ao controlo de maturação, verifica-se que nenhum dos inquiridos faz, nem por meios próprios nem através de assistência técnica.

Dos produtores inquiridos, 75 % não fazem correcção organo-mineral. As análises ao solo, a correcção calcária e a correcção orgânica são feitas pelos restantes produtores estando estes ligados a explorações com dimensões superiores a 5 hectares. Este acompanhamento é feito com regularidade média de 2 em 2 anos.

Na sua maioria, 85 % dos inquiridos, não tem qualquer tipo de acompanhamento fitossanitário. O acompanhamento fitossanitário para os 15 % de inquiridos que respondem bom e razoável é feito sobretudo pelo corpo técnico das associações de protecção integrada, serviço de avisos oficiais, técnicos da cooperativa e fornecedores de agroquímicos. Na sua maioria (85 %), os produtores não conhecem nem nunca utilizaram a linha telefónica da Estação Agrária de Viseu (EAV).

O porta enxerto mais representativo é o franco, utilizado por 85 % dos inquiridos. O marmeleiro é utilizado por 15 % dos inquiridos, sendo estes proprietários das áreas com maior densidade e com pereiras mais jovens.

O escoamento da produção da pêra de São Bartolomeu é garantido sobretudo através de distribuidor (64 %). O escoamento através do mercado local, do mercado abastecedor, de operadores privados e as feiras representam na totalidade 16 % das respostas dos produtores à forma como escoam o seu produto. Dos inquiridos, 20 % ficam com a produção, quer para consumo próprio quer para utilizar na alimentação dos animais. O escoamento da pêra de São Bartolomeu é feito na maioria como produto secado, já transformado em Pêra Passa de Viseu (Figura 8).

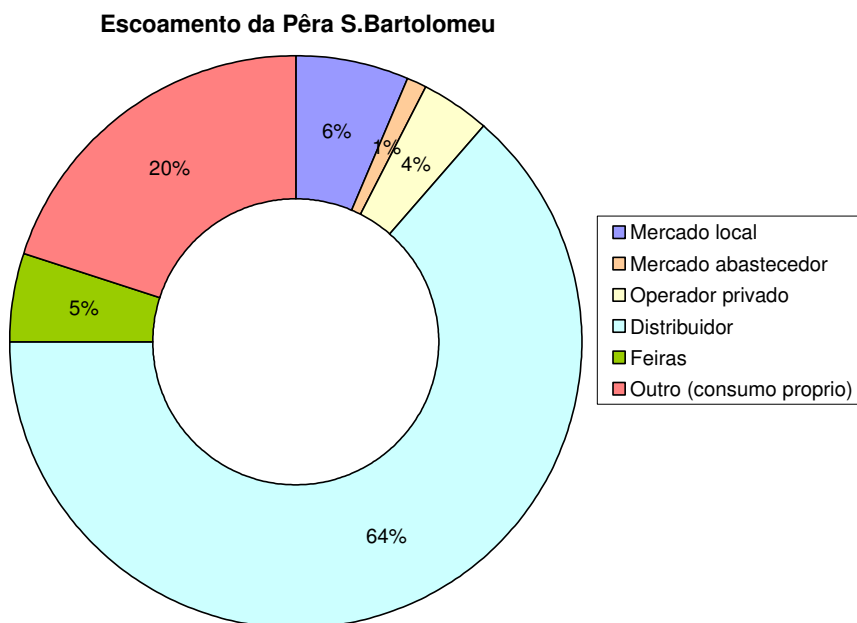


Figura 8 – Escoamento da pêra passa.

Dos produtores inquiridos, 95 % comercializam a pêra de São Bartolomeu como produto final secado a granel. Apenas um inquirido admite comercializar o seu produto devidamente embalado, mas sem qualquer rótulo.

Dos produtores inquiridos, 95 % tem um bom relacionamento com os outros produtores. Relativamente ao relacionamento com os serviços do Ministério da Agricultura de Desenvolvimento Rural e Pescas (MADRP), 41 % admite desconhecer e 53 % consideram este

relacionamento razoável ou bom. Dos produtores inquiridos, 76 % desconhece a FELBA, os restantes 24 % consideram este relacionamento bom ou razoável.

Quanto à realização pessoal, 15 % dos inquiridos admite ser má, enquanto os 85 % restantes se encontram realizados (35 %) ou muito realizados (50 %). De um modo geral, o seu descontentamento deve-se ao sentimento de que as dificuldades de escoamento se têm vindo a acentuar, o que leva a algum pessimismo em relação ao futuro, apesar da rentabilidade do produto.

Quanto à remuneração obtida na venda da Pêra Passa de Viseu, as opiniões dividem-se: enquanto 60 % dos inquiridos admite ser razoável ou boa, 40 % considera que é má, muito má ou desconhece (Figura 9). Relativamente à pêra de São Bartolomeu secada como produto final, os produtores não estão satisfeitos com a remuneração actual porque não têm garantia de escoamento do produto, ao contrário do que acontecia em anos anteriores onde a pêra era uma preciosa fonte de rendimento para várias famílias da região. Nos pomares mais recentes, a maioria em segundo ano, aguarda-se por próximas campanhas para atingirem melhores resultados ao nível produtivo.

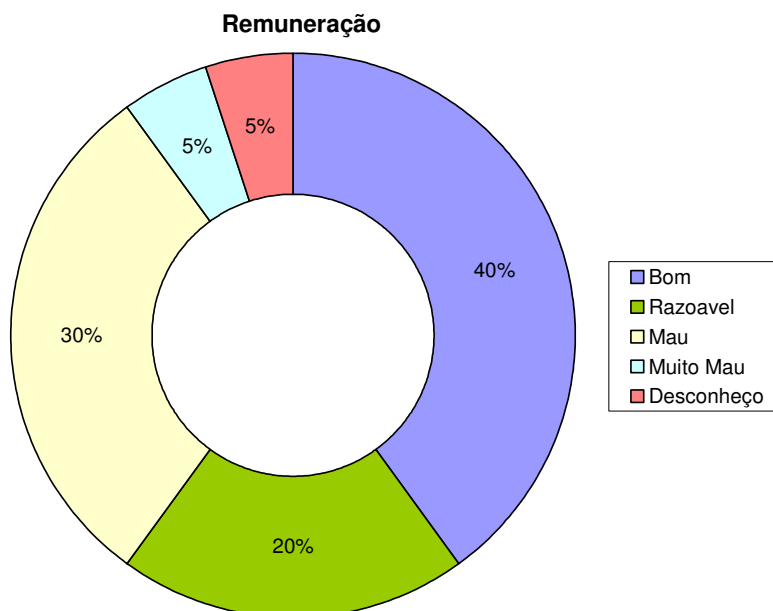


Figura 9 – Remuneração obtida na venda da Pêra Passa de Viseu.

Relativamente à produtividade, 65 % dos inquiridos refere que é boa e 20 % que é razoável. Os inquiridos que responderam mau (15 %)

%) geralmente estão associados às explorações de maior área e maior densidade de plantação. Neste grupo incluem-se ainda as plantações jovens, a maioria delas ainda em fase experimental principalmente no que diz respeito ao porta-enxerto. Na maior parte destas plantações jovens é utilizado o marmeleiro com resultados ainda insatisfatórios. Apesar de tudo, os problemas de produtividade poderão não estar directamente ligados à utilização do marmeleiro enquanto porta enxerto, mas também poderá haver contributos importantes ao nível da rega, da densidade da plantação, entre outros aspectos que terão forçosamente de ser estudados.

Quanto às perspectivas futuras em relação à Pêra Passa de Viseu, os produtores na sua maioria estão confiantes. Os 20 % que responderam mau são, regra geral, os produtores com idade superior a 65 anos, produtores estes que não têm quem lhes dê seguimento e só estão interessados em escoar a produção que têm (Figura 10).

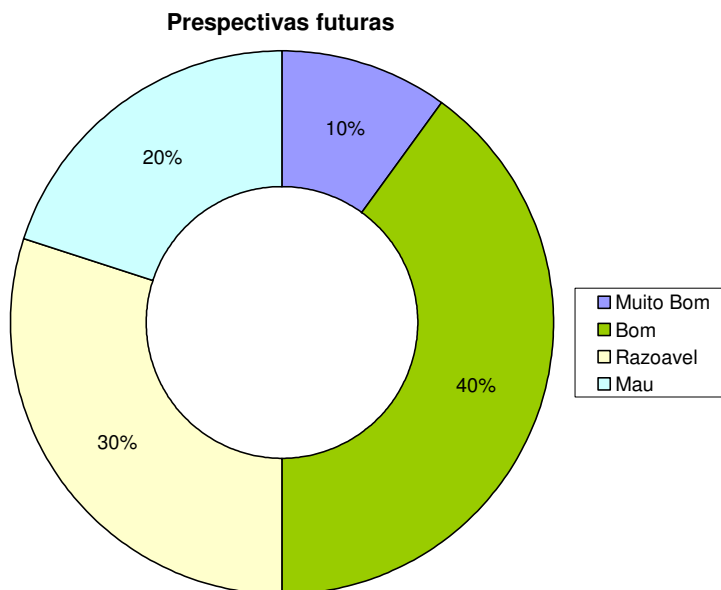


Figura 10 – Perspectivas futuras em relação à Pêra Passa Viseu.

No que respeita à disponibilidade de mão-de-obra, na sua maioria, os produtores entrevistados (70 %) responderam razoável e boa (Figura 11). Nas famílias em que esta tradição foi passando de geração em geração a disponibilidade de mão-de-obra existe, não havendo dificuldades a este nível. Nos locais de produção da pêra de São Bartolomeu, regra geral, não haverá dificuldade em encontrar mão-de-obra disponível para colaborar nas diversas transformações

associadas, verificando-se igualmente, de acordo com o gráfico da Figura 12, uma elevada percentagem de mão-de-obra razoavelmente qualificada para o efeito (68 %).

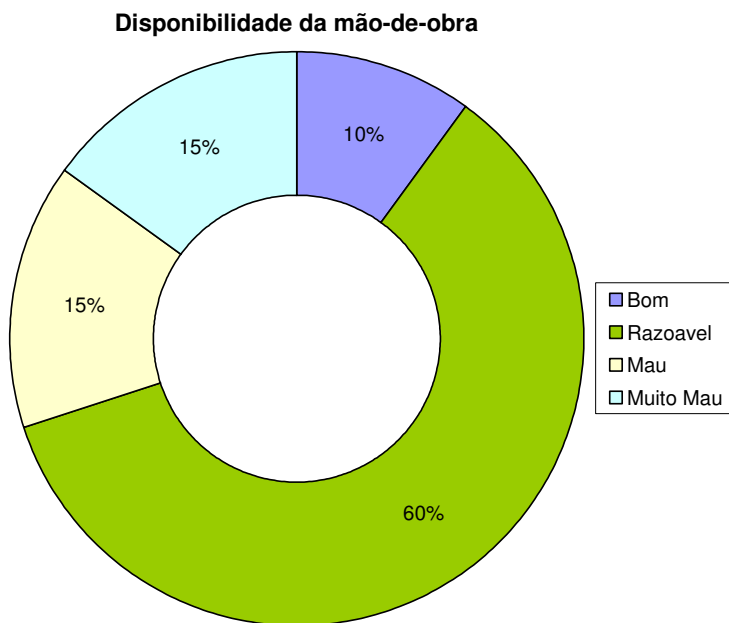


Figura 11 – Disponibilidade de mão-de-obra para a produção de Pêra Passa.

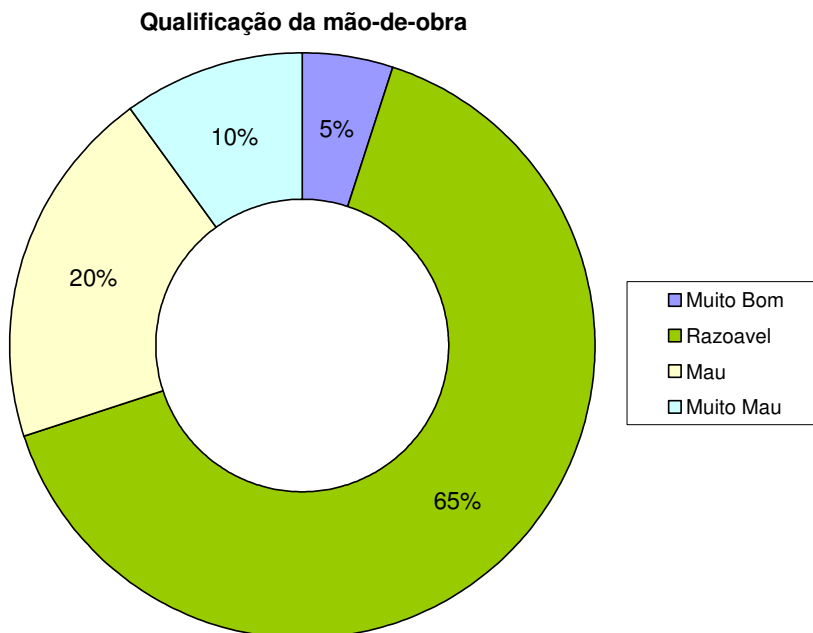


Figura 12 – Qualificação da mão-de-obra utilizada na produção de Pêra Passa.

Dos produtores entrevistados, apenas 35 % referiram estar razoavelmente (25 %) ou bem equipados (10%) a nível de máquinas agrícolas. Este foi um aspecto verificado e identificado como sendo um estrangulamento importante visto que para no futuro existirem plantações com maior dimensão ter-se-á que forçosamente modernizar a exploração, começando por esta importante componente da mecanização. De facto, 60 % dos inquiridos dizem-se mal equipados e 5 % muito mal equipados.

Os principais problemas, mais evidenciados e referidos pelos inquiridos prendem-se sobretudo com a dificuldade de comercialização, desorganização dos operadores comerciais, área reduzida das explorações, falta de apoio técnico e outros que incluem a idade dos produtores, variações climáticas ou o pedrado, importante doença da fruticultura nacional (Figura 13).

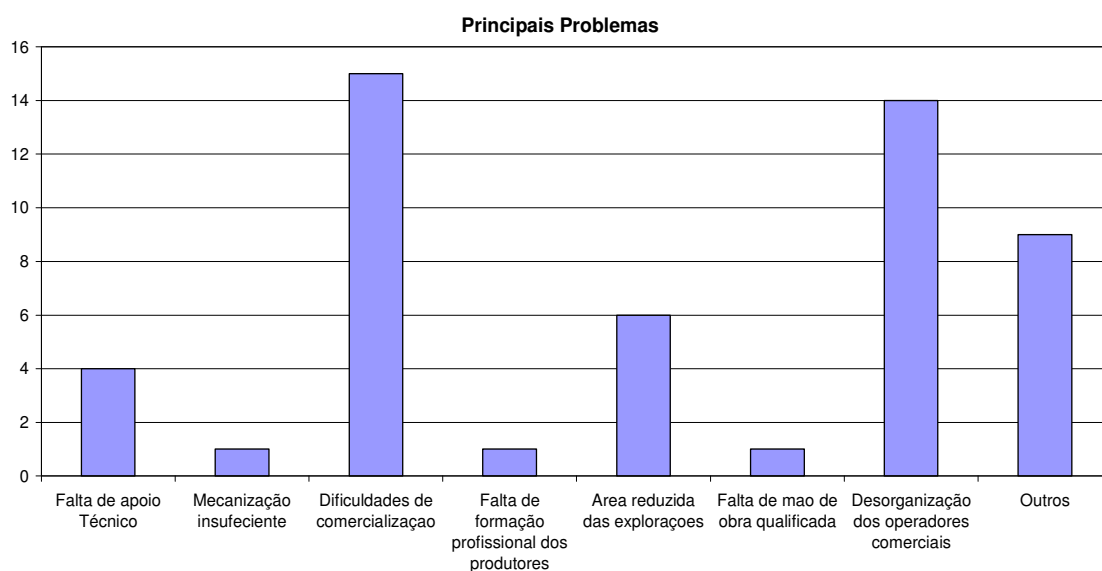


Figura 13 – Principais problemas ligados ao sector da Pêra Passa.

As soluções mais apontadas pelos produtores para a resolução dos problemas referidos anteriormente foram a implementação de campanhas de marketing que valorizem a pêra passa, exploração de novos mercados e maior apoio técnico (Figura 14).

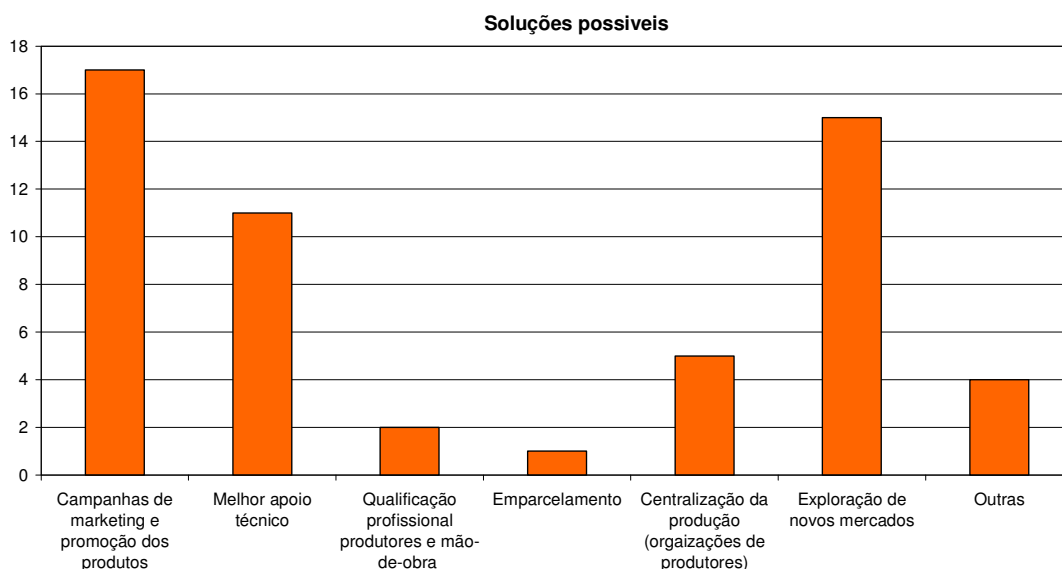


Figura 14 – Algumas das possíveis soluções para o sector.

Dos inquiridos, 60 % conhece a Estação Agrária de Viseu e 50 % admite conhecer os seus trabalhos. A experimentação de novas tecnologias para a fileira frutícola é considerada muito importante por todos os inquiridos (100 %). Dos produtores inquiridos, 40 % admite ter participado nas sessões de divulgação da experimentação realizada pela Estação Agrária de Viseu.

Quanto à participação em acções de formação, 80 % dos inquiridos nunca frequentou qualquer tipo de acção de formação. Quanto à formação frequentada sobressaem os cursos de empresário agrícola, aplicação de produtos fitofarmacêuticos e operador de máquinas agrícolas (Figura 15).

A importância da formação profissional frequentada, de acordo com a opinião dos inquiridos, reside na utilização de técnicas que permitam a troca de experiências (42 %), o aumento da produtividade (29 %), a melhoria da qualidade dos produtos (22 %) e a protecção do ambiente (7 %).

Dos produtores inquiridos, 75 % tem interesse em investir na produção da pêra de São Bartolomeu, desde que haja garantias de escoamento. Os restantes 25 % dos produtores, que responderam negativamente, justificaram-se com a idade e falta de seguidores com interesse.

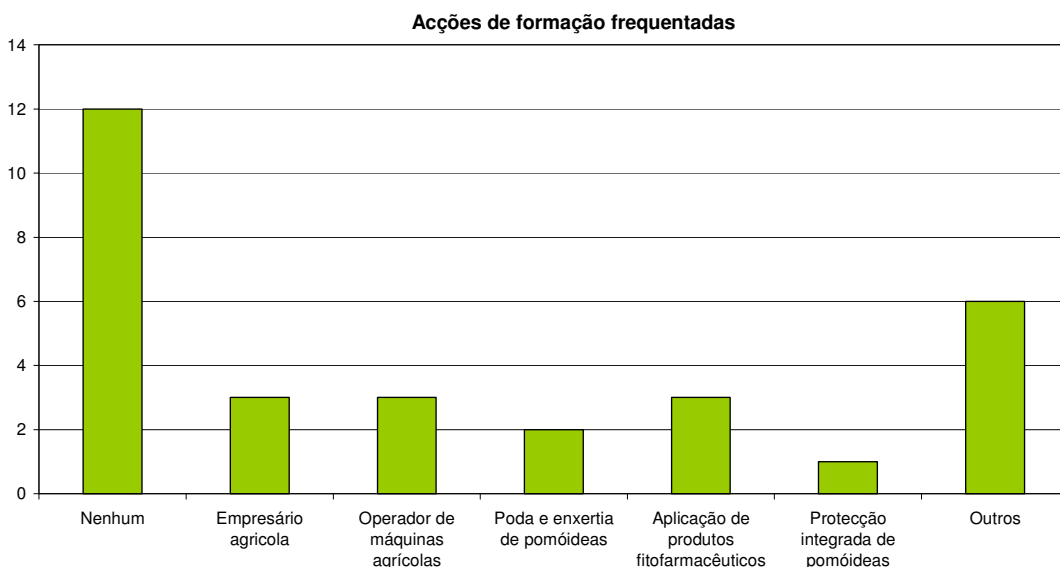


Figura 15 – Acções de formação frequentadas.

Dos produtores inquiridos, 80 % responderam achar importante a atribuição de uma DOP (Denominação de Origem Protegida) à Pêra Passa de Viseu. Os produtores querem proteger o mais possível a pêra, sendo a atribuição de uma DOP uma mais-valia tanto para a pêra como para a zona de produção e até mesmo para os produtores. Também haveria uma maior divulgação do produto, que certamente originaria uma maior procura dos mercados e uma motivação dos produtores pela actividade. Trata-se de um produto único, de excelência, típico, com uma componente social muito forte, que começa novamente a despertar a atenção da produção e dos mercados, encontrando-se à procura de garantir o seu espaço merecido.

Dos produtores inquiridos, 65 % estão dispostos a associar-se a uma Organização de produtores (OP), logo que esta lhes dê garantia de escoamento. Tendo a noção que juntos podem todos ganhar mais, pois é uma forma de trocar experiências e enriquecer conhecimentos. Porém, poucos querem entregar a pêra em fresco, preferindo entregá-la como produto final. Quanto aos 35 % dos produtores que respondem negativamente, verifica-se que estes têm mais de 65 anos e só querem vender o que têm, não tendo ninguém para seguimento da transformação da pêra em produto secado.

3.2. Entrevistas aos operadores

A partir das entrevistas conduzidas junto das duas cooperativas consultadas, foi possível verificar que os seus objectivos principais são a recepção, armazenamento, conservação e comercialização da produção dos associados, apelando a uma política de concentração e congregação. O tipo de serviço prestado é o escoamento, armazenamento, conservação, apoio técnico, incluindo a evolução da maturação, bem como o fornecimento de adubos e pesticidas.

No que respeita aos equipamentos disponíveis, nas instalações dos operadores entrevistados constata-se a importância das câmaras de conservação de atmosfera normal, calibradores, empilhadores, camiões de transporte refrigerados, embaladora e câmaras de atmosfera controlada.

Quanto aos produtos comercializados pelos operadores, constata-se que a maçã é o produto mais comercializado em ambas as cooperativas (90 %), mas são também comercializados, em menor quantidade (10 %), o marmelo a pêra e a avelã.

No que respeita aos circuitos de comercialização, verifica-se que na Cooperativa Agrícola de Mangualde CRL o escoamento principal do seu produto (50-74 %) se efectua através das grandes superfícies, sendo o produto remanescente escoado através do mercado local e do mercado abastecedor.

A Cooperativa Agrícola de Fruticultores da Beira Alta CRL tem como principal circuito de comercialização o mercado abastecedor (40 %) e o distribuidor (40 %), escoando menos de 25 % para o mercado local.

Os principais problemas que se colocam actualmente ao sector, segundo os operadores entrevistados, são a dificuldade de comercialização, a área reduzida das explorações, a falta de apoio técnico e a falta de mão-de-obra qualificada. Na sua opinião, as soluções possíveis para resolver os actuais problemas do sector são as campanhas de marketing e promoção de produtos, um maior apoio técnico, a centralização de produção e a exploração de novos mercados.

Os entrevistados estão de acordo quanto às características do perfil de um agricultor moderno. Estes devem ser jovens, com elevado nível de formação agrícola e que estejam ligados a explorações com dimensão superior a 3 hectares.

No que respeita a estratégias de marketing, as principais linhas mestras a desenvolver na produção de produtos de qualidade (DOP,

IGP, Agricultura Biológica, Produção Integrada) passam por dar conhecimento ao consumidor e a quem vende sobre o que são estes produtos, e quais as suas potencialidades e vantagens competitivas. Organizar provas de degustação, por exemplo, pode ser uma forma de aumentar a procura por estas designações. Também se deve estimular potenciais aderentes à certificação através da redução de custos do processo e salientando a sua importância futura.

Os inquiridos afirmam que a certificação só é credível se houver fiscalização eficiente e se houver um apoio aos produtores no sentido de os ajudar a cumprir as especificações exigidas.

Quanto a projectos de investigação e desenvolvimento, os inquiridos sugerem a realização de alguns estudos em áreas consideradas por si importantes: ensaios de novos porta-enxertos, monda química de frutos, sistemas de rega, projectos de experimentação e divulgação.

Quando colocados perante a questão: "Pretende incentivar os associados a produzir novos produtos, como por exemplo a pêra de São Bartolomeu?", os inquiridos responderam afirmativamente, considerando a possibilidade de ser um complemento à produção actual, pelo facto de ser um produto com potencial e consequentemente com mercado garantido.

No que respeita a sugestões para recuperar e implementar a pêra de São Bartolomeu, os inquiridos sugerem que se façam vários estudos sobre a pereira de São Bartolomeu (porta enxerto e compasso) e que se incentive os produtores para que estes aumentem a produção. É ainda importante procurar novos mercados e demonstrar a mais valia da Pêra Passa.

Em relação à formação profissional para agricultores, as áreas de interesse a promover em futuros cursos de formação destinados aos fruticultores devem incidir, segundo os entrevistados, nas temáticas das podas, instalação de pomares (porta enxertos e cuidados a ter com a plantação), rega, fertilização, fitossanidade da cultura, higiene e segurança no trabalho e incentivos financeiros disponíveis. As áreas de interesse a promover em futuros cursos de formação destinados aos técnicos agrícolas devem incidir, segundo os entrevistados, nas temáticas das podas, porta-enxertos, fertilidade e rega.

3.3. Análise SWOT

A análise SWOT apresentada nesse trabalho resultou das informações recolhidas através das entrevistas feitas aos operadores e

dos inquéritos realizados aos produtores. A Tabela 1 resume os pontos fortes e pontos fracos identificados no estudo, e a Tabela 2 apresenta as oportunidades e as ameaças que se colocam perante este produto.

Tabela 1 – Pontos Fortes e Pontos Fracos.

PONTOS FORTES	PONTOS FRACOS
<ul style="list-style-type: none"> • Demonstração de interesse em investir por parte de jovens empresários Agrícolas • Cadastro parcelar dos produtores actualizado • Preços de venda muito aliciantes • O mercado aprecia o produto • Condições edafoclimáticas favoráveis ao aumento da produção da Pêra de São Bartolomeu 	<ul style="list-style-type: none"> • População envelhecida • Baixo nível de escolaridade • Dificuldade de comercialização • Desorganização dos Operadores • Área reduzida das explorações • Variações climáticas • Segurança Alimentar não garantida • Falta de apoio técnico • Inexistência de políticas de marketing / promoção • Não existe controlo de qualidade sistematizado • Insuficiente nível tecnológico • Falta de mão-de-obra qualificada • Pomares envelhecidos • Reduzida quantidade da Pêra São Bartolomeu disponível no mercado • Reduzida mecanização das explorações

Tabela 2 – Oportunidades e Ameaças.

OPORTUNIDADES	AMEAÇAS
<ul style="list-style-type: none"> • Implementação de campanhas de Marketing / Promoção do produto • Exploração de Novos Mercados (Nacional e Internacional) • Maior apoio técnico • Certificação e diferenciação dos produtos • Garantir a Segurança Alimentar • Apoio à modernização das explorações • União dos operadores comerciais • Incentivos financeiros no âmbito do QREN prevêem fortes apoios aos produtos regionais • Actividade complementar a outros modos de Produção (Vinha, Produção de queijos, etc.) • Importância de realizar diversos trabalhos de investigação/ Experimentação para revitalizar a Pêra de São Bartolomeu 	<ul style="list-style-type: none"> • População Agrícola envelhecida • Desunião dos operadores comerciais • Desmotivação dos jovens pelo sector agrícola • Modos de produção ultrapassados • Deficiente nível de conhecimentos em algumas áreas específicas • Baixa qualificação dos produtores

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos no diagnóstico efectuado, o plano de acção a propor compreende a implementação de acções específicas que se enquadram na área da produção da pêra de São Bartolomeu, em fresco (AP), e na área da comercialização da pêra secada (AC).

No que respeita à área de produção (AP), será importante a formação dos fruticultores no sentido do aumento da produtividade e implementação de boas práticas agrícolas, bem como a formação para técnicos, visando a reciclagem, aperfeiçoamento e actualização de conhecimentos em novas técnicas produtivas emergentes, no sentido de responder à necessidade de acompanhamento dos fruticultores e da modernização das explorações.

Aponta-se ainda para a definição de um plano de experimentação e implementação de campos de ensaio, onde se promova a experimentação de novas práticas culturais adequadas às novas exigências produtivas, novos equipamentos e novos produtos que permitam, no final, o aumento da produtividade dos pomares, da

rentabilidade da mão-de-obra e da qualidade final do produto, com divulgação dos resultados obtidos, envolvendo todos os intervenientes.

Finalmente, seria útil a elaboração de um manual técnico de cariz essencialmente prático, que aborde de forma transversal todas as operações inerentes à boa prática frutícola.

Em relação à área de comercialização (AC), deve-se intensificar a formação de técnicos, directores, gestores e operadores. Deve-se elaborar um plano de formação que permita aumentar a qualidade e apresentação da pêra de São Bartolomeu, bem como estimular o recurso a técnicas de marketing inerentes à sua promoção e divulgação.

No que respeita à promoção da Pêra de São Bartolomeu, seria importante promover a divulgação junto do consumidor, por exemplo, através de organização de provas de degustação. Por outro lado, a consolidação e gestão centralizada das marcas DOP/IGP pode também desempenhar um papel fundamental.

Será ainda importante promover o aproveitamento da pêra não comercializável, através do incentivo ao fabrico de compotas, aguardentes ou sumos.

Por fim, assume hoje em dia um papel inquestionável o reforço da segurança alimentar, com a implementação de sistemas de garantia de qualidade: controlo de qualidade, HACCP e sistemas de rastreabilidade nos operadores.

A produção de um manual técnico com cariz essencialmente prático que aborde de forma transversal todas as operações inerentes à boa prática do armazenamento e comercialização da pêra, bem como o aproveitamento de incentivos financeiros disponíveis para dinamizar a componente de marketing e comercialização, podem também facilitar o desenvolvimento do sector.

Agradecimentos

- À Revista Millenium - revista do Instituto Politécnico de Viseu.
- À FELBA - Promoção das Frutas e Legumes da Beira Alta, A.C.E.
- A César Pereira, Sérgio Portugal e Dulcineia Ferreira.

Referências

Barroca MJMC, Guiné RPF, Pinto A, Gonçalves F & Ferreira DMS (2006) Chemical and microbiological characterization of Portuguese varieties of pears. *Food and Bioproducts Processing*, 84, 109-113.

- Dincer O (2004) *Strategy Management and Organization Policy*. Istanbul: Beta Publication.
- Dyson RG (2004) Strategic development and SWOT analysis at the University of Warwick. *European Journal of Operational Research*, 152, 631-640.
- Ferreira D, Guyot S, Marnet N, Delgadillo I, Renard CMGC & Coimbra MA (2002) Composition of phenolic compounds in a Portuguese pear (*Pyrus communis* L. var. S. Bartolomeu) and changes after sun-drying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 4537-4544.
- Ferreira DMS (2003) Estudo das transformações bioquímicas e químicas da pêra de S. Bartolomeu durante o processo de secagem – recurso endógeno da região de Viseu. Tese de doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.
- Guiné R, Barroca M, Gonçalves F & Ferreira D (2001) *Produção de Pêra Passa. Modernização de Técnicas e Diversificação de Variedades*. Viseu: ESAV.
- Guiné RPF, Ferreira DMS, Barroca MJ & Gonçalves FM (2007) Study of the Solar Drying of Pears. *International Journal of Fruit Science*, 7, 101-108.
- Hill T & Westbrook R (1997) SWOT analysis: it's time for a product recall. *Long Range Planning*, 30, 46-52.
- Houben G, Lenie K & Vanhoof K (1999) A knowledge-based SWOT-analysis system as an instrument for strategic planning in small and medium sized enterprises. *Decision Support Systems*, 26, 125-135.
- Kajanus M, Kangas J & Kurttila M (2004) The use of value focused thinking and the A'WOT hybrid method in tourism management. *Tourism Management*, 25, 499-506.
- Kangas J, Kurttila M, Kajanus M & Kangas A (2003) Evaluating the management strategies of a forestland estate-the S-O-S approach. *Journal of Environmental Management*, 69, 349-358.
- Kotler P (1988) *Marketing Management: Analysis, Planning, Implementation and Control*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Kurttila M, Pesonen M, Kangas J & Kajanus M (2000) Utilizing the analytic hierarchy process (AHP) in SWOT analysis-a hybrid method and its application to a forest-certification case. *Forest Policy and Economics*, 1, 41-52.
- Leskinen LA, Leskinen P, Kurttila M, Kangas J & Kajanus M (2006) Adapting modern strategic decision support tools in the participatory strategy process-a case study of a forest research station. *Forest Policy and Economics*, 8, 267-278.
- Masozera MK, Alavalapati JRR, Jacobson SK & Shrestha RK (2006) Assessing the suitability of community-based management for the Nyungwe Forest Reserve, Rwanda. *Forest Policy and Economics*, 8, 206-216.
- McDonald, MHB (1939) *The Marketing Planner*, Butter-worth-Heinemann, Oxford.
- Shrestha RK, Alavalapati JRR & Kalmbacher RS (2004) Exploring the potential for silvopasture adoption in South-central Florida: na application of SWOT-AHP method. *Agricultural Systems*, 81, 185-199.

- Stewart R, Moamed S & Daet R (2002) Strategic implementation of IT/IS projects in construction: a case study. *Automation in Construction*, 11, 681-694.
- Ulgen H & Mirze SK (2004) *Strategic Management*. Istanbul: Literatur Publication.

SECAGEM DE PERAS DE S. BARTOLOMEU EM ESTUFA SOLAR

Raquel Guiné, Maria João Barroca

RESUMO

Como alternativa ao processo tradicional de produção de Pêra Passa de Viseu, foi testada a secagem de peras de S. Bartolomeu em estufa solar, com ventilação forçada, em ambiente protegido e condições monitorizadas. Nos ensaios realizados, verificou-se que as condições de secagem das peras no interior da estufa são muito favoráveis, quando comparadas com as condições ambientais do exterior nos mesmos períodos.

Foram realizados ensaios em diferentes anos, e em todos os casos os resultados permitiram observar uma redução muito substancial no tempo de secagem, face à duração do processo por secagem tradicional com exposição directa ao sol.

É importante realçar que das vantagens conseguidas com a utilização da estufa se destaca a garantia de uma melhor qualidade higio-sanitária, sem comprometer as características do produto final no que respeita aos seus atributos organolépticos.

1. INTRODUÇÃO

O processo tradicional de produção da Pêra Passa de Viseu a partir de peras da variedade S. Bartolomeu envolve a secagem por exposição directa ao sol das peras inteiras descascadas, em cima de caruma, eiras ou redes, onde as peras permanecem em média 8 a 10 dias. Depois sofrem um embarrelamento e espalma, e voltam a ser colocadas ao sol, por mais 3 a 4 dias (Barroca *et al*, 2006; Guiné, 2005). Porém, este tipo de procedimento apresenta muitos inconvenientes, nomeadamente ao nível da qualidade final do produto e, mais importante que isso no que respeita à higiene e segurança alimentar. Acresce ainda o facto de ser um processo demasiado moroso e muito dependente das condições climáticas, a tal ponto de, em caso de demasiado orvalho nocturno ou chuva, a produção poder estar seriamente comprometida (Guiné *et al*, 2010).

Por esse motivo, tem sido testada a secagem de peras de S. Bartolomeu em estufa solar, com ventilação forçada, em ambiente protegido dos roedores, pássaros, ou insectos, e ao abrigo da chuva (Guiné *et al*, 2009). No presente trabalho realizaram-se ensaios de secagem em estufa solar em 3 anos diferentes e, por vezes, mais do que uma vez no ano. Com estes ensaios foi possível avaliar as condições de temperatura e humidade relativa no interior da estufa, e de que modo estas são mais favoráveis à secagem do que as condições no exterior.

2. EXPERIMENTAL

Para os ensaios relativos à colheita e secagem de pêra de São Bartolomeu no ano de 2007, foram colhidas peras num pomar de Venda de Galizes, Oliveira do Hospital. Este pomar pertence a um produtor que produz pêra secada pelo método tradicional, razão pela qual foi seleccionado para o fornecimento dos frutos (Figura 1). Estes foram colhidos em 3 fases de maturação, considerando como segunda fase a data de colheita para produção de pêra secada de modo tradicional, de acordo com indicações do produtor.



Figura 1 – Pomar em Venda de Galizes, Oliveira do Hospital.

Para a colheita dos frutos foram seleccionadas 6 árvores em 6 pontos representativos do pomar. O baixo número de árvores seleccionadas deveu-se ao facto da produção de 2007 ter sido baixa, por razões edafoclimáticas, pelo que o produtor não pôde dispensar um maior número de árvores. Na colheita os frutos foram retirados dos 4 quadrantes de cada árvore por colheita manual. Depois de colhidas, as peras foram colocadas numa mala térmica e, quando chegadas ao destino - Escola Superior Agrária de Viseu - foram colocadas a 6 °C até irem para a estufa de secagem.

A estufa solar existente na Escola Superior Agrária de Viseu (Figura 2) tem uma estrutura em alumínio e vidros de horticultura.

Esta possui um ventilador para promover uma mais eficaz extracção de ar, e que funciona a diferentes velocidades de rotação. Para o controlo da temperatura e humidade no interior da estufa foi colocado um termohigrómetro (Lufft – Opus 10) no seu interior. Desta forma, as condições de temperatura e humidade relativa dentro da estufa foram registadas a intervalos de 10 minutos ao longo de todo o processo de secagem.



Figura 2 – Estufa solar localizada na ESAV (esquerda), extractor de ar (centro) e termohigrómetro (direita).

As peras correspondentes a cada lote de maturação foram secadas na estufa solar da ESAV. Assim, foram efectuadas três secagens, correspondentes a três colheitas em três estágios de maturação distintos: um estado mais prematuro, um estado supostamente adequado e que corresponde ao estado em que o produtor tradicional faz a colheita (determinado empiricamente) e um estado mais avançado de maturação. As peras foram descascadas e colocadas a secar inteiras sobre redes de nylon (Figura 3).



Figura 3 – Peras a secar na estufa solar, na fase final da secagem.

Durante o primeiro ensaio as condições climatéricas apresentavam-se favoráveis à secagem com temperaturas máximas exteriores de cerca de 30 °C. No segundo ensaio o tempo estava

bastante nublado, e durante a secagem choveu e nunca esteve uma temperatura tão elevada como na primeira secagem. A terceira secagem decorreu outra vez sob condições climatéricas mais favoráveis.

No ano de 2007, as peras utilizadas na secagem haviam sido provenientes de um pomar em Venda de Galizes, na zona de Oliveira do Hospital. No entanto, dada a baixa produção do pomar em 2008 por razões que se prendem com o elevado pedrado do fruto, entre outras, foi necessário seleccionar um outro pomar. Assim, a colheita de 2008 foi proveniente de um pomar no Ervedal da Beira, na mesma zona de Oliveira do Hospital (Figura 4).



Figura 4 – Pomar em Ervedal da Beira, Oliveira do Hospital.

No ano de 2008 as peras foram colhidas uma única vez, tendo esta colheita sido função da evolução do estado de maturação das peras no pomar de Ervedal da Beira. O procedimento de secagem seguido foi genericamente o mesmo que foi adoptado para o ano de 2007. As peras que se secaram em 2008 foram assim provenientes de uma única colheita, correspondente a valores de maturação que se situaram entre os valores da segunda e da terceira colheitas de 2007. Assim, seguiu-se a evolução da maturação dos frutos no pomar, através do controlo dos parâmetros de maturação físico-químicos, de modo a seleccionar a melhor data de colheita para se obter o produto secado de melhor qualidade. De acordo com os resultados obtidos, a colheita foi efectuada no dia 12 de Agosto de 2008, tendo as peras sido secadas no dia seguinte. Os critérios de paragem do ensaio foram os mesmos que já haviam sido definidos para a colheita de 2007: a) Redução dos teores de humidade das peras a 20% em base húmida; b) Massa constante ou com variação desprezável; c) Produto final sem características de pêra secada. Os frutos foram espalmados no final da secagem, contrariamente ao que sucede pelo método tradicional.

Em 2009 as peras foram novamente colhidas no pomar de Ervedal da Beira, o qual registou uma produção bastante satisfatória, com grande quantidade de frutos, frutos de tamanho relativamente homogéneo e praticamente ausência de pedrado, portanto peras bastante saudáveis e de bom aspecto (Figura 5).



Figura 5 – Produção no ano de 2009 do pomar em Ervedal da Beira.

A colheita foi feita também uma única vez, à semelhança do que acontecera em 2008, e a evolução das propriedades das peras foi seguida no pomar entre 27 de Julho e 31 de Julho, data da colheita. As propriedades avaliadas para este controlo, numa amostra de 8 peras, foram: massa, calibre, dureza, humidade, acidez e teor de sólidos solúveis.

Atendendo a que a secagem na estufa solar da ESAV deveria decorrer em simultâneo com as secagens no secador de túnel da ADAI e no secador solar directo da ESTV, houve necessidade de atrasar o início do ensaio, tendo então as peras sido conservadas até ao dia 10 de Agosto na câmara da Cooperativa Agrícola dos Fruticultores da Beira Alta a uma temperatura entre 0 e 1°C a com uma humidade relativa de cerca de 98 %. O início da secagem deu-se no dia 11 de Agosto, e os procedimentos seguidos foram os que atrás se

descreveram. Na Figura 6 podem ver-se imagens da evolução das peras ao longo da secagem no interior da estufa solar.



Figura 6 – Secagem na estufa solar em 2009.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 7 são apresentados, para o primeiro ensaio respeitante à primeira colheita de 2007, os valores de temperatura e humidade relativa dentro da estufa, registados a cada intervalo de 10 minutos, bem como os respectivos valores médios e ainda a evolução da humidade das peras (em base húmida).

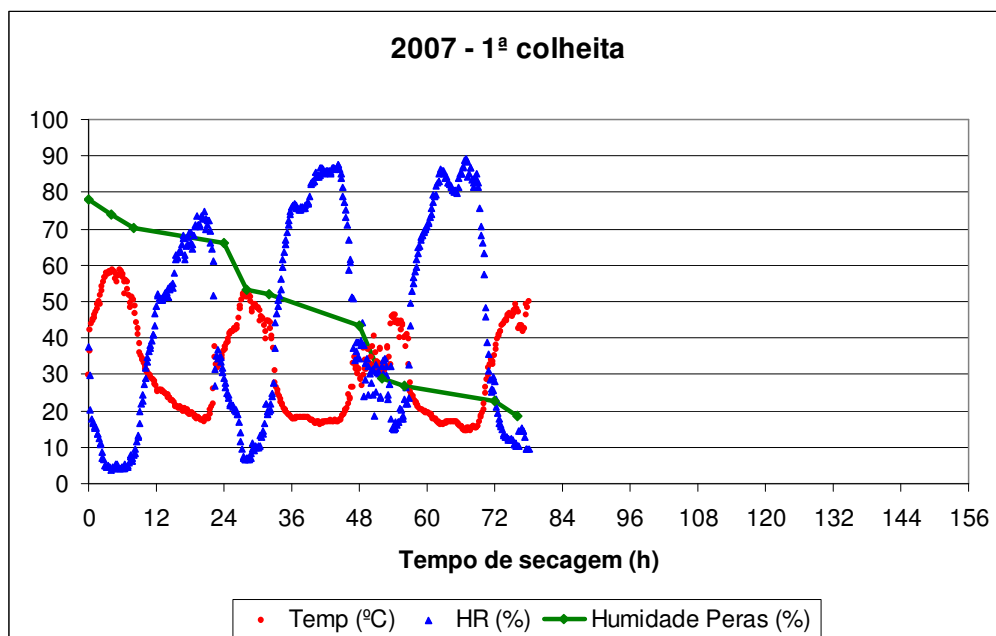


Figura 7 - Registos de temperatura e humidade relativa na estufa conjuntamente com a humidade das peras para o primeiro ensaio de secagem de 2007.

Da observação da Figura 7 verifica-se que quando a temperatura da estufa atinge valores elevados a correspondente humidade relativa

(HR) é baixa, o que acontece durante os períodos diurnos. Pelo contrário, durante a noite a temperatura baixa e a HR aumenta. É possível verificar ainda que durante os períodos noturnos a humidade das peras praticamente não baixa, diminuindo acentuadamente durante os períodos diurnos. Entre as 50 e as 60 horas verificou-se uma descontinuidade neste comportamento, que correspondeu a condições climatéricas distintas, nomeadamente no que diz respeito à nebulosidade.

Na Figura 8 são apresentadas as variações de temperatura (T) ou humidade relativa (HR) médias ao longo do tempo de secagem no primeiro ensaio, juntamente com a evolução do teor de humidade, mas expresso em base seca. Verifica-se que a curva de variação de humidade expressa em base seca revela diferenças quando comparada com a curva de evolução de humidade em base húmida constante da Figura 6, correspondendo a uma função exponencial decrescente mais acentuada. Quanto às variações de T e HR verifica-se uma correlação negativa entre elas, com valores elevados de T a corresponderem a valores baixos de HR e vice-versa. Estas condições de temperatura elevada com humidade relativa baixa são bastante favoráveis à secagem das peras.

Nas Figuras 9 e 10 são apresentados os gráficos correspondentes às condições na estufa bem como a evolução da humidade (em base húmida), para os segundo e terceiro ensaios de secagem, correspondentes às 2^a e 3^a colheitas de 2007. É possível observar comportamentos semelhantes nos três ensaios, mas com particularidades que expressam de algum modo as diferentes condições climatéricas verificadas durante os ensaios. Assim, no terceiro ensaio (Figura 10) verifica-se uma maior regularidade ao longo dos dias, o que não aconteceu no primeiro ensaio e outra vez no segundo ensaio (Figura 9), entre as 80 e as 120 horas. Por outro lado, notam-se diferenças significativas nas temperaturas máximas alcançadas em diferentes dias, como por exemplo perto de 60 °C no primeiro dia do primeiro ensaio (Figura 7) a contrastar com cerca de 20 °C no quinto dia do segundo ensaio (Figura 9). De salientar ainda que o tempo que demorou o segundo ensaio para atingir um conteúdo de humidade de 30 % (Figura 9), mesmo assim superior ao primeiro ensaio (cerca de 20 %) (Figura 7), foi cerca do dobro, o que revela a grande dependência deste tipo de secagem face às condições atmosféricas. Por fim, de notar que o terceiro ensaio de secagem deveria ter prosseguido por mais algum tempo, uma vez que o conteúdo de humidade das peras (cerca de 50 %) é muito superior aos 20 % desejados (Figura 10). Contudo, verificou-se que as condições atmosféricas já não estavam a permitir uma perda de água eficiente, dado que a humidade das peras deixou de evoluir como esperado a partir das 50 horas, tendo sido essa a razão pela qual o ensaio foi terminado.

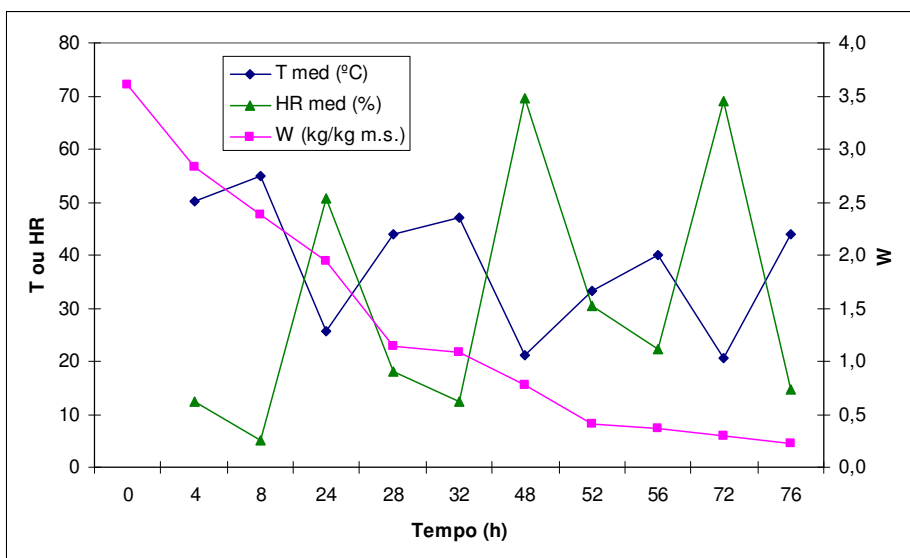


Figura 8 - Evolução da humidade (em base seca) ao longo do primeiro ensaio de secagem.

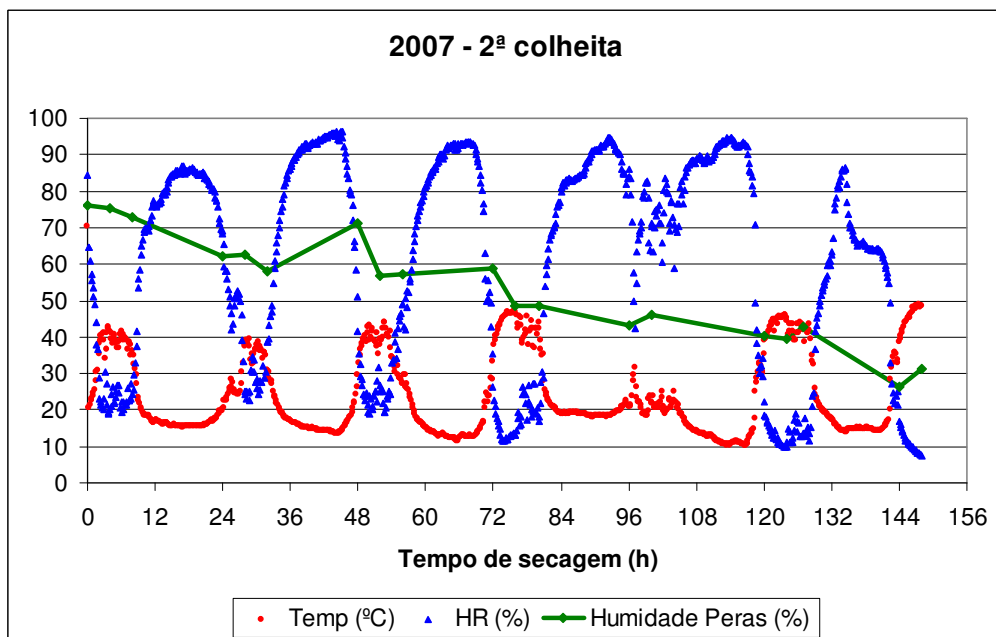


Figura 9 - Registos de temperatura e humidade relativa na estufa conjuntamente com a humidade das peras para o segundo ensaio de secagem de 2007.

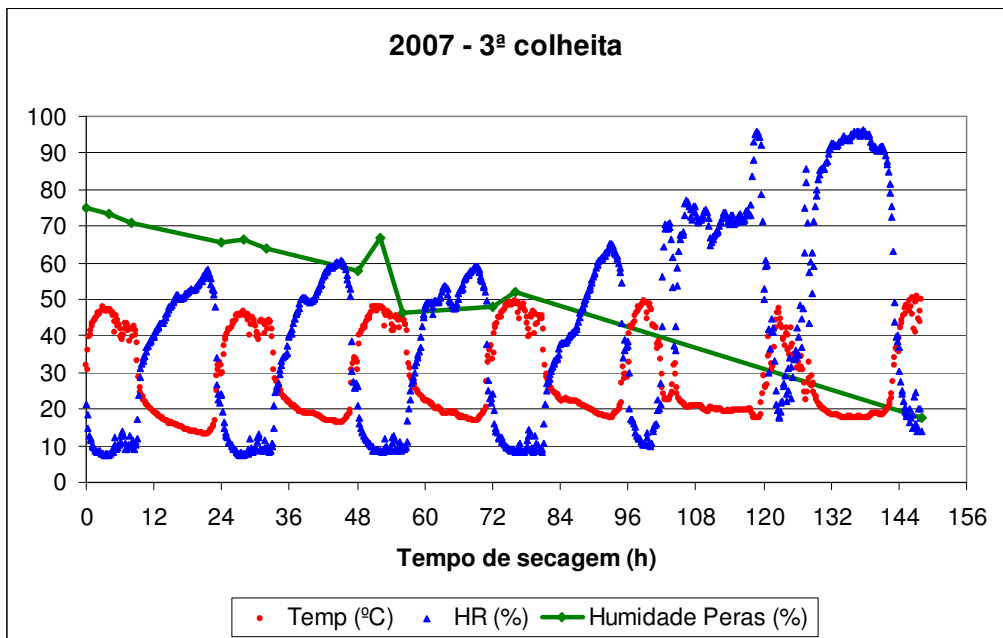


Figura 10 - Registos de temperatura e humidade relativa na estufa conjuntamente com a humidade das peras para o primeiro ensaio de secagem de 2007.

Na Figura 11 representa-se a variação da humidade relativa com a temperatura dentro da estufa, para os três ensaios de secagem. Como seria de esperar estas duas variáveis encontram-se linearmente relacionadas, sendo os coeficientes de correlação suficientemente elevados, a variar entre um mínimo de 0.9459 para a primeira colheita e um máximo de 0.9767 para a 3ª colheita.

No gráfico da Figura 12 são apresentadas as condições na estufa durante o ensaio de secagem efectuado em 2009. Verifica-se uma vez mais que na estufa se atingem temperaturas bastante elevadas, a ultrapassar os 60 °C em todos os dias do ensaio, que correspondem a condições de humidade relativa bastante baixa (inferior a 10 %), sendo por isso condições favoráveis a uma rápida secagem. De facto, observa-se que a utilização da estufa permite fazer a secagem em 7 dias, atingindo-se uma humidade nas peras inferior a 20 % ao fim de 84 horas, contra os 10 a 12 dias do processo tradicional.

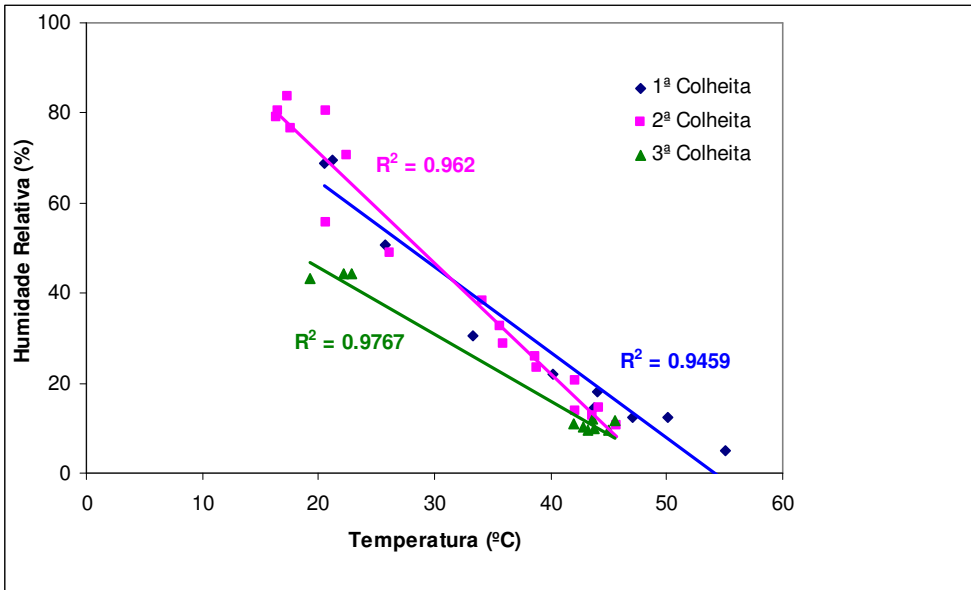


Figura 11 - Variação da humidade relativa em função da temperatura, para os três ensaios de secagem.

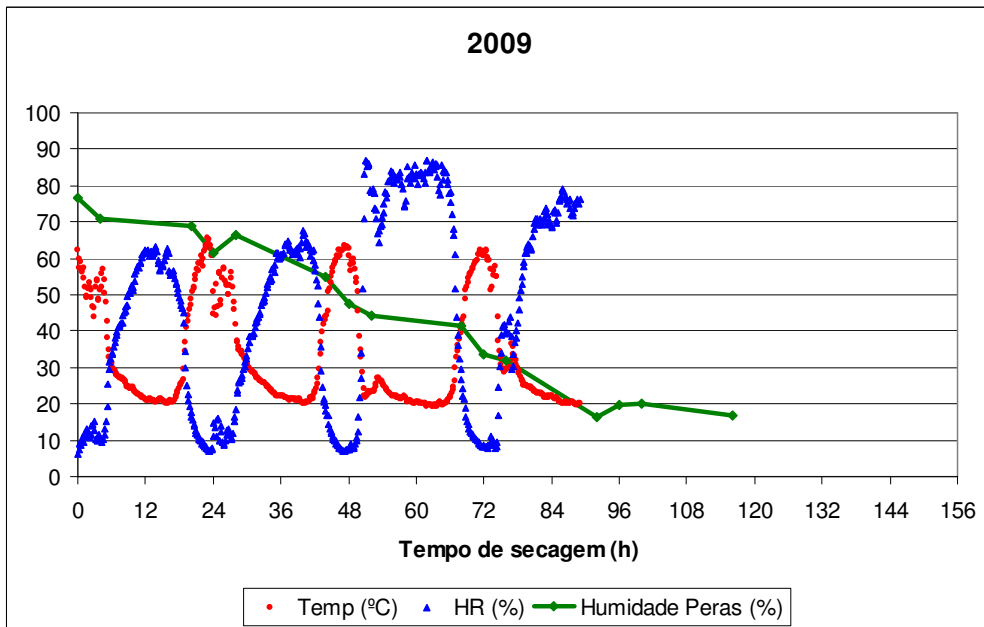


Figura 12 - Registos de temperatura e humidade relativa na estufa conjuntamente com a humidade das peras para o ensaio de secagem de 2009.

A Figura 13 mostra a evolução das propriedades das peras ao longo da maturação nos últimos dias no pomar e ainda após o período de armazenamento na câmara frigorífica, no ano de 2009.

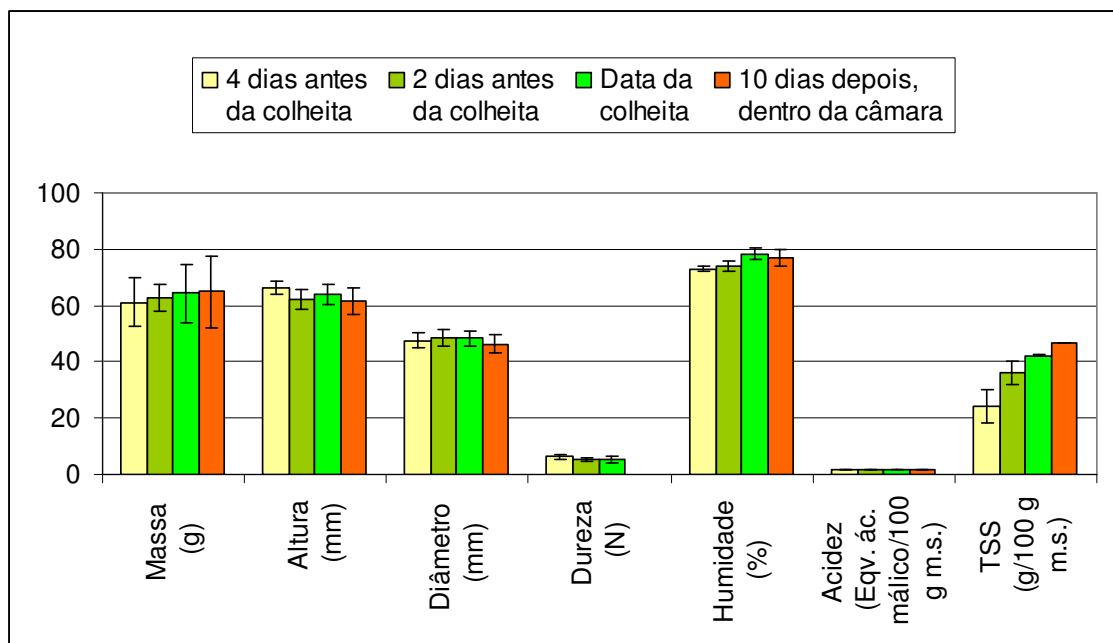


Figura 13 – Variação das propriedades das peras ao longo da maturação e durante a armazenagem na câmara frigorífica, para a colheita de 2009.

Verifica-se por observação do gráfico da Figura 13 que a massa aumenta ligeiramente durante a maturação no pomar e mantém-se praticamente igual após o período de armazenagem na câmara. Em relação às dimensões (altura e diâmetro) estas apresentam algumas oscilações, que se prendem com as variações próprias de fruto para fruto e que são função da amostra seleccionada (apenas 8 peras). Verifica-se que a dureza diminui ao longo da maturação no pomar e que a humidade aumenta enquanto as peras permanecem no pomar, diminuindo depois ligeiramente após a armazenagem. A acidez apresenta variações muito pequenas, não perceptíveis no gráfico. Em relação ao teor de sólidos solúveis, indicador da quantidade de açúcares presentes, a sua quantidade aumenta ao longo da maturação e ainda durante a armazenagem, o que indica que mesmo nas condições de temperatura e humidade dentro da câmara o processo de maturação não é totalmente interrompido.

A Figura 14 mostra a variação do índice de maturação, calculado como o quociente entre o teor de sólidos solúveis e a acidez, ao longo do período pré-colheita e pós-colheita em análise. Verifica-se então que a maturação prosseguiu durante os últimos dias que precederam a colheita e mesmo depois durante a armazenagem na câmara frigorífica. Desta forma a razão entre os açúcares e a acidez aumentou ao longo do período em apreço.

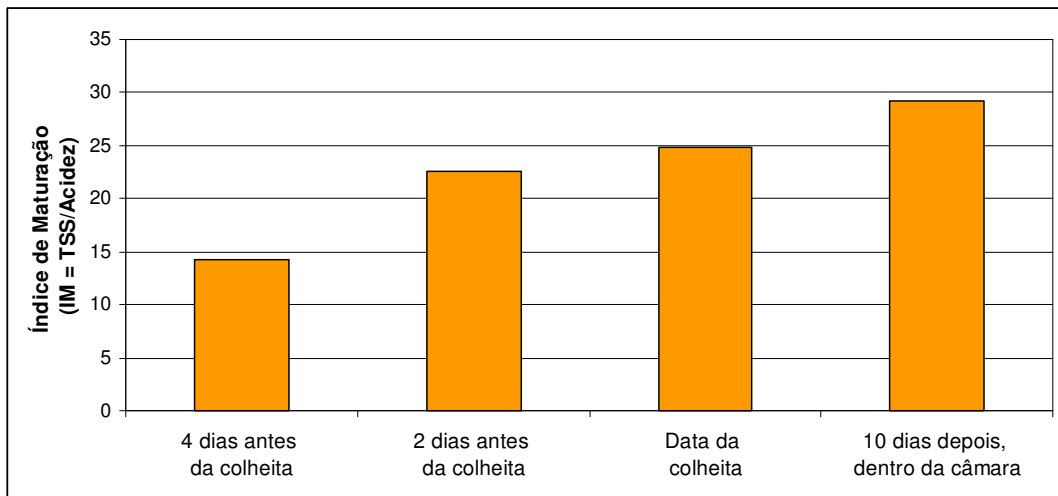


Figura 14 – Variação do índice de maturação na pré e na pós colheita.

A Figura 15 mostra a evolução do teor de sólidos solúveis, da acidez e do índice de maturação ao longo do processo de secagem na estufa solar da ESAV, para o ensaio iniciado no dia 11 de Agosto, após a saída das peras da câmara de refrigeração. Verifica-se que o teor de sólidos solúveis aumenta do 1º para o 2º dia de secagem, indicando que nesta fase os processo de secagem os açúcares estão a aumentar, dado que o valor expresso no gráfico é relativo á massa seca. Este aumento deve-se provavelmente a uma continuação dos processos normais de maturação, intensificados com a temperatura elevada. A partir do 2º dia verifica-se uma tendência geral para a diminuição dos sólidos totais, o que indica que provavelmente haverá uma degradação dos açúcares ao longo da secagem, favorecida pelas elevadas temperaturas que se verificaram dentro da estufa, superiores a 60 °C em todos os dias, a determinadas horas do dia. No que respeita à acidez, ela apresenta um comportamento regular ao longo de toda a secagem, diminuindo bastante devido à perda de compostos voláteis por evaporação, a qual é favorecida pelas temperaturas elevadas. O índice de maturação aumenta ao longo de todo o processo de secagem, o que indica que a diminuição da acidez tem uma influência maior sobre o índice de maturação do que a variação do teor de sólidos solúveis, que não apresenta uma variação tão regular ao longo de todo o tempo de secagem.

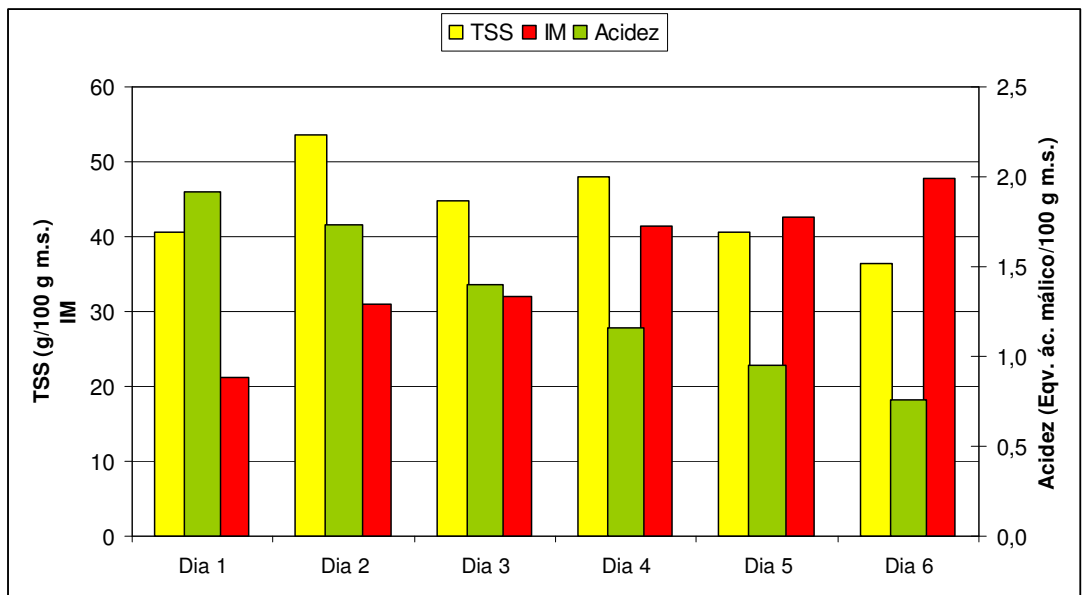


Figura 15 – Variação das propriedades das peras ao longo da maturação e durante a armazenagem na câmara frigorífica, para a colheita de 2009.

4. CONCLUSÃO

Através da observação dos resultados dos registos feitos à temperatura e humidade relativa no interior da estufa durante a secagem das peras, foi possível observar que há uma correlação muito forte entre a temperatura e a humidade relativa, e por outro lado entre estas e a perda de humidade das peras. Efectivamente, altas temperaturas e baixas humidades relativas aceleram a velocidade de secagem, como seria esperado.

Em relação aos tempos necessários para efectuar a secagem, verificou-se que as secagens efectuadas dentro da estufa solar são relativamente mais rápidas do que as secagens por exposição directa ao sol, particularmente se as condições forem favoráveis. Além disso, permitem continuar a secar mesmo quando o tempo está húmido ou chuvoso, ou na pior das hipóteses não se estragar a produção, o que não é possível no caso da secagem por exposição directa ao sol, como se faz no método tradicional.

Referências

- Barroca MJ, Guiné RPF, Pinto A, Gonçalves FM & Ferreira DMS (2006) Chemical and Microbiological characterization of portuguese varieties of pears. *Food and Bioproducts Processing*, 84(C2),109-113.
- Guiné RPF (2005) *Secagem de Peras: Estudo Experimental e Simulação do Processo*. Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

- Guiné R, Barroca MJ & Ferreira D. (2010) Utilização de estufa solar para a secagem de peras. Livro de Actas do 2º Simpósio Nacional de Fruticultura, p. 184-191, Castelo Branco.
- Guiné RPF, Barroca MJ, Lopes P & Ferreira DMS (2009) *Secagem de Peras em Estufa Solar com Convecção Forçada*. In Guiné R & Lima MJ (Eds.) *Peras Secadas, Promoção de um Produto Agro-Alimentar Tradicional Utilizando Metodologia Científica*. Capítulo 3, pp.10-21, ESAV, Viseu.

SECAGEM DE PERAS NUM PROTÓTIPO DUMA NOVA ESTUFA SOLAR PARA OBTENÇÃO DUM PRODUTO TRADICIONAL: ALGUNS RESULTADOS EXPERIMENTAIS E SUGESTÕES

João Monney Paiva, Paulo Lopes

RESUMO

Na maioria dos países, antes que sistemas modernos tenham vindo permitir manter os alimentos em boas condições durante períodos de tempo quase indeterminados, as pessoas tinham por hábito utilizar a secagem solar como meio de manter os seus bens e mercadorias perecíveis em condições aceitáveis. Este foi o caso de muitos tipos de frutas, especialmente aqueles que não eram suficientemente atraentes no seu estado fresco. Particularmente no norte de Portugal, havia uma tradição antiga de secagem de frutas, colocando-as sob exposição solar directa, por cima de lajes cobertas com uma fina camada de palha seca. Nesta região, na Beira-Alta, esta tradição de secagem ao sol dos frutos, principalmente das peras, tornou-as conhecidas em todo o país com o nome de pêra-passa de Viseu. Com a evolução dos custos do trabalho registada nas últimas décadas, verificou-se uma redução das quantidades produzidas o que levou ao aumento muito significativo do preço respectivo.

Como resultado de um trabalho de investigação anterior, no âmbito da secagem de peras, chegou-se à conclusão de que o método tradicional de secagem ao ar livre poderia ser substituído por um processo de secagem em estufa solar. Foi assim apresentado um projecto à Fundação para a Ciência e Tecnologia em que se pretendia avaliar um método eficaz em termos de custo e de conservação de valor que recriasse esse produto seco ao sol. No âmbito desse projecto de investigação, foi construído um protótipo de secador solar para estudar o processo de secagem em condições mais uniformes e controladas. Além disso, o estudo analisou os diferentes métodos de secagem, com vista à possibilidade de melhorar o referido processo. A investigação fundamental foi realizada avaliando as alterações decorrentes do uso diferentes dimensões do secador solar, nomeadamente a altura e as aberturas de ventilação. Foram comparadas diferentes variedades de pêra e de estágios de maturação para o cálculo da taxa de secagem, bem como se promoveram mudanças nas condições de irradiação, com e sem radiação

solar direta. Finalmente, foram executadas algumas soluções de engenharia com o objetivo de melhorar a uniformidade do fluxo interno e tirar vantagem das condições de extração aleatória forçada.

1. INTRODUÇÃO

Utilizar energia solar para secar produtos agrícolas para a preservação dos alimentos, isto é, aumentar a sua vida útil e garantir a sua disponibilidade fora de época, é algo de muito difundido em todo o mundo e tem sido utilizada durante séculos. Apesar de ser um processo lento para a obtenção de géneros alimentícios secos conservados, tem a vantagem de ser um processo barato, livre de poluição, de manter inalteradas algumas características físicas e químicas e, não menos importante, preservar características organolépticas decisivas no estabelecimento da sua qualidade.

Existe um método de secagem tradicional de frutos em Portugal, que consiste em colocá-los sob exposição à radiação solar directa, normalmente sobre grandes lajes graníticas, precariamente protegidos do contacto com a superfície por meio de camadas finas de palha seca. Em particular na região Norte, as peras são conhecidas por serem secas ao ar livre, sob exposição solar no Verão, através de um processo complexo que envolve várias operações. Em primeiro lugar uma raspagem, seguido de uma primeira longa fase de secagem ao ar livre de cerca de uma semana, em seguida três dias numa sombra e, finalmente, durante um período de três dias, mais uma vez, ao ar livre (Guiné, 2007). A pêra seca produzida sob estas condições é chamada 'pêra-passa' de Viseu.

Recentemente, alguns esforços foram feitos para estudar a secagem de peras não apenas utilizando a energia solar tradicional. Diferentes aspectos relacionados com o processo de secagem têm sido investigados para desenvolver novos processos e novas técnicas fiáveis de secagem, especialmente aplicada a este produto tradicional, que é muito apreciado e que representa muitos aspectos interessantes para a económica (Hui, 2006).

Existem muitos tipos de estufas solares e a sua viabilidade depende em grande parte do tipo de produto a ser seco, assim como das condições climáticas a que estão sujeitos no local utilizado. A secagem solar tem várias vantagens pois, além de encurtar o tempo de secagem, reduz os custos energéticos. Tem ainda grande qualidade no que respeita a características microbiológicas do produto final, quando comparado com produtos semelhantes obtidos por processos industriais de secagem. Quando utilizada adequadamente,

pode ainda preservar o produto da exposição directa a vermes, insectos ou poeiras, com a ausência de qualquer tipo de conservantes ou exposição a radiações electromagnéticas nocivas (Akpinar, 2008).

Os factores que determinam o fim deste processo de secagem são o nível de açúcar, a concentração do teor de humidade e a eficiência do processo de secagem. No entanto, do ponto de vista do agricultor, demasiado tempo de secagem equivale a falta de tempo para outras actividades, para lá do acréscimo de risco que representa a exposição às condições meteorológicas, eventualmente inesperadas e desfavoráveis que, a ocorrerem, comprometem todo o processo.

Numa investigação anteriormente desenvolvida na Escola Superior Agrária de Viseu, concluiu-se que o método tradicional de secagem de peras ao ar livre poderia ser substituído por um processo de secagem solar utilizando estufas (Guiné, 2007). Este método reduziria o tempo de secagem e manteria propriedades equivalentes às das peras secas produzidas pelo método tradicional.

O principal objectivo deste projecto residia em incentivar pequenos produtores deste tipo de frutos secos a substituir as técnicas do método tradicional e a começar a utilizar a energia solar com o processo de secagem em estufa. Estas estufas, que estariam disponíveis a baixo custo, seriam bastante eficientes (em especial na redução do tempo de secagem).

O mecanismo de secagem depende de complexas leis de transferência de calor e massa. É um típico fenómeno transiente, que ocorre por difusão e convecção, fazendo com que as diferenças de temperatura e de concentração sejam estabelecidas entre as substâncias a secar e as condições ambientais externas. Ao fazê-lo, a água pode deslocar-se a partir do interior da estrutura molecular das substâncias em causa até à superfície em que, desejavelmente, a pressão parcial de vapor de água é superior à pressão parcial verificada na sua vizinhança. A vizinhança do produto a secar sendo o interior da estufa, a pressão parcial da água no ar ambiente é comparativamente mais baixa devido ao aumento da temperatura causado pelo efeito estufa; este aumento de temperatura arrasta um aumento do volume específico do ar, o que contribui para um fornecimento contínuo de ar fresco através das entradas e saídas da estufa (Treybal, 1981). A característica transitória, intrínseca deste processo, é ainda catalisada pela natureza imprevisível do fornecimento de energia solar, o que dificulta a análise de alguns dos factores-chave deste processo. De forma a pretender obter uma

referência para algumas das situações observadas, o presente trabalho apresenta ainda alguns resultados sobre regimes permanentes induzidos artificialmente, isto é, por exposição a outras fontes de energia térmica que não a estritamente solar.

A secagem é então um processo físico que consiste na eliminação de água por evaporação, com a finalidade de melhorar a conservação de um produto. Sendo, como atrás referido, um dos métodos mais antigos de conservação de alimentos, terá surgido quando os povos primitivos observaram que as sementes das plantas, com que se alimentavam, se conservavam por mais tempo depois de expostas ao sol.

A secagem vai assim permitir:

- Estabilizar a actividade microbiológica e reduzir as reacções químicas e enzimáticas devido à diminuição da actividade da água.
- Dispor do produto durante todo o ano.
- Reduzir o peso dos produtos e conseqüentemente os custos de transporte e de armazenamento.

Os secadores solares podem ser de três tipos: directo, indirecto e híbrido.

O secador solar directo é composto por uma só peça que desempenha simultaneamente a função de colector solar e de câmara de secagem, sendo que a radiação solar incide directamente sobre o produto colocado no secador. O ar é aquecido por efeito de estufa, a sua circulação é feita por convecção natural, a secagem é rápida e os custos são baixos. Os produtos são protegidos das poeiras e dos insectos, ocorrendo nalguns casos uma perda de qualidade dos produtos devido à exposição directa aos raios solares.

O secador solar indirecto é constituído por duas partes: um colector solar que converte a radiação solar em calor e por uma câmara de secagem, onde os produtos são colocados sem exposição directa à radiação solar. O ar é aquecido num colector solar e sobe por convecção natural até à câmara de secagem. Para melhorar a circulação do ar, pode-se colocar no secador uma chaminé solar. A secagem é rápida e os custos são pouco mais elevados do que no caso anterior, havendo uma melhoria na qualidade dos produtos pelo facto de não estarem expostos directamente à radiação solar, sempre que este aspecto seja relevante.

Estes dois tipos de secadores solares estão, no entanto, dependentes das condições meteorológicas, pelo que, em dias nebulosos ou com chuva, o rendimento do processo diminui, podendo

até, em situações extremas, ocorrer apodrecimento, o que ocasiona a perda dos produtos. Para ultrapassar este inconveniente, foram criados os secadores híbridos que, ao utilizarem uma energia suplementar, têm por finalidade manter uma temperatura constante no secador, ao mesmo tempo que aumentam a circulação do ar através da utilização de ventiladores eléctricos. A energia solar é utilizada apenas para realizar um pré-aquecimento do ar à entrada da câmara de secagem. Este tipo de secador funciona portanto independentemente das condições atmosféricas, permitindo um melhor controlo da secagem e um aumento da produção, uma vez que pode funcionar em permanência (Ferreira, 2005)

2. DESCRIÇÃO DO PROJECTO

Como anteriormente referido, o objecto de estudo do presente projecto é a pêra de S. Bartolomeu, variedade da Beira Alta, existindo a tradição de secar os frutos ao sol, permitindo obter as peras secas, também conhecidas por pêra passa de Viseu. Foi devido ao trabalho desenvolvido anteriormente que se concluiu poder ser o método tradicional substituído por um processo de secagem solar em estufa. Este processo permitiria a redução do tempo de secagem, mantendo as propriedades da pêra secada pelo método tradicional.

2.1. Caracterização dos frutos

As peras são frutos bem conhecidos. As duas variedades testadas pertencem à espécie *Pyrus communis*, Pêra Europeia, e são, mais especificamente, peras de variedade "São Bartolomeu" e "Rocha". As dimensões das peras são difíceis de medir directamente porque a forma pode variar consideravelmente, especialmente no pescoço (designação da secção afunilada do fruto devido à extensão do tronco final). Apesar dessa variação de tamanho e forma, é possível definir um padrão de caracterização dimensional para as peras provenientes de um qualquer pomar.

As propriedades físicas dos frutos foram determinadas aplicando os seguintes métodos (Demir, 2002; Kabas, 2006; Mitcham e Elkins, 2007): as dimensões lineares, tais como o comprimento do fruto (do caule à flor final), L , o maior diâmetro, W , e o mais pequeno, T , foram medidas e um diâmetro equivalente, D , foi calculado com recurso à Eq. 1:

$$D = (LWT)^{1/3} \tag{1}$$

O volume do fruto pode ser determinado com precisão mergulhando o mesmo num recipiente de água e medindo a quantidade de água deslocada pelo fruto, ou seja, utilizando o método hidrostático. Para evitar possíveis infiltrações de água e mudança das características iniciais do produto a secar não foram utilizadas, no processo de secagem, amostras utilizando este método. Os resultados apresentados na Tab. 1 são resultado de uma comparação entre o método hidrostático e os valores de volumes, V , calculados matematicamente com base em valores de diâmetro obtidos com a Eq. 1, através da Eq. 2:

$$V = cD^3 \quad (2)$$

que integra o volume do "pescoço" da pêra através da utilização dum coeficiente c , valor obtido em função do diâmetro da pêra (Westwood, 1993). No caso em estudo, o valor da constante c utilizada foi 0,6315, o que corresponde a um diâmetro médio de 4,6 centímetros.

Algumas amostras de peras foram pesadas para obter uma massa individual dos frutos utilizando-se para tal uma balança de marca Kern, modelo EW, com uma precisão de 0,01 g. Os valores apresentados na Tab. 1 são a média da medição de 218 frutos, para a variedade de pêra de São Bartolomeu, e de 363, para a variedade de pêra Rocha. Os diâmetros calculados através da Eq.1, com base nestas medições, mostram que as diferenças são, aproximadamente, 4% mais elevados do que os valores obtidos pelo método hidrostático. A Tab. 1 apresenta também a área de superfície e a esfericidade das peras, calculadas utilizando a Eq. 3:

$$\phi = D/L \quad (3)$$

As amostras foram secas a 105 ° C num secador de laboratório, modelo SDL115, até atingirem uma massa constante (Guiné, 2007) para permitir o cálculo total de humidade (Tab. 1), na base húmida, que é definida pela Eq. 4:

$$X = \frac{m_i - m_d}{m_i} = \frac{m_{H_2O}}{m_i} \quad (4)$$

onde m_i é a massa inicial da pêra, m_{H_2O} é o conteúdo de humidade de massa fresca da pêra e m_d é a massa final das peras secas.

Tabela 1. Características dos frutos

		Massa, m (g)	Volume, $V_1^{(1)}$ (m ³)	Diâmetro, $D_1^{(1)}$ (cm)	Diâmetro, $D_2^{(2)}$ (cm)	Volume, $V_2^{(2)}$ (cm ³)	Área de Superfície, S (cm ²)	Esferici- dade, ϕ	Teor de Humidade (%)
São Bartolomeu	Fresca	63.7±0.01	36.6	4.12	4.26	48.8	57.0	0.58	60.5
	Seca	15.2±0.01	-	-	2.41	8.8	18.2	0.33	18.1
Rocha	Fresca	66.2±0.01	57.3	4.68	4.87	72.9	74.5	0.67	72.3
	Seca	12.3±0.01	-	-	2.52	10.1	20.0	0.35	25.4

⁽¹⁾ : Volume medido utilizando o método hidrostático; $D_1 = (6V_1/n)^{1/3}$

⁽²⁾ : Diâmetro calculado utilizando a Eq. (1); Volume calculado utilizando a Eq. (2)

2.2. Descrição do equipamento utilizado

2.2.1. Estufas

As estufas que serviram de base para a realização experimental deste estudo são apresentadas na Fig.1. As estufas foram projectadas e construídas nas instalações da Escola Superior de Tecnologia de Viseu, mais especificamente no Laboratório de Termodinâmica e Transferência de Calor e Massa.

São duas estufas solares e contêm duas a quatro bandejas dentro da sua estrutura. As estruturas que estão colocadas dentro da estufa mais pequena têm duas bandejas e as estruturas que estão colocadas na estufa maior têm três bandejas, de acordo com as dimensões da Fig. 2. O vidro ambas as estufas tem 3 mm de espessura, um coeficiente de transmissão médio, τ , de 0,88 e uma emissividade média, ε , de 0,95 (Chauliaquet, 1981).

As estufas foram projectadas de modo a que fossem capazes de responder a questões relativas às variações de altura e secção de ventilação, incluindo ventilação aleatória. Ambas as estruturas foram feitas com perfis Bosch de 20 mm. Os ensaios preliminares foram realizados em laboratório, mais especificamente no Laboratório de Termodinâmica e Transferência de Calor e Massa, com as duas estufas. As dimensões das referidas das estufas são: 1005 mm x 610 mm x 672 mm, para a estufa maior, e 1005 mm x 610 mm x 360 mm, para a estufa mais pequena.

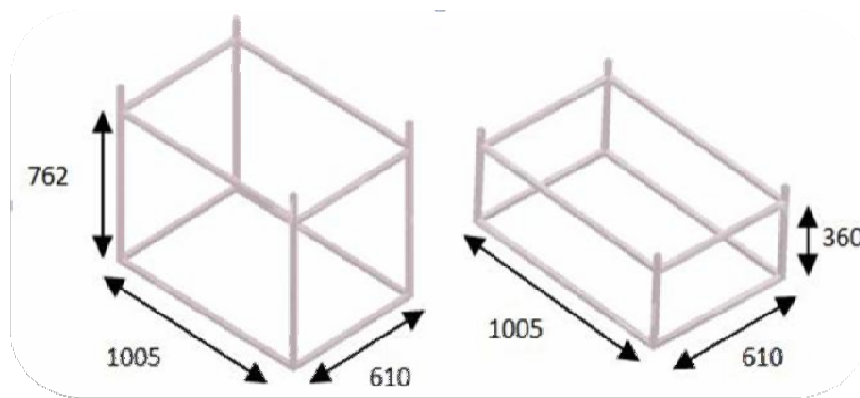


Figura - 1. Diagrama das duas estufas solares (grandes e pequenas) utilizadas na realização experimental (dimensões em mm).

Os primeiros testes foram feitos no interior do laboratório para avaliar a fiabilidade da aquisição de dados de todo o *hardware* assim como todo o *software* associado à realização experimental. Posteriormente, durante o verão 2008, as duas estufas solares foram transportadas para o exterior da Escola Superior de Tecnologia de Viseu (telhado), colocando-as com uma orientação virada para sul.

Finda a época de Verão seguiu-se um longo Inverno e uma Primavera muito severa. Devido a estas condições climatéricas adversas, as estufas foram novamente transportadas para o interior do laboratório de Termodinâmica e Transferência de Calor e Massa, onde foram realizados os testes de 2009 adiante mencionados. Para a realização dos referidos testes utilizou-se uma réplica da média da intensidade da radiação solar de 2008, mais concretamente a média verificada para os meses de Julho e Agosto (a média dos valores intensidade da radiação solar de 2008 foram registados e recolhidos a partir de uma base de dados cedida pelo INMG, 2009). Devido às baixas temperaturas que se fizeram sentir, foi utilizado um isolamento lateral de poliestireno com 2 centímetros de espessura.

2.2.2. Protótipo de uma nova estufa solar

Foi elaborado um novo protótipo de estufa solar, com novos conceitos (novo design, configuração geométrica, ângulos de exposição solar diferentes, entre outros). Este protótipo foi também ele projectado e construído nas instalações da Escola Superior de Tecnologia de Viseu. Os resultados experimentais deste novo protótipo serão divulgados mais detalhadamente num futuro próximo. Pode-se visualizar o novo protótipo na Fig. 2:



Figura 2. Protótipo da nova estufa solar.

2.2.3. Instrumentação

Para medir a humidade relativa do ar foi utilizado um sistema de aquisição de dados (SAD) ADC-16 da *Pico Technology*. Os dados foram tratados recorrendo ao *software Pico Log Recorder 5.20.1*.

As temperaturas foram medidas, utilizando termopares dos tipos K e T, com um SAD TC-08 da *Pico Technology*. O sinal era devolvido em graus Célsius ao *Pico Log software Recorder 5.20.1*.

A perda de massa das peras foi medida utilizando células de carga ligadas a um SAD analógico. As respectivas medições foram feitas utilizando um SAD USB-6008 da *National Instruments*, que adquiria sinais em termos de tensão. Posteriormente, os dados foram tratados utilizando o *software Lab View 8.6*. Este sinal foi convertido para kg, utilizando-se para tal massas legais de calibração fornecidas pelo Instituto Nacional de Metrologia. Para avaliar os resultados das amostras, houve necessidade de utilizar uma balança com uma escala relativa, modelo 6200D, que foi utilizada em paralelo. Para receber a aquisição de dados em termos de tensão das células de carga foi utilizada uma placa com um circuito electrónico amplificador com um ganho de 10^3 . Finalmente, os dados recebidos foram tratados utilizando o *software Lab View 8.6*.

O valor total da radiação incidente foi medido utilizando um piranómetro SP-100 Apogee silicon-cell. Este sensor emitia um sinal em termos de tensão, que era adquirido com um SAD da *National Instruments*, o NI USB 6008. O *software* utilizado foi também o *LabView 8.6*.

O caudal de ar foi medido utilizando um anemómetro de fio quente funcionando a tensão constante (com fio de tungsténio), ligado a um circuito electrónico construído e testado para controlar a queda de tensão no sensor e para restabelecer o equilíbrio da ponte de *Wheatstone* (Sampaio, 1998).

A calibração do sensor foi realizada através de dois métodos: um método fundamental, de deslocamento positivo, e recorrendo a um analisador de gases ADC 7000. Para calibrar os sensores de humidade, foram realizados vários ensaios entre as condições de saturação e para condições extremas; os valores foram registados em paralelo com um termohigrómetro ROTRONIC Hygroskop, modelo GT1.

Para a escolha da balança foi necessário conhecer duas características: a precisão e a capacidade. Para esta opção partiu-se do pressuposto que o processo de secagem cessa quando a percentagem de humidade das peras se aproxima dos 20%. Com base em resultados obtidos anteriormente, em trabalhos de investigação sobre o processo de secagem das peras, para a massa inicial da pêra assumiu-se um valor médio de 75 g e 80% de humidade inicial, H_i (Barroca *et al.*, 2006). Com estes valores, e considerando 7 dias como referência para o tempo de secagem, foi possível calcular uma velocidade média aproximada para a secagem das peras através da equação:

$$v_s = \frac{(\%H_f - \%H_i) \times m}{t} \quad (5)$$

Este valor possibilitou a escolha da precisão da balança (0,1 g), assim como uma estimativa da massa inicial e da respectiva capacidade- aproximadamente 1000 g.

Para a aquisição das sondas de humidade e dos anemómetros de fio quente foi necessário conhecer as condições de operação no interior da estufa: humidade relativa, velocidade do ar e temperatura. Com base na literatura, pode concluir-se que teriam que ser funcionais nas seguintes gamas: 0 a 50/60 °C para a temperatura, 10 a 90% para a humidade relativa e 0,5 a 2 m/s para a velocidade do ar (Guiné *et al.*, 2005; Karathanos, 1994; Lahsasni, 2004; Park, 2001; Pavon-Melendez, 2002). Foi ainda tomado em consideração que os últimos sensores teriam que ser de fio quente, ou seja, um equipamento que permitisse medir velocidades de ar relativamente baixas.

Na selecção do ventilador foi necessário calcular o caudal de ar (Q) que iria ser forçado a circular no interior da estufa. Este valor foi obtido pela utilização da equação

$$Q = v \times A \quad (6)$$

em que se assumiu que a velocidade do ar no interior da estufa não poderia nem necessitaria ultrapassar os 2m/s.

Para o cálculo da área (A), através da Equação (7), considerou-se a área sob influência do ventilador.

$$A = \zeta (W \times H) \quad (7)$$

em que ζ representa a fracção da secção "varrida" pelo escoamento.

Terminada a aquisição do equipamento, assim como o estudo do sistema de aquisição de dados, iniciou-se a respectiva calibração de alguns dos equipamentos como se refere de seguida.

2.2.4. Calibração dos sensores de humidade

Após a execução dos sensores de humidade (sensores de humidade de circuito integrado) iniciou-se a sua calibração. Começou-se pela calibração do sensor 1 para a %HR de 100%, envolvendo-se o sensor num algodão embebido em água no entanto, o sinal de saída não sofreu grande alteração (passou de 602mV para 626mV). Utilizou-se o mesmo método do algodão embebido com o higrómetro Rotronic, previamente calibrado.

2.2.5. Calibração dos termopares

Na calibração dos termopares efectuaram-se ensaios para dois extremos (água em ebulição e uma mistura de água líquida/gelo) e pontos intermédios, recorrendo a um multímetro e ao sistema de aquisição de dados.

2.2.6. Calibração das células de carga das balanças

O sinal de saída das células de carga das duas balanças, conectadas à placa NI USB 6008, não podia ser lido com a referida placa, tendo sido assim necessário amplificar o sinal das duas balanças, utilizando-se para isso e numa fase inicial, um amplificador operacional típico, 741. Face a este problema intransponível, substituiu-se este amplificador operacional por um do tipo AD622 (Fig. 1) e efectuou-se o mesmo procedimento referido anteriormente

(estudo do pinout e posterior montagem numa placa perfurada). Terminada a montagem e afinação do circuito procedeu-se à calibração das balanças.

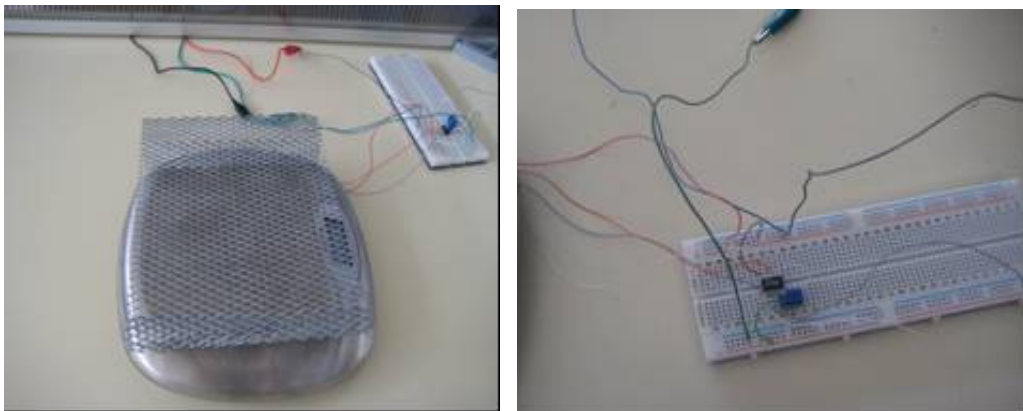


Figura 3. Tipo de balança utilizada na monitorização de massa (à esquerda) e pormenor do amplificador de sinal (à direita).

Na calibração destes dispositivos utilizou-se, numa primeira fase, uma balança de precisão (Precisa 6200D) em paralelo; numa segunda fase, uma calibração no Instituto de Metrologia, tendo-se, para o efeito, registado os valores de temperatura ambiente e humidade relativa em que os ensaios decorreram.

2.2.7. Calibração dos anemómetros

A calibração dos anemómetros de fio quente utilizados foi conseguida com o recurso a um leito fluidizado que se encontrava disponível no laboratório de Termodinâmica e Transferência de Calor e Massa (Paiva et al., 2009).

3. TESTES PRELIMINARES

Findo o estudo e teste do sistema de aquisição de dados, iniciaram-se os testes na estufa e no laboratório. Optou-se pela realização de testes preliminares no laboratório visto que as condições atmosféricas se mostravam adversas, não permitindo a colocação da estufa no exterior do edifício. Como não existia luz solar natural, decidiu-se utilizar 4 lâmpadas de halogéneo com um consumo de 500 W, cada.

A aquisição de temperaturas e humidades relativas foi efectuada através de termopares tipo T ligados a uma placa USB TC08 (Fig. 2b) e de sensores de humidade ligados a uma placa ADC16 (Fig. 4,

direita), ambas da Pico Technology; o registo foi efectuado através do software Picolog Recorder (programa original da Pico Technology).

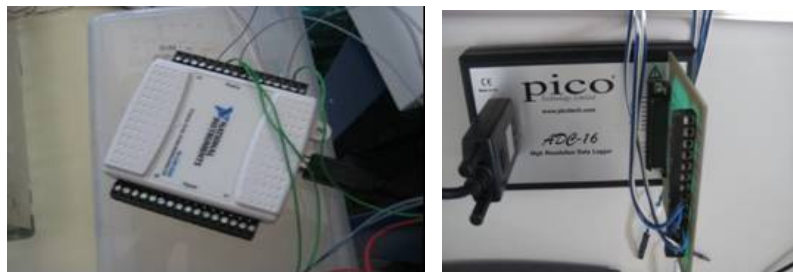


Figura 4. Placa NI USB 6008 (à esquerda); placa ADC16 (à direita).

A aquisição e registo da massa e da radiação foram efectuados através da conexão da balança e do piranómetro a uma placa USB 6008, da National Instruments (Fig. 4, esquerda), através do software Labview. As leituras foram registadas com intervalos de 90s.



Figura 5. Placa USB TC08.

Num primeiro teste colocou-se uma pêra da variedade Packam (não havendo da variedade São Bartolomeu) no interior da estufa de faces em policarbonato, Fig. 6, apoiada em cima de uma mesa, com as quatro lâmpadas de halogéneo ligadas; não se tendo atingido temperaturas suficientes, acrescentou-se um termoventilador de 1000 W sob a mesa, como forma de reduzir as perdas por convecção natural através das paredes de policarbonato.

Após 72h de teste, durante as quais os projectores e o termoventilador estiveram ligados durante 12, verificou-se que a temperatura no interior da estufa não atingia os 40° C (para uma intensidade de radiação máxima de cerca de 800 W/m²). Sendo o objectivo obter temperaturas da ordem de grandeza dos 50/60° C, abandonou-se a estufa em policarbonato e construiu-se uma (com o

mesmo volume que a de policarbonato) com base numa estrutura metálica em cantoneira e paredes de vidro.



Figura 6. Vista de frente da estufa com paredes em policarbonato.

Uma vez concluída a referida estufa com faces de vidro, iniciaram-se os ensaios (Fig. 7); no Quadro 1 encontra-se uma descrição sucinta destes mesmos testes.

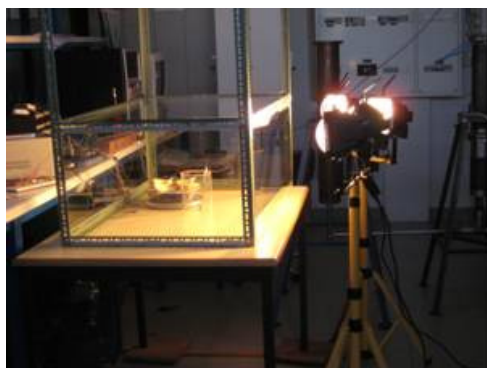


Figura 7. Exemplo de um ensaio na estufa com paredes de vidro

3.1 Melhoramentos no equipamento utilizado (2009)

Face a alguns problemas verificados nos ensaios anteriores a 2009, verificou-se que existiu a necessidade de rectificar alguns aspectos relacionados com o *hardware* e também de *software* até então utilizados na tentativa de rectificar, corrigir e melhorar o condicionamento de sinal electrónico utilizado na aquisição de dados. A origem de determinados problemas e pormenores nem sempre é fácil de determinar quer por motivos de falha do próprio equipamento,

razões atmosféricas aleatórias (como por exemplo humidades, etc.) perturbações na rede de distribuição de energia (como ruídos, perturbações de sinais, picos de tensão, etc.). No entanto tentou-se encontrar as melhores soluções possíveis.

No decorrer dos ensaios realizados em 2009 este foi um dos equipamentos que mais fragilidades demonstraram, pondo em causa algumas aquisições de dados, total ou parcialmente, sendo neste sentido irreversíveis, uma vez que apenas eram detectados num posterior tratamento de dados.

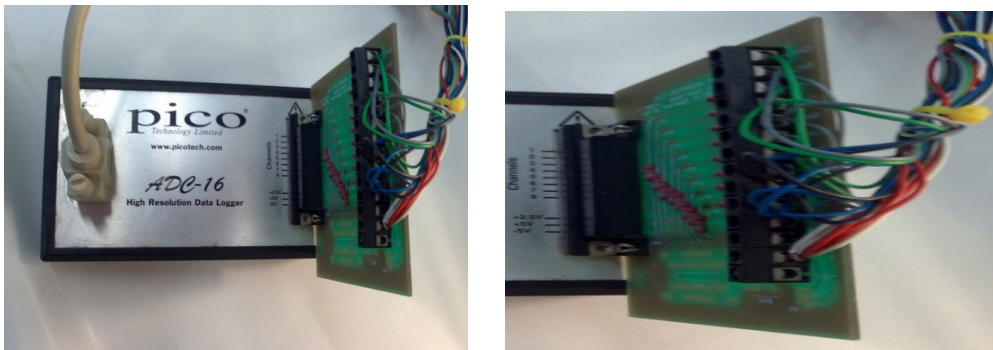


Figura 8. Placa de aquisição de dados dos sensores de humidade. À direita, em pormenor o circuito impresso das ligações físicas da placa.

Como se verificaram alguns problemas com os programas utilizados, para evitar conflitos de *software*, todo o *software* foi também revisto e verificado, nomeadamente problemas de aquisição de dados do *Labview*, *Pico Log recorder* e ainda entre diferentes sistemas operativos utilizados. Foram testadas versões e tipos de *software* diferentes, *hardware* inclusivamente, mas no final achou-se mais prudente apenas fazer actualizações de *software*.

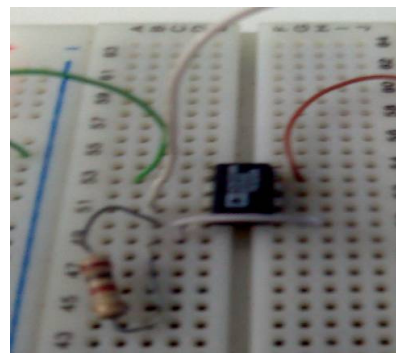


Figura 9. *Software* utilizado no projecto. Figura 10. Um amplificador de sinal.

Na Fig. 10 pode-se observar, em particular, o amplificador de sinal que estava a ser utilizado para obter o condicionamento de sinal das células de carga, conseguido através de uma placa *breadboard* (placa branca). A Fig. 11 mostra o aspecto final da placa de aquisição de dados para as células de carga na sua totalidade.

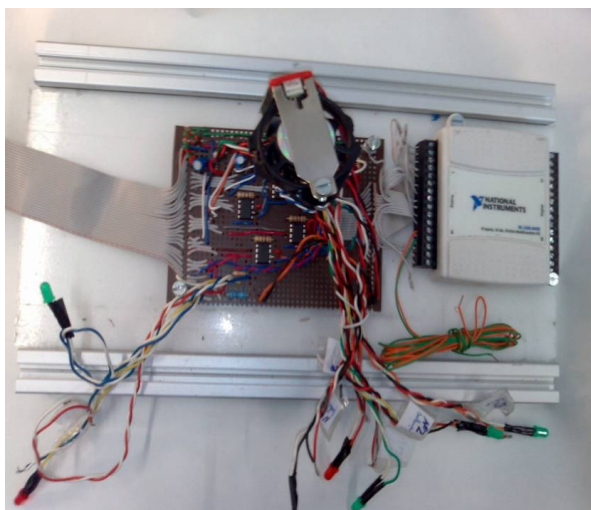


Figura 11. Placa de aquisição de dados e respectivo *chassis*

Na Fig. 12 pode ser visto em pormenor um dos melhoramentos efectuados e instalados na placa, uma ventoinha, para que deste modo a placa fosse refrigerada, uma vez que está sujeita a algum aquecimento devido ao elevado número de componentes e porque também foram utilizados outros componentes como condensadores para que pudessem corrigir o sinal de condicionamento, tendo como função uma espécie de filtro. Na Fig. 13 Podemos ver em pormenor os LED's indicadores de tensão de alimentação geral e ainda de indicação de funcionamento ou não de cada uma das células de carga em particular, e ainda de um interruptor para cada uma delas, no caso de não ser necessário utilizar todas as células de carga em simultâneo.

Na Fig. 14 está representado o piranómetro, que apresentou problemas de aquisição de dados nos ensaios anteriores a 2009. Verificou-se, após inúmeros testes, que o mesmo estava irreversivelmente danificado, tendo-se feito a aquisição de um novo equipamento ao mesmo tempo que o anteriormente utilizado foi enviado para reparação. Este novo equipamento não apresentou anomalias na respectiva aquisição de dados feita em 2009.

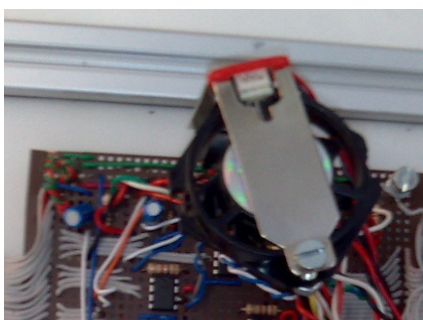


Figura 12. Pormenor da ventoinha utilizada.



Figura 13. Pormenor da utilização de LED's indicadores.

Uma vez que, na aquisição do novo equipamento, este não vinha munido de uma base niveladora, procedeu-se ao fabrico de uma base simples em perspex, efectuada em laboratório. O seu aspecto final pode também ser verificado na Fig. 14.

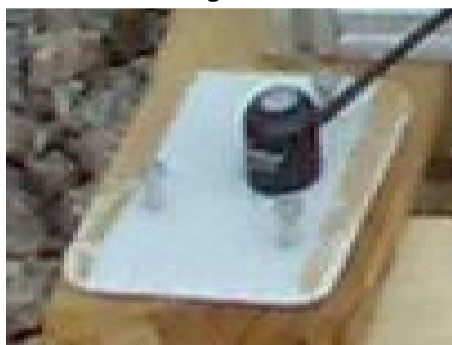


Figura 14. Piranómetro utilizado em 2009 e respectiva base niveladora.

Não menos importante, e igualmente no plano de actividades, estava prevista a construção e calibração de anemómetros de fio quente a utilizar na gama de 0-1 m/s. Na Fig.15 podemos verificar a utilização do respectivo anemómetro de fio quente construído, exaustivamente testado e utilizado nos ensaios relativos a 2009.



Figura 15. Anemómetro de fio quente.

4. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

O procedimento experimental foi baseado em medições de temperatura, velocidade do ar, humidade relativa e massa. Não foram realizados testes com carga para avaliar os perfis de temperatura e velocidade. Posteriormente, foram feitos testes similares com uma determinada carga de peras, utilizando diferentes variedades e estágios de maturação, secando-as, até as mesmas terem aproximadamente 18% de humidade em base seca. Os primeiros testes foram realizados em ambiente fechado devido às más condições meteorológicas. Embora os testes tenham sido realizados durante a Primavera e o Verão, verificaram-se condições meteorológicas adversas para estas épocas do ano, que incluíram dias frios e chuvosos, afectando assim a maioria dos testes realizados durante esses períodos.

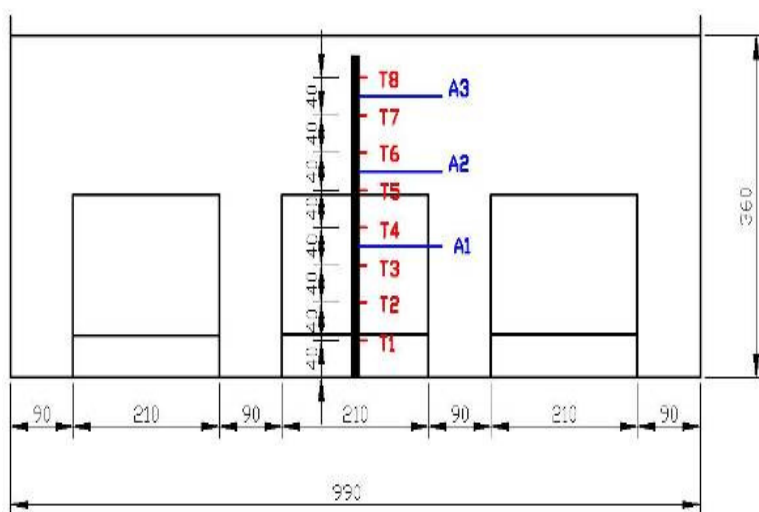


Figura 16. Arranjo inicial de três zonas, localização dos sensores na bandeja e respectivas dimensões.

Os primeiros testes foram feitos na estufa maior. O volume foi dividido em três secções, sendo que cada uma dessas secções tinha oito sensores de temperatura e oito sensores de humidade relativa, separados por distâncias iguais de 4 centímetros.

As velocidades foram medidas nos pontos A1, A2 e A3, Fig.3. Os testes referentes ao ano de 2008 foram realizados utilizando um conjunto bandejas consecutivas, representadas na Fig.5. Os testes

referentes ao ano de 2009 realizaram-se inicialmente com três bandejas consecutivas. Os pontos onde se efectuaram as medições estão indicados na Fig.16.

Mais tarde, a fim de aumentar a capacidade de carga, foram utilizadas quatro bandejas consecutivas; as localizações das medições estão representadas na Fig.17.

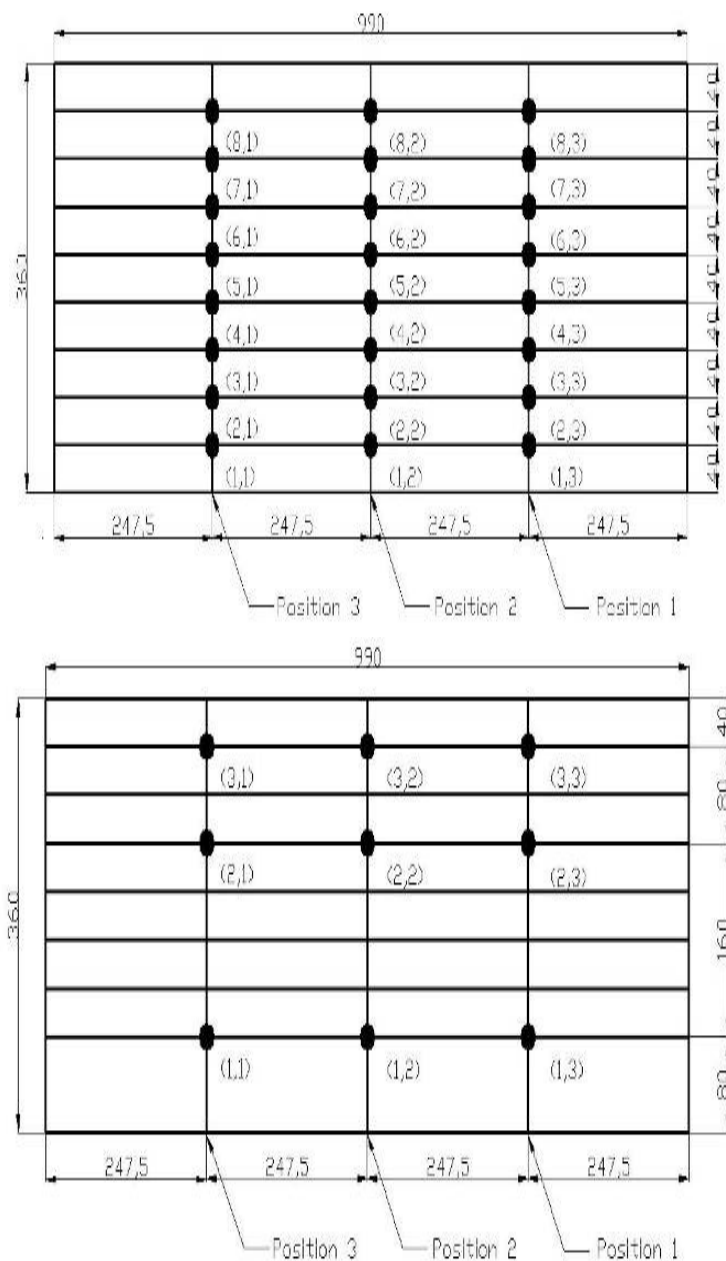


Figura 17. – Localização dos sensores: termopares e sensores de umidade relativa na matriz 8x3, à esquerda; Anemômetros de fio quente na matriz 3x3, à direita, (dimensões em mm).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no Verão de 2008 e na Primavera de 2009 serão analisados de seguida. Os factores que afectam a taxa de secagem, DR , são a temperatura do ar, o teor de humidade inicial, em base húmida, M_w , e em base seca, M_d (Eq.4), a taxa de humidade, MR , a velocidade do ar e a humidade relativa. Segundo Ekechukwu (1999) e ASHRAE (2001), são definidas como:

$$M_w = \frac{m - m_d}{m} \quad (8)$$

$$M_d = \frac{m - m_d}{m_d} \quad (9)$$

$$MR = \frac{|M_d - M_{d,f}|}{|M_{d,i} - M_{d,f}|} \quad (10)$$

$$DR = -\frac{dM_d}{dt} = -\frac{M_{d,i+1} - M_{d,i}}{t_{i+1} - t_i} \quad (11)$$

$$\overline{DR} = -\frac{m_f - m_i}{t_f - t_i} \quad (12)$$

onde m é a massa no momento t , m_d é a massa completamente seca, $M_{d,i}$ é o teor de humidade no momento t_i , $M_{d,i+1}$ é o teor de humidade no momento t_{i+1} e \overline{DR} (Eq. 12) é a taxa de secagem média de humidade (Fathou, 2006). Usando a equação de Agraval & Singh, 1977; Yunfei et al., 1987, bem conhecida pela sua adequação em descrever o processo de secagem de vários tipos de produtos alimentares, demonstrara-se que o presente caso não é um caso típico de camada limite dominante. Isso pode ser observado na curva da Fig.4, taxa de secagem calculada pela Eq. 11 *versus* taxa de humidade, Eq. 10,

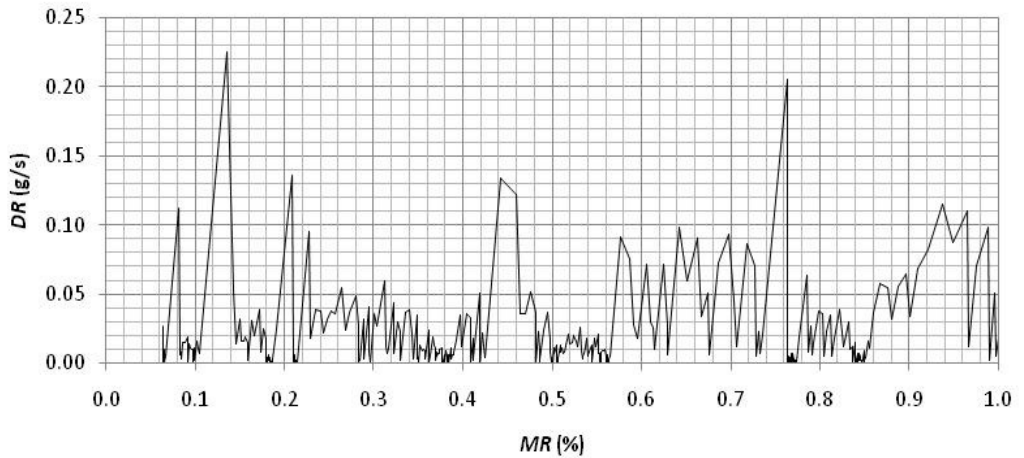


Figura 18. Taxa de secagem *versus* taxa de humidade, para um tempo de secagem de 85 horas.

em que a evolução descrita não demonstra nenhuma familiaridade com a literatura apresentada relativamente a uma taxa constante e períodos de secagem com existência de superfícies não-saturadas, exibindo claramente alguns períodos onde a taxa de secagem é zero. Provavelmente são momentos em que não há evaporação, como acontece em períodos nocturnos, ou quando não tenha sido fornecida humidade por difusão da fruta, a uma taxa coordenada, que não permite que humidade seja removida por convecção. Esta falta de conformidade com o comportamento clássico de secagem tem sido apontado por alguns autores e parece ser uma consequência do conteúdo em polissacarídeos (amido) nas peras (Karathanos *et al.*, 1999), bem como de mudanças na estrutura interna causadas pela remoção da água (Saravia & Passamai, 1997).

Outros dois factores importantes na descrição das características do processo de secagem são a eficiência térmica e o consumo específico de energia (Pathak, *et al.*, 1991, Singh *et al.*, 2006), onde m_v é a massa de humidade evaporada no tempo de secagem total, h_{lg} o calor latente, I_{av} é a média diária da intensidade solar na superfície de secagem e A_i é a área eficaz de captação de energia (exposta à radiação solar) e t é o tempo:

$$\eta = \frac{m_v h_{lg}}{I_{av} A_i t} \cdot 100 \quad (13)$$

$$S = \frac{I_{av} A_i t}{m_v h_{1g}} \cdot \frac{1}{1000} \quad (14)$$

5.1. Ensaio de 2008

As peras de São Bartolomeu foram secas utilizando radiação solar entre os dias 6 e 16 de Agosto de 2008. A investigação foi feita e conduzida segundo um calendário pré-definido, a fim de simular as condições de maturidade de 2007. Para uma determinada quantidade de peras, para os lotes de um mesmo pomar e das mesmas árvores, tinha de ser testado em três dias específicos, de modo a que o processo de secagem do próximo lote representasse uma etapa mais avançada do estado de maturidade das peras.



Figura 19. Secagem das peras no telhado da escola durante o verão 2008.

Infelizmente, as condições meteorológicas foram instáveis durante essas quase duas semanas (incluindo mesmo alguns períodos de chuva), sendo que deste modo os testes não puderam ser realizados segundo o calendário pré-definido. De notar que quando o primeiro ensaio tinha finalmente terminado, as peras do segundo lote já não estavam nas melhores condições, razão pela qual se teve de utilizar o terceiro lote. Os dias que se seguiram foram igualmente atípicos, tendo-se verificado um alto teor de humidade e baixas temperaturas do ar ambiente.

Na realização do teste 8X existiam peras em todas as bandejas (bandeja superior, intermédia e inferior). O teste 9X tinha apenas peras sobre a bandeja inferior, ou seja, a 5 cm de altura em ambas as estufas. O teste 10X apenas tinha peras na bandeja superior, ou seja, a 20 cm para a estufa pequena e a 50 cm para a estufa grande, respectivamente. Os resultados obtidos podem ser brevemente resumidos da seguinte forma:

Tabela 2. Testes de 2008 com a pêra de S. Bartolomeu.

Ensaio	Estufa	Nº total de peras	Nº médio peras por tabuleiro	Área da secção recta de ar (cm ²)	Condições exteriores	Condições interior estufa	Duração
8X (17h:30min)	pequena	36	9	54	Temp: a rondar 26° C HR: a rondar 47%	Temp: a rondar 39° C HR: a rondar 37%	Aproximadamente 3,5 dias
	grande	43	7	54		Temp: a rondar 37° C HR: a rondar 43%	Aproximadamente 3,5 dias
9X (10h:30min)	pequena	20	10	54	Temp: a rondar 20° C HR: a rondar 78%	Temp: a rondar 30° C HR: a rondar 42%	Aproximadamente 3 dias
	grande	22	11	54		Temp: a rondar 38° C HR: a rondar 46%	Aproximadamente 3 dias
10X (13h)	pequena	24	12	54	Temp: a rondar 31° C HR: a rondar 29%	Temp: a rondar 63° C HR: a rondar 33%	Aproximadamente 3 dias
	grande	24	12	54		Temp: a rondar 59° C HR: a rondar 33%	Aproximadamente 3 dias

(1): A_i- secção de entrada; A_e- secção de saída.

Todos os três ensaios foram feitos sob condições atmosféricas muito instáveis. Durante o dia a temperatura no interior da estufa maior é ligeiramente mais baixa a temperatura dentro da estufa menor.

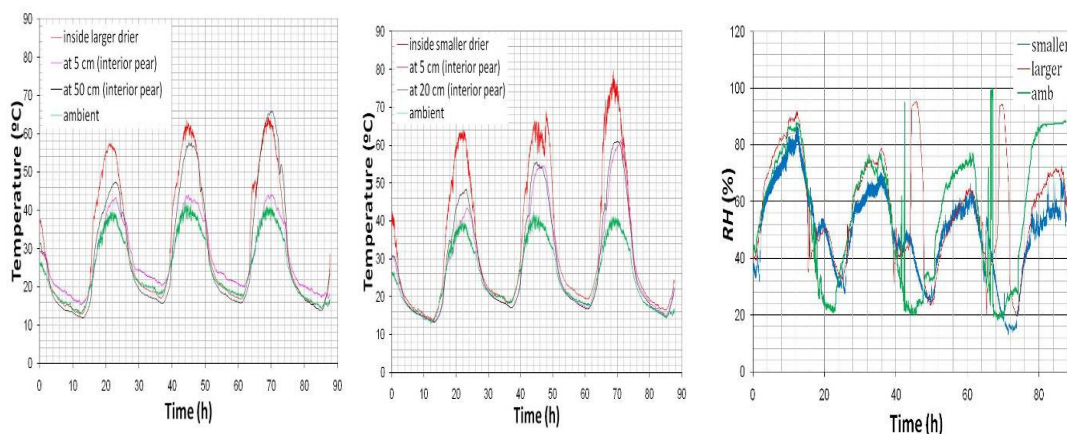


Figura 20. Variação da temperatura e humidade relativa ao longo do tempo (estufas grande e pequena).

Durante o período nocturno verificou-se que esta diferença diminuiu um pouco. Verificou-se que as peras colocadas na estufa maior atingiram temperaturas mais elevadas a 50 cm do que aquelas que foram colocadas a 5 cm. Para a estufa mais pequena as peras colocados a 5 cm atinja um valor ligeiramente superior relativamente às peras que estavam situadas a 20 cm.

Como esperado, a energia solar induz períodos com caudais mássicos superiores. A evolução da humidade relativa revela a existência da precipitação que ocorreu durante períodos de Agosto de 2008 e mostra que a estufa maior tem uma maior permeabilidade às

condições ambientes. As peras também recuperaram alguma da sua massa durante a noite, principalmente devido ao aumento da humidade relativa do ar que é causado por uma diminuição da temperatura ambiente e um aumento do seu nível higroscópico, sendo que parte da humidade perdida durante o dia é reabsorvida.

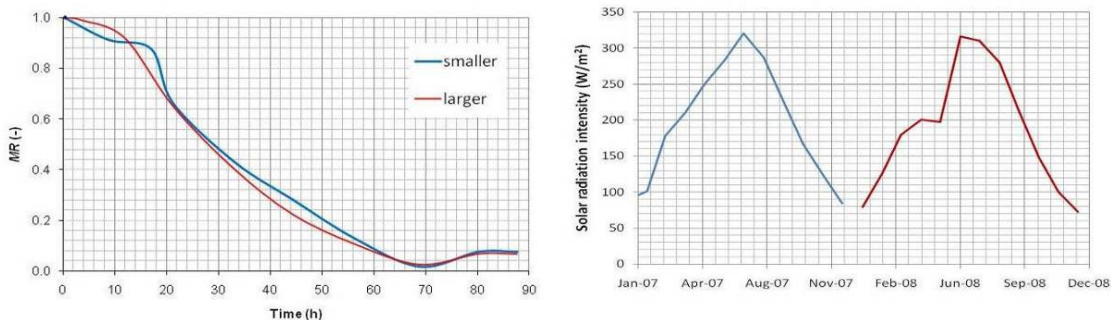


Figura 21. Evolução da taxa de secagem com o tempo, à esquerda, radiação solar relativa aos períodos de 2007 e 2008, à direita.

Durante as manhãs verifica-se que existe uma maior taxa de secagem, relativamente aos períodos da tarde. Não foi possível determinar nenhuma correlação da radiação solar porque o piranómetro deixou de funcionar. A evolução da taxa de humidade não revela diferenças significativas entre as duas estufas (Fig.21). A recuperação da taxa de humidade ao terceiro dia foi devida a um período chuvoso.

5.2. Ensaios de 2009

Não tendo peras de S. Bartolomeu disponíveis, tiveram que se utilizar peras de espécies alternativas.

O fruto que apresentava características semelhantes em termos de tamanho, e que estava disponível no mercado, foi a variedade de pêra 'Rocha'. Os resultados apresentados dizem por isso respeito a esta variedade.

5.2.1. Perfis de temperatura e de velocidade sem carga

As Fig.s 8 e 9 representam uma temperatura adimensional (T_i / T_{amb}) e perfis de velocidade para diferentes alturas, alturas de 1 a 8 para a posição 1, ou seja, dos pontos 1.3 a 8.3 da Fig. 22, para uma condição sem carga. Representam também uma variação ao longo do tempo, para os instantes $t = 1, 2$ e 3 minutos. A Fig. 8 contém três perfis de temperatura: a primeira medida representa uma evolução de 80

temperatura para $A_e/A_i = 1$, ou seja, uma razão de 1:1, a segunda para uma razão de 1:2 e a terceira uma razão de 1:3, em que todos têm a mesma posição, posição 1 (zona de entrada das estufas). Observando os resultados, os perfis são relativamente estáveis, verificando-se apenas uma ligeira redução da temperatura que é perceptível do perfil 1:1 para o perfil 1:3, onde a taxa de ventilação é maior para posições de medição mais elevadas. Esta é uma tendência comum para as restantes posições, 2 e 3, respectivamente (zona do meio e zona de saída da estufa menor).

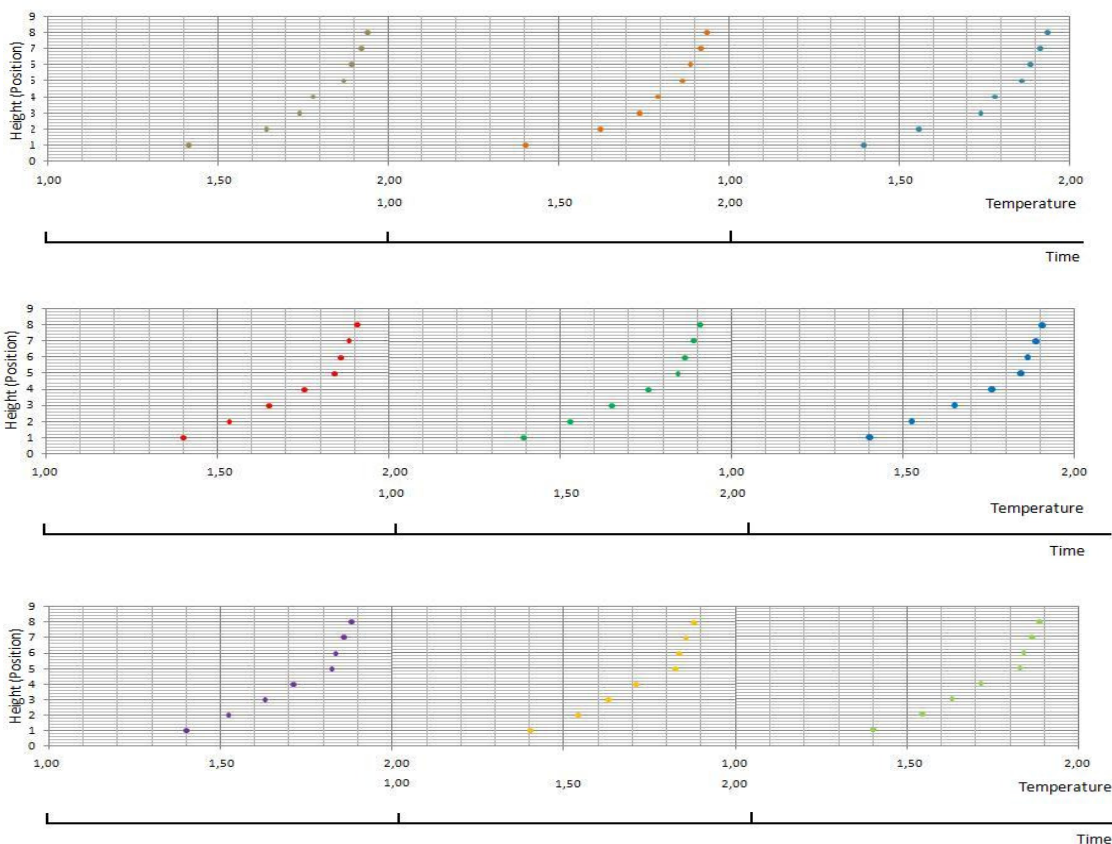


Figura 22. Perfis de temperatura adimensional da estufa menor, sem carga, para a posição 1 (à esquerda); de cima para baixo: escalas de 1:1, 1:2 e 1:3.

Na Fig. 23, em baixo, estão representados os perfis de velocidade para a estufa mais pequena, para uma abertura A_e/A_i de razão 1:2. Os três perfis de velocidade representam o condicionamento de ar no momento da entrada, do meio e das zonas de saída da estufa, ou seja, nas posições 1, 2 e 3 (Fig. 23), novamente em três momentos consecutivos, separados por 1 minuto cada. As velocidades mais

elevadas ocorrem, para todas as relações, na zona mais baixa da estufa, pontos 1.3, 1.2 e 1.1 (Fig. 23), O menor ponto de medição está localizado a 80 mm da parte inferior da estufa. A redução da velocidade perto do topo da estufa, dos pontos 3.1 a 3.3 (Fig. 23), pode ser observada em todos os instantes medidos.

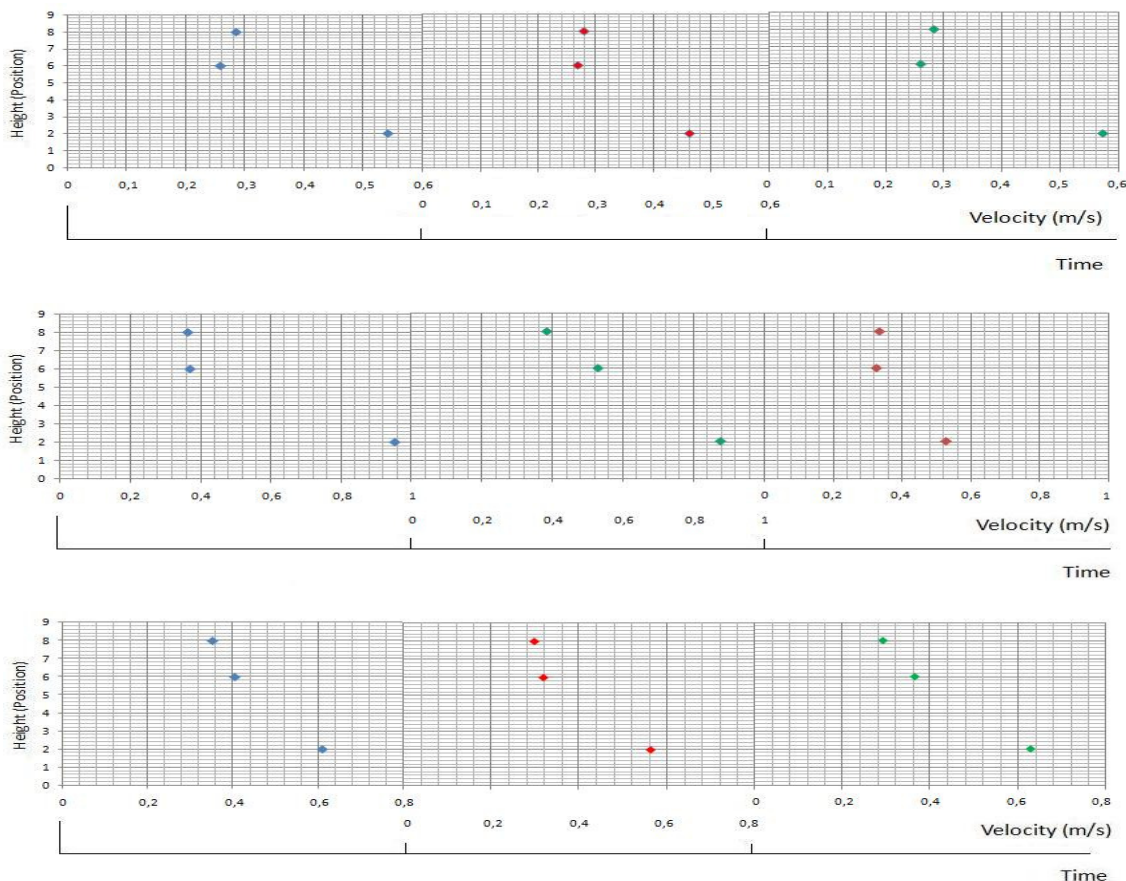


Figura 23. Perfis de Velocidade para a estufa menor e sem carga; de cima para baixo: posição 1 (entrada), 2 (intermédia) e 3 (saída), para uma escala de 1:2.

O padrão de baixa velocidade está dentro da zona média/intermédia, e está situado a 240 mm do fundo, locais entre os 80 e os 320 mm, correspondentes aos pontos 2.1, 2.2 e 2.3 (Fig. 23). O gradiente de velocidade vai regularmente diminuindo desde o fundo até ao início da estufa. Este perfil de velocidades atípico pode ser resultado de uma recirculação interna, um padrão detectado em algumas simulações CFD para este tipo de situações.

Parece que existe um *trade-off* entre as velocidades mais elevadas na zona inferior da estufa e as temperaturas mais elevadas na zona

superior do volume. Alguns autores consideram que a temperatura do ar é o factor principal no controlo da taxa de secagem (Kouhila, 2002; Lahsasni et al., 2004). Esta questão será abordada mais abaixo.

5.2.2. Temperatura, humidade relativa e taxa de humidade com carga

Quando carregada com peras, podem observar-se na Fig. 24 as variações de temperatura, humidade relativa e evolução da taxa de humidade que a estufa apresenta ao longo do tempo. A secção ventilação teve uma escala de 1:2.

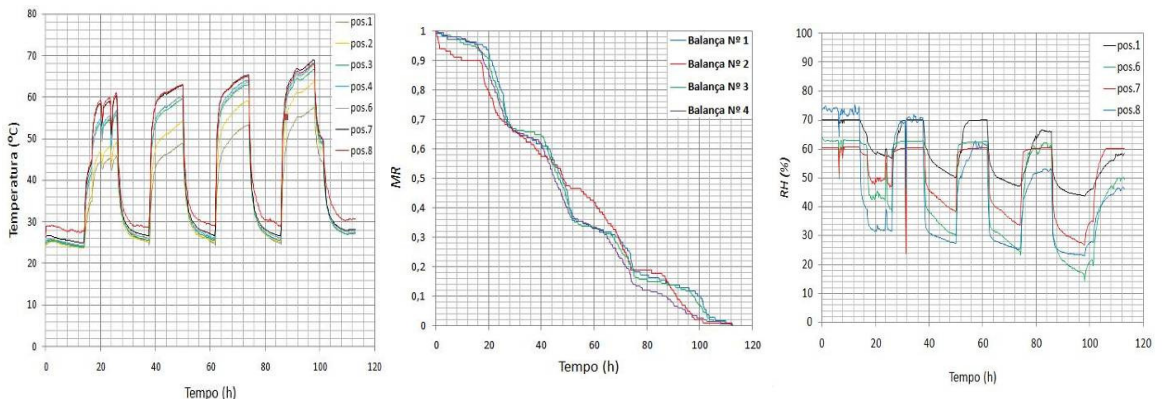


Figura 24 – Perfis de evolução de temperatura e humidade relativa, posição 2 (Fig. 24); taxa de humidade, Posições 1, 2 e 3 (Fig. 24).

Os valores de temperatura e humidade relativa são valores esperados. A diminuição da temperatura durante o período nocturno induz um aumento dos valores de humidade relativa, mas não tão importante como os registos das experiências de 2008, uma vez a influência das condições ambientais não é tão severa dentro das instalações, ou seja, no interior do laboratório. Zonas mais altas têm temperaturas mais elevadas, com excepção do ponto 8, devido à transferência de calor por convecção *versus* efeitos da condução, que estão muito perto da zona limite da estufa.

5.2.3. Taxa média de secagem, eficiência térmica e energia específica

Usando as Eq. 9, 10 e 11, os valores correspondentes à taxa média de secagem, a diferença entre a massa inicial e final do produto que está a secar dividido pelo tempo total de secagem, da eficiência térmica, a energia térmica utilizada no processo de secagem *versus* a energia térmica disponível e o consumo específico de energia (energia

solar necessária para remover 1 kg de humidade), foram calculados e são apresentados na tabela 3:

Tabela 3- Valores médios da taxa de secagem (DR), a eficiência térmica (η) e o consumo específico de energia (S).

			DR	η	S
			(g/s)	(%)	(MJ/kg)
2008	Pequena	Pos.1	0.00229	5.10	46.954
	Maior	Pos.1	0.00245	5.46	43.826
2009	Pequena	Pos.1	0.00394	8.80	27.208
		Pos.2	0.00477	10.66	22.507
		Pos.3	0.00489	10.92	21.970

Nos resultados da tabela 3, as linhas referidas como "Pos.1", "Pos.2" e "Pos.3" são as três zonas da Fig. 2, zona de entrada, zona intermédia e zona de saída, onde em cada uma delas é monitorizada a remoção de humidade. As taxas são mais elevadas na zona de saída das estufas. Não são notadas diferenças evidentes entre a estufa pequena e a estufa grande, quando expostas à radiação solar directa. As velocidades do ar são sempre mais elevadas junto ao fundo da estufa mas, mais importante, perto da saída, na posição 3, que aparentemente tem a maior taxa média de secagem, a maior eficiência térmica e o menor consumo específico.

Seria possível uma análise mais exacta se os dados sobre a massa fossem adquiridos para as posições correspondentes aos oito diferentes níveis da Fig. 3. Um importante factor que distingue os resultados de 2009 e de 2008 é a colocação de um isolamento lateral que aumentou a retenção de energia térmica dentro da estufa.

5.2.4. Ventilação aleatória

Os testes foram realizados em ambientes fechados e os dados adquiridos permitiram a comparação de velocidades do ar interior em condições de convecção natural e de velocidades do ar interior com convecção forçada em modo aleatório, para casos com e sem carga.

Utilizando uma girândola pode-se (eventualmente) provocar um aumento da velocidade média de, aproximadamente, 50% da velocidade superficial do ar, de onde se espera um aumento significativo da taxa de secagem. Devido às condições meteorológicas, que se encontravam desfavoráveis, não foi possível colocar o conjunto experimental ao ar livre a fim de verificar se a exposição a longos períodos extracção aleatória tornavam «eficazes» os efeitos sobre a

taxa média de secagem do processo. Num futuro trabalho serão apresentados resultados utilizando este modo de extracção aleatória.

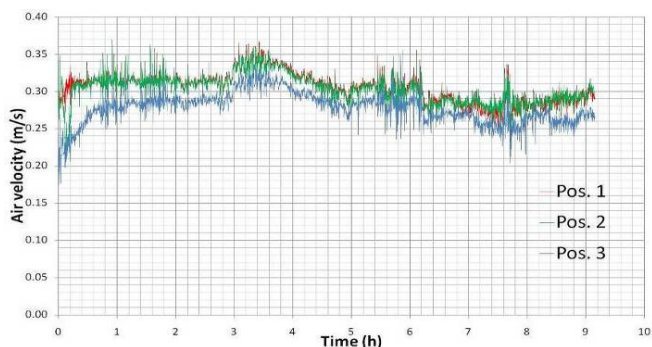


Figura 25 - Girândola e velocidade interna do ar simulando extracção aleatória forçada (posições 1 a 3, Fig.25, vermelha, verde e azul, respectivamente).

5.3. Ensaio no laboratório na primavera

Durante o tempo em que as condições atmosféricas não eram as mais favoráveis, período Primavera algo agreste, foram-se realizando testes de secagem no interior do laboratório com o intuito de testar a estabilidade e fiabilidade do sistema de aquisição de dados (já com as todas as verificações, reparações e modificações efectuadas em 2009), com pêsca da variedade Rocha, visto que era a variedade de peras da época e que apresentavam as maiores similaridades com as peras de São Bartolomeu.

Neste sentido optou-se pela realização de testes no laboratório, visto que as condições atmosféricas se mostravam adversas, não permitindo a colocação da estufa no exterior do edifício. Como não existia luz solar natural, decidiu-se utilizar 4 lâmpadas de halogéneo, com uma potência de 500 W cada.

Os testes realizados incidiram sobre a estufa de menores dimensões; no entanto, foram utilizados novos procedimentos que não tinham sido testados até essa data. Exemplo disso foi a aplicação de uma película reflectora nas paredes laterais e na parede de fundo da estufa, assim como uma camada de espuma de poliestireno, como podemos ver na Fig. 26, tendo sido utilizado o procedimento apresentado na Fig. 16.

O trabalho a ser realizado incidiu ainda no estudo dos perfis de temperatura, humidade relativa e velocidade existentes nas duas

estufas, com e sem carga, para diferentes razões de secções de ventilação, retomando o trabalho que vinha a ser realizado.



Figura 26 – Testes realizados na Primavera de 2009, no laboratório.



Figura 27. Pormenor da secagem nos testes realizados em laboratório.

5.3.1. Ensaio no laboratório com ventilação aleatória

Sempre em busca de soluções que visassem o aperfeiçoamento da estufa e dos seus efeitos de secagem, foi testado, como anteriormente referido, um modelo que utilizasse um sistema de ventilação aleatório, para que pudessem ser avaliados os efeitos que este tipo de ventilação tinha na evolução da taxa de secagem das peras, utilizando para tal uma girândola (que pode ser obtida numa vulgar loja de ferragens ou numa grande superfície). A Fig. 28 representa a estufa acoplada com a referida girândola, podendo ser observado o pormenor da girândola e sua aplicação na Fig. 29.

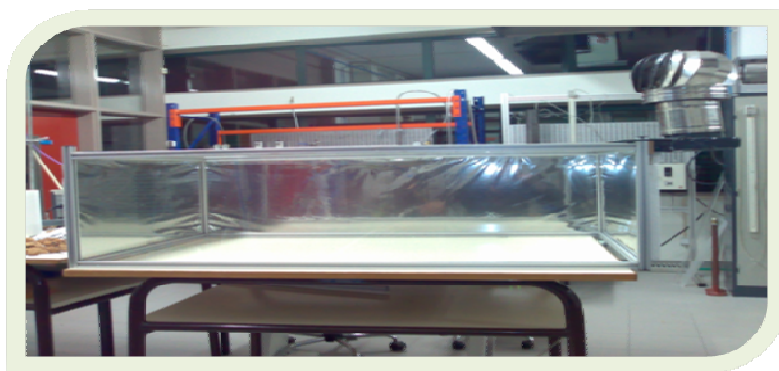


Figura 28. Estufa utilizada no laboratório da escola nos ensaios de 2009.



Figura 29. Pormenor da girândola utilizada no laboratório da escola nos ensaios de 2009.



Figura 30. Pêra Rocha - ensaios Primavera de 2009

5.4. Ensaio no Verão de 2009

Quando as condições atmosféricas melhoraram, e já em pleno Verão, procedeu-se à instalação do novo protótipo de estufa solar na cobertura do edifício e realizaram-se alguns testes com pêra da variedade Rocha.

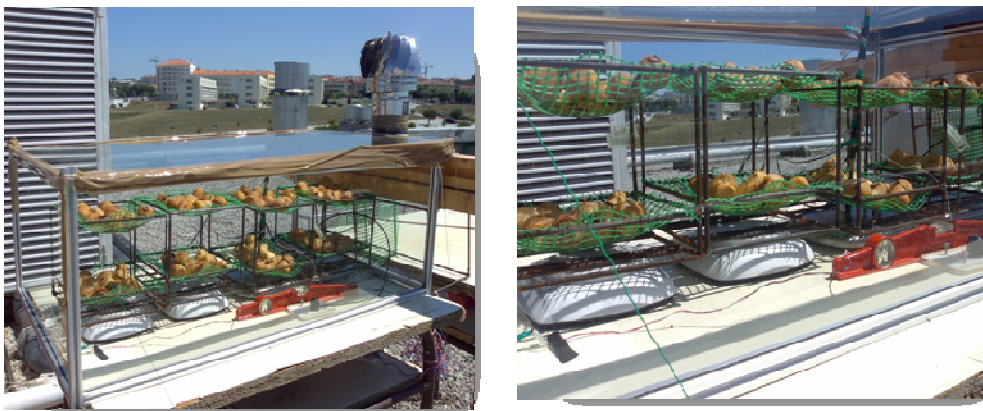


Figura 31. Pêra Rocha – secagem 2009.

Foram monitorizadas a perda de massa, a temperatura, a humidade relativa, a radiação solar e a velocidade do ar, sendo que a principal finalidade destes testes seria novamente o teste de fiabilidade de todo o sistema de aquisição de dados, dado que, por experiência adquirida, este é um dos pontos críticos desta tarefa no projecto.

Na Fig. 32 pode apreciar-se o aspecto final das peras de variedade Rocha, bem mais atraente do que o aspecto de peras secas, da mesma variedade, mas com testes realizados em laboratório. É bem evidente o contraste devido ao facto de se estar em presença da radiação solar.



Figura 32. Pêra Rocha - ensaios do Verão de 2009

6. ELABORAÇÃO DE UM NOVO PROTÓTIPO

Paralelamente aos trabalhos que vinham a ser desenvolvidos em laboratório no decorrer da Primavera e início do Verão de 2009, foi estudado e projectado um novo modelo de estufa solar que permitisse

melhorar alguns aspectos relacionados com a secagem das peras, nomeadamente eficiente em termos de taxa e tempo de secagem, mas também que fosse capaz de dar resposta a uma melhor coloração do produto final, para que este tivesse a melhor semelhança possível com as peras de São Bartolomeu quando secas utilizando o método tradicional.

Para tal mantiveram-se muitos dos aspectos das estufas até então utilizadas (principalmente da estufa de menores dimensões, dados os resultados obtidos anteriormente), mantendo na sua generalidade o volume útil da estufa mas utilizando uma configuração geométrica diferente, uma configuração que tentasse aproveitar um máximo de radiação solar para o local onde seriam secas as peras, tentando obter um valor incidente máximo, ou seja, colocando-se perpendicular à direcção de emissão da radiação solar.

Após terem sido obtidas informações exactas sobre a localização geográfica (através do norte Geográfico), verificou-se que o melhor ângulo de inclinação para a construção da estufa seria de, aproximadamente, 55° , mas, para efeitos de simplificação de construção e colocação de alguns componentes da estufa, utilizou-se um ângulo de 45° , uma vez que o tipo de perfis utilizados na estrutura metálica da estufa limitava a utilização de muitos componentes, pondo em causa mesmo a sua construção.

A Fig. 33 mostra o projecto da estufa em *software* a 3D.

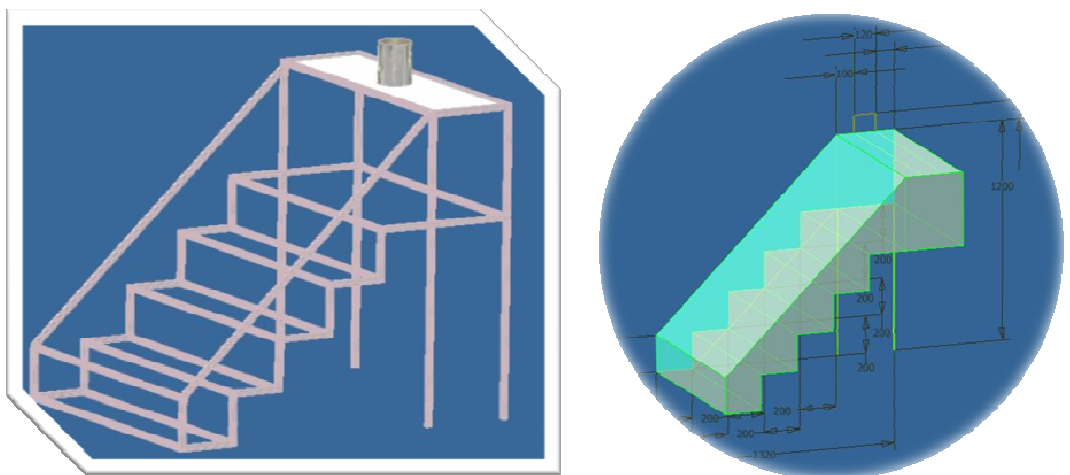


Figura 33. Pêra Rocha - ensaios do Verão de 2009

A estufa foi projectada, estudada e construída na Escola Superior de Tecnologia de Viseu, no Departamento de Engenharia Mecânica e

Gestão Industrial (oficinas de Mecânica e Laboratório de Termodinâmica e Transferência de Calor e Massa), Fig. 34.



Figura 34. Fase de construção nas oficinas da ESTV.

A configuração do local onde as peras são secas tem a forma de escada para que seja possível obter o máximo de radiação solar por parte de todas as amostras, deixando assim de parte a situação em que alguns frutos se iriam encontrar cobertos pela sombra dos que estavam colocados mais acima, como acontecia nos modelos anteriores estudados. Como podemos observar, por exemplo, na Fig. 26, as estruturas que suportam o produto para secar sobrepõem-se, criando zonas de sombra que variam ao longo do tempo de secagem, afectando um dos principais aspectos neste tipo de produto, o seu aspecto e coloração final. A configuração em escada pode ser vista na Fig. 37, onde se pode ver ainda uma rede plástica que permitiu um escoamento de ar ascendente, influente na taxa de secagem. Na mesma imagem, pode-se observar também a continuidade da aplicação da película reflectora, com o objectivo de tirar um máximo proveito da radiação solar, e ainda o fundo preto, tentando aproximar a superfície a um corpo negro exteriormente bem isolado com uma material de baixa condutividade térmica, *Wallmate*.

O objectivo era obter efeitos de estufa mais eficazes e alguma atenuação da recuperação nocturna. Na Fig. 35, podemos observar a continuidade da aplicação da girândola com a redução de secção o mais favorável e possível, dados os materiais disponíveis aquando da sua construção. Na Fig. 36, podemos observar o pormenor de secção da entrada de ar na estufa, ajustável e regulável, para que o efeito de diferentes razões de secções de ventilação fosse também avaliado.

O resultado final da sua construção pode ser observado na sua totalidade na Fig. 38, em que se apresenta o protótipo final acabado,

permitindo que fossem elaborados os respectivos ensaios, de forma a dar continuidade ao trabalho que vinha sendo desenvolvido.

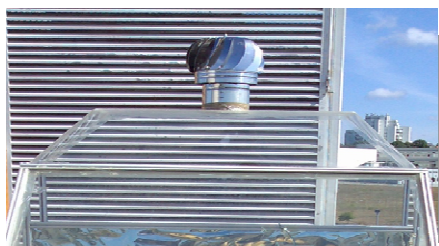


Figura 35. Pormenor – Girândola. Figura 36. Pormenor– Entrada de ar ajustável.



Figura 37. Pormenor – Película Reflectora.

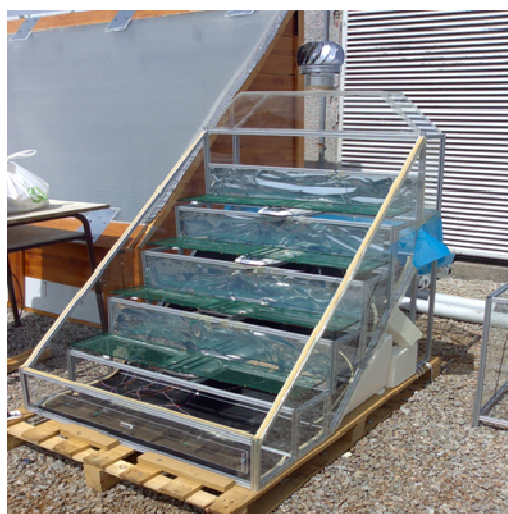


Figura 38. Estufa solar no telhado da ESTV

6.1. TESTES COM O NOVO PROTÓTIPO

O procedimento experimental foi baseado em medições de temperatura, velocidade do ar, humidade relativa, massa e radiação solar, os mesmo que tinham vindo sendo abordados nos ensaios até então realizados. Foram realizados testes com carga para avaliar e testar a finalidade de todo o sistema de aquisição de dados recorrendo à utilização de peras de variedade rocha e ensaios com produto tradicional, as peras de São Bartolomeu, para verificar a viabilidade de substituição do método tradicional por um método que utilizase metodologia científica. Foram feitos testes com cargas de peras determinadas, utilizando diferentes variedades e estágios de maturação, secando-as até as mesmas terem aproximadamente 18% de humidade, em base seca. Os primeiros testes foram realizados

com as peras de variedade Rocha devido à sua disponibilidade de época deste fruto no mercado, como foi anteriormente referido.

Embora os testes tenham sido realizados durante o Verão, verificaram-se condições meteorológicas adversas que incluíram, pelo segundo ano consecutivo, dias chuvosos, mas mesmo assim 'quentes', afectando a maioria dos testes realizados. A situação mais grave ocorreu mesmo durante os ensaios efectuados com as peras de variedade de São Bartolomeu, pois tiveram lugar sucessivo cortes de energia, fornecida pela rede pública, devido a trovoadas. Tais cortes de energia não só interromperam como corromperam a aquisição de dados, verificando-se a danos totais e irreversíveis durante o processo. Tratava-se de testes que ocorreriam em paralelo nas várias instituições intervenientes, Escola Superior Agrária de Viseu e Universidade de Coimbra. O intuito destes testes seria avaliar o produto acabado, as peras secadas, para que pudesse ser feita uma comparação entre as diferentes metodologias e diferentes formas de secar este produto, bem como peras secas obtidas a partir do método tradicional.

Neste sentido, existiu a necessidade de repetir novos ensaios nas instalações da Escola Superior de Tecnologia de Viseu, para fazer nova recolha de dados. No entanto, nos dois testes realizados, as peras secadas apresentavam um aspecto muito interessante, tendo uma semelhança notória (apenas aspectos visuais) com os produtos obtidos pelo método tradicional, ficando apenas pendentes análises a compostos fenólicos, análises sensoriais e outros.

Os locais onde se efectuaram as medições estão indicados nas Fig.s 39 e 40, podendo ser observada a estufa em carga máxima com a variedade de pêra Rocha, com aproximadamente 50 kg de produto fresco.

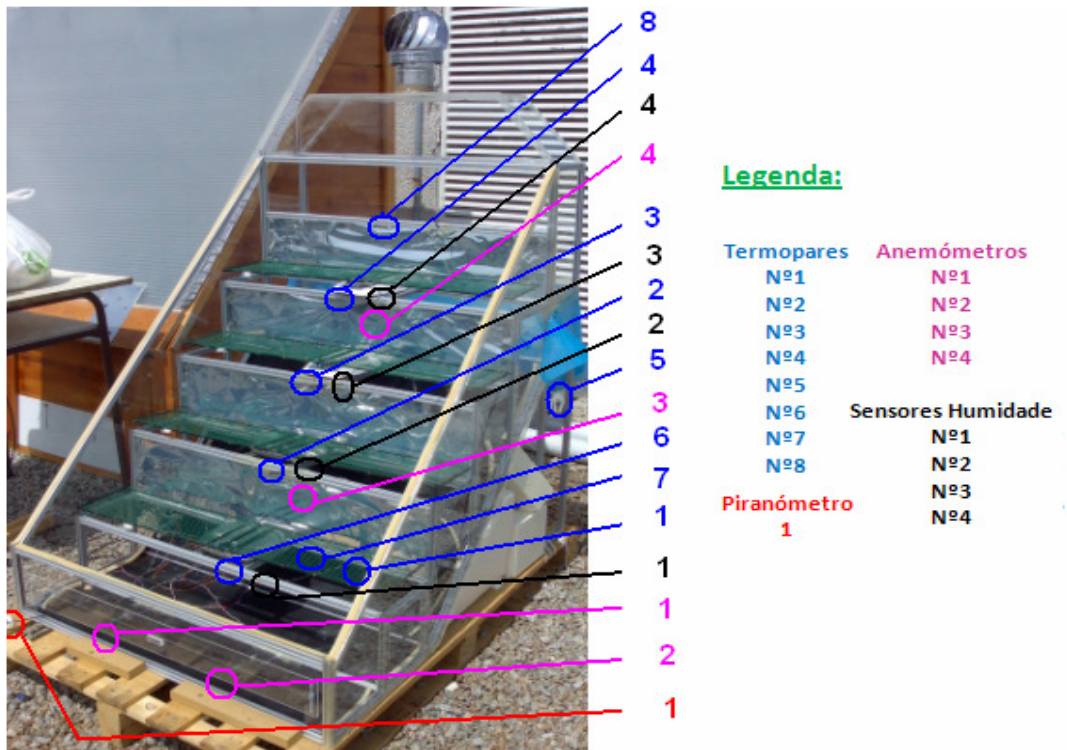


Figura 39. Localização dos sensores: termopares, sensores de humidade relativa, anemómetros de fio quente e piranómetro.



Figura 40. Novo protótipo de estufa solar à carga máxima.

6.2. SECAGEM DE PERAS SÃO BARTOLOMEU COM O NOVO PROTÓTIPO

Como já foi anteriormente referido, o intuito destes testes seria avaliar o produto acabado, para que pudesse ser feita uma comparação entre as diferentes formas de secar este produto, utilizando metodologia científica e também peras secas obtidas a partir do método tradicional. Nos dois testes realizados as peras secadas apresentaram um aspecto muito semelhante ao dos produtos obtidos pelo método tradicional, como se pode verificar na Fig. 41.



Figura 41. Secagem das peras de São Bartolomeu em Agosto de 2009: primeiro ensaio à esquerda, segundo ensaio à direita.

Quando carregada com peras, as variações de temperatura, velocidade, evolução da taxa de humidade e radiação solar que a estufa apresenta ao longo do tempo podem ser observadas nas Fig.s 42, 43, 44 e 45. A secção de ventilação teve uma escala de 1:2.

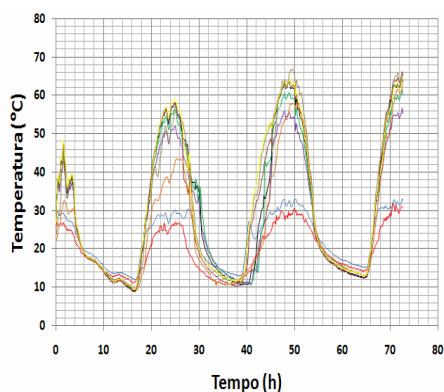


Figura 42. Perfis de evolução de temperatura

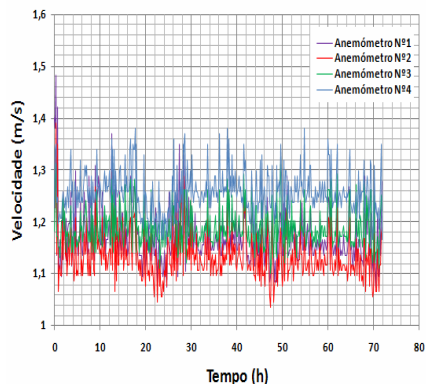


Figura 43. Perfis de evolução de velocidade

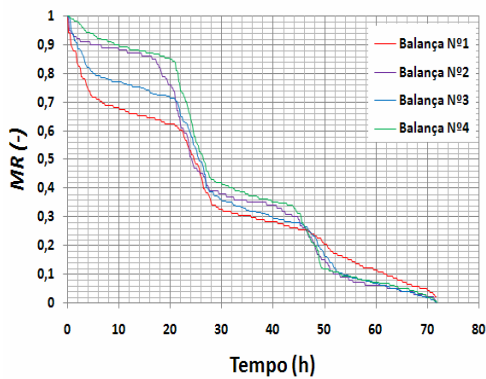


Fig. 44 Evolução da taxa de secagem com o tempo

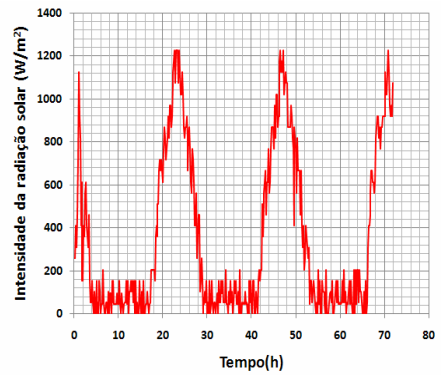


Figura 45. Radiação solar

A Fig. 46 mostra o produto de peras secadas de São Bartolomeu.



Figura 46. Peras de São Bartolomeu em Agosto de 2009.

6.3. INVESTIMENTO UNITÁRIO DO NOVO PROTÓTIPO

A energia emitida pelo sol é a fonte de quase toda energia disponível pelo homem, seja energia vital ou força motriz e de transformação na execução de tarefas quotidianas. No nosso ecossistema, através de diversos ciclos naturais, a radiação solar é convertida em diversos outros tipos de energia. Normalmente o termo "Energia Solar" é utilizado para expressar uma das formas de aproveitamento da radiação solar directa. Além disso, a energia solar ainda não tem um uso muito difundido, sendo um dos seus maiores entraves a disponibilidade do petróleo e dos seus derivados.

A secagem de produtos agrícolas tem uma grande aplicabilidade, sendo processo obrigatório para vários tipos de colheita tais como o

café, o chá, o tabaco e, no caso em estudo, a fruta. Com as peras, a preocupação inicial era garantir a sua conservação enquanto alimento. O processo mais utilizado ainda é a secagem ao ar livre, que também se vale da radiação solar, mas de maneira primitiva e com muitos problemas relacionados com a exposição dos produtos à poeira, à chuva e aos ataques de insectos, roedores, etc. As estufas solares podem facultar uma grande melhoria na qualidade destes produtos. No sentido de contrariar todos estes indicadores, e fazendo uma pesquisa exaustiva (tendo por preço base os valores praticados na região de Viseu), foi elaborado um orçamento capaz de responder à produção dum módulo com capacidade para secar um mínimo de 50 kg de produto fresco (de peras de São Bartolomeu), variando a sua capacidade de carga com o tamanho das mesmas.

Quadro 1. Investimento de um módulo deste novo protótipo

Item	Descrição (Unidade)	Quantidade (Unidades)	Preço Uni. (€)	Total (€)
Girândola ($\phi = 120$)	Unidade	1	30	30
Vidro	m ²	6	15	90
Ferro	m	40	2	80
Película reflectora	m	1	1	1
Rede	m ²	1	2	2
Dobradiças	unidade	2	1	2
Tinta (Preto fosco)	litro	1 litro	5	5
Wallmate (Isolante)	m ²	2	10	20
Chapa (e = 2mm)	m ²	2	10	20
Mão-de-obra	-	-	-	100
			TOTAL (€)	350

Neste sentido, o quadro atrás apresenta o referido investimento. Estes módulos são de fácil execução e esta capacidade foi considerada para que qualquer pequeno produtor deste tipo de produto tradicional possa ajustar a capacidade de processamento à respectiva quantidade de produção. No entanto, é de realçar que esta é apenas uma estimativa de um preço para um único módulo, sendo deste modo elevada a possibilidade do preço ser revisto para valores substancialmente inferiores, por efeitos de economias de escala.

7. CONCLUSÕES

Foram apresentados os resultados do trabalho experimental sobre secagem de peras numa estufa solar. As alterações na altura do secador solar, para a mesma carga, não parecem influenciar significativamente os principais parâmetros adquiridos, bem como a taxa de secagem. Os perfis de temperatura espaciais não mostraram qualquer mudança significativa do respectivo padrão; o mesmo se pode dizer dos valores adquiridos ao longo do tempo. Já a utilização de diferentes proporções entre as secções de ventilação influenciam claramente a temperatura, a velocidade e a taxa de secagem, sendo que são mais elevadas perto da zona de saída. A utilização de uma girândola na extracção, de um modo aleatório, aumentou naturalmente a velocidade do ar, por comparação com a situação anterior, de convecção natural, mas os seus efeitos sobre a taxa de secagem ao ar livre ainda têm que ser demonstrados, pois a influência dominante da velocidade do escoamento sobre a temperatura é controversa; observaram-se taxas de secagem mais elevadas na estufa pequena. As peras expostas à radiação das lâmpadas de halogéneo não adquiriram a coloração acastanhada característica do produto (e possibilitada pela exposição à radiação solar). Fica por comparar a variação da taxa de secagem com a carga, nas duas estufas, sendo necessário, para o efeito, dispor de sensores fiáveis e com duração adequada que permitam a aquisição de valores de velocidade do escoamento.

Com a utilização deste tipo de metodologia verifica-se uma minimização, ou mesmo eliminação, do contacto com pragas e insectos; durante o período de secagem a que as peras foram sujeitas não foram visíveis efeitos da sua eventual existência. A eliminação de riscos de produção, sempre que verificadas condições atmosféricas adversas, principalmente de períodos chuvosos, não põe em risco uma colheita de frutos correspondente a um ano de trabalho; quando muito, pode aumentar o tempo de secagem, mas não comprometerá o produto final de forma significativa. Contrariamente à expectativa inicial, descontada a instrumentação o investimento inicial é relativamente reduzido, sendo este proporcional ao número de módulos que um potencial investidor necessite para utilizar na sua colheita. Não menos importante, e talvez mais atractiva, será a redução significativa do tempo de secagem pois, utilizando este tipo de estufas em condições típicas da época, num período máximo de

quatro dias poder-se-ão obter peras-passas (de São Bartolomeu) com características análogas às do produto seco pelo método tradicional (que necessita de um mínimo de uma semana, podendo, eventualmente, estender-se a duas).

Referências

- Akpinar, E., 2008, "Mathematical modeling and experimental investigation on sun and solar drying of white mulberry", *Journal of Mechanical Science and Technology*, 22, pp. 1544-1553.
- ASHRAE, 2001, "Fundamental Handbook", Atlanta, GA, USA: ASHRAE; 2001.
- Azad, E., 2008, "Design and experimental study of solar agricultural dryer for rural area", *Livestock Research for Rural Development*, 20 (9), Article #134.
- Chauliaguët, C., Baratcabal, P. & Batellier, J., 1981, "L'énergie solaire dans le bâtiment", Éd. Eyrolles, 46, pp. 78- 91.
- Demir, F., Dogan, H., Ozcan, M. & Haciseferogullari, H., 2002, "Nutritional and physical properties of hackberry (*Celtis australis* L.)", *Journal of Food Engineering*, 54, pp. 241-247.
- Ekechukwu O., 1999, "Review of solar-energy drying systems I: An overview of drying principles and theory", *Energy Conversion and Management*, 40, pp. 593-613.
- Fathou, M., Metwally, M., Helali, A. & Shedid, M., 2006, "Herbs drying using a heat pump dryer", *Energy Conversion and Management*, 47, pp. 2629-2643.
- Guiné, R., Rodrigues, A. & Figueiredo, M., 2007, "Modelling and simulation of pear drying", *Applied Mathematics and Computation*, 192, pp. 69-77.
- Hui, Y, Barta, J., Cano, M., Guzek, T., Sidhu, J. & Sinha, N., 2006, "Handbook of fruits and fruit processing", Ed. Wiley-Blackwell, pp. 533-534.
- Kabas, O., Ozmeri, A. & Akinci, I., 2006, "Physical properties of cactus pear (*Opuntia ficus india* L.) grown wild in Turkey", *Journal of Food Engineering*, 73, pp. 198-202.
- Kouhila, M., Kechaou, N., Otmani, M., Fliyou, M. & Lahasasni, S., 2002, "Experimental study of sorption isotherms and drying kinetics of Moroccan *Eucalyptus Globulus*", *Drying Technology*, 20 (10), pp. 2027- 2039.
- Lahasasni, S., Kouhila, M., Mahrouz, M. & Jahouari, J., 2004, "Drying kinetics of prickly pear fruit (*Opuntia ficus indica*)", *Journal of Food Engineering*, 61, pp. 173- 179.
- Mitcham E. & Elkins R., 2007, "Pear Production and Handling Manual", 1st ed., Technology & Engineering series, Division of Agriculture and Natural Resources, 215 p.
- Pathak, P., Agrawal, Y. & Singh, B., 1991, "Thin layer drying model for rapeseed", *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 34 (6), pp. 2505-2508.
- Sampaio C., Passos, E., Dias, G. & Correa, P., 1998, "Desenvolvimento e Avaliação de um Anemômetro de Fio Quente operando a Temperatura Constante", *Ver. Bras. de Eng. Agr. e Amb.*, 2, 2, p.229-234, PB, DEAg/UFPB.
- Saravia, L. & Passamai, V., 1997, "Relation between a solar drying model of red pepper and the kinetics of pure water evaporation (I)", *Drying Technology*, 15 (5), pp. 1419- 1432.
- Singh, P., Singh, S. and Dhaliwal, S., 2006, "Multi-shelf domestic solar dryer", *Energy Conversion and Management*, 47, pp. 799-815.
- Treybal, R., 1981, "Mass-transfer operations", International Edition, McGraw-Hill, Inc., 784 p..

Westwood, M.N., 1993, "Species and Varieties", in Westwood, M.N. (Ed.), *Temperate-Zone Pomology: Physiology and Culture*. Timber Press Inc., Portland, Oregon, pp. 67-114.

Yunfei L., Morey V. & Afinrud, M., 1987, "Thin-layer drying rates of oilseed sunflower", *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 30 (4), pp. 1172-1175.

SECAGENS CONVECTIVAS DE PÊRA SÃO BARTOLOMEU EM TÚNEL

Vítor Silva, Rui Figueiredo, José Costa, Raquel Guiné,
Dulcineia Ferreira, João Gonçalves

RESUMO

Foram realizadas em Agosto dos anos de 2007 e 2008 secagens de pêra *São Bartolomeu* em túnel, com circulação de ar forçada. Estes ensaios foram realizados, como alternativa às técnicas convencionais de secagem solar, em regime contínuo. Nos anos de 2007 e 2008 foram utilizadas temperaturas de secagem de 40°C. Em 2007 foi realizada também uma secagem a 30°C. Foram utilizados diversos caudais de ar nos dois anos.

Os resultados obtidos permitiram constatar que a temperatura desempenha um papel fulcral ao nível da velocidade de secagem, quando comparada com o factor velocidade do ar. As secagens a 40°C revelaram-se vantajosas ao nível da rapidez, aliada a uma maior segurança alimentar do processo, quando comparadas com a mesma operação a 30°C.

As secagens convectivas efectuadas em regime contínuo mostraram ser uma alternativa a considerar relativamente à secagem tradicional de pêra *São Bartolomeu*, por permitir uma maior rapidez de secagem e controlo do processo. Contudo a ausência de algumas características organolépticas, nomeadamente ao nível da coloração do produto final, apresenta-se como uma condicionante a ser minimizada.

1. INTRODUÇÃO

Pode afirmar-se que o processo de secagem de alimentos é uma prática ancestral, que surgiu primeiramente por necessidade de alargar o período de conservação dos mesmos. Tradicionalmente, o método escolhido é o da secagem por exposição directa ao sol (Doymaz, 2005; Ferreira & Candeias, 2005; Karathanos & Belessiotis, 1997). Este processo revela contudo alguns problemas, quer pela permanência excessiva às condições meteorológicas oscilantes, quer devido à fauna presente, nomeadamente insectos, podendo resultar

danos significativos ao nível do produto final (Ferreira & Candeias, 2005; Sharma *et al.*, 2009).

Com vista a minimizar estes efeitos indesejáveis, foram surgindo nos últimos anos algumas alternativas, nomeadamente secadores solares, de menor ou maior grau de complexidade (Ferreira & Candeias, 2005; Sharma *et al.*, 2009; Murthy, 2009). Estes dividem-se em dois tipos:

Sistemas directos: Nestes sistemas existe exposição solar directa, incidindo a radiação na superfície exterior dos mesmos. A circulação do ar é garantida por aberturas, onde se processa ventilação por acção do vento ou ventiladores estrategicamente colocados. São exemplos comuns as estufas, ou túneis, de maior ou menor dimensão, cobertos por plástico ou vidro (entre outros materiais) (Fohr & Figueiredo, 1987; Murthy, 2009; Sacilik *et al.*, 2006; Sharma *et al.*, 2009) ou pequenos secadores (caixas) com cobertura no mesmo material (Mwithiga & Kigo, 2006; Saleh & Badran, 2009).

- Sistemas indirectos, existe o acoplamento de um colector solar à câmara de secagem, sendo que o produto não contacta directamente com a radiação solar. No colector o ar é aquecido e posteriormente transportado até à câmara (Ferreira & Candeias, 2005; Mohamed *et al.*, 2008; Murthy, 2009; Nourhène *et al.*, 2008; Sharma *et al.*, 2009; Seres & Farkas, 2007).

Estes sistemas de secagem embora sejam uma clara evolução, não permitem contudo a independência das condições meteorológicas. Desta forma a secagem por convecção forçada em túnel surge como alternativa, permitindo um total controlo do processo e das condições impostas ao mesmo, sem as componentes limitantes das condições meteorológicas (Ferreira & Candeias, 2005; Karathanos & Belessiotis, 1997).

Como este processo apresenta geralmente maiores gastos energéticos, têm sido ultimamente desenvolvidos colectores solares híbridos que conjugam a utilização de colectores solares a meios auxiliares, que permitam também a laboração em regime contínuo (Ferreira & Candeias, 2005; Sharma *et al.*, 2009; Murthy, 2009).

A utilização dos diversos sistemas referidos e principalmente a melhoria das técnicas de secagem de frutos e outros produtos, é factor cada vez mais importante, não só como meio de conservação de alimentos mas também na obtenção de novos produtos de qualidade e excelência.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Câmara de secagem

No ano de 2007 foi utilizada uma unidade de secagem P. A. Hilton, Ltd (*Hampshire, England*), de velocidade de ar regulável e grelhas de aquecimento até 4kW de potência, com capacidade para aproximadamente 20 pêras. Em 2008 foi construída uma câmara em polietileno extrudido com capacidade total aproximada de 170 pêras. O ar aquecido é, neste caso, proveniente de fontes de termoventilação, sendo distribuído de forma homogénea pela câmara. Os dois modelos descritos encontram-se presentes na Figura 1.

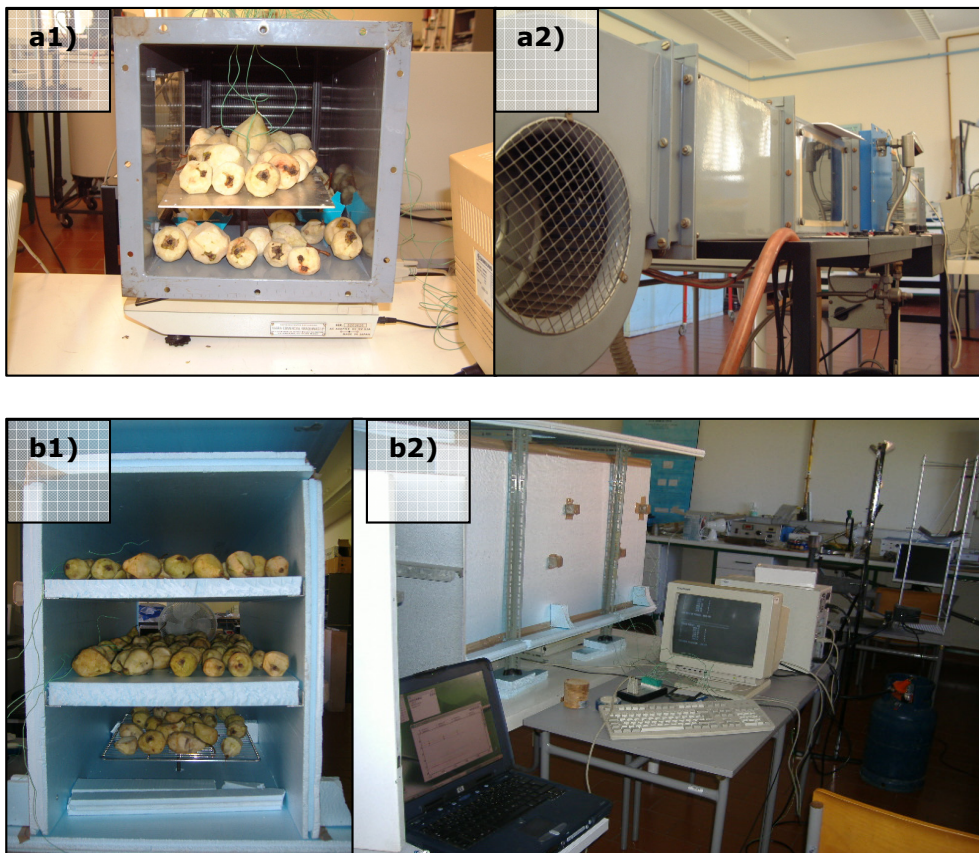


Figura 1 – a) Câmara de secagem usada em 2007: a1) Vista frontal com pêras. a2) Vista lateral; b) Câmara de secagem utilizada em 2008: b₁) Vista frontal (com pêras); b₂) Vista lateral, com hardware de aquisição de temperaturas e massas.

2.2. Aquisição de massas

O tabuleiro do ensaio 2007 e o tabuleiro inferior da câmara de secagem em 2008 possuíam uma base de metal que assentava directamente sobre a balança electrónica (FX – 3000 (A&D company,

Abingdon – Reino Unido), com uma divisão mínima de 0,01g, utilizada para aquisição em regime contínuo, como é observável na Figura 2. Todos os valores de massa foram registados com o secador em funcionamento em cada ensaio. Assim o valor de massa inicial corresponde ao registado no momento exacto em que foi ligado o secador e que, conseqüentemente, indica o início do ensaio. Do mesmo modo o último valor é registado no momento imediatamente antes de ser desligado o secador. O programa de aquisição de massas em *QBasic* foi preparado para aquisições automáticas em intervalos de 90 segundos em 2007 e 60 segundos em 2008. Nestas aquisições o valor obtido resulta sempre de uma média de quatro pesagens consecutivas.

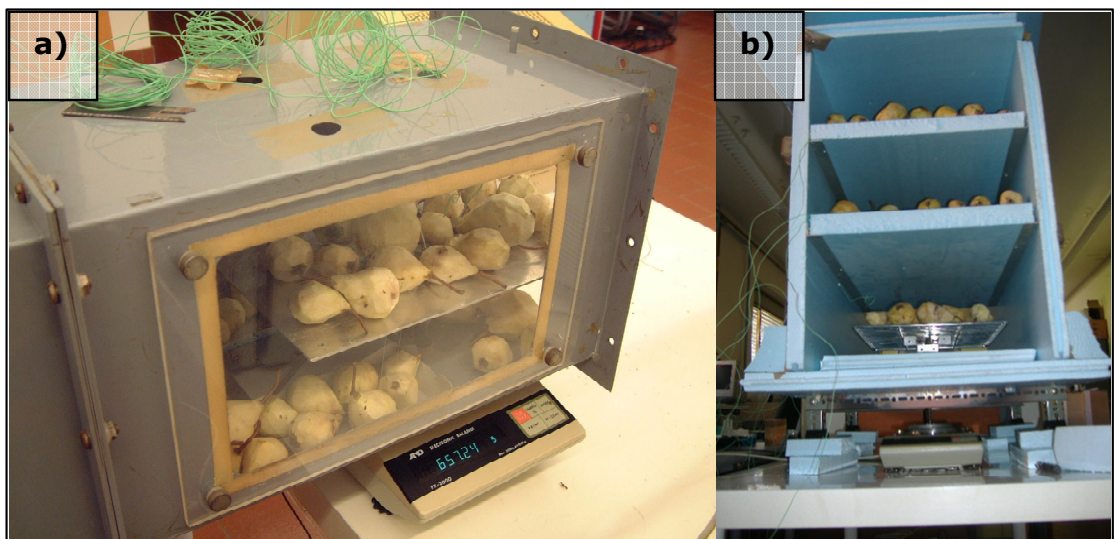


Figura 2 – Balança para aquisição de massas com tabuleiro de pesagem contínua em: a) 2007 e b) 2008.

2.3. Aquisição de temperaturas

As temperaturas ao longo dos ensaios, na câmara e nas pêras, foram registadas por termopares conectados a uma interface PICO – TC 08, da Pico Technology (*Cambridgeshire – Reino Unido*). Os dados foram visualizados e guardados através do software Picolog Recorder da mesma empresa (Figura 3).

Em cada ensaio foram seleccionadas algumas pêras sendo colocados termopares (Figura 3). Estes foram colocados à superfície prendendo as extremidades dos mesmos através de um corte

superficial muito fino e no interior, perfurando a pêra previamente com um arame até ao seu centro.

Os restantes termopares foram introduzidos no interior da câmara de secagem de modo a registar a temperatura do fluxo de ar, sendo que em 2008 foram colocados a vários níveis da mesma, por forma a garantir a homogeneidade das temperaturas nos vários tabuleiros existentes. O software foi preparado para efectuar o registo de temperaturas em intervalos de 90 segundos.

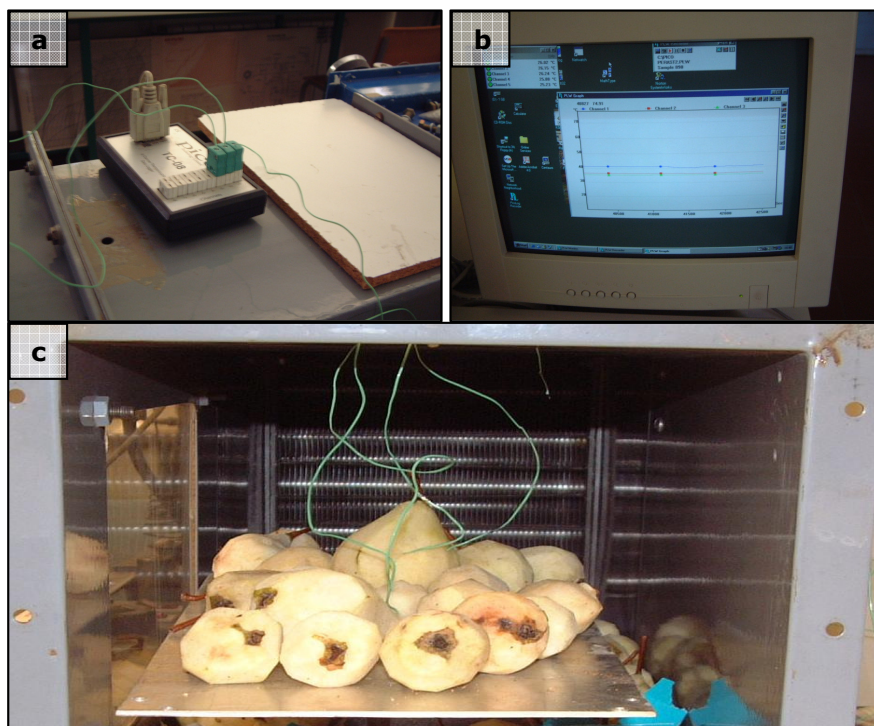


Figura 3 – a) Interface *PICO TC 08*. b) Ecran com software de aquisição *Picolog Recorder* visível, c) Pormenor de termopares colocados em pêras no tabuleiro de secagem contínua (ano de 2007).

2.4. Determinação da humidade das pêras frescas

Em cada ensaio, para a determinação da humidade, foram retirados pedaços de pêras pertencentes ao mesmo lote a ser secado (previamente descascadas) e pesados. Os pedaços foram então colocados na estufa *WTC Binder F53* (Tuttlingen, Alemanha) a 115°C, sobre papel de alumínio, como mostrado na figura 4.

As pêras foram periodicamente retiradas e pesadas numa balança electrónica (FX – 3000 (A&D company, Abingdon – Reino Unido) até

peso constante. A humidade (em base húmida) foi então calculada através da fórmula:

$$\text{Hum}(\%) = \left(\frac{P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}}}{P_{\text{inicial}}} \right) \times 100$$

Em que P_{inicial} e P_{final} representam a massa das pêras antes e após secagem em estufa, respectivamente. Após determinação de humidade individual foi calculada a média e desvio padrão.

Durante os ensaios foi usada a mesma fórmula para determinação da percentagem de humidade em base húmida ao longo processo substituindo P_{inicial} pela massa das pêras em cada instante, e a humidade em base seca fazendo a mesma substituição mas usando como denominador a massa de matéria seca (P_{final}).



Figura 4 – Pedacos de pêras colocados na estufa, para cálculo da humidade.

2.5. Preparação das secagens

As pêras de variedade *São Bartolomeu*, após colheita, foram colocadas em frigoríficos até serem secadas. Estas foram descascadas (preservando o pedúnculo intacto) imediatamente antes de cada ensaio.

Após o descasque, as pêras foram distribuídas na câmara de secagem, sendo colocadas 20 no tabuleiro de pesagem contínua. Houve em todos os ensaios a preocupação de colocar as mesmas a

uma distância sensivelmente idêntica uma das outras, permitindo a circulação de ar de forma mais homogênea possível

2.6. Parâmetros de secagem

Foram realizados ensaios de secagem convectiva a temperaturas de 30°C e 40°C.

A velocidade do ar variou entre os 1,2 (± 0.1) m/s e os 2,7 (± 0.1) m/s.

É de referir que, em todos os ensaios realizados, a temperatura da câmara e a velocidade do ar mantiveram-se constantes ao longo da secagem.

2.7. Critérios de paragem dos ensaios

Os critérios de paragem definidos para os ensaios foram os seguintes:

- 1 - Redução dos teores de humidade nas pêras a 20% em base húmida.
- 2 - Massa constante ou com variação desprezável
- 3 - Pêras incompatíveis (produto final sem características de pêra secada)

3. RESULTADOS

Os resultados descritos neste capítulo apresentam um resumo comparativo dos ensaios realizados em Agosto de 2007 e 2008, nas diferentes condições impostas:

3.1. Comparação entre ensaios a 40°C (Influência do grau de maturação e velocidade do ar).

A tabela 1 apresenta a cronologia e velocidade do ar imposta, nos ensaios que foram realizados à temperatura de 40°C.

De notar que no ano de 2008 foi apenas efectuada uma colheita, num grau de maturação aproximado ao do período compreendido entre as 2ª e 3ª colheita de 2007.

A humidade inicial das pêras foi obtida através do método apresentado em **2.4.** e a humidade ao longo do ensaio foi calculada através da monitorização da massa, adquirida continuamente. O

quadro resumo da humidade inicial e final das pêras encontra-se na Tabela 2.

Tabela 1 – Cronologia e condições de ensaio

Ano	Data da colheita	Data do ensaio	Velocidade do ar (± 0.1 m/s)
2007	27 de Julho	2 de Agosto	2,2
	10 de Agosto	13 de Agosto	
	20 de Agosto	21 de Agosto	
2008	12 de Agosto	13 de Agosto	1,2
	12 de Agosto	18 de Agosto	

Tabela 2 – Humidade inicial e final em base seca e base húmida dos diferentes ensaios.

Ano	Ensaio	Humidade Inicial em base seca (%)	Humidade final em base seca (%)	Humidade inicial em base húmida (%)	Humidade inicial em base húmida (%)
2007	1	418,0	51,3	80,7	33,9
	2	382,8	33,0	79,3	24,8
	3	300,7	24,9	75,0	20,0
2008	1	585,0	45,6	85,4	31,3
	2	594,4	30,7	85,6	23,5

Os ensaios foram suspensos de acordo com os critérios referidos em **2.7.**, tendo-se verificado o critério de massa constante ou variação desprezível para todos os ensaios, excepto o ensaio 1 de 2007 por verificação de produto não conforme (pêra secada com crosta extremamente enrugada) e o ensaio 3 do mesmo ano por se ter atingido o objectivo de 20% de humidade final em base húmida.

De realçar que os teores iniciais de humidade nas pêras em 2007 mostram o avançar do estado de maturação com respectiva diminuição de valores. Em 2008 a humidade das pêras é idêntica, uma vez que se trata de uma análise do mesmo lote, apenas sujeito a variações entre diferentes frutos da amostragem.

A variação da humidade ao longo do ensaio é ilustrada pelos gráficos das figuras 5 (humidade em base seca) e 6 (humidade em base húmida).

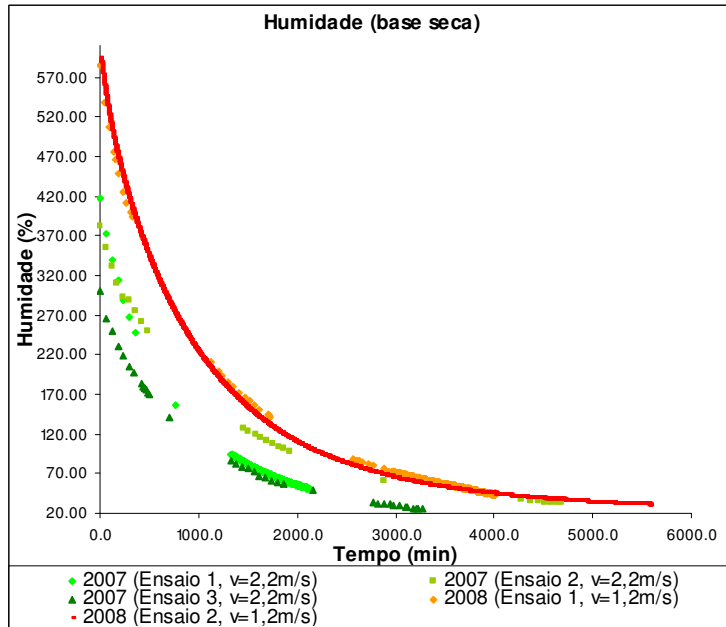


Figura 5 – Variação de humidade (base seca) ao longo dos ensaios.

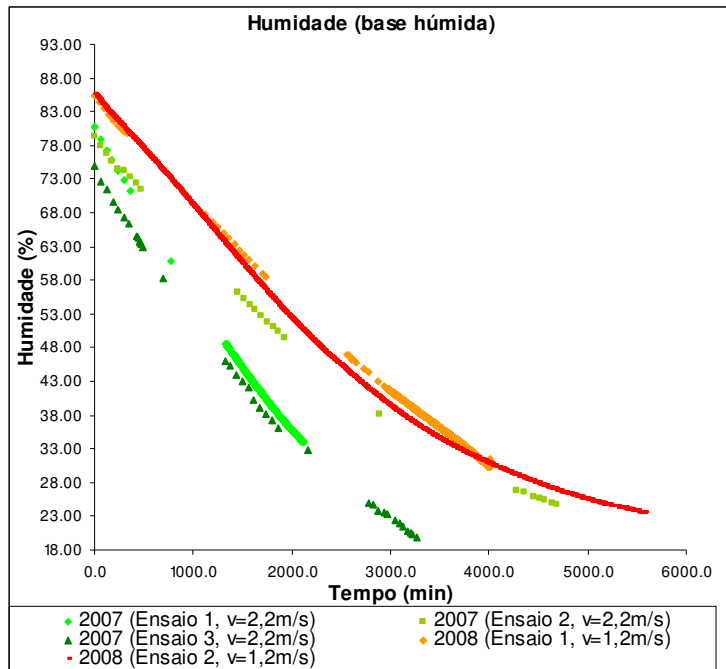


Figura 6 – Variação de humidade (base húmida) ao longo dos ensaios.

Evidencia-se por um lado uma perda de humidade em mais curto espaço de tempo nos ensaios de 2007 (exceptuando o ensaio 2) relativamente ao ano de 2008, provocado pelas condições de

velocidade do ar mais elevadas. Esse parâmetro mais elevado, aliado a um prematuro estado de maturação determinou provavelmente o fim abrupto do ensaio 1 do primeiro ano, resultando numa falta de viabilidade do produto obtido (as pêras encontravam-se demasiado duras, com formação de uma crosta enrugada). Verificam-se também perfis de humidade mais harmoniosos para as secagens de 2008 (menor velocidade de ar), notando-se uma fase inicial de maior perda de água, uma fase de desaceleração e posterior estabilização. Em 2007 esses patamares não foram tão notórios verificando-se estabilizações mais abruptas com tempos totais de secagem menores nos ensaios 1 e 3.

A figura 7 mostra a evolução do parâmetro "massa" das pêras, através de uma escala adimensional de Massa/Massa Inicial para melhor comparação entre ensaios:

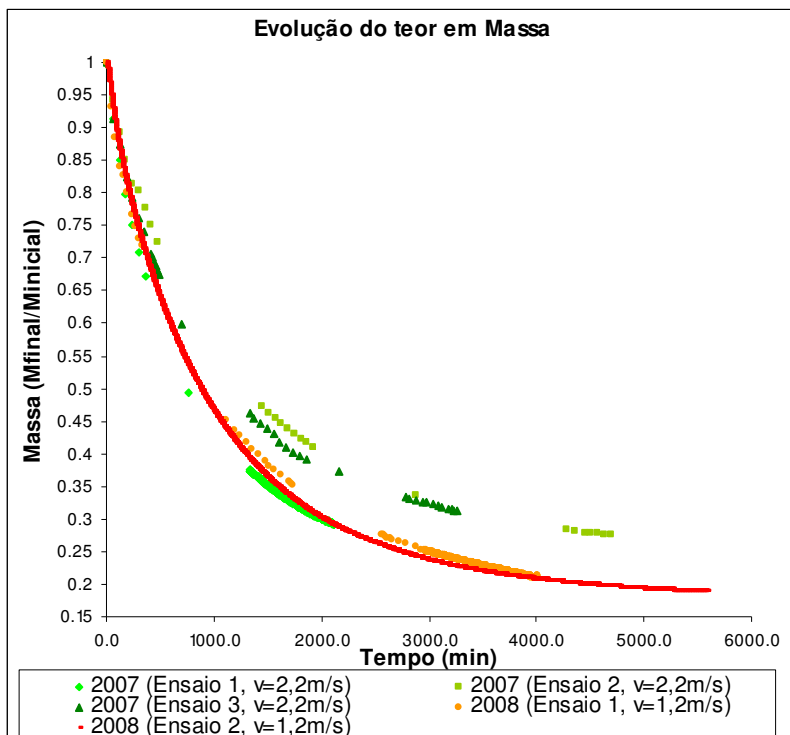


Figura 7 – Evolução da perda de massa ao longo do ensaio

Evidencia-se uma maior perda de massa nos ensaios de 2008 em conformidade com a maior humidade inicial das pêras. Verificam-se também semelhanças ao nível das curvas de secagem, não obstante a variação das velocidades de ar impostas nos dois anos. Novamente é visível no primeiro ensaio de 2007 um exagerado declive inicial,

traduzido neste caso por uma perda de massa elevada no início da secagem, seguida de uma estabilização repentina.

A figura 8 demonstra a cinética de secagem através da variação do teor de massa (derivada com sinal negativo) ao longo do tempo.

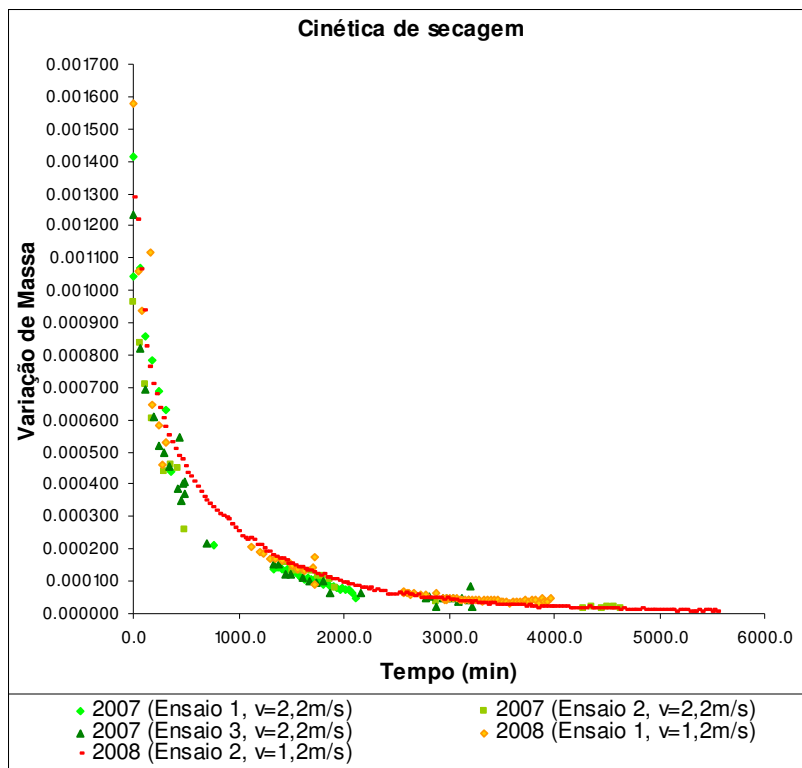


Figura 8 – Variação da massa (derivada de sinal negativo), ao longo do tempo, para os diferentes ensaios

É de notar o comportamento semelhante que se evidencia nas curvas de secagem sensivelmente após os 1500 minutos (25 horas) de secagem. Tal facto parece indicar que, apesar das diferentes velocidades do ar utilizadas, existe um padrão de secagem para processos à mesma temperatura (neste caso 40°C), e que a temperatura parece desempenhar um papel mais importante ao nível da cinética de secagem do que a velocidade do ar. Este aspecto é abordado no capítulo seguinte.

3.2. Comparação de ensaios a diferentes temperaturas

Foi efectuada, em Agosto de 2007, uma secagem à temperatura de 30°C, utilizando o mesmo lote de pêras do Ensaio 3 a 40°C. Serão estes dois ensaios que serão comparados de seguida. A cronologia dos

mesmos, temperaturas e velocidades de ar impostas estão presentes na tabela 3.

Tabela 3 – Cronologia dos ensaios a diferentes temperaturas.

Ano	Data da colheita	Data do ensaio	Temperatura (°C)	Velocidade do ar (± 0.1 m/s)
2007	20 de Agosto	21 de Agosto	40	2,2
	20 de Agosto	27 de Agosto	30	2,7

No ensaio a 30°C, e por limitação técnica, foi necessário o aumento da velocidade do ar na câmara de secagem.

As humidades iniciais e finais em base seca e húmida verificadas nas duas secagens, encontram-se presentes na tabela 4.

Tabela 4 – Humidade inicial e final, em base seca e húmida, dos ensaios a 40°C e 30°C

Ensaio	Humidade Inicial em base seca (%)	Humidade final em base seca (%)	Humidade inicial em base húmida (%)	Humidade inicial em base húmida (%)
40°C	300,7	24.9	75,0	20,0
30°C	300,7	24.9	75,0	20,0

Os ensaios foram interrompidos com 20% de humidade final (19,96% e 19,98%, respectivamente), segundo os critérios pré estabelecidos.

A evolução do teor de humidade ao longo do ensaio pode ser observado nas figuras 9 e 10.

Por análise do gráfico, observa-se que a perda de humidade se verifica mais rapidamente no ensaio a 40°C.

A diferença muito significativa no tempo de ensaio (o ensaio a 40°C foi concluído em menos 28 horas que o ensaio a 30°C), e a maior velocidade de ar imposta no ensaio a 30°C, vem reforçar a ideia que a temperatura exerce maior influência ao nível da rapidez dos processos de secagem convectiva quando comparada com o parâmetro velocidade do ar.

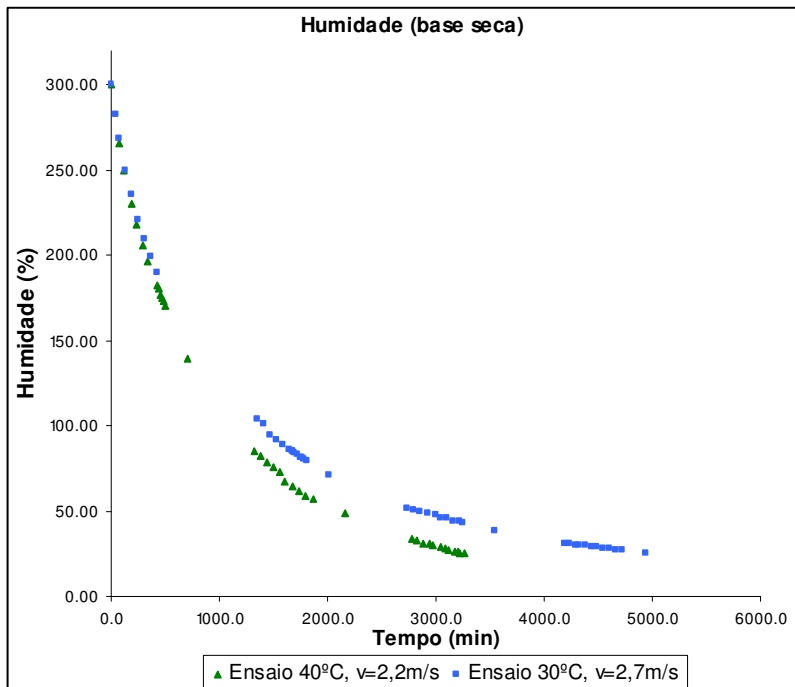


Figura 9 – Humidade em base seca para ensaios a diferentes temperaturas.

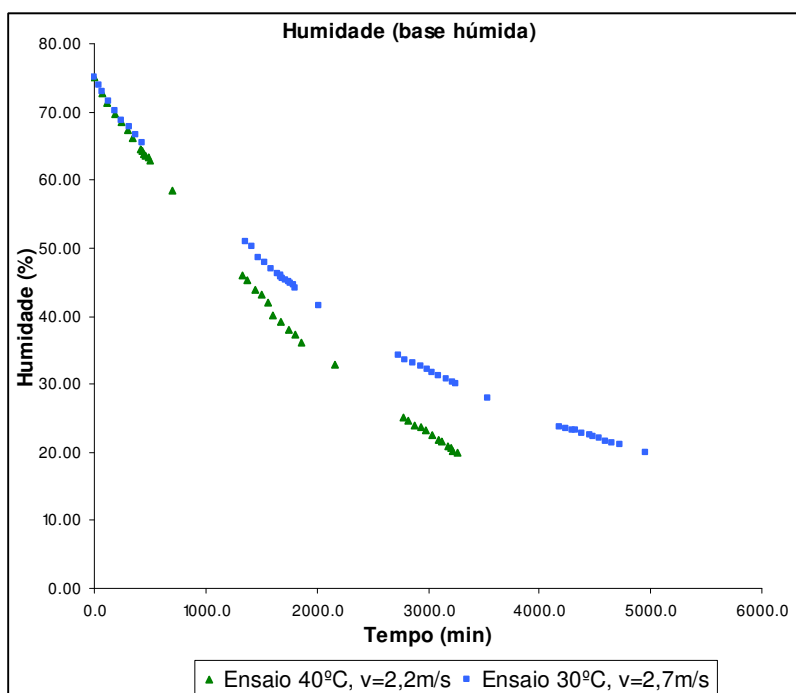


Figura 10 – Humidade em base húmida para ensaios a diferentes temperaturas.

Da mesma forma a perda de massa é substancialmente mais rápida no ensaio a 40°C, após uma primeira fase de secagem relativamente idêntica, como é possível verificar na Figura 11.

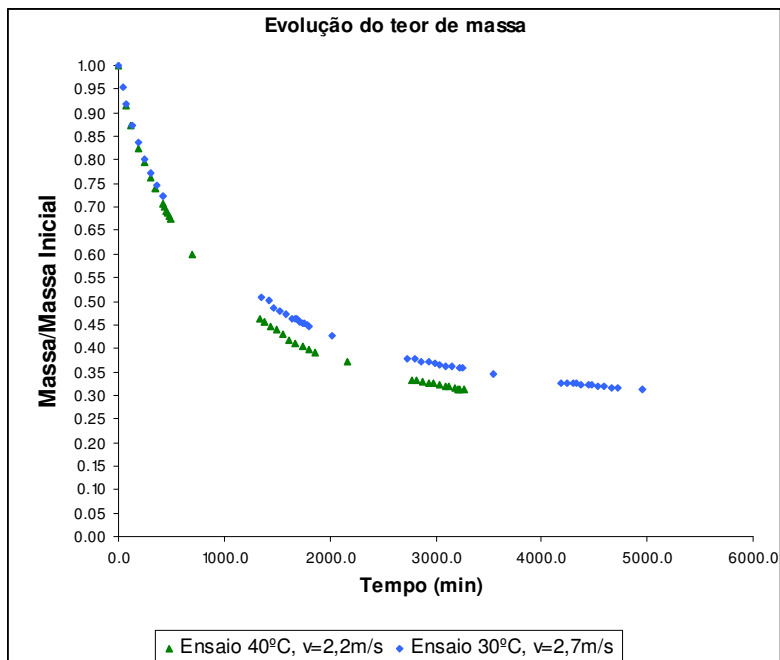


Figura 11 – Evolução da Massa/Massa Inicial, nos ensaios a diferentes temperaturas

De notar mais uma vez o comportamento semelhante das curvas na fase inicial de secagem.

Na fase de desaceleração existe uma maior perda de massa no ensaio a 40°C, ou seja uma secagem mais rápida, antes da estabilização final e consequente estagnação da variação de massa.

Na Figura 12 é possível observar o perfil cinético destas secagens.

Embora os perfis apresentem semelhanças verifica-se, mais uma vez, que para tempos semelhantes e até á fase de estabilização, as variações são superiores no ensaio a 40°C correspondendo a uma maior velocidade de secagem.

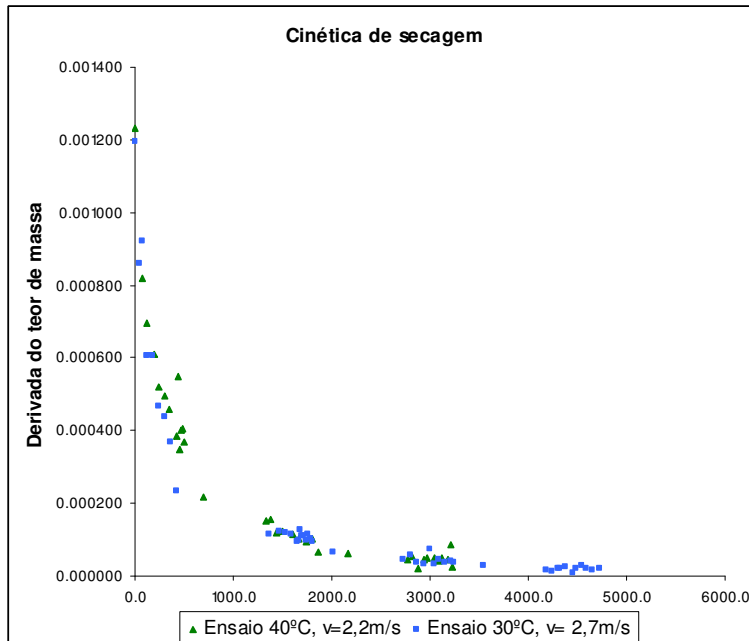


Figura 12 – Derivada do teor de massa ao longo do tempo em ensaios a diferentes temperaturas.

3.3. Características visuais das pêras secadas convectivamente

Nos dois anos em estudo, as pêras secadas convectivamente em túnel foram observadas no final dos ensaios, no sentido de comparar a viabilidade do produto final obtido com o produto tradicional.

Assim denotou-se que a principal diferença se registra ao nível da coloração, que se caracteriza por tons vermelho colorau nas pêras secadas tradicionalmente ao sol. Na secagem convectiva verifica-se a ausência desta pigmentação típica do produto.

No sentido de tentar conferir essas características foram realizadas ensaios isolados com lâmpadas de UV, IV e halogénio.

Os resultados mostraram que apenas com a lâmpada de halogénio foi possível obter alguma coloração residual nas pêras em estudo.

Algumas fotos comparativas entre pêras sujeitas a diferentes tipos de secagem estão presentes na Figura 13, sendo perfeitamente notória a diferença verificada ao nível da côr.

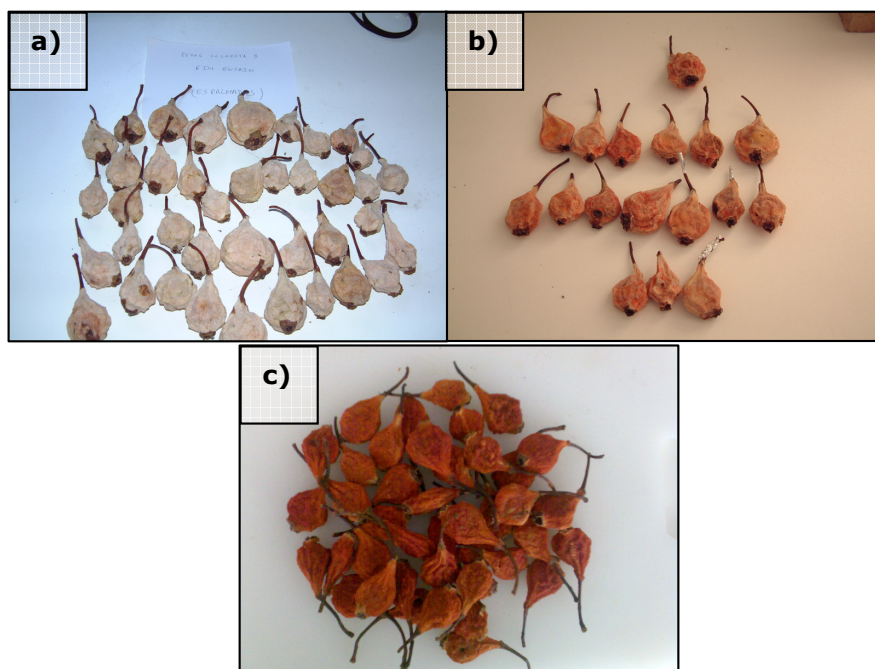


Figura 13 – a) Pêras secadas convectivamente (40°C, velocidade do ar de 2,2 m/s; b) Pêras secadas convectivamente durante 47 horas sob lâmpada de halogéneo (velocidade do ar de 1,7 m/s), c) Aspecto de pêras sujeitas a secagem solar.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que a secagem convectiva apresenta como grandes vantagens relativamente à secagem tradicional, o facto de permitir um maior controlo de operação e a possibilidade de garantir condições de trabalho constantes ao longo da mesma (temperatura e velocidade do ar inalteráveis). Além disso as secagens podem ser realizadas em modo contínuo. Verificam-se curvas de secagem harmoniosas e tempos de secagem geralmente mais rápidos, dependendo das condições impostas.

Os dados obtidos mostram também que existe uma vantagem ao efectuar secagens a 40°C em vez de 30°C, uma vez que se obtém uma maior rapidez do processo e um garante de condições de segurança alimentar do mesmo. Conclui-se também, no conjunto de ensaios, que a temperatura exerce um papel mais decisivo na cinética global do processo de secagem, quando comparada com a velocidade do ar.

Conclui-se também que a secagem convectiva pode servir como alternativa à secagem tradicional por ser um método rápido, mais

facilmente monitorizável e mais independente das condições ambientais. Apresenta contudo limitações ao nível organoléptico, nomeadamente ao nível da caracterização visual, que precisam ainda de ser resolvidas, surgindo a utilização de lâmpadas de comprimento de onda específico, como uma possível solução a explorar.

Referências

- Doymaz I (2005) Sun drying of figs: an experimental study. *Journal of Food Engineering* 71, 403 – 407.
- Ferreira A & Candeias M (2005) Secagem solar de frutos e plantas aromáticas. *Revista de Ciências Agrárias* 28 (1), 363-370.
- Fohr JP & Figueiredo AR (1987) Agricultural solar air collectors: Design and performances. *Solar Energy* 38 (5), 311-321.
- Karathanos VT & Belessiotis (1997) Sun and artificial air drying kinetics of some agricultural products. *Journal of Food Engineering* 31, 35-46.
- Mohamed LA, Kane CSE, Kouhila M, Jamali A, Mahrouz M & Kechaou N (2008) Thin layer modelling of *Gelidium sesquipedale* solar drying process. *Energy Conversion and Management* 49, 940-946.
- Murthy MVR (2009) A review of new technologies, models and experimental investigations of solar driers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, 835-844.
- Mwithiga G & Kigo SN (2006) Performance of a solar dryer with limited sun tracking capability. *Journal of Food Engineering* 74, 247-252.
- Nourhène B, Mohammed K & Nabil K (2008) Experimental and mathematical investigations of convective solar drying of four varieties of olive leaves. *Food and Bioproduct Processing* 86, 176-184.
- Sacilik K, Keskin R & Elicin AK (2006) Mathematical modelling of solar tunnel drying of thin layer organic tomato. *Journal of Food Engineering* 73, 231-238.
- Saleh A & Badran I (2009) Modeling and experimental studies on a domestic solar dryer. *Renewable Energy* 34, 2239-2245.
- Seres I & Farkas I (2007) Determination of air flow pattern during solar drying of fruits using a low range air speed sensor. *Food and bioproducts processing*, 85, 155-162.
- Sharma A, Chen CR & Lan NV (2009) Solar-energy drying systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, 1185-1210.

COMPARAÇÃO DE SECAGENS CONVECTIVAS EM TÚNEL, EM REGIME CONTÍNUO E DESCONTÍNUO

Vítor Silva, Rui Figueiredo, José Costa, Raquel Guiné,
Dulcineia Ferreira, João Gonçalves

RESUMO

A secagem convectiva, em túnel, de pêra *São Bartolomeu*, pode ser efectuada em modo contínuo com equipamentos que imponham valores pré-escolhidos para a temperatura e velocidade do ar de secagem, tornando o processo independente das condições meteorológicas, modo este que não é análogo ao verificado numa secagem solar tradicional, inerentemente descontínua (suspensão do processo nos períodos nocturnos). O presente estudo comparou as eventuais vantagens e desvantagens da utilização de uma metodologia de secagem descontínua, convectiva e forçada em túnel, mais próxima das condições habituais de secagem por via solar, quando comparada com uma secagem contínua, para valores análogos da temperatura e velocidade do ar de secagem. Os resultados demonstram que o tempo total de secagem em modo contínuo é mais curto (um decréscimo de cerca de 28 horas). Contudo, em modo descontínuo, a ventilação e o aquecimento estiveram desligados 67,5 horas, correspondentes a 55,8% do tempo total do ensaio. Foi também verificado que a remoção de água no modo descontínuo foi sempre superior em cada reactivação do sistema de termo ventilação quando comparada com o instante imediatamente anterior à pausa nocturna. Os resultados obtidos evidenciam que o modo descontínuo apresenta reduções substanciais da energia gasta, se bem que à custa de um aumento, em todo o caso relativamente pouco significativo, do tempo total de secagem, o que é um resultado muito interessante do ponto de vista da poupança energética em processos desta natureza.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de secagem solar apresentam algumas limitações. A principal, sem dúvida, é a dependência total das condições meteorológicas existentes (Ferreira & Candeias, 2005). Neste sentido a secagem convectiva em túnel surge como solução (Jannot *et al.*,

2004; Karathanos & Belessiotis, 1997; Koyuncu *et al.*, 2007, Lengyel, 2007; Uribe *et al.*, 2009). Nestes sistemas verifica-se usualmente a presença de uma câmara de secagem à qual é acoplada um sistema de circulação de ar forçado e uma fonte de aquecimento. Nestas circunstâncias o funcionamento do sistema pode ser efectuado em modo contínuo. Tal facto leva à existência de curvas de secagem bem definidas devido à presença de condições constantes ao longo de todo o processo (Guiné *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2009).

A secagem de pêra *São Bartolomeu* é tradicionalmente efectuada sob exposição solar directa (Lima *et al.*, 2009). No entanto outras formas de secagem têm sido desenvolvidas, nomeadamente a utilização de estufas. Para ambos os casos a secagem apresenta sempre um carácter descontínuo (Guiné *et al.*, 2009).

O estudo apresentado de seguida equaciona as vantagens e desvantagens da aplicação de uma metodologia descontínua a processos de secagem convectiva, independentes da luz solar e, desta forma, aplicar à secagem em túnel, condições mais condizentes com as verificadas numa secagem tradicional.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Equipamento de secagem

A câmara de secagem utilizada (Figura 1) consiste numa estrutura de polietileno extrudido de alta densidade de área de secção de 0,24m² com uma capacidade máxima para 170 pêras (variável de acordo com o calibre dos frutos). O tabuleiro inferior com capacidade para aproximadamente 20 pêras encontra-se directamente apoiado numa balança electrónica para aquisição de massa em contínuo. Acoplado à câmara existe um sistema de termo-ventilação que assegura condições homogéneas de temperatura e velocidade do ar.



Figura 1 – Vista frontal da câmara de secagem durante um ensaio.

2.2. Aquisição de massa

A aquisição contínua de massa foi assegurada por uma balança electrónica *FX - 3000* (A&D, Abingdon - UK), com uma precisão de 0,01g. A aquisição de dados foi garantida por um programa em QBasic. Os dados foram recolhidos em intervalos de 60 segundos e resultam de uma media de 4 pesagens por aquisição.

2.3. Aquisição de temperaturas

A temperatura das pêras e do interior da câmara de secagem foi controlada através de termopares conectados a uma interface *PICO TC-08* (Pico Technology, Cambridgeshire - UK) (Figura 2) e os dados adquiridos em intervalos de 60 segundos pelo software *picolog recorder* da mesma companhia. Os termopares foram colocados em locais representativos da câmara de secagem e à superfície e interior de pêras em cada um dos tabuleiros.

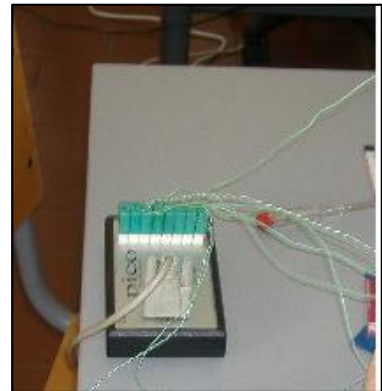


Figura 2 - Interface PICO TC 08

2.4. Humidade Inicial das pêras frescas

Para a determinação da humidade, foram retirados pedaços de pêras pertencentes ao mesmo lote a ser secado (previamente descascadas) e pesados. Os pedaços foram então colocados na estufa *WTC Binder F53* (Tuttlingen, Alemanha) a 115°C, sobre papel de alumínio.

As pêras foram periodicamente retiradas e pesadas numa balança electrónica (*FX - 3000* (A&D company, Abingdon - Reino Unido) até peso constante. A humidade (em base húmida) foi então calculada através da fórmula:

$$\text{Hum}(\%) = \left(\frac{P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}}}{P_{\text{inicial}}} \right) \times 100$$

Em que P_{inicial} e P_{final} representam a massa das pêras antes e após secagem em estufa, respectivamente. Após determinação de humidade individual foi calculada a média e desvio padrão.

Durante os ensaios foi usada a mesma fórmula para determinação da percentagem de humidade em base húmida ao longo processo substituindo P_{inicial} pela massa das pêras em cada instante.

2.5. Preparação das pêras para ensaio

Após colheita as pêras da variedade *São Bartolomeu* foram mantidas no frigorífico até ao dia do ensaio. Após descasque, preservando o pedúnculo intacto, foram distribuídas homogeneamente pela câmara de secagem.

2.6. Parâmetros de secagem

Em ambos os ensaios (modo contínuo e descontínuo) a temperatura foi mantida a 40°C e a velocidade do ar debitada situou-se nos 1,2 (± 0.1) m/s. No ensaio em modo descontínuo o aquecimento e ventilação foram desligados entre as 19h30m e as 9h (período nocturno).

2.7. Metodologia dos ensaios

Foi efectuada a pesagem contínua de 20 pêras em cada um dos ensaios efectuados. A aquisição iniciou-se no instante imediatamente após a activação inicial do sistema de termo-ventilação. Todas as fontes de aquecimento e ventilação foram desligadas no período nocturno referido em **2.6**.

3. RESULTADOS

As figuras 3 e 4 mostram a humidade em base húmida ao longo dos ensaios e a evolução da massa, representada em escala adimensional, para os ensaios em causa.

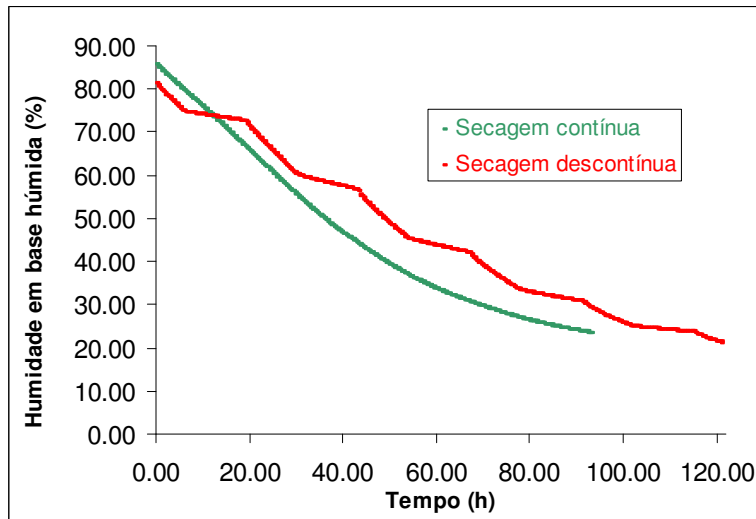


Figura 3 – Evolução da humidade em base húmida ao longo dos ensaios

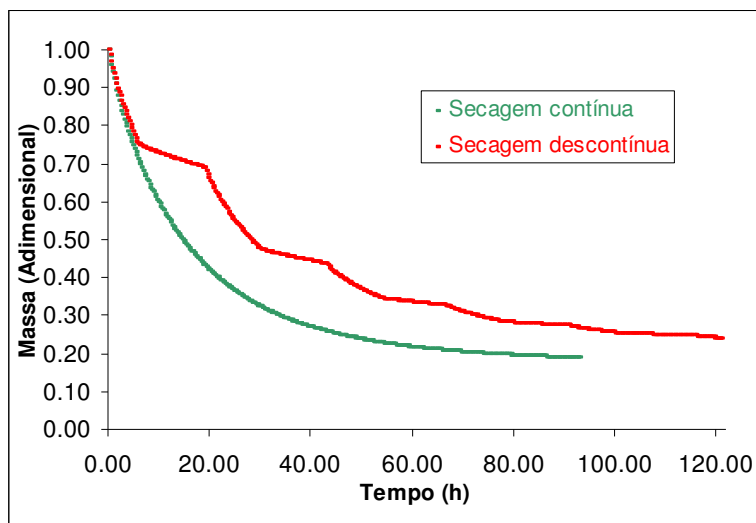


Figura 4 – Evolução da humidade em base húmida ao longo dos ensaios

Observa-se ao longo do processo em contínuo um padrão homogéneo caracterizado por um declive acentuado das curvas de massa e humidade seguida de um segundo patamar de abrandamento das perdas e, finalmente, a estabilização. Os patamares correspondentes ao período nocturno são nitidamente observados na secagem descontínua. É contudo de realçar que nesta fase de interrupção da termo-ventilação do sistema, não se verifica total estabilização de valores ou ganho de massa ou humidade.

Na tabela 1 estão presentes os valores iniciais e finais de humidade e uma análise ao tempo de ensaio e de funcionamento da termo-ventilação em ambos os processos.

Tabela 1 – Humidade inicial e final e tempos de secagem

Tipo de secagem	Humidade inicial em base húmida (%)	Humidade final em base húmida (%)	Tempo total da secagem (horas)	Tempo de funcionamento da termo-ventilação (horas)	Tempo de funcionamento da termo-ventilação (%)
Contínua	85,6	23,5	93	93	100
Descontínua	81,1	21,1	121	53,5	44,2

Verifica-se que, para valores próximos de humidade inicial e final, o ensaio realizado em modo descontínuo demorou mais 28 horas. No entanto a termo ventilação esteve desligada 67 horas e 30 minutos, funcionando apenas 44,2% do tempo total da secagem e, conseqüentemente, menos 39 horas e 30 minutos que no ensaio contínuo.

A evolução da derivada, com sinal negativo, da massa adimensional nos ensaios realizados, está representada na Figura 5:

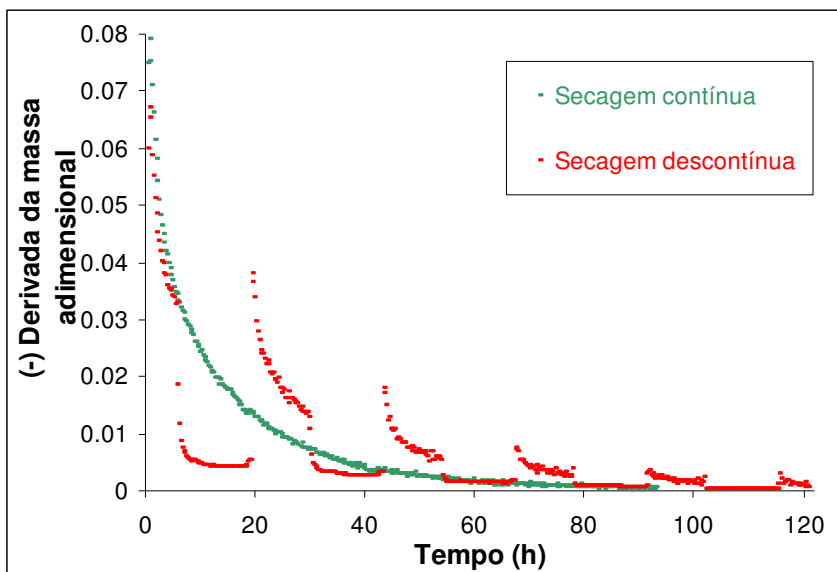


Figura 5 – Derivada, com sinal negativo, da massa (adimensional) ao longo do tempo

É perfeitamente notório, no ensaio descontínuo, que a derivada nunca se iguala a zero, inclusivé nos tempos de suspensão nocturna,

demonstrando que o processo de secagem continua a decorrer nestes períodos. Tal facto mostra que os processos de re-hidratação são negligenciáveis ou mesmo inexistentes. Mais se verifica que, em cada re-activação do sistema, o valor da derivada é superior ao verificado no instante antes da suspensão anterior. Este comportamento sugere que, durante os períodos nocturnos e não obstante a suspensão do aquecimento e ventilação, existe migração da água para a superfície do fruto por fenómenos capilares e conseqüente remoção na re-activação do sistema, com aumento significativo da velocidade de secagem.

3. CONCLUSÕES

O trabalho realizado mostrou que ambos os modos de secagem convectiva em túnel (contínuo e descontínuo), são aplicáveis à secagem de pêra *São Bartolomeu*. Analisando o tempo total de ensaio, o método contínuo revelou ser naturalmente mais rápido. No entanto, a metodologia descontínua apresenta uma redução muito significativa do tempo de operação dos componentes de termo-ventilação do sistema. Além disso, verificam-se no modo descontínuo, maiores velocidades de secagem em cada re-activação após o período nocturno, sugerindo migração de água para a superfície do fruto nos períodos de pausa com conseqüente remoção por acção da termo-ventilação diurna. Por outro lado denota-se que eventuais efeitos de re-hidratação não se manifestam, ou são desprezáveis.

Face ao exposto o processo de secagem convectiva em túnel de modo descontínuo surge como alternativa muito interessante por permitir uma interessante poupança energética, traduzida em menos de 50% de funcionamento das fontes de termo-ventilação durante o ensaio, à custa de um aumento pouco significativo do tempo global de secagem.

Referências

- Ferreira A & Candeias M (2005) Secagem solar de frutos e plantas aromáticas. *Revista de Ciências Agrárias* 28 (1), 363-370.
- Guiné RPF, Barroca MJ, Lopes P, Silva V, Santos M & Ferreira DMS (2009) Comparação entre pêras secadas sob diferentes métodos. *Pêras secadas, Promoção de um produto agro-alimentar tradicional - Acção de divulgação*. Viseu: ESAV.

- Jannot Y, Talla A, Nganhou J, Puiggali J (2004) Modeling of banana convective drying by the drying characteristic curve (DCC) Method. *Drying Technology*, 22 (8), 1949-1968.
- Karathanos VT & Belessiotis (1997) Sun and artificial air drying kinetics of some agricultural products. *Journal of Food Engineering* 31, 35-46.
- Koyuncu T, Pinar Y, Lule F (2007) Convective drying characteristics of azerole red (*Crataegus monogyna* Jack.) and yellow (*Crataegus aronia* Bosc.) fruits. *Journal of food engineering* (78), 1471-1475.
- Lengyel A (2007) The change of body temperature during convective drying of cube-shaped apple pieces. *Drying Technology* (25), 1275-1280.
- Lima MJR, Guiné RPF, Barroca MJ (2009) A pêra passa de Viseu. *Pêras secadas, Promoção de um produto agro-alimentar tradicional – Acção de divulgação*. Viseu: ESAV.
- Silva V, Figueiredo AR, Costa JJ (2009) Secagem convectiva em túnel de pêra São Bartolomeu. *Pêras secadas, Promoção de um produto agro-alimentar tradicional – Acção de divulgação*. Viseu: ESAV.
- Uribe E, Vega-Galvez A, Di Scala K (2009) Characteristics of Convective Drying of Pepino Fruit (*Solanum muricatum* Ait.): Application of Weibull Distribution. *Food and Bioprocess Technology*. (Available online first)

ESTUDO DAS CINÉTICAS EM DIFERENTES SISTEMAS DE SECAGEM DA PÊRA S. BARTOLOMEU

Raquel Guiné, Maria João Barroca

RESUMO

As peras de S. Bartolomeu foram secadas em diferentes estados de maturação, em diferentes anos e por diferentes sistemas de secagem. Os dados experimentais de variação da humidade ao longo do tempo de secagem foram expressados na forma da variável adimensional "razão de humidade" e foram depois ajustados a diferentes modelos cinéticos empíricos frequentemente descritos na literatura como apropriados para descrever as curvas de secagem de variados alimentos.

Dos resultados obtidos foi possível verificar que de uma forma geral todos os cinco modelos testados se revelaram adequados para descrever a cinética de secagem das peras de S. Bartolomeu nas condições ensaiadas, muito embora uns se tenham revelado ligeiramente melhores que outros em determinadas situações.

1. INTRODUÇÃO

A secagem é um processo bastante complexo, onde ocorrem simultaneamente fenómenos de transferência de massa e de calor por vezes difíceis, senão impossíveis, de descrever na sua totalidade (Guiné *et al*, 2009). Estes fenómenos produzem alterações estruturais e ao nível físico-químico nos produtos durante a secagem (Sacilik, 2007).

A análise dos processos de secagem permite a sua compreensão e eventualmente o estabelecimento de condições operatórias adequadas a cada processo e cada produto alimentar (Baini & Langrish, 2007; Fadhel *et al*, 2005). Em termos de engenharia isto é conseguido através da modelização matemática (Chong *et al*, 2008; Lahsasni *et al*, 2004; Roberts *et al*, 2008). Muitos têm sido os modelos matemáticos propostos para descrever processos de secagem, desde modelos muito complexos baseados na difusão até modelos de

camada-limite, os quais podem ser agrupados em teóricos, semi-teóricos e empíricos (Doymaz, 2007).

Os modelos de simulação ajudam no projecto de novos sistemas de secagem, bem como no melhoramento dos existentes. Por outro lado, são também importantes para o controlo das operações de secagem. Na cinética de secagem de produtos alimentares, a constante cinética (K) é normalmente usada. Este parâmetro combina todas as propriedades de transferência e pode ser definido pela equação da camada-limite (Togrul & Pehlivan, 2003).

As equações do tipo camada-limite descrevem os fenómenos de secagem de uma forma unificada, independentemente do mecanismo que controla o processo, e têm sido usados para estimar os tempos de secagem e determinar as curvas de secagem para muitos produtos agrícolas e alimentares. Uma grande variedade destes modelos está disponível na literatura, variando grandemente em natureza, mas tendo em comum a capacidade de descrever com sucesso muitos processos de secagem (Boudhrioua et al, 2008; Togrul & Pehlivan, 2003).

No presente trabalho, as cinéticas de secagem para a pêra de S. Bartolomeu, quando secada em diferentes sistemas de secagem, foram ajustadas a diferentes modelos matemáticos empíricos, no sentido de seleccionar os mais adequados às situações em causa.

2. EXPERIMENTAL

No ano de 2007, as peras foram colhidas em três estágios de maturação, seguindo-se portanto três ensaios de secagem. Nos anos seguintes procedeu-se a uma colheita única. Foram efectuadas secagens em três sistemas diferentes: a estufa solar com ventilação na Escola Superior Agrária de Viseu (ESAV), o secador solar desenvolvido pela Escola Superior de Tecnologia de Viseu (ESTV) e o túnel de secagem desenvolvido pela Universidade de Coimbra (UC), onde o ar de secagem é aquecido através de um colector solar. Os diferentes sistemas de secagem encontram-se pormenorizadamente descritos em outros capítulos deste livro.

Nos sistemas de secagem da ESAV e da ESTV a temperatura e a humidade relativa eram variáveis, de acordo com as condições atmosféricas e com a hora do dia considerada. Contrariamente, no sistema da UC a temperatura era mantida constante em cerca de 41 °C e a velocidade do ar era de 1,1 m/s.

A secagem prosseguiu até que as peras alcançassem um conteúdo de humidade desejado de cerca de 20 % (base húmida). Porém, em certos casos, a humidade final das peras situava-se abaixo desse valor, visto que quando as amostras eram retiradas para análise, a secagem já havia decorrido até uma humidade inferior ao valor considerado óptimo.

Ao longo da secagem a humidade das peras era determinada por amostragem nos sistemas ESAV e ESTV, sendo para as análises utilizada uma balança de halogénio (Halogen Moisture Analyser HG53, Mettler Toledo). No sistema da UC a humidade era determinada por perda de peso, determinada por pesagem contínua do conjunto das peras dentro do secador ao longo da secagem.

3. MODELIZAÇÃO MATEMÁTICA

A cinética de secagem foi monitorizada através da variação da humidade das peras ao longo da secagem, e os dados foram seguidamente expressos sob a forma da variável adimensional "razão de humidade"¹, definida como:

$$MR = \frac{W - W_e}{W_0 - W_e} \quad (1)$$

onde:

MR = razão de humidade

W = conteúdo de humidade no instante t, em base seca,

W₀ = conteúdo de humidade inicial, em base seca,

W_e = conteúdo de humidade no equilíbrio, em base seca.

Para modelizar a cinética de secagem, os pontos experimentais (MT,t) foram ajustados a diferentes modelos empíricos encontrados na literatura, e citados por vários autores, como por exemplo Bainsi & Langrish (2007) ou Togrul & Pehlivan (2003), os quais são apresentados na Tabela 1.

¹ Em Inglês Moisture Ratio (MR)

Tabela 1 – Modelos cinéticos usados para descrever a cinética de secagem das peras.

Model name	Equation
Newton	$MR = \exp(-k t)$
Page	$MR = \exp(-k t^n)$
Henderson & Pabis	$MR = a \exp(-k t)$
Logarithmic	$MR = a \exp(-k t) + c$
Aproximação difusional	$MR = a \exp(-k t) + (1 - a) \exp(-k b t)$

Os ajustes foram obtidos usando o software de computação gráfica SigmaPlot V8.0 (SPSS, Inc.). A qualidade dos ajustes foi avaliada em função do coeficiente de correlação do ajuste (R), o qual indica que o ajuste é tanto melhor, quanto mais próximo de 1 for o valor de R.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Estudo da variação em função do estado de maturação

Na Figura 1 é apresentada a evolução da humidade nas peras, em base húmida (kg água/100 kg material) e em base seca (kg água/kg sólidos secos), ao longo da secagem feita na estufa solar da ESAV no ano de 2007, para as três datas de colheita. Verifica-se que a velocidade de secagem para a primeira colheita foi consideravelmente maior do que nos outros dois ensaios. Apesar da semelhança entres os ensaios da segunda e da terceira colheitas, verifica-se que o ensaio da segunda colheita foi o mais lento. Naturalmente que estas variações estão associadas às circunstâncias climatéricas verificadas durante cada um dos ensaios, que originaram condições de temperatura e humidade relativa no interior da estufa mais ou menos favoráveis à secagem. O gráfico da Figura 1 (esquerda) mostra que existe uma relação aproximadamente linear entre a humidade das peras (em base húmida) e o tempo de secagem. No que respeita aos ajustes, verifica-se que a segunda colheita apresenta uma maior dispersão dos pontos experimentais, resultando num pior ajuste, traduzido pelo valor mais baixo do coeficiente de correlação, R.

Na Figura 2 é apresentada a evolução da razão de humidade calculada segundo a Equação (1), para os três ensaios feitos na estufa solar da ESAV, correspondentes às três colheitas do ano de 2007. No mesmo gráfico são ainda apresentados os ajustes feitos com o modelo

de Newton (Tabela 1), obtidos, como se disse, com o software SigmaPlot. Também neste gráfico se evidencia a diferença entre a velocidade de secagem do primeiro ensaio, relativamente aos outros dois. No que respeita ao desempenho do modelo testado, verifica-se que o mesmo se adequa aos dados experimentais dos três ensaios de secagem, como se pode também verificar pelos valores de R apresentados na Tabela 2.

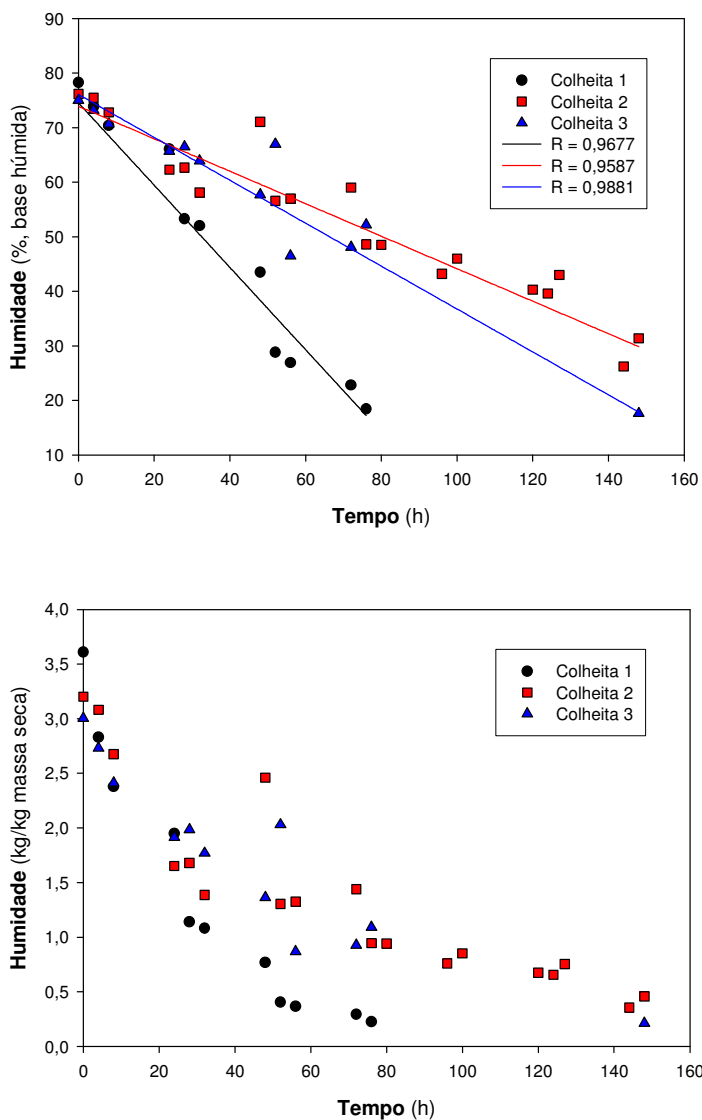


Figura 1 – Variação do conteúdo de humidade das peras (base húmida e base seca) ao longo da secagem feita na Estufa da ESAV em 2007, para as três datas de colheita.

A Tabela 2 resume toda a informação obtida dos ajustes feitos aos diferentes dados experimentais das secagens na ESAV em 2007, quer no que respeita aos valores estimados dos parâmetros de cada modelo, bem como o respectivo desvio padrão e ainda o coeficiente de correlação correspondente, indicador da qualidade de cada ajuste.

Tabela 2 – Ajustes feitos aos dados cinéticos das secagens na ESAV em 2007 com as três colheitas de peras.

Modelo	Parâmetros	Colheita 1	Colheita 2	Colheita 3
Newton	k(±dp)	0.0425(±0.0033)	0.0185(±0.0013)	0.0192(±0.0011)
	R	0.9818	0.9617	0.9840
Page	k(±dp)	0.0534(±0.0217)	0.0539(±0.0154)	0.0228(±0.0095)
	n(±dp)	0.9334(±0.1184)	0.7416(±0.0628)	0.9554(±0.1079)
	R	0.9823	0.9789	0.9843
Henderson & Pabis	a(±dp)	0.9605(±0.0486)	0.9320(±0.0453)	0.9758(±0.0360)
	k(±dp)	0.0407(±0.0040)	0.0170(±0.0015)	0.0186(±0.0015)
	R	0.9830	0.9662	0.9847
Logarítmico	a(±dp)	-0.0813(±0.0865)	0.1302(±0.0368)	-0.0712(±0.1015)
	k(±dp)	1.0241(±0.0825)	0.8610(±0.0508)	1.0378(±0.0958)
	c(±dp)	0.0330(±0.0075)	0.0272(±0.0045)	0.0162(±0.0033)
	R	0.9852	0.9750	0.9857
Aproximação difusional	a(±dp)	1.0000(±0.0000)	1.0000(±0.0000)	1.0000(±0.0000)
	k(±dp)	0.0425(±0.0037)	0.0185(±0.0013)	0.0190(±0.0013)
	b(±dp)	1.0000(±0.0000)	1.0000(±0.0000)	1.0000(±0.0000)
	R	0.9818	0.9617	0.9841

dp = desvio padrão

Da observação da Tabela 2 verifica-se que o modelo Henderson & Pabis é muito semelhante ao modelo de Newton, com os valores de a muito próximos de 1 e os valores da constante cinética, k, muito parecidos com os do modelo de Newton. No que respeita à aproximação difusional, também esta vai de encontro ao modelo de Newton, com os parâmetros a e b iguais à unidade e constantes cinéticas iguais ao modelo de Newton. Ao comparar a performance dos diferentes modelos, verifica-se que qualquer dos modelos: Newton, Page, Henderson & Pabis ou Logarítmico, pode ser usado para representar a cinética de secagem das peras de S. Bartolomeu nas condições destes ensaios, atendendo aos valores relativamente elevados dos coeficientes de correlação. Contudo, para os ensaios 1 e 3 o melhor modelo é o Logarítmico, com valores de R de 0.9852 e

0,9857, respectivamente, enquanto que para o segundo ensaio, o modelo que se revelou melhor foi o Page, com $R = 0.9789$.

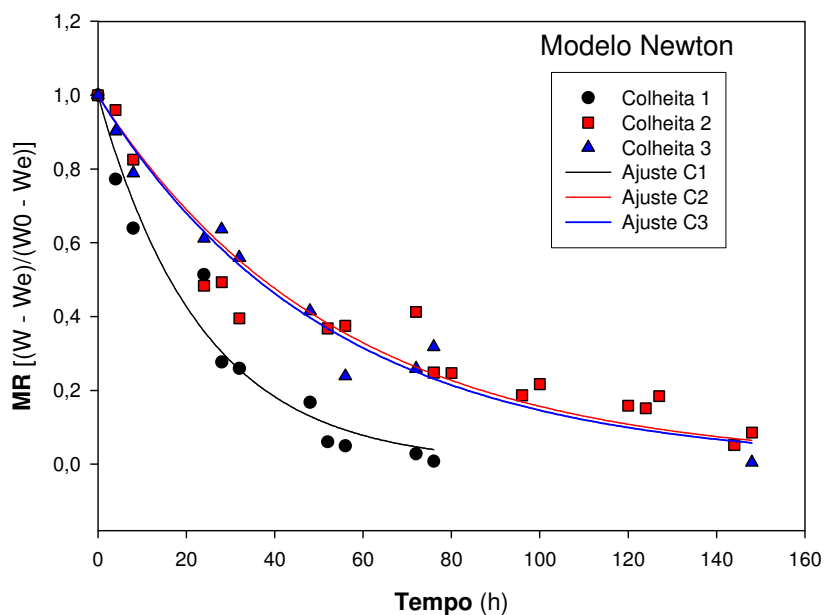


Figura 2 – Variação da razão de umidade ao longo do tempo para os três ensaios de secagem de 2007 na ESAV, e ajuste com o modelo de Newton.

Verificou-se então do anteriormente exposto que os melhores modelos são o Page e o Logarítmico. A Figura 3 mostra assim os dados experimentais das três colheitas conjuntamente com os ajustes feitos com os dois modelos mencionados.

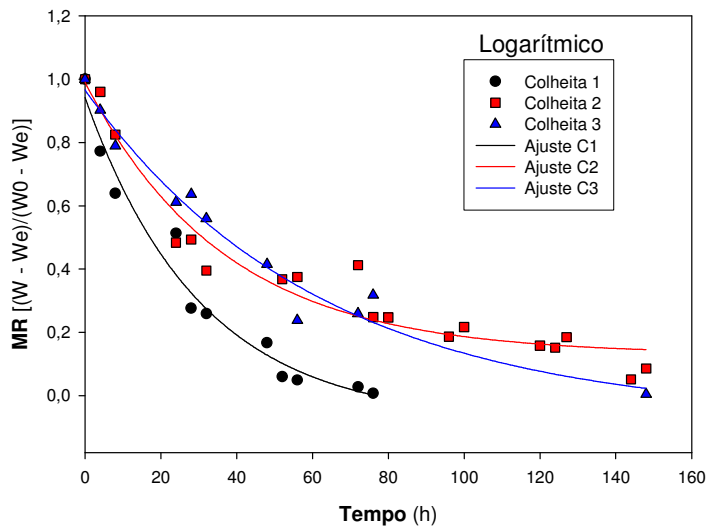
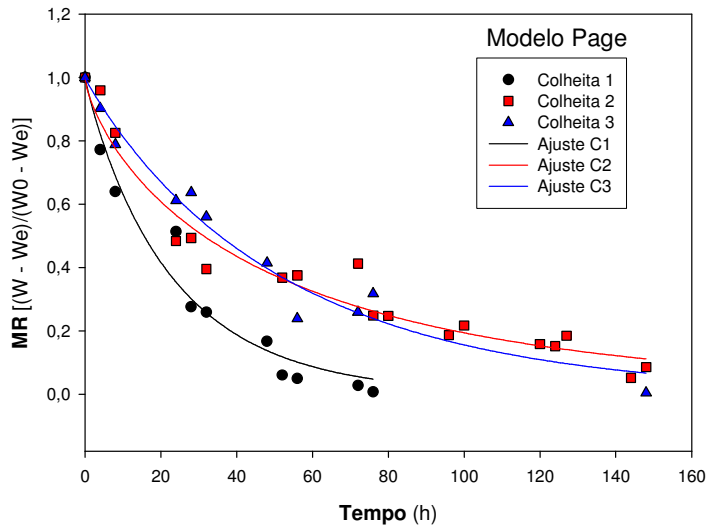


Figura 3 – Variação da razão de humidade ao longo do tempo para os três ensaios de secagem de 2007 na ESAV, e ajustes com os modelos de Page e Logarítmico.

A Figura 4 mostra para os dados da secagem referente à segunda colheita, os ajustes feitos com os cinco modelos. É possível observar que, embora com configurações ligeiramente, todos os modelos revelam claramente qual o tipo de evolução que se verificou neste ensaio de secagem.

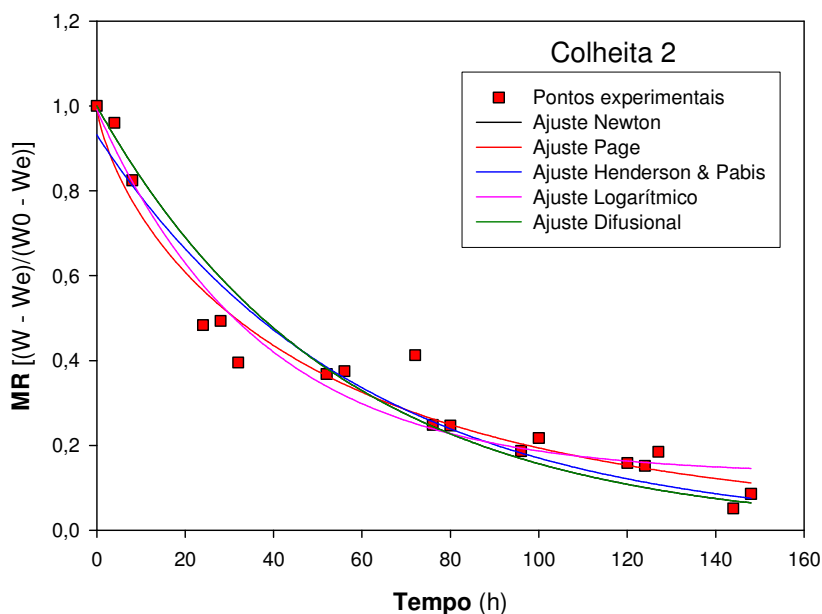


Figura 4 – Ajuste com vários modelos aos dados do segundo ensaio de secagem de 2007 na ESAV.

4.2. Estudo da variação ao longo dos 3 anos de estudo

Na Figura 5 apresentam-se os dados cinéticos das secagens efectuadas na estufa solar da ESAV, ao longo de três anos consecutivos (2007 a 2009). Conjuntamente com os dados experimentais são ainda apresentadas as curvas de secagem resultantes dos ajustes feitos com os modelos de Newton e Henderson & Pabis, cujos resultados são apresentados na Tabela 3. Verifica-se que nos diferentes ensaios a velocidade de secagem é diferente, resultando em tempos de secagem também diferentes, sendo o ano de 2008 o que apresenta o tempo de secagem mais longo. Estas diferenças devem-se ao facto de ser uma secagem feita pela acção do sol, o que a torna muito dependente das condições climáticas na altura da realização do ensaio, e naturalmente que essas condições variam de ensaio para ensaio. No que respeita ao desempenho dos

dois modelos testados, verifica-se que são muito semelhantes, sendo, contudo, o modelo de Henderson & Pabis apenas ligeiramente melhor, como se pode verificar pelos valores de r apresentados na Tabela 3.

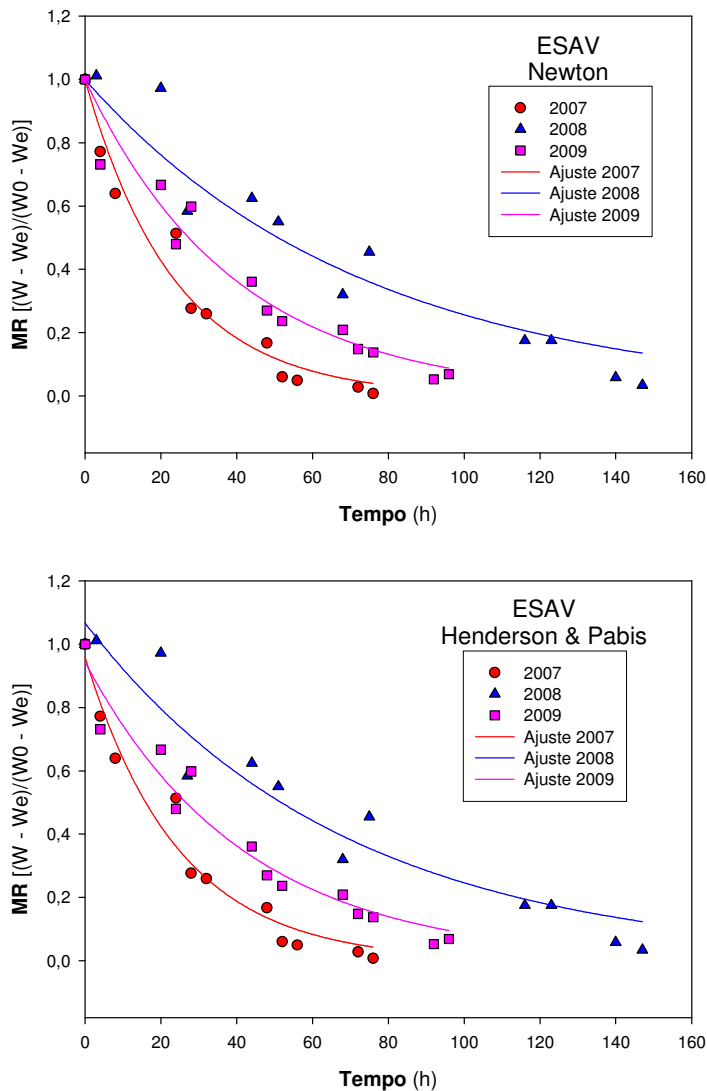


Figura 5 – Ajuste aos dados cinéticos das secagens na ESAV ao longo de três anos, com os modelos de Newton e Henderson & Pabis.

Os gráficos da Figura 6 representam os dados cinéticos das secagens efectuadas no túnel de secagem da UC, ao longo do mesmo período de três anos. Também neste caso os dados foram ajustados com os modelos de Newton e Henderson & Pabis, sendo os resultados apresentados na Tabela 3. Nos gráficos da Figura 6 observa-se que os

ensaios de secagem nos anos de 2007 e 2008 revelaram um comportamento cinético muito semelhante, enquanto os dados relativos ao ano de 2009 são ligeiramente diferentes, tendo o ensaio demorado mais tempo. Também neste caso os dois modelos testados apresentam uma boa capacidade preditiva do comportamento cinético das peras nas condições ensaiadas. No entanto, neste caso não se consegue identificar qual dos modelos será o melhor, em virtude de o Newton ser ligeiramente melhor no ano de 2007, mas ligeiramente pior no ano de 2009, sendo ainda que em 2008 eles são equivalentes, atendendo aos valores do coeficiente de correlação, R, apresentado na Tabela 3.

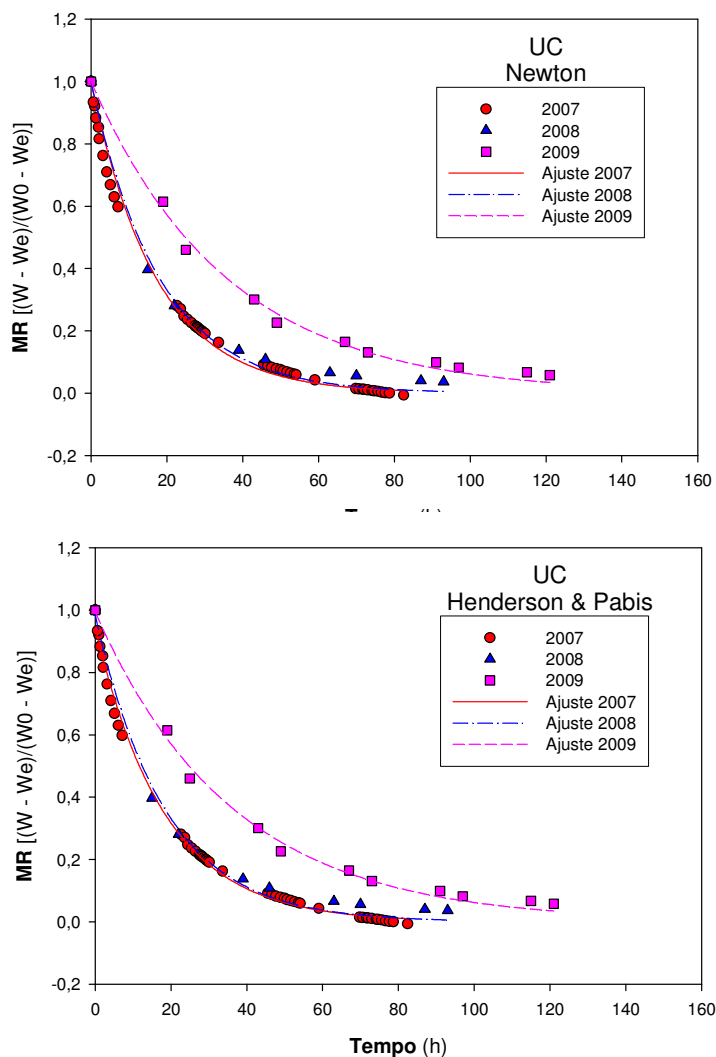


Figura 6 – Ajuste aos dados cinéticos das secagens na UC ao longo de três anos, com os modelos de Newton e Henderson & Pabis.

Tabela 3 – Ajustes feitos aos dados cinéticos das secagens na ESAV e na UC em três anos de estudo.

ESAV				
Modelo	Parâmetros	2007	2008	2009
Newton	k(±dp)	0.0425(±0.0033)	0.0136(±0.0013)	0.0253(±0.0017)
	R	0.9818	0.9637	0.9726
Henderson & Pabis	a(±dp)	0.9605(±0.0486)	1.0677(±0.0617)	0.9443(±0.0480)
	k(±dp)	0.0407(±0.0040)	0.0147(±0.0017)	0.0239(±0.0021)
	R	0.9830	0.9679	0.9756
ESTV				
Modelo	Parâmetros	2007	2008	2009
Newton	k(±dp)	0.0580(±0.0012)	0.0551(±0.0027)	0.0278(±0.0007)
	R	0.9958	0.9951	0.9971
Henderson & Pabis	a(±dp)	0.9455(±0.0075)	0.9851(±0.0318)	0.9950(±0.0216)
	k(±dp)	0.0546(±0.0009)	0.0544(±0.0032)	0.0277(±0.0009)
	R	0.9980	0.9952	0.9841

dp = desvio padrão

4.3. Estudo da variação em função do sistema de secagem

As figuras 7 e 8 apresentam os dados experimentais obtidos para os ensaios de secagem realizados durante o verão de 2009 nos três sistemas de secagem testados: a estufa solar da Escola Superior Agrária de Viseu, o secador solar da Escola Superior de Tecnologia de Viseu e o túnel de secagem da Universidade de Coimbra. Conjuntamente com os dados experimentais são também apresentados os ajustes feitos com os modelos Henderson & Pabis e Logarítmico, sendo os resultados dos ajustes apresentados na Tabela 4. Pode ser verificado que o modelo que melhor se adequa a descrever o comportamento cinético das peras é o Logarítmico, apresentando maiores valores de R para os ajustes feitos a todos os ensaios. Porém, a diferença para o modelo Henderson & Pabis não é significativa.

No que respeita à comparação entre os dados cinéticos dos três sistemas de secagem, verifica-se que a secagem na UC foi a mais

lenta enquanto a secagem na ESTV foi a mais rápida. Contudo, a regularidade dos dados é pior na ESTV, apresentando variações maiores e uma dispersão dos dados maior. Uma vez mais se verifica que a secagem na UC se apresenta em termos cinéticos como a mais regular, o que se traduz em melhores ajustes, com valores de R de 0.9971 e 0.9983, que são os mais elevados.

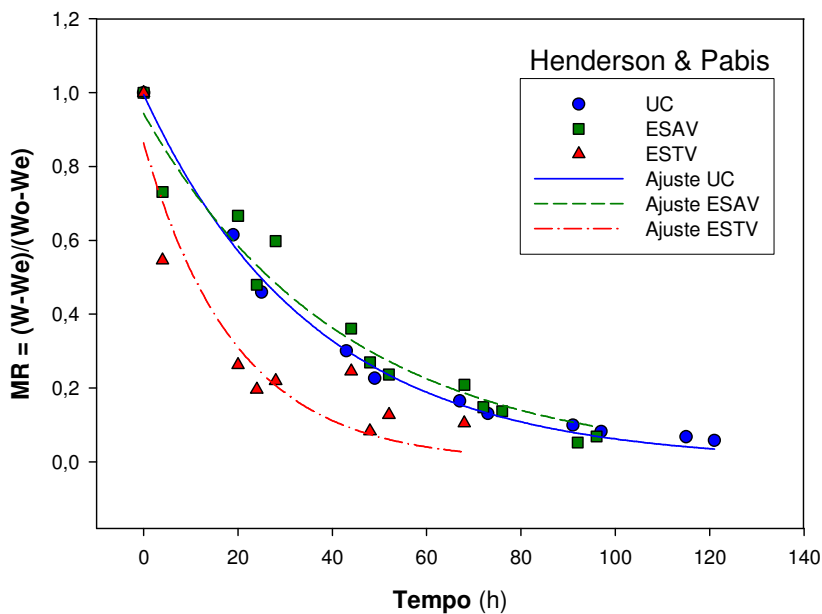


Figura 7 – Ajuste com o modelo Henderson & Pabis aos dados dos vários sistemas de secagem em 2009.

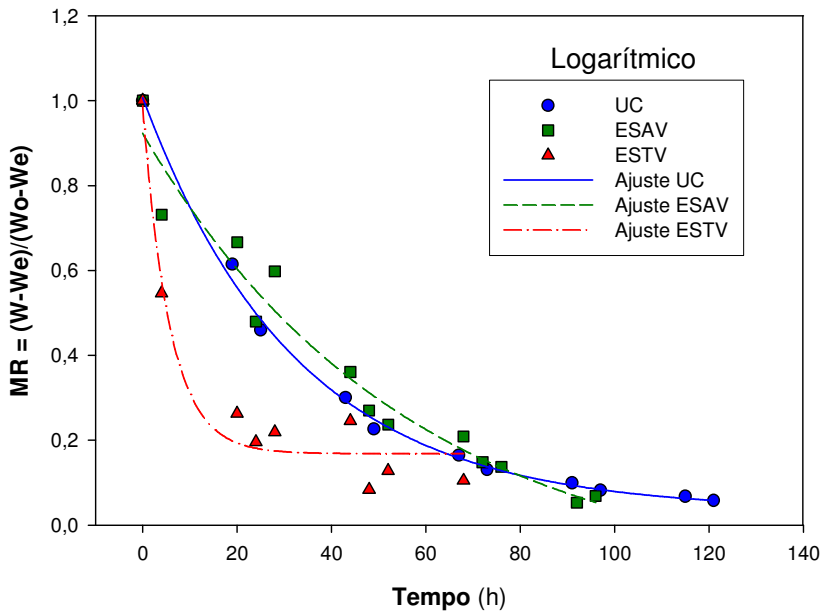


Figura 8 – Ajuste com o modelo Logarítmico aos dados dos vários sistemas de secagem em 2009.

Tabela 4 – Ajustes feitos aos dados cinéticos das secagens nos três sistemas em 2009.

Modelo	Parâmetros	H&P	Log
ESAV	a (±dp)	0.9443(±0.0480)	1.0592(±0.1347)
	k (±dp)	0.0239(±0.0021)	0.0179(±0.0053)
	c (±dp)	--	-0.1364(±0.0492)
	R	0.9756	0.9786
ESTV	a (±dp)	0.8645(±0.0897)	0.8195(±0.0698)
	k (±dp)	0.0511(±0.0099)	0.1745(±0.0458)
	c (±dp)	--	0.1685(±0.0273)
	R	0.9369	0.9802
UC	a (±dp)	0.9950(±0.0216)	0.9725(±0.0200)
	k (±dp)	0.0277(±0.0009)	0.0308(±0.0016)
	c (±dp)	--	0.0347(±0.0136)
	R	0.9971	0.9983

dp = desvio padrão

5. CONCLUSÃO

Do trabalho realizado foi possível concluir que todos os modelos testados se adequam a descrever a cinética de secagem das peras S. Bartolomeu nas diferentes condições testadas. Ainda assim, verifica-se que em determinadas circunstâncias alguns modelos se apresentam melhores que outros.

Foi possível ainda concluir que o comportamento cinético das peras não varia grandemente ao longo dos anos, quando a secagem é efectuada sob condições controladas, como no caso do túnel de secagem, mas que variam consideravelmente quando a secagem é feita sob a influência directa do sol, e portanto dependente das condições climatéricas.

Referências

- Baini R & Langrish TAG (2007) Choosing an appropriate drying model for intermittent and continuous drying of bananas. *Journal of Food Engineering*, 79, 330-343.
- Boudhrioua N, Kouhila M & Kechaou N (2008) Experimental and mathematical investigations of convective solar drying of four varieties of olive leaves. *Food and Bioproducts Processing*, 86(3), 176-184.
- Chong CH, Law CL, Cloke M, Hii CL, Abdullah LC & Daud WRW (2008) Drying kinetics and product quality of dried chempedak. *Journal of Food Engineering*, 88, 522-527.
- Doymaz I (2007) The kinetics of forced convective air-drying of pumpkin slices. *Journal of Food Engineering*, 79, 243-248.
- Fadhel A, Kooli S, Farhat A & Bellghith A (2005) Study of the solar drying of grapes by three different processes. *Desalination*, 185, 535-541.
- Guiné R, Lopes P, Barroca MJ & Ferreira DMS (2009) Effect of ripening stage on the solar drying kinetics and properties of S. Bartolomeu pears (*Pyrus communis* L.). *International Journal of Academic Research*, 1(1), 46-52.
- Lahsasni S, Kouhila M, Mahrouz M & Jaouhari JT (2004) Drying Kinetics of Prickly Pear Peel (*Opuntia ficus indica*). *Journal of Food Engineering*, 61, 173-179.
- Roberts JS, Kidd DR & Padilla-Zakour O (2008) Drying kinetics of grape seeds. *Journal of Food Engineering*, 89(4), 460-465.
- Sacilik K (2007) Effect of drying methods on thin-layer drying characteristics of hull-less seed pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Journal of Food Engineering*, 79, 23-30.
- Togrul I & Pehlivan D (2003) Modelling of drying kinetics of single apricot. *Journal of Food Engineering*, 58(3), 23-32.

COMPARAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE PERAS SECADAS POR MÉTODOS DIFERENTES

Fernando J. Gonçalves, Raquel Guiné, Maria João Barroca

RESUMO

Neste trabalho a pera de S. Bartolomeu foi submetida a três processos de secagem: secada em estufa solar, em secador solar e em túnel com aquecimento solar indirecto.

Apesar das diferenças os processos de secagem revelaram uma tendência similar nos 3 anos de estudo. As secagens em estufa solar e secador seguiram uma relação linear, enquanto no caso da secagem em túnel verificou-se um decaimento exponencial.

No final das secagens, as peras apresentavam propriedades físico-químicas semelhantes entre si.

1. INTRODUÇÃO

A designação “pera passa de Viseu” aplica-se às peras da variedade de S. Bartolomeu (*Pyrus communis*) submetidas a um processo de secagem artesanal, por exposição directa ao sol (Ferreira & Candeias, 2005). No entanto este processo tem associados alguns problemas, como a excessiva dependência das condições meteorológicas, ou a presença de infestantes que podem causar danos no produto final (Sharma *et al.*, 2009).

Neste trabalho foram usados três processos de secagem, alternativos à secagem tradicional. Dois sistemas directos de secagem em estufa e em secador e um sistema indirecto, de secagem em túnel, em que o produto não contacta com a radiação solar.

Os objectivos deste estudo foram determinar o estado de maturação das peras mais adequado à secagem e comparar algumas propriedades das peras secadas pelos três sistemas de secagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foram secadas peras de S. Bartolomeu, provenientes da região de Oliveira do Hospital.

As colheitas foram efectuadas em árvores representativas do pomar tendo em atenção o estado de maturação do fruto. Após a colheita as peras foram transportadas numa mala térmica e acondicionadas (6°C) até à tarefa seguinte. Uma parte das peras foi analisada em fresco, e as restantes foram descascadas e secadas inteiras.

No final da secagem as peras foram, espalmadas, deixadas 2 horas à temperatura ambiente e colocadas no frio (6°C) e analisadas.

2.1 Processos de secagem

As peras foram secadas por 2 métodos por acção directa solar (em estufa e secador) e por um método indirecto (em túnel). Ao longo dos processos de secagem foram retiradas duas peras para monitorizar a secagem. As secagens foram dadas como concluídas quando o teor de humidade das pêra era de 20% em base húmida ou quando a diminuição da massa era desprezável.

Secagem em estufa. As secagens em estufa foram realizadas na Escola Superior Agrária de Viseu (ESAV). As peras foram colocadas a secar sobre redes de nylon na estufa solar com vidro de horticultura e que possuiu um ventilador de ar. Durante a secagem das peras, foram controladas a temperatura e a humidade no interior da estufa.

Secagem em secador. A secagem em secador foi realizada com aquecimento solar directo na Escola Superior de Tecnologia de Viseu.

Secagem em túnel. A secagem em túnel por convecção forçada foi realizada numa unidade de secagem P.A. Hilton, com velocidade do ar de $2,2 \text{ ms}^{-1}$ e com aquecimento solar indirecto. Este ensaio foi realizado na Universidade de Coimbra (UC).

2.2 Análises Físico-Químicas

Humidade. A determinação da humidade é feita pela diferença da massa inicial da amostra e da massa final após aquecimento até massa constante. Na determinação foi usada uma balança de Halogénio Hg53 Mettler Toledo. - Fonte de calor: lâmpada de Halogénio; - Temperatura de secagem: 115 °C; - Velocidade de secagem: 3 (intermédia);

Dureza da polpa. A dureza da polpa do fruto depende da temperatura ambiente. A uma maior temperatura corresponde uma maior respiração do fruto e logo uma menor dureza (fruto dilatado). Como tal, após a colheita os frutos devem estabilizar termicamente. Para a determinação deste parâmetro foram utilizados um penetrómetro mod. FT 011 (0-11Lbs.) (fig, 2) e um Texturómetro TA.XTplus Texture Analyser/Texture Exponent Software.

Na determinação com o penetrómetro utilizou-se uma ponteira de 8mm indicada para pêras. As condições de utilização do texturómetro foram as seguintes: velocidade de pré-teste = 1 mm/seg, velocidade de teste = 5 mm/seg, velocidade de pós-teste = 10 mm/seg, distância = 10 mm; força = 0,0050 kg;

Índice refractométrico. O índice refractométrico (medido em ° Brix) dá indicação sobre a quantidade de matéria seca solúvel na amostra, da qual 80% são açúcares. Este índice depende fortemente da temperatura que se verificou no mês anterior ao mês da colheita. Se a temperatura foi elevada espera-se um teor de matéria seca solúvel elevado. Para de medição deste parâmetro utilizou-se um refractómetro portátil Atago 9207 (0 ~ 90%).

Índice de regressão do amido. Durante a maturação da pêra o amido transforma-se por hidrólise em açúcares solúveis. Assim, este teste dá indicação da quantidade de amido existente no fruto e, conseqüentemente, uma indicação do seu estado de maturação (a uma menor quantidade de amido corresponde um maior teor de açúcares e, portanto, uma maturação mais avançada).

Acidez. O teste para a acidez foi efectuado segundo a norma NP - 1421 em uso. O método de extracção seguiu a norma 783 para amostras sólidas. Para a titulação da amostra utilizou-se um titulador automático TitraLab TIM840 and TIM845 Titration Workstations.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Controlo do estado de maturação das peras para secagem (2007)

No primeiro ano do projecto, com o objectivo de determinar as melhores características das peras para secagem, estas foram colhidas em três estados distintos de maturação. As peras foram analisadas em fresco e após secagem em estufa.

As secagens tiveram uma duração entre e 78 horas (± 3 dias) e 215h (± 9 dias). Os diferentes tempos comprovaram a elevada

dependência das condições atmosféricas a que o processo de secagem solar está sujeito. Apesar dos diferentes tempos de secagem o aspecto das peras, no final da secagem, era semelhante entre si.

As figuras 1 e 2 mostram os valores da dureza, acidez, humidade, total de sólidos solúveis e massa média das peras em fresco e secadas para as três colheitas efectuadas (27 de Julho, 10 e 20 de Agosto).

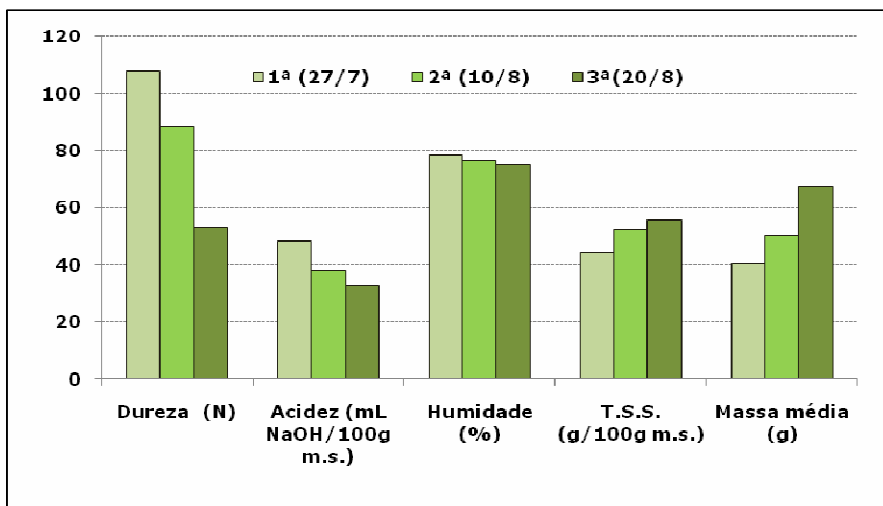


Figura 1: Propriedades físico-químicas das peras em fresco para as três colheitas, realizadas (27 de Julho, a 10 e 20 de Agosto).

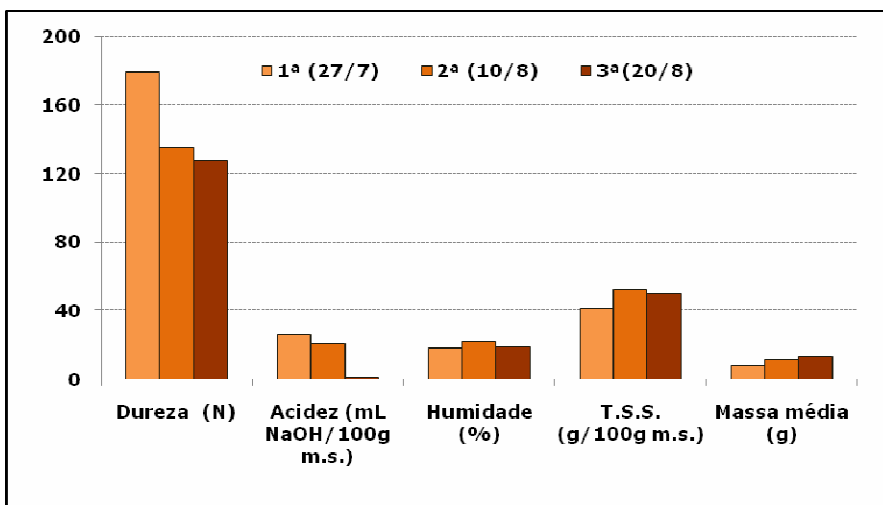


Figura 2: Propriedades físico-químicas das peras secadas para as três colheitas, realizadas (27 de Julho, a 10 e 20 de Agosto).

De uma maneira geral, podemos dizer que a tendência verificada para as peras em fresco se manteve após secagem. Verificou-se uma diminuição bastante acentuada da dureza, e uma ligeira diminuição da

acidez ao longo da maturação dos frutos, enquanto o teor de sólidos solúveis e a massa aumentou.

As peras secadas foram submetidas a uma avaliação sensorial. O painel considerou que as peras secadas em estufa tinham um aspecto e dureza semelhantes ao do produto obtido do modo tradicional.

As peras secadas provenientes da primeira colheita foram consideradas num estado de maturação precoce para o consumo. As peras da secagem da segunda colheita foram as preferidas do painel de provadores, apresentando um aroma intenso, um sabor mais agradável e menor adstringência. Assim, o estado de maturação correspondente à 2ª colheita foi considerado o mais adequado à secagem, funcionando como um indicador para as colheitas em anos futuros.

3.2 Comparação da secagem em estufa solar e em túnel (2007)

Paralelamente à secagem em estufa, as peras provenientes da 2ª colheita foram, também, secadas em túnel. A figura 3 ilustra o aspecto das peras no início das secagens e no final das secagens. As peras secadas em estufa apresentavam cor castanha avermelhada, semelhante à secagem natural. As peras secadas em túnel resultaram em frutos com coloração bege e textura granulosa, pouco doces e adstringentes, muito ácidos e com aroma desagradável. Este facto poderá dever-se à ausência de incidência directa de luz solar.



Figura 3: Aspecto das peras: a) início da secagem b) secagem em estufa; c) secagem em túnel.

A Figura 4 mostra os resultados obtidos na determinação da dureza da polpa, da acidez, da humidade, do teor de sólidos solúveis (TSS) e a massa média das peras em fresco e secadas.

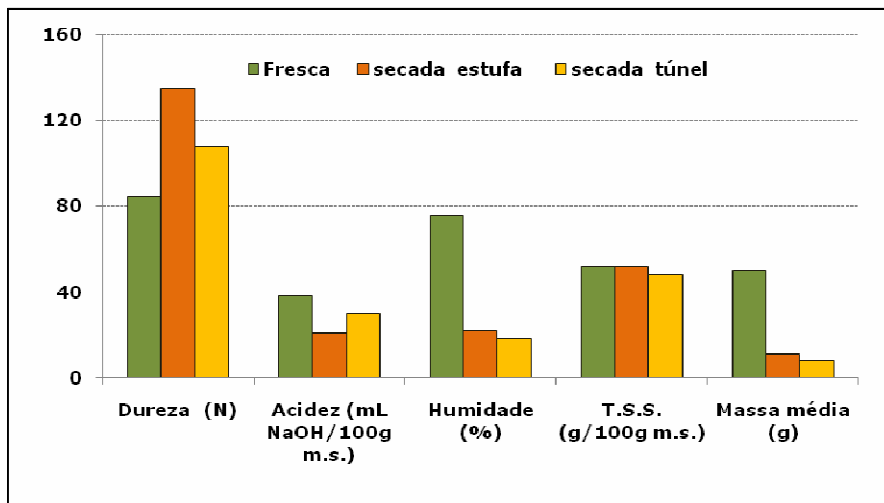


Figura 4: Propriedades físico-químicas das peras em fresco e secadas em estufa solar e em túnel, no ano de 2007 para a colheitas de 10 de Agosto).

A análise da figura 4 permite verificar que as peras secadas apresentavam valores de dureza superiores aos da pera em fresco. Por outro lado, as peras secadas tinham valores inferiores de acidez, humidade e massa, em particular as peras secadas em estufa. A diminuição da acidez pode indicar que parte da acidez se deve a ácidos voláteis que são libertados durante o processo de secagem, devido aos níveis elevados de temperatura. A secagem em estufa originou uma redução do teor em humidade e da massa média de pera ligeiramente inferior à secagem em túnel.

3.3 Comparação dos processos de secagem em estufa, secador solar e túnel (2008 e 2009)

Nos anos de 2008 e 2009 as peras foram secadas por acção directa do sol (em estufa e em secador solar) e por acção indirecta da sol (em túnel). A figura 5 mostra a evolução dos teores de humidade ao longo dos processos de secagem.

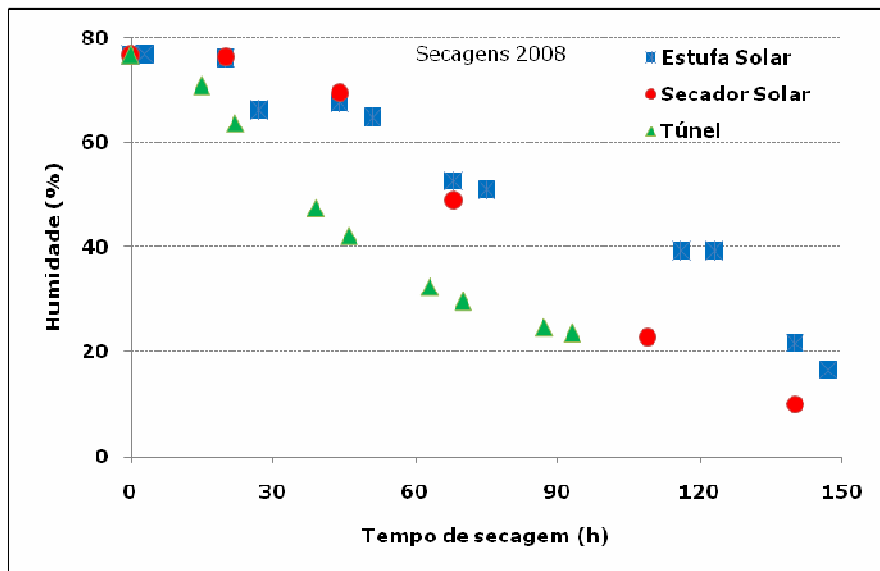


Figura 5: Evolução da percentagem de humidade ao longo das secagens realizadas no ano de 2008.

Pela análise da figura 5 é possível verificar que a secagem em túnel leva a uma redução mais rápida dos teores de humidade das peras. A secagem em túnel durou 93h, enquanto que foram necessárias 109h e 140h para atingir os mesmos valores de percentagem de humidade, para a secagem em túnel e em estufa, respectivamente.

Na figura 6 é possível observar a evolução da razão entre o teor de sólidos totais e a acidez ao longo da secagem. Para qualquer um dos processos de secagem existiu uma tendência para o aumento desta razão ao longo da secagem, sendo ligeiramente superior no caso da secagem em estufa. O aumento desta razão deveu-se essencialmente a uma diminuição da acidez, uma vez que o teor em sólidos solúveis se manteve praticamente constante ao longo das secagens.

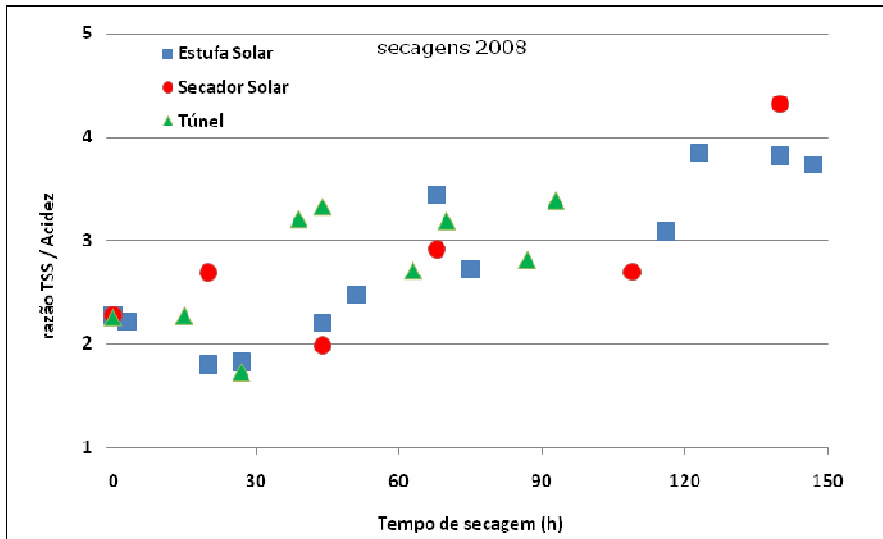


Figura 6: Evolução da razão TSS/acidéz ao longo dos diferentes processos de secagem no ano de 2008.

No final das secagens, as peras foram caracterizadas do ponto de vista físico-químico. Foram também analisadas peras secadas pelo processo tradicional. Os resultados obtidos para a humidade, acidez e sólidos totais solúveis estão representados na figura 7.

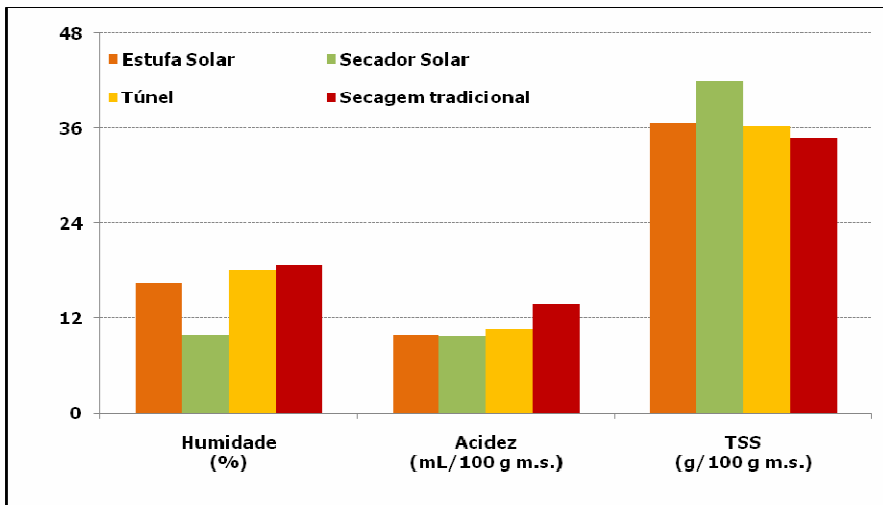


Figura 7: Propriedades físico-químicas das peras secadas em estufa solar, secador solar, em túnel e pelo processo tradicional, no ano de 2008.

A figura 7 mostra que, de acordo com os parâmetros analisados, os processos de secagem estudados deram origem a peras com características semelhantes à secagem tradicional. As peras secadas tradicionalmente apresentaram valores mais elevados de acidez e valores mais baixos de sólidos totais solúveis.

No ano de 2009 as peras foram novamente submetidas aos três processos de secagem: Estufa solar, secador solar e túnel. A evolução da percentagem de humidade ao longo das secagens realizadas no ano de 2009 está representada na figura 8.

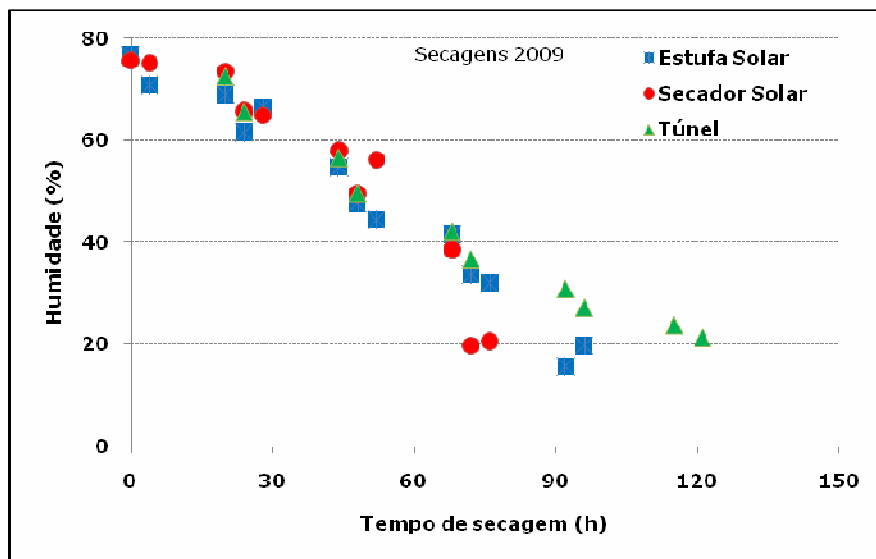


Figura 8: Evolução da percentagem de humidade ao longo das secagens realizadas no ano de 2009.

Os resultados de 2009 mostraram uma evolução nos teores de humidade semelhante às secagens de 2008. A secagem em estufa e em secador revelaram um decaimento linear da percentagem da humidade, enquanto a secagem em túnel revelou um decaimento exponencial. No entanto, os processos de secagem em estufa e em secador foram significativamente mais curtos em 2009 do que em 2008. A secagem em estufa passou de 140h para 92h e a secagem em secador de 109 para 76h em 2009. Este facto deveu-se ao facto das condições climáticas em 2009 terem sido mais favoráveis à secagem, uma vez que estes dois processos estão dependentes da acção directa do sol. Em ambos os anos, a secagem em secador foi mais rápida, demorando cerca de 80% do tempo necessário para a secagem em estufa.

Na figura 9 é possível observar a evolução da razão entre o teor de sólidos totais e a acidez ao longo da secagem no ano de 2009. Para qualquer um dos processos de secagem verificou-se, à semelhança do ano anterior, um aumento desta razão ao longo da secagem. No entanto, este aumento foi mais pronunciado que no ano anterior.

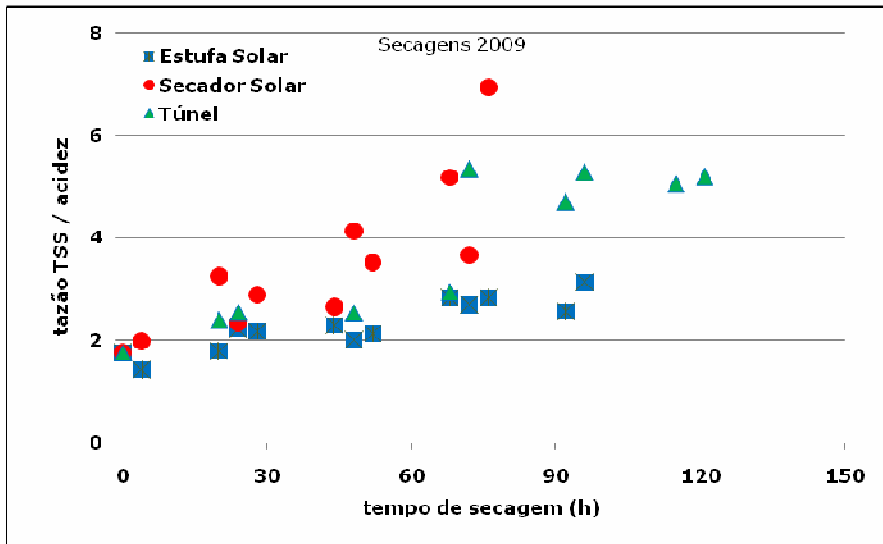


Figura 9: Evolução da razão TSS/acidez ao longo dos diferentes processos de secagem no ano de 2009.

No caso da secagem em túnel, verificou-se, não só, uma tendência para a diminuição da acidez, mas também para o aumento do TSS. Ao contrário de 2008, foi na secagem em estufa que esta tendência foi menos evidente.

Os valores de humidade e acidez (figura 10) obtidos para as peras secadas foram semelhantes, independentemente do processo de secagem usado. Por outro lado, as peras secadas em túnel, apresentavam um teor em sólidos totais solúveis cerca de 75% superior a apresentado pelas peras secadas por acção directa do sol.

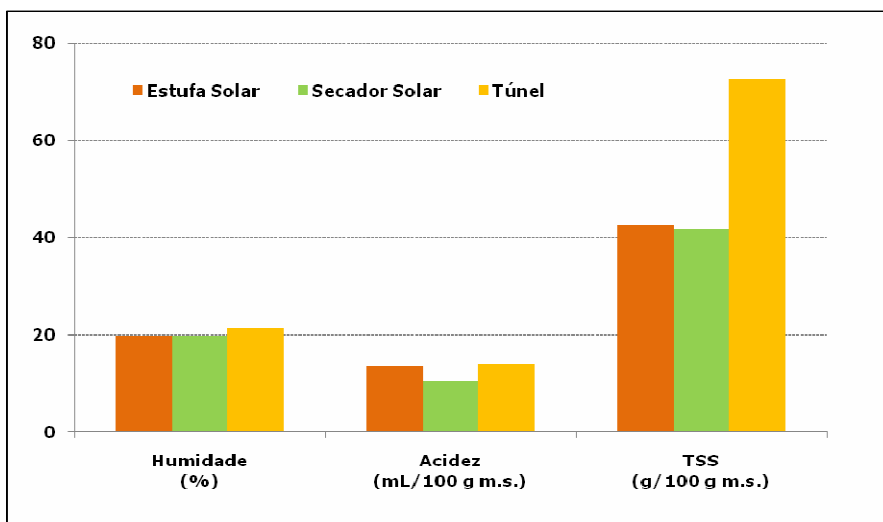


Figura 10: Propriedades físico-químicas das peras secadas em estufa solar, secador solar e em túnel, no ano de 2009.

A figura 11 ilustra o aspecto das peras no final dos processos de secagem tradicional (A), em estufa solar (B), em secador solar (C) e em túnel (D).

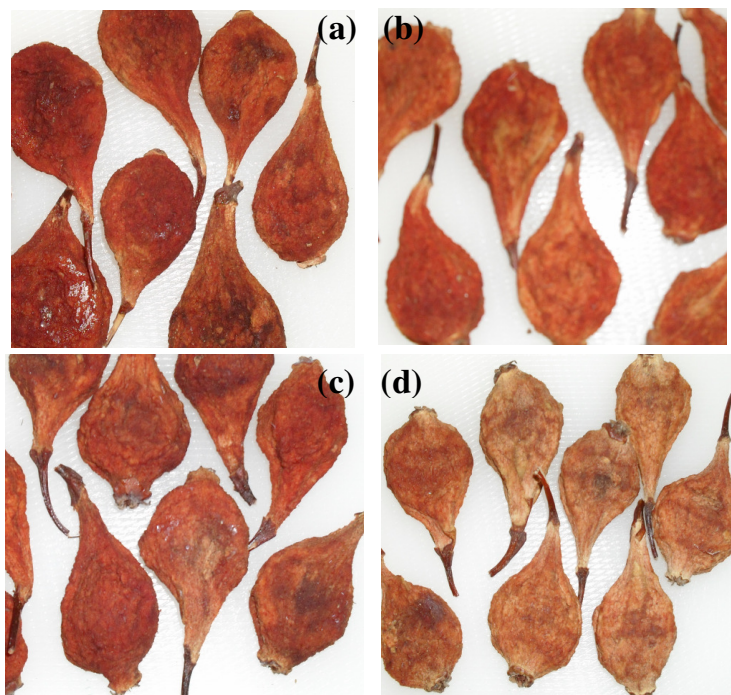


Figura 11: Aspecto das peras no final das secagens em 2009.

Por análise da figura é possível verificar que as peras secadas em estufa e secador solar apresentavam uma cor mais semelhante às da secagem tradicional, do que as peras secadas em túnel. No entanto, quando comparadas com as secadas em 2007, as peras secadas em túnel em 2009 possuem uma cor mais próxima da cor exibida pelas peras secadas pelo processo tradicional.

3. CONCLUSÃO

A secagem em estufa, em secador e em túnel mostraram-se sistemas adequados à secagem de peras, visto serem eficientes no que respeita à remoção da humidade dos frutos, permitindo, portanto, a sua conservação.

A velocidade de secagem em estufa e secador solar apresentou um comportamento linear, enquanto a secagem em túnel teve um decaimento exponencial.

Os três processos de secagem originaram peras secadas com propriedades físico-químicas comparáveis. Relativamente à cor, as peras secadas por acção directa do sol assemelhavam-se mais às do que as peras secadas em túnel às secadas tradicionalmente.

A duração das secagens pelos processos directos mostraram-se fortemente dependentes das condições climáticas, enquanto o processo de secagem em túnel está menos dependente das mesmas.

Referencias

- Ferreira A& Candeias M. 2005. Secagem solar de frutos e plantas aromáticas. *Revista de Ciências Agrárias*, 28 (1), 363-370.
- Sharma A, Chen CR & Lan NV. 2009. Solar-energy drying systems: a review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 13, 1185-1210.

CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA E FÚNGICA DE PERAS SECADAS POR DIFERENTES PROCESSOS

Inês Almeida, Elisa Costa, Raquel Guiné

RESUMO

A conservação de peras pela secagem ocorre principalmente devido à inibição do crescimento microbiano, tornando a pêra secada um alimento mais seguro para os consumidores. Nos frutos secados, os fungos só podem causar deterioração caso a actividade da água (a_w) seja relativamente elevada, uma vez que não há crescimento microbiano para valores de a_w inferiores a 0,60.

As peras secadas estudadas foram obtidas por diferentes processos de secagem: Tradicional por exposição directa ao sol, numa estufa solar na Escola Superior Agrária de Viseu (ESAV), num secador solar na Escola Superior de Tecnologia de Viseu (ESTV) e num túnel de secagem na Universidade de Coimbra (UC).

Pretendeu-se isolar e caracterizar morfológicamente leveduras e bolores a partir de amostras em estudo, pela técnica de cultura, método padrão de referência segundo a norma International Organization for Standardization ISO- 21527- 2 de 2008. A caracterização físico-química das 17 amostras em estudo teve por base a determinação dos valores de actividade de água (a_w) e humidade.

Para a obtenção de isolados de leveduras e fungos filamentosos, foi realizada a inoculação das respectivas amostras em estudo num meio de cultura selectivo, o SDA (Sabouraud Agar), suplementado com cloranfenicol. As placas foram examinadas de 2 a 2 dias durante os 7 dias de incubação, uma vez que os fungos filamentosos apresentam um crescimento muito rápido, podendo mascarar o crescimento de leveduras. Durante o exame das placas foi registado a presença ou não de leveduras e fungos filamentosos, assim como o número e aspecto morfológico.

Os resultados obtidos da caracterização bioquímica das amostras em estudo demonstram que todas as amostras apresentam uma actividade da água inferior a 0,60.

Após incubação dos inóculos só se observou o crescimento de um bolor nas amostras de pêra secada pelo método tradicional, o que nos permite concluir que as amostras em estudo, dado aos seus valores baixos em a_w e humidade, não permitem o crescimento e proliferação dos mesmos.

1. INTRODUÇÃO

As leveduras e os bolores estão incluídos no reino dos Fungos, que são organismos eucariotas heterotróficos, na sua maioria saprófitas, obtendo nutrientes a partir de matéria orgânica em decomposição, e estão particularmente envolvidos na mineralização da matéria orgânica do solo. A maioria apresenta um genoma haplóide e a parede celular é composta tipicamente por quitina e glucanos. Crescem melhor no escuro e habitats húmidos (Loguercio-Leite *et al*, 2005; Deacon, 2006; Santos *et al*, 2009). Os verdadeiros bolores e leveduras que produzem ascósporos nos ascos estão incluídos na classe dos Ascomycetes. Outros formam basidiósporos nos basídios, por isso pertencem à classe dos Basidiomycetes, e outros ainda por não se conhecer o ciclo de reprodução sexuada estão incluídos nos Deuteromycetes (Pelczar *et al*, 1980). Os verdadeiros bolores podem ainda ser incluídos na classe dos Zygomycetes por produção sexuada formando o zigoto que origina os zigósporos ou assexuada onde o esporangióforo reproduz os esporangiósporos (Pelczar *et al*, 1980).

Os fungos são ubíquos, podendo, por isso ser isolados de vários ambientes: do ar, das superfícies, das plantas, do solo, dos alimentos e da nossa pele. Para se conseguir caracterizar morfológicamente os fungos é necessário escolher meios de cultura e condições de incubação adequadas ao tipo de Fungos a pesquisar.

1.1. Bolores

Os bolores são seres pluricelulares, constituídos por filamentos de células filiformes, longas e ramificadas, denominadas de hifas, que formam um micélio (Prescott *et al* 1996).

Em alguns fungos, existem septos ao longo de toda a hifa, resultantes da invaginação da parede do filamento, denominadas hifas septadas, que podem ser mononucleados ou multinucleados (Prescott *et al*, 1996). Em outros fungos o fluxo do protoplasma através das hifas é interrompido pelas paredes transversais ou septos, derivadas das paredes dos filamentos, estas hifas são chamadas de hifas não-septadas (cenocíticas) (Pelczar *et al*, 1980).

Os bolores podem reproduzir-se através de esporos assexuados ou sexuados. Os esporos sexuados são produzidos menos frequentemente e menos abundantemente do que os assexuados. Com frequência podem ser só produzidos em circunstâncias especiais,

de modo que é possível estarem ausentes no cultivo de fungos em meios comuns (Pelczar *et al*, 1980).

Fisiologicamente, os bolores adaptam-se a sobrecargas mais severas do que a maioria dos microrganismos. Podem crescer em substratos com concentrações elevadas de açúcar e em concentrações altas de ácidos, suportando variações de pH entre 2 e 9, embora o óptimo para a maioria das espécies esteja entre 5 e 6. Ainda que a humidade seja exigida para o seu desenvolvimento e que possam captar água da atmosfera ou do meio nutritivo, os bolores são capazes de sobreviver em alimentos desidratados, produzindo esporos ou entrando em estado de vida latente (Pelczar *et al*, 1980). Aqueles que podem crescer a uma actividade da água inferior a 0,85 são designados de xerófilos, como por exemplo o *Aspergillus glaucus* (Christian, 1980).

No caso dos bolores o micélio pode ser visualizado a olho nu, como um conjunto confuso de fios finos que pode ser incolor ou colorido, dependendo da espécie. Os bolores podem estar presentes nos alimentos de três formas: i) no estado vegetativo, isto é, sob a forma de micélio sem produção de estruturas de reprodução especializadas; ii) no estado reprodutivo, com formação de esporos; iii) sob a forma de esporos ou estruturas de resistência. Nos dois primeiros casos, o bolor está a crescer no substrato, podendo produzir e excretar enzimas de degradação e/ou metabolitos secundários, como micotoxinas; no terceiro caso, podem colonizar o substrato, mas não estão activos metabolicamente. Ao microscópio óptico é possível distinguir três morfologias das hifas: as sepadadas mononucleadas, as septadas multinucleadas e as cenocíticas. (Pelczar *et al*, 1980; Loguercio-Leite *et al*, 2005).

Outro aspecto é a coloração da parede, que nos bolores é determinada por diferentes pigmentos (Hosoe *et al*, 1999; Sakaki *et al*, 2000), encontrados principalmente na parede, mas que também podem estar presentes nos fluidos, livres da parede e, estão, geralmente, na forma de grânulos (Butler e Day, 1998). Os pigmentos da parede, frequentemente polifenólicos, funcionam presumivelmente como reforço da rede de proteínas e polissacarídeos, através de ligações cruzadas oxidativas ou pela impregnação com um polímero hidrofóbico (Peter, 2001). Tais pigmentos podem conferir diferentes colorações às culturas e às frutificações. Muitas micotoxinas também são pigmentadas, como por exemplo, as naftoquinonas de *Penicillium* e *Aspergillus* (Buzzini e Martini, 1999; Durán *et al*, 2001).

1.2. Leveduras

As leveduras são fungos unicelulares que se reproduzem assexuadamente, por gemulação ou fissão binária. Em algumas leveduras, a divisão celular ocorre sexuadamente através da formação de esporos. As leveduras apresentam-se com células de formas variadas, geralmente redondas, ovóides ou cilíndricas (Loguercio-Leite *et al*, 2005).

Quando ocorrem em conjunto em diversos substratos (frutas, material em decomposição, paredes, lentes de vidro, entre outros) as culturas (ou colónias) de leveduras podem ser vistas a olho nu. Apresentam, quando isoladas *in vitro*, cores variadas e aspecto céreo brilhante, similares às bactérias. No geral, as células das leveduras são maiores do que as bactérias, as suas dimensões variam consideravelmente, com limites desde 1 a 5 μm de largura e 5 a 30 μm (ou mais) de comprimento. Cada espécie tem uma forma característica mas, mesmo em culturas puras, há consideráveis variações de tamanho e de forma das células individuais, dependendo da idade e do ambiente. Apesar das leveduras se apresentarem na forma unicelular, em condições especiais podem desenvolver pseudohifas que se assemelham ao crescimento micelial dos bolores. Estes são designados de fungos dimórficos e incluem várias espécies patogénicas para os humanos, por exemplo *Candida albicans* que geralmente cresce na forma de levedura nas mucosas dos humanos e forma hifas para invadir os tecidos do hospedeiro (Prescott *et al*, 1996; Loguercio-Leite *et al*, 2005; Deacon, 2006). Podem ocorrer variações fenotípicas das leveduras numa cultura, como alteração da forma colonial lisa para a forma rugosa. As leveduras podem perder a capacidade de esporular, se forem mantidas, durante longos períodos de tempo, em meios artificiais (Pelczar *et al*, 1980; Loguercio-Leite *et al*, 2005).

Em meios de cultura apropriados, as colónias de leveduras variam quanto ao tamanho, à textura e aos bordos. Por exemplo, algumas colónias são lisas, outras enrugadas; algumas são achatadas, outras elevadas; algumas têm bordos inteiros, outras apresentam bordos irregulares ou filamentosos. As colónias jovens têm uma consistência comparável à de uma pasta espessa, a qual, após o envelhecimento, se torna mais espessa e mais seca; podem ser produzidos pigmentos (Pelczar *et al*, 1980).

Algumas variedades de leveduras podem crescer na presença de altas concentrações de açúcar, que restringe o fornecimento de humidade, designadas de leveduras osmófilas, como por exemplo *Zygosaccharomyces rouxii*. As leveduras crescem numa ampla faixa de variação térmica, de 0 a 47°C; algumas não se desenvolvem acima de 15°C, enquanto outras não se reproduzem abaixo dessa temperatura. A temperatura óptima para a maioria das leveduras é de 20 a 30°C, embora as espécies patogénicas cresçam bem entre 30 e 37°C. Aceita-se, em geral, que as leveduras crescem melhor em meios ácidos, com pH entre 3,5 e 3,8, contudo os limites de tolerância estão situados entre pH 2,2 e 8,0 de acordo com as diversas espécies (Pelczar *et al*, 1980).

As leveduras encontram-se abundantemente na natureza, particularmente em frutas, vegetais e cereais. O seu crescimento está limitado à superfície externa dos frutos sãos e intactos, não existindo internamente qualquer contaminação (Tibori e Larry, 1996).

Na indústria alimentar as leveduras desempenham um papel importante. São utilizadas no fabrico do pão e na produção de bebidas alcoólicas. No entanto, as leveduras podem ser também agentes de contaminação e deterioração dos alimentos devido à sua capacidade de crescer a temperaturas baixas e à sua tolerância a ambientes de stress físico-químicos, como são os utilizados na conservação de alimentos (Mendes-Ferreira, 2000). Por esta razão, são frequentemente isoladas de produtos com elevadas concentrações de açúcar, particularmente espécies do género *Zygosaccharomyces* (Tibori e Larry, 1996).

Algumas leveduras apresentam também a capacidade de causarem doenças em humanos, plantas e animais. As leveduras são patogénicos oportunistas capazes de provocar doenças em hospedeiros que apresentem um sistema imunitário que se encontre comprometido ou disfuncional (Van Burik e Magee, 2001).

1.3. Os fungos e a conservação dos alimentos

Os alimentos não apresentam somente um valor nutricional, para quem os consome, mas também um meio de cultura ideal para o desenvolvimento microbiano (Ferreira e Sousa, 1998). Os microrganismos apresentam um papel importante na indústria alimentar, podendo ser utilizados para a transformação de alimentos, como por exemplo vinhos, queijos e pão. Dependendo do tipo de microrganismos e a sua proliferação pode resultar a conservação ou

deterioração dos alimentos. No entanto, os alimentos podem ser veículos de transmissão de doenças, pelo que a sua detecção e controlo de patogénicos como de microrganismos de alteração, são importantes aspectos da microbiologia dos alimentos (Ferreira e Sousa, 1998).

A deterioração dos alimentos pode ser resultante de factores físicos, modificações químicas, actividade biológica e desenvolvimento microbiano (Forsythe e Hayes, 1998). O último factor vai ser explicitado de seguida realçando a sua importância na sanidade dos alimentos.

São vários os factores intrínsecos e extrínsecos aos alimentos que afectam o desenvolvimento microbiano. Os factores intrínsecos, relacionados com o próprio alimento, incluem o pH, o teor de humidade, a actividade de água (a_w), o potencial de oxidação-redução, os nutrientes, os constituintes antimicrobianos e as estruturas biológicas (Ferreira e Sousa, 1998). Quanto aos factores extrínsecos, relacionados com o ambiente de armazenamento, incluem a temperatura humidade relativa e presença e concentração de gases (CO_2 e O_2) (Jay, 1991).

A conservação de alimentos pela secagem ocorre principalmente devido à inibição do crescimento microbiano, contudo, os microrganismos não são necessariamente eliminados. Sob o ponto de vista qualitativo e quantitativo, os microrganismos presentes num alimento processado dependem da qualidade microbiológica do produto fresco e dos procedimentos seguidos até ao seu embalamento (Ferreira e Sousa, 1998). O crescimento dos microrganismos pode ser prevenido devido à redução do conteúdo de humidade do ambiente abaixo do nível crítico. Esse nível crítico é determinado por características particulares dos microrganismos e pela capacidade da água se ligar no alimento (actividade da água, a_w), o que reduz a humidade livre (Pelczar *et al*, 1996). A a_w da maioria dos alimentos frescos é de 0,99. Enquanto os frutos secados genericamente compreendem valores de a_w entre 0,85 e 0,61 (Christian, 1980), ou seja, os fungos só podem causar deterioração caso a a_w seja relativamente elevada, pois não há crescimento microbiano para valores de a_w abaixo de 0,60 (Silliker *et al*, 1980). Os bolores xerófilos e as leveduras osmófilas são os microrganismos que habitualmente alteram os alimentos com actividades de água entre 0,85 e 0,61, e na tabela 2 pode-se ver alguns exemplos desses bolores e leveduras. Os bolores desenvolvem-se à superfície se

existem condições de aerobiose e as leveduras fermentativas na espessura destes produtos, produzindo dióxido de carbono (Christian, 1980). Os bolores são germes com menor grau de exigência em energia, fonte de azoto, vitaminas e minerais, seguidos pelas leveduras e bactérias (Silliker *et al*, 1980).

O pH dos alimentos é de extrema importância, atendendo a que valores baixos de pH favorecem o crescimento de leveduras e bolores. A temperatura e a humidade relativa são importantes factores extrínsecos que podem determinar a alteração microbiana dos alimentos (Jay, 1991). Também a atmosfera onde os alimentos são conservados é muito importante, entre outros. Todos estes factores estão relacionados directa ou indirectamente com a actividade da água do alimento. Quando um destes valores se desvia do valor óptimo pode haver um estreitamento do intervalo da actividade da água favorecendo o crescimento microbiano. Produtos alimentares com pH inferior a 5,0 ou com a_w inferior a 0,90 são estáveis e não requerem refrigeração (Christian, 1980). Para valores de a_w inferiores a 0,70 a deterioração é improvável que apareça antes de duas semanas de conservação e há poucos tipos de microrganismos que se desenvolvam. Para valores inferiores a 0,65, poucos microrganismos são capazes de crescer, e a deterioração é improvável que ocorra antes dos dois anos de conservação (Jay, 1991).

No caso dos frutos, os fenómenos de alteração são iniciados pelos bolores, cujas enzimas contribuem para o amolecimento e posterior penetração de outros micróbios através da membrana exterior. Vários bolores são capazes de produzir micotoxinas que se tornam tóxicas para os humanos e animais. Algumas espécies destes bolores podem atravessar a pele do fruto e produzir micotoxinas no interior antes e depois da recolha (Silliker *et al*, 1980).

As peras antes de submetidas ao processo de secagem apresentam uma humidade de cerca de 80%, e no final da secagem há uma diminuição para cerca de 20%. Comparando o teor de humidade das peras secadas pelos diferentes processos, as que têm valores mais baixos de humidade são as secadas na estufa solar da ESTV, verificando-se valores de humidade semelhantes entre as peras secadas tradicionalmente e as secadas no túnel de secagem da UC (Guiné *et al*, 2009). As peras secadas na estufa solar da ESAV, segundo Barroca *et al* (2006), apresentam uma actividade da água de 0,47. A pêra secada tem um teor de humidade relativamente baixo (cerca de 20%), e uma actividade da água muito baixa, o que inibe ou

retarda o crescimento microbiano e, conseqüentemente, confere maior segurança alimentar (Barroca *et al*, 2006).

Nos bolores associados à deterioração dos alimentos podemos considerar três grupos: os que colonizam as plantas durante todo o seu ciclo de vida e que se tornam mais abundantes com a senescência dos tecidos vegetais (*Alternaria*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Epicoccum*, *Phoma*, *Pleospora*, *Trichothecium* e *Mucurales*); os de armazenagem que se desenvolvem após a colheita das plantas e que tendem a substituir os bolores primários como é o caso dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*; os que tendem a instalar-se numa fase posterior como os gêneros *Chaetomium* e *Sordaria* (Ascomycota) (Lopes e Martins, 2010).

Na pêra os bolores mais encontrados são: *Rhizopus*, *Podosphaera*, *Penicillium*, *Alternaria*. *Rhizopus* e *Penicillium* são fungos xerófilos como tal estes podem suportar o método de secagem. Nas frutas secas ao sol o grupo mais comum é o dos fungos, dos quais *Aspergillus* é o mais encontrado, como o *Aspergillus flavus* (Silliker *et al*, 1980).

As espécies do género *Aspergillus* são fungos xerófilos e na maioria saprófitas ou patogénicos oportunistas de plantas, capazes de crescer até baixas actividades de água e com temperaturas elevadas, dominando ambientes quentes e/ou secos. Adicionalmente, algumas espécies de *Aspergillus* são termófilas, capazes de crescer até temperaturas máximas de 55 °C, como por exemplo *A. fumigatus*. As espécies de *Aspergillus* regra geral crescem rápido, apesar de tardarem mais a esporular. Os seus esporos são resistentes à radiação solar e a agentes químicos (Pitt e Hocking, 1997). O fungo filamentososo *Aspergillus* aparece na cor amarela, verde ou preta em largo número nos alimentos (Christian, 1980).

Os géneros *Rhizopus*, *Penicillium* e *Aspergillus* podem ser distinguidos pela visualização microscópica de características particulares (Levy, 2000).

Em termos gerais, a segurança alimentar é conseguida através da aplicação de boas práticas de fabrico. Que por si só, não garante que os alimentos processados estejam isentos de microrganismos patogénicos. O objectivo é a obtenção de alimentos com o mais baixo teor de microrganismos e que seja seguro para o consumidor. O seu sucesso de aplicação na indústria alimentar, depende dos esforços que previamente forem feitos, no sentido de limitar o número de pontos críticos a controlar (Forsythe e Hayes, 1998).

2. EXPERIMENTAL

2.1. Determinação da actividade de água

Para exprimir o grau de água livre nos alimentos recorreu-se ao conceito de actividade da água (a_w). Este parâmetro é muito importante pois a água disponível é um dos principais factores externos que mais contribui para o desenvolvimento microbiano. Os valores da a_w variam entre 0 e 1 (para a água pura).

A a_w das amostras foi determinada com Higrómetro BTSR1. Este equipamento mede a humidade relativa (HR) gerada pela amostra, numa câmara isolada, à temperatura desejada (por exemplo 25°C) que deve ser estabilizada.

A leitura da humidade relativa foi feita à temperatura de 25°C \pm 2°C e após o valor de HR ter estabilizado, e a a_w foi calculada por: $a_w = HR/100$.

2.2. Avaliação da humidade

A avaliação da humidade foi utilizada para determinar a quantidade de água livre presente no alimento, neste caso nas amostras de frutos secados.

A determinação da humidade foi feita pela diferença da massa inicial da amostra e da massa final após aquecimento até massa constante. Para esta determinação foi utilizada a balança de halogéneo modelo HG53 Mettler Toledo. As condições de utilização foram as seguintes:

- Fonte de calor: lâmpada de halogéneo;
- Temperatura de secagem: 120°C;
- Velocidade de secagem: 3 (intermédia).

2.3. Isolamento de leveduras e fungos filamentosos em frutos secados

Para se conseguir isolar fungos é necessário escolher meios de cultura e condições de incubação adequadas ao tipo de fungos a pesquisar. Existem meios generalistas e meios específicos. Um dos meios generalistas amplamente usado em alimentos é o Sabouraud agar (SDA) suplementado com clorofenicol, que se destina a pesquisar fungos capazes de crescer em alimentos secos, com baixas actividades de água. Os meios de propósitos generalistas têm de cumprir vários requisitos (Serra, 2005):

- Inibir o crescimento bacteriano, sem afectar o crescimento fúngico;
- Serem nutricionalmente adequados e suportarem fungos de crescimento lento;
- Suprimirem o crescimento de fungos de crescimento rápido (por exemplo, Mucorales), sem o suprimirem completamente, para que possam ser detectados;
- Abrandar o crescimento dos fungos, de forma a permitir uma contagem razoável de colónias por placa, sem inibir a germinação dos esporos.

Este trabalho tem como objectivos isolar e caracterizar morfológicamente, leveduras e bolores a partir de amostras de frutos secados sujeitos a diferentes processos de secagem, pela técnica de cultura, método padrão de referência segundo a norma International Organization for Standardization ISO- 21527- 2 de 2008.

2.4. Origem das amostras

Para a realização deste trabalho, foram analisadas 17 amostras de pêra secada, sujeitas a diferentes métodos de secagem: 5 da secagem tradicional, 4 da estufa solar da ESAV, 4 da estufa da ESTV e 4 do túnel de secagem da UC.

Destas amostras, pretendeu-se isolar o maior número possível de leveduras e bolores, pela sua importância a nível da deterioração de alimentos.

2.5. Tratamento das amostras

Após a aquisição das amostras de pêra secada sujeitas a diferentes tratamentos de secagem, ameixa secada e uva passa, obtidos por processos de secagem industrial, foi efectuado o tratamento em laboratório tendo por base a norma International Organization for Standardization ISO- 21527- 2 de 2008.

As amostras sólidas não podem ser semeadas directamente em placas. Por esta razão, deve-se retirar uma porção de 25 g que seja representativa do total da amostra. De seguida a amostra foi homogeneizada utilizando o stomacher. Ao homogeneizado obtido acrescentou-se rigorosamente nove vezes o peso da amostra de água peptonada a 0,1% (m/v), para obtenção de uma diluição correspondente a 10^{-1} (suspensão-mãe), de acordo com a metodologia descrita na ISSO- 21527- 2. Efectuaram-se diluições a partir de suspensão-mãe, até à diluição 10^{-6} .

2.6. Inoculação no meio selectivo

Uma pequena porção das diluições adequadas foi inoculada num meio de cultura selectivo, o SDA (Sabouraud Agar), suplementado com clorofenicol. Que após esterilização foi arrefecido até atingir os 50°C e colocou-se 15 ml do meio em cada placa de petri esterilizada. Após solidificação e secagem do meio, foi realizado a inoculação do meio de cultura com as diluições adequadas de amostra, de acordo com a metodologia referida na Tabela 1.

Tabela 1 – Inoculação do meio de cultura com as diluições adequadas de amostra.

-
- 1 Identificar as placas com a referência da amostra, dia e mês.
 - 2 Transferir com a pipeta 0,1 ml das respectivas diluições preparadas das amostras para o meio de cultura SDA.
 - 3 Distribuir o inóculo uniformemente à superfície da placa, com uma zaragatoa estéril.
 - 4 Incubar as placas a 25±1°C, durante 2 a 7 dias
-

Todos os ensaios foram efectuados em duplicado. As placas foram examinadas de 2 a 2 dias durante os 7 dias de incubação, uma vez que os bolores apresentam um crescimento muito rápido, podendo mascarar o crescimento de leveduras. Durante o exame das placas é importante registar a presença ou não de microrganismos assim como o número e aspecto morfológico.

2.7. Isolamento – técnica de cultura

Para o isolamento de leveduras e bolores foi utilizada a técnica de cultura, em que colónias morfológicamente características do género (pelo menos 3) foram repicadas a partir do meio de cultura inicial, para o meio SDA, suplementado com clorofenicol.

Antes de levar a cabo testes de identificação ao microscópio óptico, é essencial assegurar que o crescimento em meio SDA é puro, examinando a morfologia das colónias.

2.8. Observação macroscópica e microscópica

Através da observação a olho nu da placa com crescimento fúngico pode-se identificar algumas características macroscópicas.

Para a observação microscópica de leveduras e bolores foi utilizado o método de cultura em lâminas, este permite a preparação e observação sem perturbar o crescimento dos microrganismos, de acordo com a metodologia de Levy (Levy, 2000).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Determinação da actividade de água

Para todas as amostras em estudo foram realizadas quatro medições da actividade da água, a uma temperatura estabilizada a 25°C. Todas as amostras apresentam valores de a_w abaixo de 0,57, como se verifica na análise dos resultados expressos na tabela 2. Segundo Silliker *et al* (1980), não existe crescimento microbiano para valores de a_w abaixo de 0,60; isto significa que em todas as amostras analisadas é improvável haver crescimento fúngico, pois apresentam valores de a_w demasiadamente baixos. Das amostras de peras, a secada pelo método tradicional é a que apresenta o teor de a_w mais baixo, no entanto todas as amostras apresentam valores muito próximos.

Tabela 2 – Resultados da a_w para as diferentes amostras.

Amostra	a_w ¹	a_w ²	a_w ³	a_w ⁴	Média	Desvio padrão
“Tradicional”	0,51	0,52	0,52	0,50	0,51	0,01
“Solar ESAV”	0,63	0,53	0,53	0,54	0,56	0,05
“Estufa ESTV”	0,53	0,53	0,56	0,55	0,54	0,02
“Túnel de secagem da UC”	0,59	0,57	0,59	0,52	0,57	0,03

3.2. Avaliação da humidade

Para todas as amostras em estudo foram realizadas quatro medições da humidade, a uma temperatura constante de 120 °C. As amostras de peras apresentam valores médios de humidade compreendidos entre 9 % para a tradicional e 14 % para o túnel de secagem, como se pode ver na tabela 3. As frutas secadas normalmente apresentam valores entre 15 a 20% de humidade, pelo

que as amostras de pêra contém teores de humidade inferiores aos comuns nas frutas secadas, como tal poderão estar mais protegidas contra ataques fúngicos.

Tabela 3 – Resultados da percentagem de humidade para as diferentes amostras.

Amostra	H (%) ¹	H (%) ²	H (%) ³	H (%) ⁴	Média	Desvio Padrão
"Tradicional"	9,53	9,46	13,47	7,21	9,92	2,60
"Solar ESAV"	9,00	12,05	14,25	11,94	11,81	2,15
"Estufa ESTV"	10,84	9,85	11,59	15,51	11,95	2,48
"Túnel de secagem da UC"	10,04	17,03	14,61	14,03	13,93	2,90

3.3. Isolados obtidos

Realizou-se a técnica de cultura, método de referência recomendado pela norma ISO- 21527- 2 de 2008, para a detecção de leveduras e bolores em frutos secados, com uma actividade de água inferior a 0,95. No quinto dia de incubação a placa inoculada com a diluição 10⁻¹ da pêra de secagem Tradicional apresentava um fungo, figura 1a). Nas restantes placas continuava a não haver crescimento de fungos, como se pode observar na figura 1b).

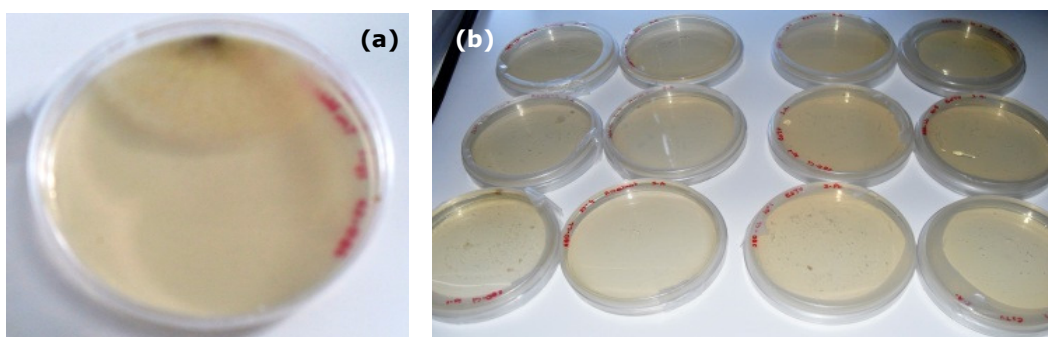


Figura 1 – (a) Fungo na diluição 10⁻¹ na amostra de pêra tradicional. (b) Placas inoculadas sem crescimento fúngico no quinto dia de incubação.

No sétimo dia de incubação os resultados permaneceram iguais. O fungo na placa inoculada com a diluição 10^{-1} da pêra de secagem Tradicional proliferou (Figura 2).

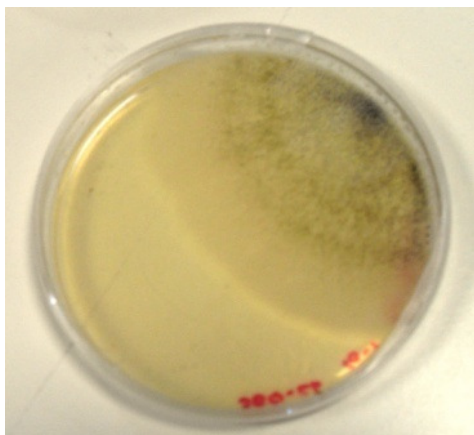


Figura 2 - Fungo na placa inoculada com a diluição 10^{-1} da pêra de secagem Tradicional no 7º dia de incubação.

Nas restantes amostras, "Solar ESAV", "Estufa ESTV" e "Túnel de secagem da UC", não houve crescimento fúngico.

3.4. Observação macroscópica e microscópica

Realizou-se a observação de características macroscópicas e microscópicas do fungo obtido na diluição 10^{-1} da amostra de pêra secada pelo método Tradicional.

Observaram-se características macroscópicas como (ver tabela 4) (Levy, 2000): tipo de colônia, filamentosa no caso dos bolores e cremosa no caso das leveduras; a cor da colônia; a textura da colônia que pode ser pulverulenta, algodoada e aveludada; o tamanho das colônias, se invadem a placa toda ou se são limitadas; se são visíveis esporos a olho nu; se o verso é liso ou rugoso; a cor do verso.

Tabela 4 - Caracterização macroscópica do fungo da amostra "Tradicional".

Características macroscópicas	
Tipo de colônia	Filamentosa
Cor da colônia	Branco e preto
Textura da colônia	Algodoada
Tamanho da colônia	Limitada (não invade a placa toda)
Esporos	Visíveis a olho nu
Verso	Liso
Cor do verso	Branco

Após a visualização macroscópica foi identificado um bolor devido à formação de colónias filamentosas que apresentam uma textura algodoada. Observaram-se características microscópicas como (ver tabela 5) (Levy, 2000): o tipo de hifas, se são segmentadas ou não segmentadas; o tipo de formação de esporos, se são formados nas extremidades das hifas ou dentro das hifas; forma e ornamentação dos esporos; o tipo de estrutura reprodutiva; e a cor dos esporos.

Tabela 7 – Caracterização microscópica do fungo da amostra "Tradicional".

Características microscópicas	
Tipo de hifas	Não segmentadas, cenocíticas.
Formação de esporos	Extremidade das hifas.
Forma e ornamentação dos esporos	Esporangiósporos redondos e aparecem na base dos esporangióforos.
Estrutura reprodutiva	Esporangióforos não ramificados.
Cor dos esporos	Castanho esverdeado

O bolor apresenta um conjunto de hifas cenocíticas visualizadas ao microscópio. Nas extremidades das hifas existe a formação de esporos castanhos esverdeados redondos que são formados na base dos esporangióforos que não são ramificados, estas características são comuns nas espécies de *Rhizopus*.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo permitem concluir que:

- De acordo com os valores de aw obtidos, as amostras apresentam valores muito baixos que não favorecem o crescimento microbiano.
- Das amostras de peras, a secada pelo método tradicional é a que apresenta teores de humidade e aw mais baixos.
- Não se obteve isolados de leveduras e fungos filamentosos das amostras de "Solar ESAV", "Estufa ESTV" e "Túnel de secagem da UC".
- Na amostra de pêra obtida por secagem Tradicional foi possível obter, apenas na diluição 10^{-1} , um fungo filamentoso, para além de conter uma actividade da água inferior a 0,60 e um teor de humidade mais baixo, neste método de secagem há maior

exposição a agentes microbianos devido ao facto dos frutos serem secos por exposição directa ao sol.

- Nas amostras ESAV, ESTV e UC não houve crescimento fúngico, pois estas contêm uma actividade da água abaixo do valor mínimo para o desenvolvimento fúngico, ($a_w = 0,60$), e ainda apresentam teores de humidade baixos. Para além disso, estas amostras são secadas por métodos que têm em conta os factores intrínsecos e extrínsecos que afectam o desenvolvimento microbiano.
- O bolor que cresceu na amostra de pêra de secagem tradicional pertence ao género *Rhizopus* o qual é muito comum nas frutas frescas por causar apodrecimento. Este é um bolor xerófilo capaz de sobreviver em condições adversas como as da fruta secada. As espécies de *Rhizopus* podem produzir micotoxinas, no entanto as características bioquímicas das pêras secadas não o possibilitam. Desta forma o bolor não é patogénico para os humanos, provocando apenas a deterioração do alimento.
- A existência de *Rhizopus* na pêra Tradicional pode ter a ver com o mau acondicionamento da fruta fresca e com o aproveitamento de peras para conservação que apresentam deterioração.
- Salienta-se que o crescimento de apenas um fungo não tem uma importância real para a sanidade do alimento, uma vez que as amostras não estão sujeitas a ambientes de assepsia antes e após a secagem e durante o armazenamento. No entanto, devem-se tomar medidas de controlo para que não haja a proliferação do bolor.
- O método de secagem tradicional deve ser melhorado ou substituído por um dos outros métodos analisados, de forma a proporcionar uma conservação mais prolongada do produto e uma maior segurança para o consumidor.
- Nos métodos alternativos de secagem de pêra conseguem-se obter características bioquímicas semelhantes ao método de secagem Tradicional, com a vantagem de poderem evitar problemas de contaminantes e de infestantes.
- As pêras secadas, devido ao seu carácter bioquímico, não necessitam de ser conservados sob refrigeração, e têm um tempo de vida útil longo, se forem mantidas ao abrigo da luz e em ambientes secos para que não haja rehidratação.

Referências

- Barroca MJ, Guiné RPF, Pinto A, Gonçalves FM e Ferreira DMS (2006). Chemical and Microbiological characterization of Portuguese varieties of pears. *Food and Bioproducts Processing*, 84, 109-113.
- Butler MJ, Day AW (1998) Fungal melanins: a review. *Canadian Journal of Microbiology*, 44, 1115-1136.
- Buzzini P, Martini A (1999) Production of carotenoids by strains of *Rhodotorula glutinis* cultured in raw material of agro-industrial origin. *Bioresearch Technology*, 71, 41-44.
- Christian JHB (1980) Actividad de agua reducida. Silliker JH, Elliott RP, Baird-Parker AC, Bryan FL, Christian JHB, Clark DS, Olson JC, Roberts TA (Eds). *Ecologia microbiana de los alimentos*. Zaragoza: Editorial Acribia.
- Deacon J (2006) *Fungal biology* (4ª Edição). UK: Blackwell publishing.
- Durán N, Teixeira MFS, De Conti R, Esposito E (2001) Ecological-friendly pigments from fungi. *Critical Review Food Science Nutrition*, 42, 53-66.
- Ferreira WFC e Sousa JCF (1998) *Microbiologia*. Volume II, Lisboa: Lidel.
- Forsythe SJ e Hayes PR (1998) *Food hygiene, microbiology and HACCP*. 2ª ed. Aspen Publications.
- Guiné RPF, Barroca MJ, Lopes P, Silva V, Santos M e Ferreira DMS (2009) Comparação entre as propriedades das peras secadas sob diferentes métodos. *Ação de divulgação, Viseu: ESAV*.
- Hosoe T, Fukushima K, Takizawa K, Miyaji M, Kawai K (1999) Three pyrrolyloctatetraenyl-a-pyrone from *Auxarthron conjugatum*. *Phytochemistry*, 52, 459-463.
- Jay JM (1991) *Modern food microbiology* (4ª Edição). New York: Chapman & Hall One penn Plaza.
- Levy CE (2000) *Manual de Microbiologia Clínica para o Controle de Infecção em Serviços de Saúde - IX Congresso Brasileiro de Controle de Infecção e Epidemiologia Hospitalar*. Salvador: módulo VII.
- Loguercio-Leite C, Groposo C, Dreschler-Santos ER, Figueiredo NF, Godinho PS, Abrão RL (2005) A particularidade de ser um fungo - I. Constituintes celulares. *Biotemas*, 19, 17-27.
- Lopes MC e Martins VC (2010) Fungos na segurança alimentar. *Revista da associação portuguesa de horticultura*. 101, 34-37.
- Mendes-Ferreira A (2000) *Leveduras e métodos de identificação. Trabalho de Síntese, Provas de Aptidão Pedagógica e capacidade Científica*. Universidade de Trás-os-Montes e alto Douro.
- Pelczar M, Reid R, Chan ECS (1980) *Microbiologia*. Volume I, MAKRON Books do Brasil Editora.
- Peter MG (2001) Chitin and Chitosan in Fungi. *In: Steinbüchel, A. (ed.). Biopolymers*. Wiley-Vch, Bonn, Germany.
- Prescott LM, Harley JP, Klein DA (1996) *Microbiology*, (3ª ed.), United States of America, Wm. C. Brown Publishers.
- Pitt JI e Hocking AD (1997) *Fungi and food spoilage*. (2 ed.) London: Blackie Academic & Professional.
- Santos C, Fraga EF, Kozakiewicz Z, Lima M (2009) Fourier transform infrared as a powerful tool for the identification and characterization of filamentous fungi and yeast. *Research in Microbiology*, 161, 168-175.
- Sakaki H, Nakanishi T, Satonaka K-Y, Miki W, Fujita T, Komemushi S (2000) Properties of a high-torularhodin mutant of *Rhodotorula glutinis* cultivated under oxidative stress. *Journal Bioscience Bioengineering*, 89 (2), 203-205.
- Serra R (2005) *Micoflora das uvas portuguesas e seu potencial para a contaminação das uvas com micotoxinas, com destaque para a ocratoxina*

- a. Universidade do Minho Departamento de Engenharia Biológica.
Dissertação doutoramento.
- Silliker JH, Elliott RP, Baird-Parker AC, Bryan FL, Christian JHB, Clark DS, Olson JC, Roberts TA (1980) Ecologia microbiana de los alimentos, Productos alimentícios. Volume 2. Zaragoza: Editorial ACRIBIA S.A.
- Tibor D e Larry RB (1996) Handbook of Food spoilage. Boca Raton, USA: CRC., Inc.
- Van burik J-AH, Magee PT (2001) Aspects of Fungal Pathogenesis in Humans. Annual Review of Microbiology 55, 743-72.

INFLUÊNCIA DO MODO DE SECAGEM SOBRE A COR, A TEXTURA E A COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DAS PERAS

Raquel Guiné, Fátima Carrilha, Andreia Loureiro

RESUMO

As peras de S. Bartolomeu secadas pelos diferentes métodos (tradicional, estufa solar na ESAV, secador solar da ESTV e túnel de secagem da UC) foram analisadas no que respeita a algumas das suas propriedades físicas, nomeadamente a cor e os atributos de textura, e ainda no que respeita a alguns componentes de importância nutricional, por serem propriedades de importância capital para a aceitabilidade do produto por parte do consumidor.

A textura foi avaliada a partir dos perfis de textura obtidos com um texturómetro, tendo sido depois determinadas a dureza, adesividade, elasticidade, coesividade e mastigabilidade. A cor foi determinada usando um colorímetro (Minolta) no espaço de cor Hunter Lab. As determinações de humidade, acidez, fibra, açúcares (redutores, não redutores e totais), proteína e gordura foram feitas por métodos normalizados.

Após análise dos resultados foi possível constatar que alguns dos métodos testados produzem peras com características semelhantes às do método tradicional, podendo ponderar-se a possibilidade de vir a substituir-se o método de secagem tradicional por outros métodos menos complexos, mais eficientes e mais seguros do ponto de vista sanitário.

1. INTRODUÇÃO

A pêra comum pertencente à família Rosaceae e é proveniente da Ásia central, a maioria das cultivares existente surge por selecção de mudas que se desenvolveram como consequência de cruzamentos aleatórios, é considerada uma das mais importantes frutas de regiões de climas temperados.

Este fruto é muito apreciado por possuir características nutricionais e medicinais que o diferenciam dos demais. Trata-se de um fruto que constitui uma fonte rápida e natural de energia, de baixo poder calórico, bom gosto e textura muito apreciada pelos

consumidores. Tem um baixo teor de proteínas e lípidos e é rico em açúcares como a frutose, o sorbitol, a sacarose e, em menor quantidade, a glicose. Foi constatado que as peras contêm cerca de 12,4% de açúcares; 0,5% de lípidos; 2,8% de fibra (Senser et al., 1999) para além de uma enorme riqueza em micronutrientes e outros elementos nutritivos tais como vitaminas (essencialmente do complexo B), minerais e antioxidantes.

Em geral os frutos contêm uma grande quantidade de açúcares de absorção medianamente rápida que contribuem para o desempenho de funções plásticas muito importantes.

A quantidade considerável de fibra tem efeitos fisiológicos positivos, já que é conhecido que a fibra alimentar desempenha um papel importante na diminuição dos riscos de muitos transtornos tais como a obstipação, diabetes, doenças cardiovasculares, diverticulose e obesidade (Spiller, 2001).

Não é habitual entre nós o consumo regular de frutos secados (Peres, 1994). A pêra, ao ser submetida a secagem, altera algumas das suas características químicas: o teor de humidade diminui (o que é um factor favorável visto que muitos microrganismos proliferam em alimentos com grande quantidade de água disponível) aumentando assim o tempo de prateleira dos produtos; o açúcar também diminui (consequência de reacções enzimáticas e não enzimáticas) tal como a acidez (pensa-se que a maior parte da acidez presente nas peras frescas é a volátil e portanto estes frutos ao serem sujeitos a aumentos de temperaturas promovem a sua perda por evaporação).

Apesar destes alimentos perderem muita água e vitamina C durante a secagem, são fornecedores concentrados de minerais, hidratos de carbono e fibras, ajudando deste modo a regularizar o intestino de consumidores pouco regulares de produtos hortícolas e frutas.

Reacções enzimáticas e não enzimáticas entre açúcares redutores proteínas ou aminas podem originar reacções, nomeadamente reacções de Maillard, com alterações de cor, sabor e textura do produto secado. A indústria preocupa-se essencialmente com transformações que ocorrem durante a secagem, as quais podem ter influência directa sobre os atributos sensoriais e a qualidade do produto final.

A textura resulta das interacções complexas entre os diferentes componentes dos alimentos, e as alterações que ocorrem na textura dos alimentos durante o processamento dos alimentos estão

relacionadas com alterações ao nível micro-estrutural nas células (Marsilio *et al*, 2000). As propriedades de textura, bem como a aparência e o “flavor”, são os que mais influenciam os atributos organolépticos de qualidade, que estabelecem a aceitabilidade dos alimentos pelos consumidores. Nesta medida, tem havido um grande interesse em desenvolver métodos capazes de prever e controlar a textura dos alimentos, particularmente no que toca aos efeitos do processamento como a secagem. A análise instrumental do perfil de textura (TPA - Texture Profile Analysis) é um dos métodos que permitem determinar a textura dos por simulação ou imitação da mordida repetida ou mastigação do alimento.

A cor é uma das propriedades fundamentais dos frutos, tanto mais que foi amplamente demonstrado que esta se correlaciona directamente com outros atributos físicos, químicos e sensoriais de qualidade (Abdullah *et al.*, 2001). De facto, a cor desempenha um papel primordial no estabelecimento da qualidade externa nas indústrias alimentares e na investigação no âmbito da engenharia alimentar. A medição da cor standard dos alimentos pode ser feita usando uma multiplicidade de espaços de cor. Contudo, o hunter lab e mais recentemente o sistema $L^*a^*b^*$ (CIELab) são os mais frequentemente usados para a quantificação da cor nos alimentos (Mendoza *et al*, 2006). No espaço de cor Hunter, a dimensão L representa a luminosidade, variando de preto (0) a branco (100), e a e b representam as dimensões de oposição de cor, com a a variar de verde ($-a$) a vermelho ($+a$) e b a variar de azul ($-b$) a amarelo ($+b$).

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para a preparação da amostra seguiu-se a Norma Portuguesa NP-783. A determinação da acidez foi efectuada segundo a NP-1421, que avalia o volume de solução alcalina normal, expresso em centímetros cúbicos (mililitros), necessário para neutralizar 100 cm³ do produto, em solução líquida.

A determinação da humidade foi feita pela diferença da massa inicial da amostra e da massa final após aquecimento até massa constante. Foi usada uma balança de halogéneo HG53 Halogen Moisture Analyser, nas seguintes condições de utilização: temperatura = 120° C e velocidade de secagem = 3 (intermédia).

A metodologia experimental para a determinação do teor de açúcares redutores (expresso em açúcar invertido após hidrólise) foi

efectuada nas condições descritas na NP-1420. Também foi usada a mesma norma para a determinação do teor de açúcares totais (expresso em açúcar invertido).

O procedimento seguido para a determinação da gordura foi o Método de Weende.

O teor de proteína nas peras foi determinado pelo método indirecto, nomeadamente pelo método semi-automático de Kjeldhal, descrito no diagrama de Weende. Para a conversão do valor de azoto para proteína bruta, utilizou-se o factor de 6,25. A razão da utilização deste valor prende-se com o facto de não ser conhecido o valor específico para a pêra seca.

O teste para a determinação da fibra bruta foi efectuado segundo o protocolo referenciado no método de Weende.

Utilizou-se um texturómetro (TA XT Plus) (Figura 1) para determinar os perfis de textura, apresentando-se um exemplo na Figura 2.

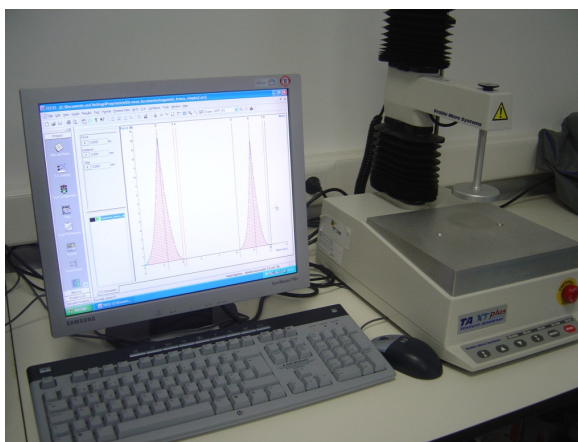


Figura 1 – Texturómetro utilizado para a determinação dos TPA's.

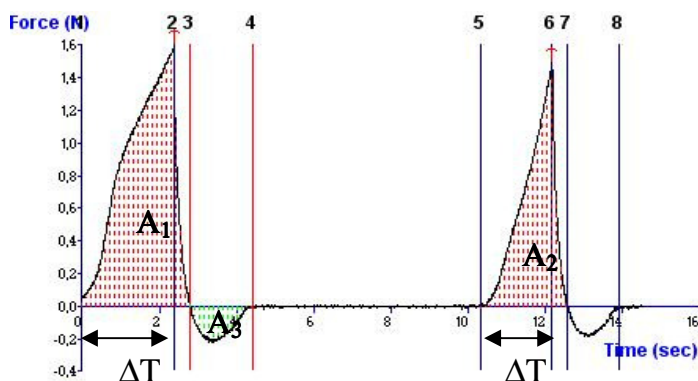


Figura 2 – Perfil de textura, TPA.

Foram analisados os TPA's de 20 peras de cada secagem, sendo que em cada pêra foram analisadas duas zonas: a central e a exterior.

Os atributos de textura: dureza, adesividade, elasticidade, coesividade e mastigabilidade foram calculadas através das seguintes equa es, tendo em conta o TPA da Figura 2:

$$\text{Dureza} = D = F_1 \quad (1)$$

$$\text{Elasticidade} = E = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \quad (2)$$

$$\text{Coesividade} = C = \frac{A_2}{A_1} \quad (3)$$

$$\text{Mastigabilidade} = D * E * C \quad (4)$$

A cor das peras secadas nos diferentes métodos foi determinada com um colorímetro (Chroma Meter - CR-400, Konica Minolta) no espaço de cor Hunter Lab (Figura 3). Foram analisadas 20 peras de cada secagem, e em cada pêra foram feitas 20 medi es, num total de 400 medi es relativas a cada sistema de secagem.

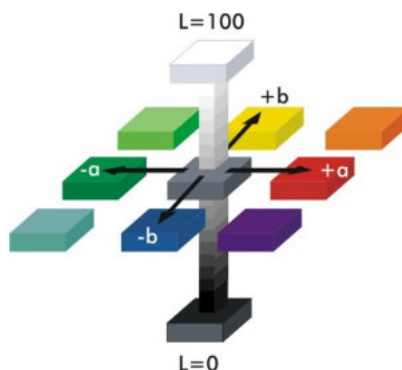


Figura 3 – Espaço de cor Hunter Lab.

As altera es na cor, ΔE , em rela o ao referencial foi avaliada segunda a equa o:

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2} \quad (5)$$

onde o referencial, designado pelo  ndice 0, no presente caso foi tomado como sendo a cor das peras obtidas pelo método tradicional.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição nutricional

Na figura 4 comparam-se os valores da acidez nos diversos métodos de secagem a que são sujeitas as peras de São Bartolomeu, sendo expressa em ml de NaOH por 100g de matéria seca. De acordo com os resultados as peras secadas em túnel (UC) apresentam um teor de acidez mais elevado. Quanto aos outros métodos, estes apresentam valores semelhantes entre si.

A acidez é particularmente influenciada por processos de secagem, particularmente pela temperatura de operação. Sabe-se que uma parte da acidez existente nas peras é a acidez volátil (constituída por ácidos gordos de baixo peso molecular tal como o ácido acético e propiónico no estado livre ou combinado) sendo esta perdida por vaporização a temperaturas mais elevadas (Anchía, 2000).

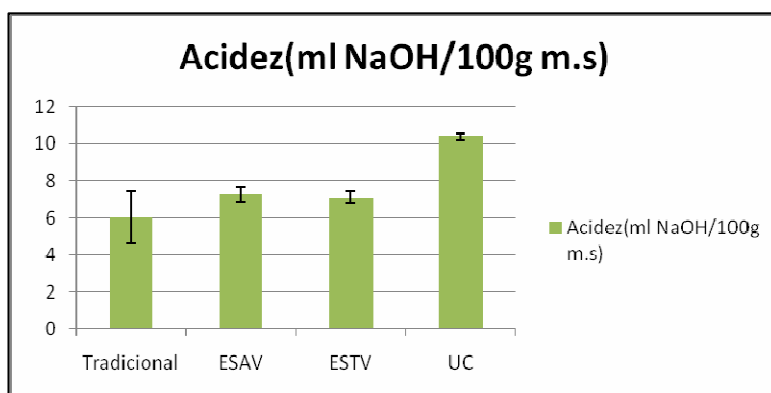


Figura 4 – Acidez nas peras secadas por diferentes métodos.

Relativamente à humidade, esta apresenta-se em % na Figura 5, sendo que as peras secadas no secador da ESTV apresentam valores mais elevados. Quanto aos outros métodos, estes apresentam valores de humidade muito aproximados sendo possível constatar que a secagem em túnel originou produtos com uma humidade mais semelhante à secagem tradicional.

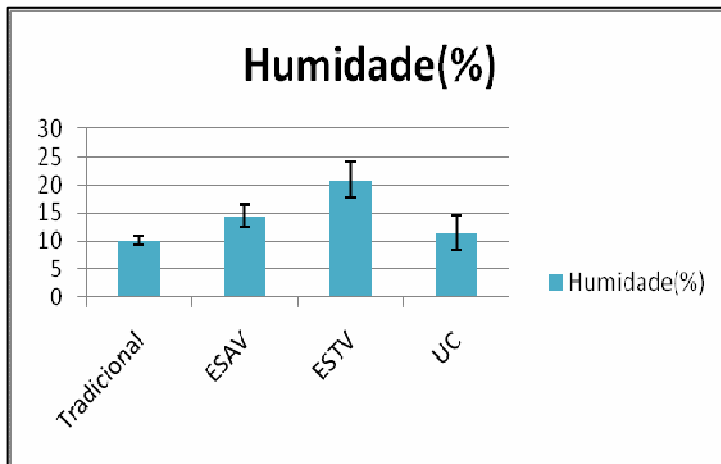


Figura 5 – Humidade nas peras secadas por diferentes métodos.

O valor da humidade das peras é um parâmetro que se reveste, no presente caso, de uma dupla importância uma vez que baixos teores de humidade proporcionam um maior poder de conservação dado que grande parte dos microrganismos é inibido e ainda é essencial conhecer com algum rigor o valor da humidade, uma vez que esse valor é utilizado para expressar em base seca as concentrações de todos os restantes componentes.

Há ainda um aspecto importante a considerar no que respeita à humidade das peras secadas, e que se prende com a rehidratação das mesmas. De facto, devido aos baixos conteúdos de humidade, estes frutos são vulneráveis à rehidratação por absorção da humidade atmosférica, fenómeno esse que pode ser acentuado se as condições durante o armazenamento não forem apropriadas pelo que estes produtos deverão ser armazenados em embalagens apropriadas com filme plástico impermeável ao vapor de água, garantindo a manutenção de teores de humidade baixos, fundamentais para a sua preservação.

No que respeita aos teores de açúcares, é possível verificar que as peras secadas são particularmente ricas em açúcares totais (Figura 6), podendo inferir-se que as condições de secagem têm alguma influência sobre o seu conteúdo, verificando-se uma diminuição deste componente com o aumento da temperatura devido às reacções de degradação, como as reacções de caramelização ou reacções de Maillard (também designada acastanhamento enzimático, e em que os açúcares reagem com proteínas e aminoácidos).

De acordo com a Figura 6 pode verificar-se uma similaridade de resultados nos diferentes métodos de secagem no que respeita a

açúcares totais havendo no entanto uma variação para os açúcares redutores que apresentam valores mais elevados nas peras secadas em secador solar da ESTV e valores mais baixos nas peras secadas em estufa da ESAV.

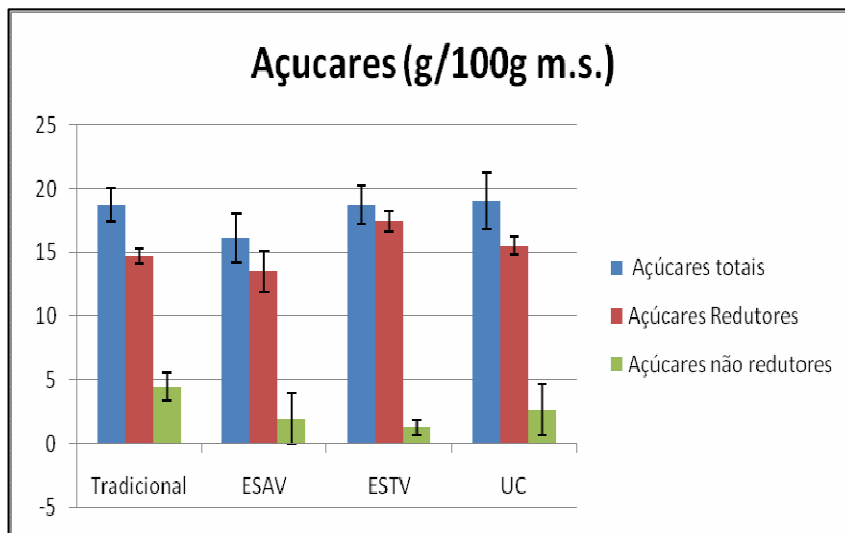


Figura 6 – Açúcares (reduzores, não reduzores e totais) nas peras secadas por diferentes métodos.

Relativamente aos teores de gordura, praticamente não há diferenças a assinalar, sendo estes baixos em todas as situações. Pode, no entanto, verificar-se na Figura 7 que as peras secadas em túnel na Universidade de Coimbra são as que apresentam valores mais elevados da ordem dos 0,7 g/100 g matéria seca. De facto, as frutas em geral, e as peras em particular, são praticamente isentas de lípidos como se pode constatar pelos baixos valores obtidos.

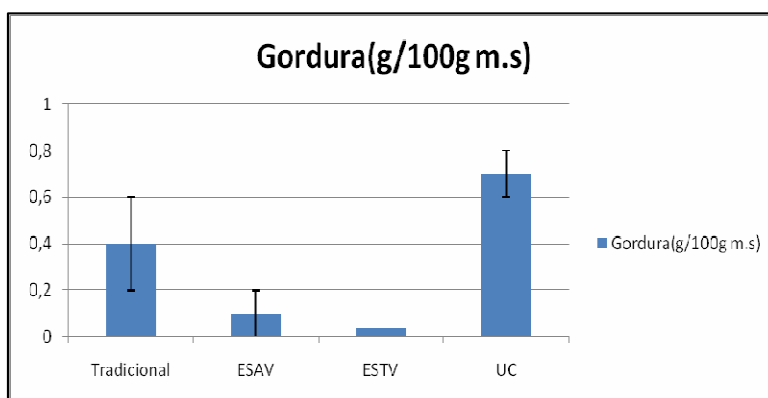


Figura 7 - Gordura nas peras secadas por diferentes métodos.

No que respeita à proteína, esta apresenta-se em baixa quantidade, sendo as peras secadas tradicionalmente as que apresentam maior valor, da ordem dos 2g/100g matéria seca (Figura 8). É de salientar que a temperatura tem uma influência significativa sobre as perdas de proteína, que, como se referiu anteriormente resultam de reacções de Maillard, nas quais as proteínas se envolvem com os açúcares. De acordo com a Figura 8 pode comprovar-se que, para além dos teores em proteína serem baixos, os métodos de secagem da ESAV, da ESTV e da UC proporcionam produtos com características bastante semelhantes.

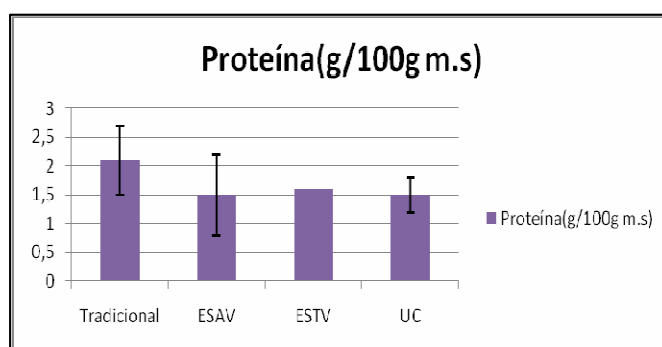


Figura 8 – Proteína nas peras secadas por diferentes métodos.

As peras secadas são ainda bastante ricas em fibra alimentar, com teores em fibra que variam entre 4,5 e 10 % (Figura 9), que são na verdade valores comparáveis aos teores de fibra dos cereais, por exemplo (Senser, 1999). Estas, no entanto, são também influenciadas pela temperatura de secagem.

Deste modo é possível denotar que as peras secadas são boas fontes de fibras, sendo que as que foram sujeitas a secagem em túnel apresentaram maiores quantidades.

3.2. Textura

A Figura 9 mostra os valores da dureza das peras secadas pelos diferentes métodos. A dureza representa a força necessária para comprimir um alimento entre os dentes ou entre a língua e a boca, ou seja, a força necessária para originar uma deformação. Verifica-se que existe alguma uniformidade nas diferentes partes das peras, já que os valores médios encontrados para o exterior e para o centro são semelhantes em todas as secagens, apesar de os valores do desvio padrão não serem desprezáveis. No que respeita à comparação entre os diferentes sistemas de secagem, verifica-se que as peras secadas pelo método tradicional apresentam-se mais duras, e que as restantes apresentam durezas semelhantes entre si.

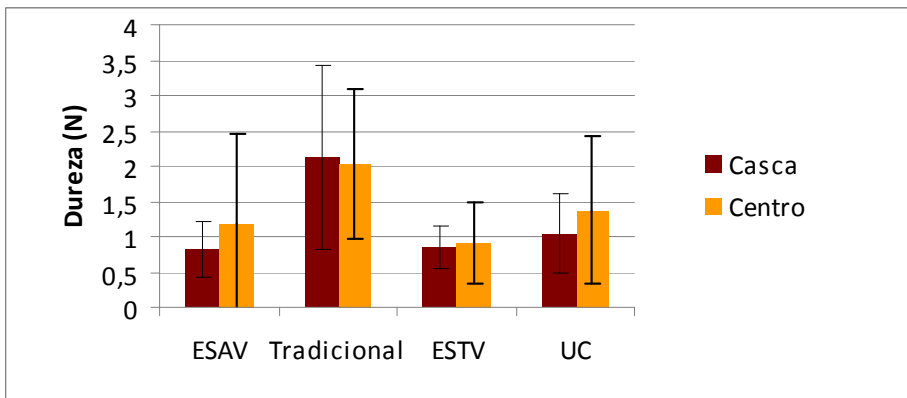


Figura 9 – Dureza das peras secadas pelos diferentes métodos.

No que respeita à coesividade, que representa as forças internas no alimento, e que mantêm a amostra coesa, verifica-se que os resultados são semelhantes para todos os sistemas de secagem, sendo também semelhantes quando se comparam as partes interna e externa das peras (Figura 10).

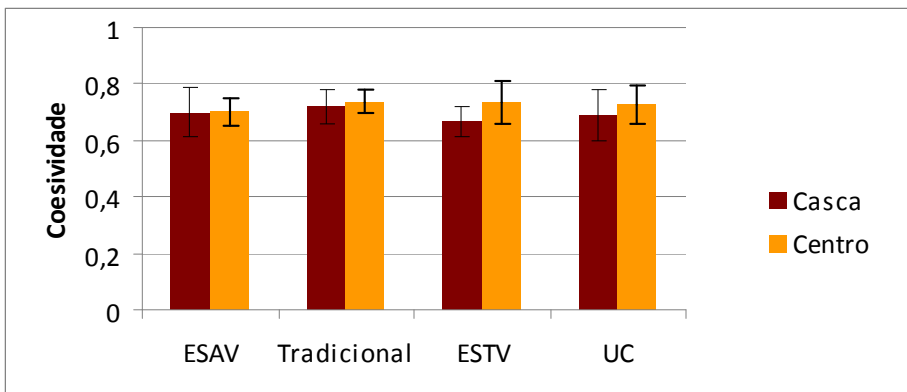


Figura 10 – Coesividade das peras secadas pelos diferentes métodos.

Da observação dos resultados apresentados na Figura 11 conclui-se que as peras não apresentam adesividade mensurável, dados que os valores obtidos em todos os casos estudados são muito próximos de zero.

Os resultados para a elasticidade, que é a capacidade de recuperar a forma após uma compressão, apresentam-se na Figura 12. Este parâmetro mede a velocidade de retorno ao estado inicial, após a remoção da força que originou a deformação. Verifica-se que os resultados obtidos para as secagens na ESAV e tradicional são praticamente iguais, sendo a elasticidade mais baixa apenas nas secagens da ESTV e da UC, e somente na parte externa das peras.

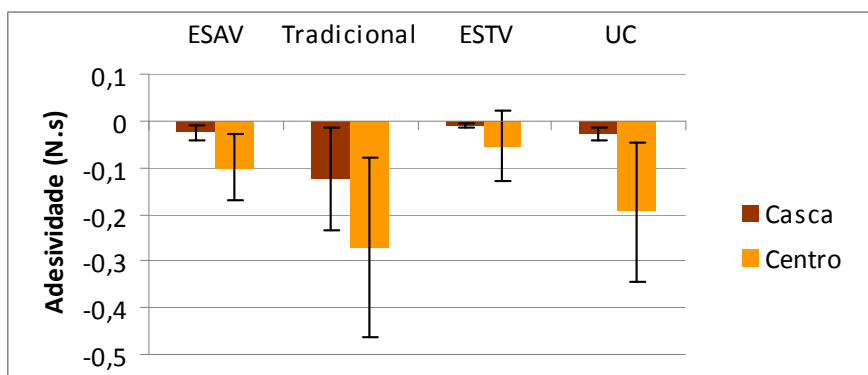


Figura 11 – Adesividade das peras secadas pelos diferentes métodos.

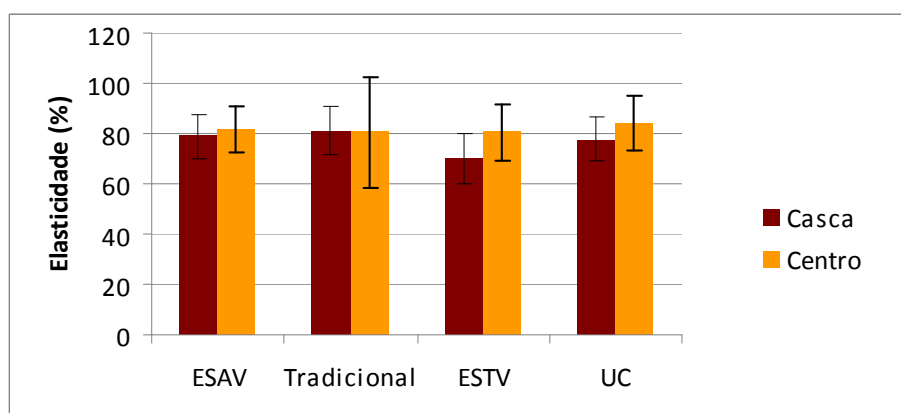


Figura 12 – Elasticidade das peras secadas pelos diferentes métodos.

A mastigabilidade mede a energia necessária para desintegrar um alimento ao ponto de ser engolido, e os resultados da figura 13 indicam que no caso da pêra secada pelo método tradicional essa energia é maior do que nos restantes casos. Estes resultados derivam directamente do facto de ser nesse caso que as peras apresentam maior dureza.

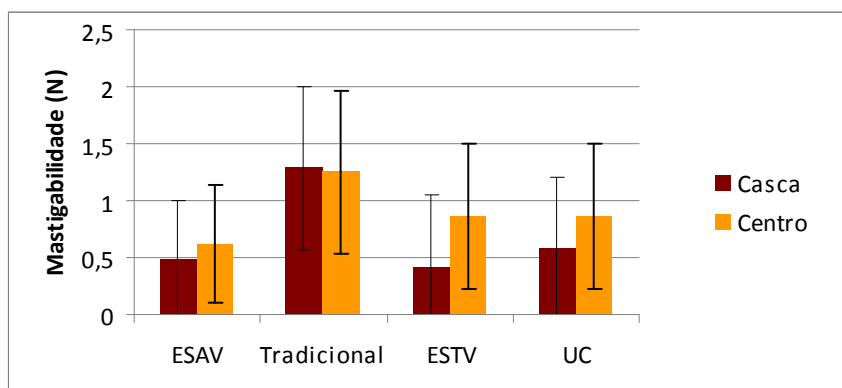


Figura 13 – Mastigabilidade das peras secadas pelos diferentes métodos.

3.3. Cor

Na Figura 14 apresentam-se os resultados da avaliação das coordenadas de cor para um conjunto de 20 peras secadas pelo método tradicional. Para cada pêra foram feitas 20 medições, como explicado anteriormente, sendo que no gráfico o desvio padrão corresponde a essa amostragem. Verifica-se que os valores da luminosidade, L , são inferiores a 50, o que indica que são peras escuras. Os valores de a são positivos, indicando a predominância da coloração vermelha sobre a verde (a negativo), sendo também positivos os valores de b , indicadores da predominância da coloração amarela sobre a azul (b negativo).

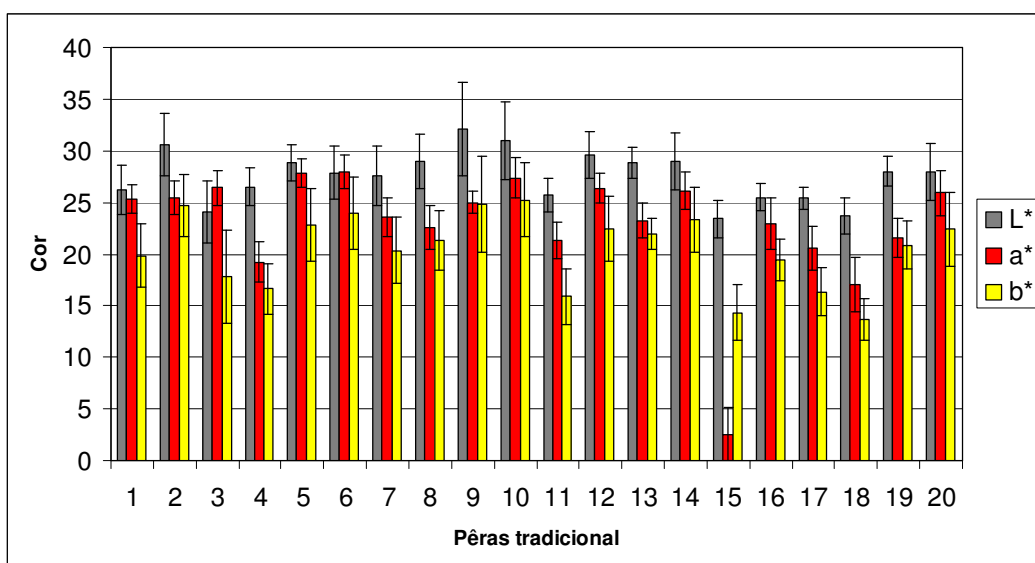


Figura 14 – Avaliação da cor para as 20 peras da secagem tradicional.

A Figura 15 mostra os resultados obtidos para as peras obtidas pelas secagens na ESAV, ESTV e UC. Verifica-se dos gráficos que as peras da secagem na UC são as que diferem mais das restantes secagens.

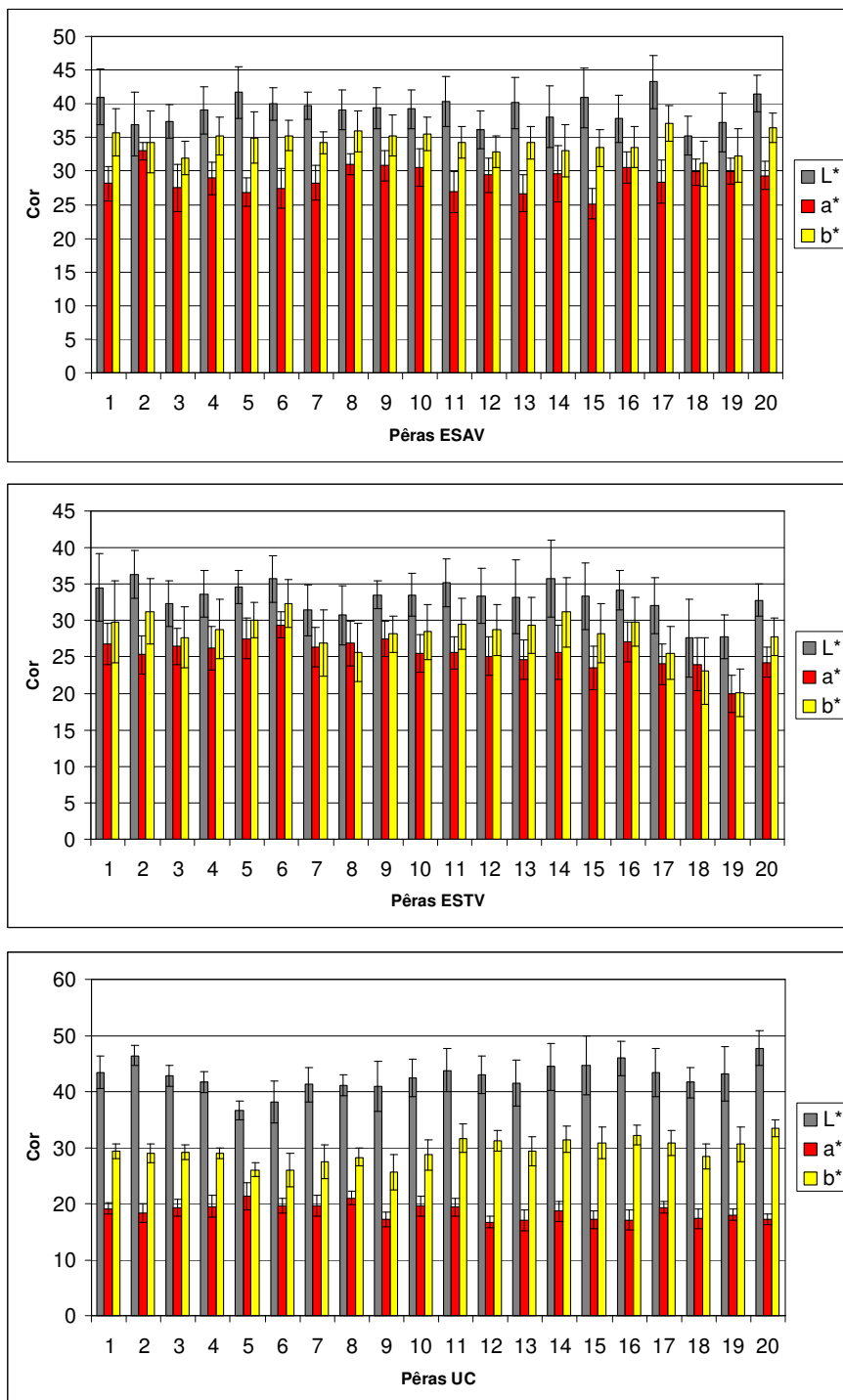


Figura 15 - Avaliação da cor das peras das secagens da ESAV, ESTV e UC.

Na Figura 16 apresentam-se os valores médios dos diferentes parâmetros de cor obtidos para cada lote de peras, representando cada método de secagem. Pode observar-se que as peras da UC apresentam maior L^* , sendo, portanto, mais claras. Apresentam ainda

a mais baixo e *b* mais elevado, indicando que não são tão avermelhadas tendendo mais para o amarelo. De facto, este método de secagem é o que apresenta valores mais díspares nos parâmetros de cor, sendo o que produz peras com uma coloração menos parecida com a pêra tradicional. Efectivamente, a secagem no túnel, sem a exposição à luz solar, não parece favorecer os fenómenos responsáveis pelo desenvolvimento da cor avermelhada característica deste produto. Por outro lado, a secagem feita na estufa solar da ESAV produziu peras também relativamente claras, mas mais vermelhas e mais amarelas, sendo que há uma intensificação das cores em relação às peras tradicionais. No caso das peras secadas no protótipo de secador solar da ESTV, elas apresentam-se muito mais parecidas com as da secagem tradicional, que são as peras que se apresentam mais escuras (com valor de *L* mais baixo).

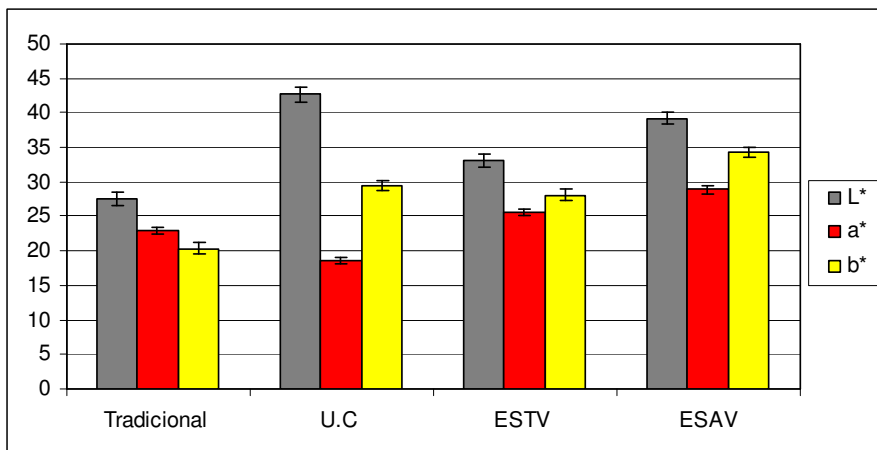


Figura 16 – Comparação entre os parâmetros de cor das peras nas diferentes secagens.

Na Figura 17 apresentam-se as diferenças de cor, calculadas em relação ao referencial secagem tradicional, uma vez que se pretende encontrar alternativas à secagem tradicional que permitam obter o mesmo tipo de produto final, sendo que um dos atributos mais expressivos para esta comparação é precisamente a cor, já que esta é bastante importante para o produto em causa. Verifica-se que as peras secadas na ESTV são as que apresentam menor ΔE , ou seja, são as que, na globalidade e atendendo aos três parâmetros de cor, diferem menos do referencial considerado. Assim são estas as peras mais parecidas, em termos de coloração, com o produto tradicional.

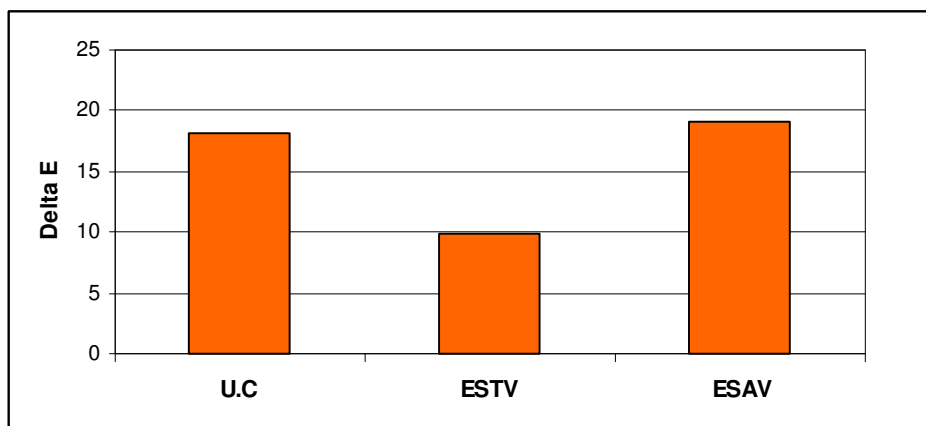


Figura 17 – Diferenças de cor em relação à secagem tradicional.

4. CONCLUSÃO

Das análises efectuadas à textura das peras, conclui-se que os atributos de textura das peras secadas pelos diferentes métodos são muito semelhantes, sendo também parecidos quando se comparam as partes interna e externa das peras. Apenas no caso da textura se verifica uma pequena diferença, sendo que as peras do método tradicional se apresentam mais duras do que nas restantes secagens. De facto estas diferenças são muito ligeiras, já que os valores da dureza em causa são muito baixos em todos os casos. Ainda assim, este resultado é espectável, atendendo a que são precisamente estas peras as que se encontram mais desidratadas, e portanto com menor conteúdo de humidade.

No que respeita à cor, observaram-se diferenças entre as diferentes secagens, sendo que as peras da secagem da UC se apresentam mais claras do que as restantes. As peras da secagem da ESAV revelam valores mais elevados de todos os parâmetros de cor, sendo por isso mais claras do que o tradicional, mas também mais vermelhas e mais amarelas, facto que da observação ocular não ressalta, já que se apresentam aparentemente também semelhantes às peras da secagem tradicional e da ESTV.

Dado que, após análise de todos os resultados, não há uma grande discrepância nos valores nutricionais determinados pelos quatro métodos de secagem a que foram sujeitas as peras da variedade de São Bartolomeu, pode assim constatar-se que toda a complexidade associada ao processo tradicional pode ser eliminada substituindo-se este método de secagem por outros mais inovadores,

menos complexos e mais seguros do ponto de vista sanitário, como os métodos da ESAV, da ESTV e da UC, sem o inconveniente dos perigos químicos, microbiológicos e das condições climatéricas que se verificam nas alturas de colheita e secagem. Assim, atendendo a que se podem alcançar os mesmos objectivos e obter o mesmo tipo de produto final utilizando processos francamente mais simples, será de equacionar esta possibilidade, abandonando o método tradicional. Este aspecto assume uma particular importância quando se pretende tornar esta actividade num processo de produção industrial, representando uma grande economia em termos de investimento e ainda facilidade no estabelecimento da cadeia de produção e controlo da qualidade.

A Pêra Passa de Viseu constitui o exemplo de um produto tradicional com propriedades nutricionais interessantes, sendo de destacar que o seu alto teor em fibra e baixo teor lipídico são atributos bastante apreciados pelo consumidor.

É, pois, importante não só o consumo de frutas, como também a mudança de alguns hábitos alimentares, sendo que a introdução de novos produtos no mercado, tal como a pêra secada, permitirá uma maior diversidade.

Referências

- Anchía IA, Hernandez JAM (2000) Alimentos. Composición y propiedades. (2ªEd.). Madrid: McGraw-Hill-Interamerica de Españã, S.A.U.
- Abdullah MZ, Guan LC, Lim KC and Karim AA (2001) The applications of computer vision system and tomographic radar imaging for assessing physical properties of food. *Journal of Food Engineering*, 61, 125-135.
- Marsilio V, Lanza B, Campestre C, De Angelis M (2000) Oven-dried table olives: textural properties as related to pectic composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 271-1276.
- Mendoza F, Dejmekb P, Aguilera JM (2006) Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 285-295.
- Senser F, Scherz H, Munchen G (1999) *Tablas de Composición de Alimentos* (2ªEd.). Zaragoza: Editorial Acribia.
- Spiller GA (2001) *Dietary fiber in prevention and treatment of disease*. In: Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition. (pp. 363-431) Washinhton, USA.

ANÁLISE SENSORIAL, ESTUDO DA COLORAÇÃO CARACTERÍSTICA E PERFIL DE AMINOÁCIDOS DA PÊRA PASSA DE VISEU

Pedro Cunha, Sílvia M. Rocha, Ana C. Correia, Raquel Guiné, Manuel A. Coimbra

RESUMO

A pêra de S. Bartolomeu (*Pyrus communis* L.) é um produto tradicional secado ao ar livre, de coloração castanho-avermelhada e propriedades elásticas únicas. Para substituir a secagem tradicional sem que as propriedades organolépticas sejam alteradas foram desenvolvidas duas estufas solares e um túnel de ar quente. Os resultados da análise sensorial mostraram que as estufas solares possuem a capacidade de substituir a secagem tradicional. A secagem em túnel produziu, no entanto, um produto sensorialmente aceitável em todos os parâmetros excepto na cor creme que apresentou. De maneira a estudar as diferenças verificadas na coloração do produto secado em túnel em relação aos restantes foi realizado o estudo do desenvolvimento da coloração característica. Este estudo permitiu simular este processo em laboratório conjugando factores como o pH, a temperatura e a humidade. A ocorrência de reacções de Maillard durante a secagem surgiu como hipótese, tendo-se verificado que os níveis mais elevados de compostos diagnóstico da ocorrência de reacções de Maillard foram detectados para as peras tradicionais, enquanto que as peras secadas em túnel apresentaram os níveis inferiores. Assim, é possível afirmar que a secagem da pêra de S. Bartolomeu promove a ocorrência de reacções de Maillard e que estas reacções podem contribuir para a coloração característica do produto. Foram também realizadas análises de aminoácidos para estudar o efeito da secagem no perfil de aminoácidos dos frutos. Os resultados mostraram que a secagem não afectou significativamente o perfil em aminoácidos constituintes das proteínas, mas afectou o perfil de aminoácidos livres, promovendo o aumento do teor em prolina. Os aminoácidos essenciais Ile (10%), Val (7%), Lys (6%), Thr (4%) e Phe (3%) mostram que a Pêra Passa de Viseu é uma fonte de alguns aminoácidos com valor nutricional.

1. ANÁLISE SENSORIAL

Os programas de análise sensorial foram aplicados aos produtos da secagem de 2008 e de 2009. Numa primeira fase, foram usadas metodologias de análise sensorial com o objectivo de avaliar se as peras secadas pelo processo tradicional e as resultantes de processos alternativos (estufas solares e túnel de ar quente) são ou não diferenciáveis entre si, sob o ponto de vista sensorial. Como se detectaram diferenças, numa segunda fase, estabeleceu-se o perfil

sensorial das peras resultantes dos diferentes processos de secagem, tendo-se dado especial destaque aos atributos sensoriais relacionados com a qualidade do produto final (cor, sabor e textura).

1.1 Diferenciação das peras resultantes dos diferentes processos de secagem

A avaliação da possível diferenciação entre as peras resultantes dos diferentes processos de secagem foi realizada por recurso a testes triângulares, usando um painel de 10 provadores. Este estudo foi realizado em dois anos consecutivos envolvendo as amostras das colheitas de 2008 e 2009. Os atributos estudados nesta fase foram a cor, sabor e textura. Para o estudo mais aprofundado relativamente ao atributo sabor, foram realizados testes de ordenação simples para avaliação da doçura e da adstringência na avaliação das amostras da colheita de 2008. No ano seguinte (amostras da colheita de 2009), a análise do atributo adstringência foi substituída pela análise do atributo acidez. Esta alteração resulta da análise dos dados de 2008, que indicou não se terem verificado diferenças significativas relacionadas com a adstringência das amostras e a acidez ter sido considerada pelo painel como sendo um atributo a explorar.

1.1.1 Secagem de 2008

Os resultados do estudo da significância das diferenças detectadas pela análise sensorial realizada aos produtos secados da colheita de 2008 estão representados na Tabela 1. As diferenças detectadas são classificadas como não significativas ou significativas.

Tabela 1 – Resultados dos ensaios de análise sensorial aplicados às peras da secagem de 2008.

Metodologias de secagem	Cor	Sabor	Consistência na boca	Doçura	Adstringência
Tradicional vs ESAV	Não significativas	Não significativas	Não significativas	Significativas	Não significativas
Tradicional vs ESTV	Significativas	Significativas	Não significativas	Não significativas	Não significativas
Tradicional vs UC	Significativas	Significativas	Significativas	Significativas	Não significativas

Os resultados representados na Tabela 1 mostram que o método de secagem em estufa da ESAV produziu o produto mais semelhante ao produto tradicional, identificando-se diferenças significativas unicamente na doçura (menos doces), enquanto o método de secagem em túnel (UC) produziu o produto menos semelhante ao produto tradicional, com cor (sem coloração castanha-avermelhada),

doçura (menos doces) e consistência na boca (mais consistente) significativamente diferentes. O método de secagem em estufa da ESTV produziu um produto com cor e sabor significativamente diferentes do produto tradicional (sem coloração castanha-avermelhada e com sabor menos agradável), mas com doçura, adstringência e consistência na boca semelhantes. Em relação à capacidade das metodologias de secagem alternativas para substituir a secagem tradicional, concluiu-se que a estufa da ESAV possuía em 2008, capacidade para produzir um produto semelhante ao produto tradicional. O túnel da UC, por seu lado, encontrava-se distante deste objectivo, tendo produzido um produto diferente do produto tradicional. Para além disso, a secagem em estufa da ESTV precisava de ser optimizada de maneira a atingir este objectivo, ainda que em 2008 tenha produzido um produto com algumas características semelhantes ao produto tradicional.

1.1.2 Secagem de 2009

Os resultados obtidos para a análise sensorial efectuada aos produtos secados da colheita de 2009 são apresentados na Tabela 2 como o resultado do estudo da significância das diferenças detectadas, classificadas como não significativas ou significativas.

Tabela 2 – Resultados dos ensaios de análise sensorial aplicados às peras da secagem de 2009.

Metodologias de secagem	Cor	Sabor	Consistência na boca	Doçura	Acidez
Tradicional vs ESAV	Não significativas	Não significativas	Não significativas	Não significativas	Não significativas
Tradicional vs ESTV	Não significativas	Não significativas	Não significativas	Não significativas	Não significativas
Tradicional vs UC	Significativas	Não significativas	Não significativas	Não significativas	Não significativas

Os resultados obtidos permitem verificar que as secagens alternativas produziram frutos secados com características muito próximas das do produto tradicional, sendo o único caso de diferença significativa detectado relativamente ao produto tradicional o referente à cor do produto secado na UC (coloração mais clara/esbranquiçada). Sendo assim, as estufas da ESAV e da ESTV mostraram melhoramentos em relação ao que se havia verificado em 2008, possuindo capacidade para produzir um produto sensorialmente muito semelhante ao produto tradicional, enquanto que o túnel da UC, ainda que tendo apresentado melhorias em relação à secagem do ano

anterior, continuou a produzir um produto de cor significativamente diferente da cor do produto tradicional, mas com os restantes atributos comparáveis aos do produto tradicional.

1.2. Análise sensorial descritiva quantitativa dos produtos secados

A determinação descritiva quantitativa dos perfis sensoriais incidiu sobre os produtos secados resultantes da colheita de 2009. Esta determinação realizou-se usando provas descritivas quantitativas usando o tipo de teste "Free Choice Profiling" e um painel de 7 provadores não treinados, mas que haviam já participado em sessões de prova anteriores envolvendo os produtos em estudo.

Os resultados obtidos neste estudo são apresentados na Tabela 3 como os valores das médias das réplicas para cada atributo sensorial de cada produto analisado. Para a maioria dos casos, não se verificou muita oscilação entre os valores das diferentes réplicas. Contudo, para algumas amostras não se verificou consenso entre o painel. Este facto poderá estar relacionado com a heterogeneidade dos produtos analisados, facto este descrito já em sessões de prova realizadas anteriormente a estes produtos. Outro facto que não pode ser excluído é a reduzida aferição do painel não treinado, provocando diferentes percepções dos atributos e da intensidade destes. Para os casos em que se verificou alguma variação entre réplicas e/ou não se verificou consenso generalizado entre o painel, é assumido o valor da média, encontrando-se igualmente discriminado na Tabela 3 o intervalo correspondente a cada variação.

Os resultados foram também representados graficamente para uma mais fácil interpretação (Figura 1). Para uma melhor caracterização do perfil sensorial dos produtos secados em estudo, recorreu-se à conversão da escala numérica em termos descritivos. Assim sendo, e usando como exemplo o atributo sensorial da doçura, é possível definir: Nível 1 – Pouco doce; Nível 2 – Ligeiramente doce; Nível 3 - Razoavelmente doce; Nível 4 – Doce; Nível 5 – Muito doce. Este exemplo serve para a caracterização dos atributos sensoriais da uniformidade da cor, doçura, acidez, dureza e elasticidade. Para os restantes atributos (tonalidade da cor e apreciação global) as escalas definidas nas fichas de prova já contemplavam a descrição de cada nível pelos respectivos termos associados.

Os resultados indicam que o perfil sensorial do produto secado tradicionalmente é caracterizado pela coloração alaranjada uniforme, pelo sabor doce e razoavelmente ácido e pela textura elástica e dureza razoável. Por sua vez, verificou-se que os produtos secados em estufas na ESAV e ESTV possuem características sensoriais semelhantes entre si, como é o caso da coloração alaranjada razoavelmente uniforme, o sabor razoavelmente doce e a textura de dureza e elasticidade razoáveis. A única diferença entre estes produtos verifica-se na acidez, sendo de nível razoável e ligeiro, respectivamente. Verificou-se ainda que o produto secado em túnel na

UC é caracterizado pela coloração amarelada/creme uniforme, pelo sabor doce e ligeiramente ácido e pela textura de dureza e elasticidade razoáveis.

Tabela 3 – Resultados da avaliação de consenso realizada pelo painel para cada produto analisado.

Atributos		Tradicional		ESAV		ESTV		UC	
		Perfil	Comentários	Perfil	Comentários	Perfil	Comentários	Perfil	Comentários
Cor	Tonalidade	4	-----	4	Alguns frutos nível 3	4	Alguns frutos nível 5	2	----- -
	Uniformidade	4	-----	3	----- -	3	----- -	4	----- -
Sabor	Doçura	4	Variação nível 2 a 4	3	Variação nível 2 a 4	3	----- -	4	----- -
	Acidez	3	Variação nível 2 a 4	3	Variação nível 2 a 4	2	----- -	2	----- -
Textura	Dureza	3	-----	3	----- -	3	----- -	3	----- -
	Elasticidade	4	Alguns frutos nível 3	3	----- -	3	----- -	3	----- -
Apreciação global		4	-----	4	----- -	3	----- -	3	Alguns frutos nível 2

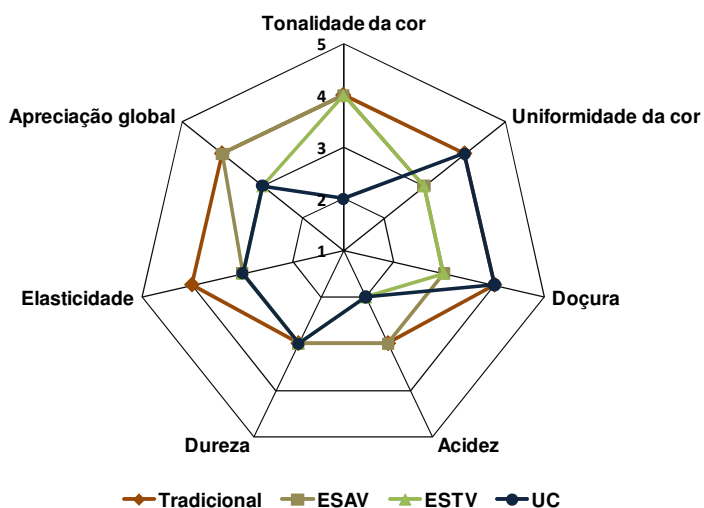


Figura 1: Representação gráfica dos perfis sensoriais determinados para cada um dos produtos analisados.

Comparando os perfis sensoriais das metodologias alternativas com o perfil sensorial do produto tradicional, verificou-se que os dois produtos secados em estufa (ESAV e ESTV) são os mais semelhantes, ao passo que o produto secado em túnel na UC possui o perfil sensorial menos semelhante, sendo a maior diferença verificada para a tonalidade da cor. Estes factos haviam sido descritos aquando da análise de diferenças realizada na primeira fase do estudo sensorial dos produtos secados.

2. ESTUDO DA COLORAÇÃO CARACTERÍSTICA

Para encontrar os factores que ajudassem a explicar o desenvolvimento da coloração característica do produto tradicional e a diferença na coloração no caso da secagem em túnel na UC, foram realizados vários ensaios em que se analisaram os espectros de UV-Vis em diferentes condições, estudou-se a influência na cor do pH, temperatura e humidade e foram analisados compostos diagnóstico de reacções de Maillard pela detecção de resíduos de furosina, carboximetil-lisina e carboxietil-lisina.

2.1. Espectros de UV-Vis

O estudo dos espectros de UV-Vis surgiu na sequência da necessidade de perceber de que maneira se poderia induzir a coloração característica do produto tradicional às peras secadas em túnel. Uma das hipóteses foi o uso de lâmpadas de tungsténio, com as quais se observou que a coloração castanha aumenta. Com vista a definir um comprimento de onda para o qual os frutos fossem sensíveis ao ponto de se desenvolver a coloração característica, os extractos de metanol e de acetona/água (4:6, v/v) das peras frescas,

secadas tradicionalmente e secadas em túnel foram analisados na gama do UV-Vis.

A análise dos espectros de absorção na gama do UV-Vis determinados revelou diferenças significativas entre as diferentes amostras a 260 nm e 300 nm, com maior absorvância para os produtos secados em relação aos frescos (resultados não mostrados). A diferença entre as peras secadas tradicionalmente, as secadas em túnel e as frescas ocorre a 340 nm, uma banda característica das antocianinas, possivelmente as moléculas responsáveis pela contribuição para a cor vermelha/acastanhada. Como por si só estas moléculas não explicam a cor das peras secadas tradicionalmente, foram analisados também alguns factores físico-químicos descritos na bibliografia como importantes para o desenvolvimento de reacções de acastanhamento não enzimático, como é o caso do pH, da temperatura e da humidade.

1.2. Influência do pH, temperatura e humidade

Para testar a influência do pH, as peras frescas liofilizadas foram mergulhadas em soluções tampão em toda a gama da escala de pH, verificou-se que as peras escureceram progressivamente com o aumento do pH, tendo-se identificado o intervalo de pH 4-6 como sendo aquele em que se identificaram as maiores variações na cor. A pH 5 a coloração da pêra apresentou uma coloração muito semelhante à coloração alaranjada do produto tradicional (Figura 2).

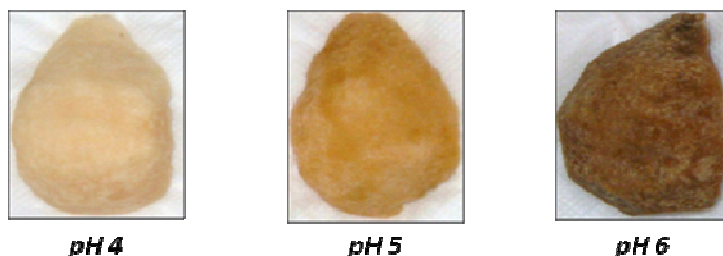


Figura 2 - Efeito da variação do pH no desenvolvimento da coloração em peras frescas liofilizadas.

Depois deste teste inicial procedeu-se à exploração do efeito do pH na gama de 4 a 6 com novos testes, reduzindo o efeito do mergulho permanente dos frutos das soluções mas introduzindo outros factores como a exposição solar. Os resultados destes testes mostram que a exposição solar conduz a um aumento da intensidade da coloração dos frutos frescos, mas o facto dos frutos terem sido colocados em frascos de plástico translúcidos fechados conduziu à condensação de água nas suas paredes, sendo posta a hipótese de que o efeito do aumento da temperatura e humidade poderem ser também factores importantes para a coloração dos frutos (Figura 3).

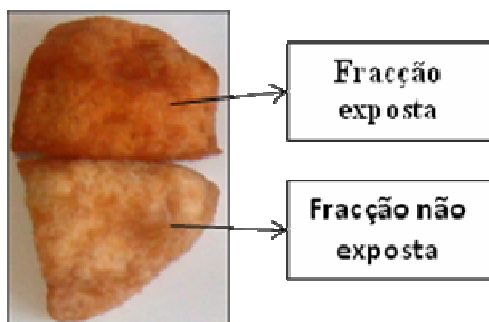


Figura 3 - Efeito da exposição solar no desenvolvimento da coloração em peras frescas liofilizadas.

Assim sendo, realizaram-se mais testes em estufa, a 30 e 50°C, com peras frescas liofilizadas que depois de embebidas numa solução tampão pH 5 foram cortadas em metades, tendo sido uma metade colocada em contacto directo com o ar quente e a restante metade colocada numa caixa de petri fechada para conservar a humidade. Os resultados mostraram que as metades de pêra que foram mantidas fechadas, conservando a humidade, apresentam colorações mais intensas e que essa intensidade aumenta com o aumento da temperatura (Figura 4).



Figura 4 - Efeito da humidade e da temperatura no desenvolvimento da coloração em peras frescas liofilizadas.

Estes resultados permitem concluir que o pH, a temperatura de secagem e a humidade das peras são parâmetros determinantes para o processo de desenvolvimento da coloração característica do produto tradicional.

2.3. Detecção dos resíduos de furosin, carboximetil-lisina e carboxietil-lisina

Do estudo da influência de factores como o pH, a temperatura e a humidade, surgiu a hipótese de que durante o processo de secagem tradicional ocorrem reacções de acastanhamento não enzimático como

as reacções de Maillard, descritas já largamente como resultado de reacções entre os açúcares e os aminoácidos a pH alcalino (ainda que já se tenham verificado estas reacções a pH neutro) e a temperaturas altas. Durante o processo de secagem tradicional existe um passo intermédio, designado por embarrelamento, que consiste em remover os frutos da exposição solar à hora de maior calor, colocá-los em cestos e de seguida "abafar" os frutos com recurso a mantas. Este passo intermédio pode ser decisivo na ocorrência deste tipo de reacções uma vez que promove o surgimento de temperaturas e humidades relativamente altas durante o tempo suficiente para promover mudanças na coloração.

Assim sendo, foi aplicada uma metodologia com vista à detecção e quantificação dos resíduos de furosina, carboximetil-lisina (CEL) e frutossil-lisina (CML), uma vez que estes são descritos na literatura como indicadores da ocorrência de reacções de Maillard. Este estudo foi realizado para os frutos da colheita de 2009, frescos (controlo da análise) e secados. Foi realizada uma hidrólise ácida (HCl 7,8 M, 24 h a 110 °C) do material proteico para a libertação dos resíduos de CML e CEL e para a conversão dos resíduos de fructossil-lisina em furosina. Os hidrolisados ácidos foram purificados por filtração e por passagem em cartucho C-18, e de seguida derivatizados por esterificação com isobutanol e por acilação com anidrido heptafluorobutírico. Depois de derivatizados foram analisados por GC-MS usando uma coluna DB1. A quantificação dos resíduos de CML e CEL foi realizada em conjunto devido à impossibilidade de separar estes dois compostos com a metodologia usada.

Em relação aos resultados, os resíduos de CML, de CEL e de furosina foram detectados e quantificados para o produto fresco e para todos os produtos secados. Foi já descrito na literatura (Charissou *et al.*, 2007; Fenaille *et al.*, 2006) que estes tipos de compostos podem ser formados pela degradação de açúcares e lípidos durante a hidrólise ácida. Como os frutos frescos não sofreram qualquer tipo de processamento, a ocorrência destes compostos será resultado de um artefacto da metodologia usada, nomeadamente durante a hidrólise ácida das amostras. Verificou-se que o teor de furosina e CML+CEL é mais elevado para os produtos secados. Assim, usando o produto fresco como controlo foi possível determinar o teor destes compostos resultante dos diferentes processamentos de secagem estudados (Figura 5).

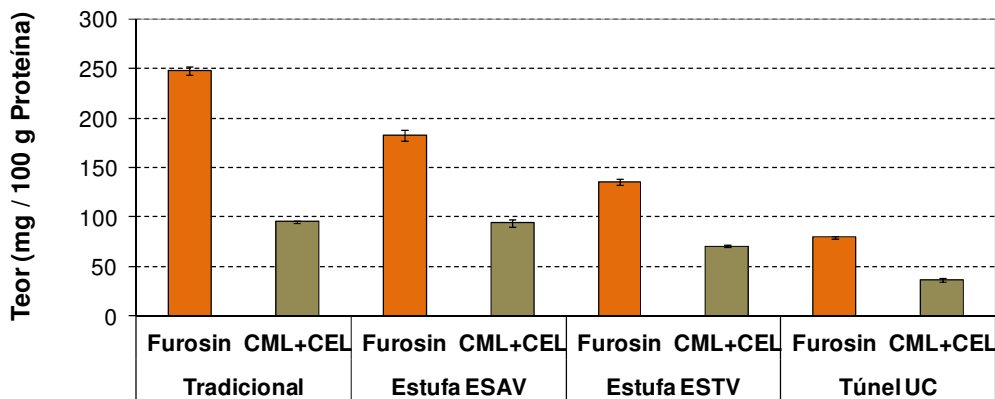


Figura 5 - Teor de furosina, CML e CEL nas amostras de pêras secadas.

Em relação à determinação dos níveis de furosina nos produtos secados, os resultados mostraram que os teores variam entre 247 e 80 mg por 100 g de proteína, detectados para as peras tradicionais e para as peras secadas em túnel, respectivamente. Para as peras secadas em estufa na ESAV e ESTV, a quantidade de furosina variam entre 182 e 136 mg 100 g⁻¹ proteína, respectivamente. A furosina é usada como indicador de qualidade em produtos lácteos, ovos, cereais para bebés, massas, produtos de tomate, soja, cevada, malte, mel, produtos derivados de carne e leite processados termicamente (Erbersdobler e Somoza, 2007; Rada-Mendoza *et al.*, 2002) mas nenhum dado relativo ao teor de furosina em frutos secos foi anteriormente relatado. Ainda assim, os teores de furosina detectados para as peras secadas são semelhantes aos descritos na literatura para produtos que haviam sofrido tratamento térmico de forma moderada, tais como produtos de leite UHT (Vallejo-Cordoba *et al.*, 2004; Van Renterghem e De Block, 1996) (35-269 mg por 100 g proteína), compotas e alimentos para crianças à base de frutos (Rada-Mendoza *et al.*, 2002) (44-448 mg por 100 g proteína), carne de bovino e salmão cozinhados (Charissou *et al.*, 2007) (100-200 mg por 100 g proteína).

Para a quantificação de CML + CEL nas peras secadas, os resultados indicam teores entre 96 e 37 mg por 100 g de proteína, detectados para as peras tradicionais e para as peras secadas em túnel, respectivamente. Para as peras secadas em estufa na ESAV e ESTV, a quantidade de furosina varia entre 94 e 71 mg por 100 g proteína, respectivamente. A CML é descrita na literatura como um indicador útil no estudo da ocorrência dos estados mais avançados das reacções de Maillard em alimentos processados termicamente de forma severa (Charissou *et al.*, 2007), mas em relação aos teores de CEL não existem dados disponíveis. Assim sendo, os teores determinados para CML+CEL são, como esperado, superiores aos descritos na literatura para a CML mesmo em alimentos severamente processados termicamente, como o leite em pó esterilizado

(Erbersdobler e Somoza, 2007) (43-52 mg por 100 g proteína) e fórmulas infantis hipoalergénicas em pó (Fenaille *et al.*, 2006) (13-32 mg por 100 g proteína). Este facto deve-se à interferência do teor de CEL na quantificação da CML.

Em ambas as análises realizadas (furosina e CML+CEL), verifica-se uma tendência para a ocorrência de níveis mais elevados para as peras tradicionais e o conteúdo mais baixo para as peras secadas em túnel na UC, enquanto as peras secadas nas estufas possuem níveis intermédios. Este facto mostrou que a secagem tradicional é o processamento térmico mais severo e que a secagem realizada em túnel é o processamento térmico menos severo. Este facto pode explicar as diferenças observadas entre a cor das peras tradicionais (coloração castanha/avermelhada característica) e das peras secadas em túnel na UC (sem coloração castanha/avermelhada). No caso das peras secadas em estufas na ESAV e na ESTV, verifica-se a ocorrência da coloração característica. Estes resultados permitem afirmar que o processamento de secagem promove a ocorrência de reacções de Maillard nas peras de S. Bartolomeu e que no caso da secagem tradicional e das secagens em estufa este facto contribui para o desenvolvimento da coloração castanha/avermelhada das peras. Para a secagem em túnel (UC) é possível que o processamento não é suficientemente forte para garantir a ocorrência de reacções de Maillard nos estados mais avançados, quando a coloração castanha/avermelhada se desenvolve.

3. ANÁLISE DE AMINOÁCIDOS

A análise de aminoácidos realizou-se na sequência do estudo da ocorrência de reacções de Maillard, uma vez que a quantificação dos resíduos de CML, de CEL e de furosina foi efectuada relativamente ao teor de lisina presente em cada uma das amostras. Outro objectivo para a realização desta análise foi o de estudar o efeito dos diferentes processos de secagem no perfil de aminoácidos dos frutos secados em relação ao fresco. Este estudo envolveu a análise do produto fresco, produto secado tradicionalmente, produtos secados em estufa (ESAV e ESTV) e produto secado em túnel (UC) obtidos de duas secagens realizadas em 2008 e 2009. No caso da secagem de 2008 não foram analisados os frutos secados em estufa na ESTV por falta de amostra.

O método de análise para a determinação dos aminoácidos totais foi semelhante ao efectuado na detecção dos resíduos indicadores da ocorrência de reacções de Maillard, mas a concentração do ácido clorídrico usado na hidrólise foi inferior (6 M) e os hidrolisados foram apenas filtrados e de seguida derivatizados. Para a determinação dos aminoácidos livres o procedimento foi o mesmo mas não se realizou a hidrólise ácida, uma vez que o objectivo era o de caracterizar a fracção não associada em proteínas.

Em relação aos resultados para as amostras da secagem de 2008, verificou-se alguma inconsistência dos resultados, possivelmente na

seqüência de erros na manipulação dos frutos durante os processos de secagem, que terão levado à sua contaminação/degradação (Figura 6).

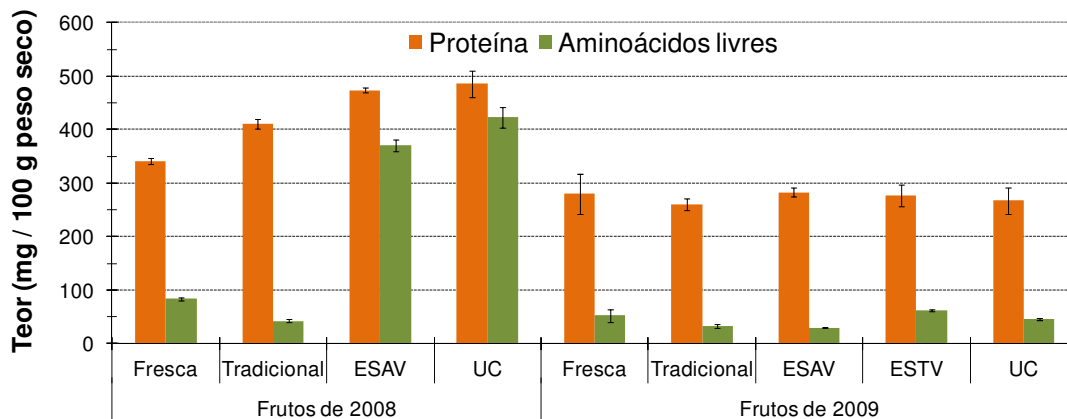


Figura 6 - Teor em proteína e em aminoácidos livres de peras frescas e secadas.

Em relação aos resultados obtidos para as amostras da secagem de 2009 os resultados são bem mais consistentes e permitem algumas conclusões. Em primeiro lugar, verificou-se que o teor de proteína determinado para o produto fresco é de 280 ± 11 mg/100 g de peso seco, sendo que este valor está de acordo com o verificado na literatura (Pilipenko *et al.*, 1999) (231 mg/100 g de peso seco).

Os aminoácidos predominantes no material proteico de todas as amostras de pêra são: Glx (20%), Leu (18%) e Asx (13%), contrastando com os valores indicados na literatura que apresentam um valor de Asx mais elevado (35%) e valores de Glx (8%) e Leu (5%) mais baixos. Foram detectados ainda os aminoácidos essenciais Ile (10%), Val (7%), Lys (6%), Thr (4%) e Phe (3%) revelando que a pêra de S. Bartolomeu é uma fonte de aminoácidos com valor nutricional. Em relação aos perfis de aminoácidos do material proteico determinados para os produtos secados, os resultados encontram-se representados na Figura 7, usando como comparação com o perfil do produto fresco.

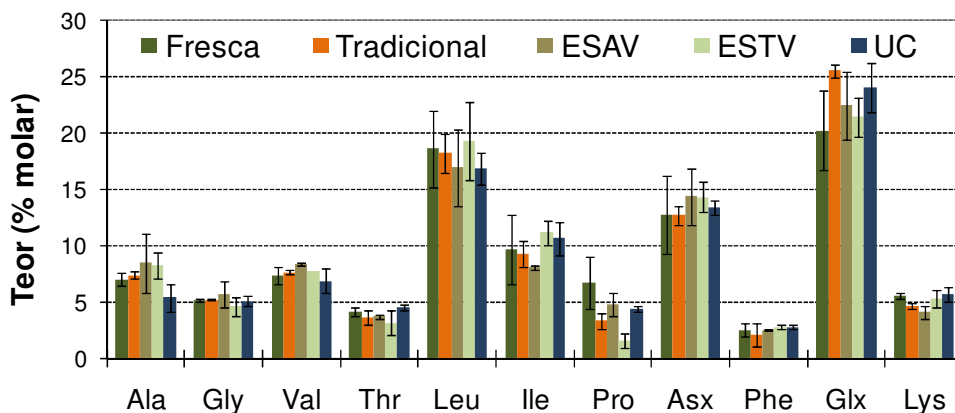


Figura 7 - Perfis de aminoácidos das proteínas do produto fresco e dos produtos secados.

Os resultados mostram que os perfis dos aminoácidos que compunham as proteínas são muito semelhantes ao do produto fresco, indicando que o processo de secagem não afectou estes parâmetros.

Em relação ao teor em aminoácidos livres, verificou-se um valor de 52 ± 11 mg/100 g de peso seco para o produto fresco, representando 16% do valor total de aminoácidos. Os aminoácidos predominantemente detectados são o Glx (45%), o Asx (21%) e a Ala (13%) tendo sido ainda detectado o aminoácido essencial Val (8%). Estes resultados estão em conformidade com o descrito na literatura para pêra fresca (Pilipenko *et al.*, 1999) e para sumo de pêra (Van Gorsel *et al.*, 1992; Belitz *et al.*, 2004) onde o Asx é referido como sendo o aminoácido predominante. Os teores em aminoácidos livres determinados para os produtos secados tradicionalmente (32 ± 3 mg/100 g peso seco) e em estufa na ESAV (29 ± 1 mg/100 g de peso seco) são menores do que os determinados para o produto fresco, enquanto que para o caso dos produtos secados em túnel e em estufa na ESTV estes valores são semelhantes. Verificou-se ainda que todos os processos de secagem promovem o aumento do teor em Pro (3,6 mg/100 g no produto fresco para 6,2-29,6 mg/100 g de peso seco nos produtos secados). Embora não haja dados disponíveis na literatura em relação ao perfil de aminoácidos de peras secadas nem de frutos secados em geral, o alto teor de Pro livre foi descrito para sumo de pêra (Belitz *et al.*, 2004). Na verdade, o alto teor em Pro é descrito na literatura como uma resposta dos frutos a condições de stresse (Huxham *et al.*, 1999; José & Puigdomènech, 1993; Shirsat *et al.*, 1996), nomeadamente devido à modulação da expressão de glicoproteínas ricas em prolina (extensinas). A diminuição do teor de Glx e Ala está relacionada com a perda de alguns compostos com o processamento de secagem.

Desta caracterização a nível do perfil de aminoácidos, conclui-se que os diferentes processos de secagem não afectam o conteúdo em proteína mas afectam o perfil de aminoácidos livres.

4. CONCLUSÃO

Quanto à análise sensorial realizada aos produtos secados, conclui-se que as secagens em estufa desenvolvidas possuem capacidade para produzir Pêra Passa de Viseu, enquanto que a metodologia de secagem em túnel precisa ainda de optimização para aproximar a coloração do produto secado à coloração característica do produto tradicional. Atendendo às qualidades organolépticas da pêra assim processada, é de admitir que este produto possa também ter valor comercial mesmo sem ter a cor do produto tradicional.

Em relação ao estudo do processo de desenvolvimento da coloração característica da pêra passa, o trabalho realizado permitiu observar que o pH, a temperatura e a humidade são factores importantes neste processo, sendo que para pH 5, a 50°C e a uma humidade relativa de 100% é possível simular em laboratório o desenvolvimento da coloração característica da Pêra Passa de Viseu. No seguimento destes resultados, a ocorrência de reacções de Maillard durante os processos de secagem surgiu como hipótese. De facto, verificou-se a detecção dos compostos resultantes das reacções de Maillard em todos os tipos de peras secadas, sendo os níveis mais elevados detectados para as peras secadas tradicionalmente, enquanto as peras secadas no túnel de ar quente, que não possuem cor castanho-avermelhada, apresentam os valores inferiores. Estes resultados permitem concluir que a secagem da pêra de S. Bartolomeu promove a ocorrência de reacções de Maillard características de produtos processados termicamente que podem contribuir para a coloração característica do produto.

Em relação ao efeito da secagem no perfil de aminoácidos, conclui-se que os processos de secagem em estudo não afectam o conteúdo em proteína nem o seu perfil em aminoácidos, mas afectam o conteúdo em aminoácidos livres e o seu perfil, promovendo o aumento do teor em Pro. Os aminoácidos essenciais Ile, Val, Lys, Thr e Phe conferem a este produto valor nutricional.

Estes resultados permitem concluir que a coloração da pêra para produzir o produto tradicional não pode ser explicada por um único grupo de compostos mas pela conjugação de várias modificações ao nível dos compostos fenólicos, reacções de Maillard, reacções de acastanhamento e outras, potenciadas pelas condições adequadas de pH, temperatura e humidade a que a pêra é submetida. É possível aproximar os parâmetros sensoriais das peras obtidas em estufa e em secador àquelas que apresentam os frutos tradicionais por conjugação em laboratório e posteriormente na indústria destes factores.

REFERÊNCIAS

- Belitz HD, Grosch W & Schieberle P (2005) *Fruits and fruit products*. Food Chemistry. Berlin: Springer-Verlag, 3rd Revised Edition.
- Charissou AL, Ait-Ameur & Birlouez-Aragon I (2007) Evaluation of a gas chromatography/mass spectrometry method for the quantification of carboxymethyllysine in food samples. *Journal of Chromatography A*, 1140, 189-194.
- Erbersdobler HF & Somoza V (2007) Forty years of furosine - Forty years of using Maillard reaction products as indicators of the nutritional quality of foods. *Molecular Nutrition & Food Research*, 51, 423-430.
- Fenaille F, Parisod V, Visani P, Populaire S, Tabet J & Guy PA (2006) Modifications of milk constituents during processing: A preliminary benchmarking study. *International Dairy Journal*, 16, 728-739.
- Huxham IM, Jarvis MC, Shakespeare L, Dover CJ, Johnson D, Knox JP & Seymour GB (1999) Electron-energy-loss spectroscopic imaging of calcium and nitrogen in the cell walls of apple fruits. *Planta*, 208, 438-443.
- José M & Puigdomènech P (1993) Structure and expression of genes coding for structural proteins of the plant cell wall. *New Phytologist*, 125, 259-282.
- Pilipenko LN, Kalinkov AY & Spektor AV (1999) Amino acid composition of fruit in the manufacture of sedimentation-stabilized dispersed products. *Chemistry of Natural Compounds*, 35, 208-211.
- Rada-Mendoza M, Olano A & Villamiel M (2002) Furosine as Indicator of Maillard Reaction in Jams and Fruit-Based Infant Foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 4141-4145.
- Shirsat AH, Bell A, Spence J & Harris JN (1996) The Brassica napus extA extensin gene is expressed in regions of the plant subject to tensile stresses. *Planta*, 199, 618-624.
- Vallejo-Cordoba B, Mazorra-Manzano MA & González-Córdova AF (2004) New Capillary Electrophoresis Method for the Determination of Furosine in Dairy Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 5787-5790.
- Van Gorsel H, Li C, Kerbel EL, Smits M & Kader AA (1992) Compositional characterization of prune juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 784-789.
- Van Renterghem R & De Block J (1996) Furosine in consumption milk and milk powders. *International Dairy Journal*, 6, 371-382.

ISOLAMENTO E CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DE POLISSACARÍDEOS PÉCTICOS DA PÊRA PASSA DE VISEU

Lisete Silva, Cláudia Nunes, Maria do Rosário Domingues, Raquel Guiné, Manuel António Coimbra

RESUMO

Os polissacarídeos pécticos integram uma grande família de polissacarídeos constituídos, essencialmente, por uma longa cadeia de resíduos de ácido galacturónico (GalA). Estes compostos podem ser encontrados nas paredes celulares primárias dos frutos e vegetais, apresentando um papel importante na determinação da força e flexibilidade dos tecidos.

Os polissacarídeos das paredes celulares da pêra de S. Bartolomeu obtida em fresco e das peras secadas foram fraccionados e caracterizados quanto à sua constituição em açúcares. Algumas fracções ricas em polissacarídeos pécticos foram seleccionadas para uma análise estrutural mais detalhada, nomeadamente o sobrenadante do resíduo celulósico da pêra fresca (SnCR). Estes polissacarídeos pécticos foram hidrolisados com uma *endo*-poligalacturonase (PG), uma hidrolase específica para os resíduos de ácido poligalacturónico em ligação α -(1→4). Os oligossacarídeos obtidos foram separados por tamanho utilizando uma cromatografia de exclusão molecular. As fracções de menor peso molecular foram analisadas por espectrometria de massa com ionização por electrospray (ESI-MS e ESI-MS/MS).

Para comparação das características estruturais dos polissacarídeos das peras com a de outros frutos, estudou-se ainda uma pectina comercial proveniente de citrinos.

1. INTRODUÇÃO

Os polissacarídeos pécticos estão presentes em elevadas quantidades nos frutos e são das suas características nas diferentes fases do seu crescimento, amadurecimento e processamento. Os

polissacarídeos pécticos têm muitas funções nas paredes celulares dos tecidos, sendo determinantes para a sua robustez e flexibilidade.

Os polissacarídeos pécticos representam um grupo complexo de polissacarídeos que têm como cadeia principal resíduos de ácido galacturónico (GalA) em ligação α -(1→4). Na parede celular podem existir quatro tipos de polissacarídeos pécticos, denominados da seguinte forma: homogalacturonanas (HG), ramnogalacturonanas do tipo I (RG-I), que incluem as cadeias de arabinogalactanas e arabinanas, ramnogalacturonanas do tipo II (RG-II) e as xilogalacturonanas (XGA). As HG são polímeros lineares, constituídos por resíduos de α -(1→4)-D-GalpA, [\rightarrow 4)- α -D-GalpA-(1→]_n, que podem estar parcialmente metilesterificados e/ou acetilados em O-2 e/ou O-3. As RG-I são constituídas, na cadeia principal, de unidades repetidas de [\rightarrow 4)- α -D-GalpA-(1→2)- α -L-Rhap-(1→], que podem estar ramificadas em O-4 nos resíduos de Rha, com cadeias laterais constituídas por resíduos de galactose (Gal) e/ou arabinose (Ara). As RG-II estão descritas como sendo heteropolissacarídeos complexos, que contêm uma cadeia principal de HG. São ainda constituídos por cadeias de, pelo menos, 8 resíduos de α -D-GalpA, em ligação (1→4), onde estão directamente ligadas quatro cadeias de oligossacarídeos contendo açúcares pouco comuns, como a apiose, o ácido acérico, ácido 3-desoxi-D-lixo-2-heptulosárico (DHA) e o ácido 3-desoxi-D-mano-2-actulosónico (KDO) (Vidal et al., 2000).

Os constituintes principais das paredes celulares da polpa da pêra de S. Bartolomeu são os polissacarídeos pécticos (36%), a celulose (31%) e as glucuronoxilanas (27%), e os componentes minoritários são as xiloglucanas (4%) e as mananas (2%) (Ferreira, 2003).

Neste trabalho, foram determinadas as características estruturais detalhadas dos polissacarídeos pécticos da pêra de S. Bartolomeu e de uma pectina comercial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

AMOSTRAS:

Neste trabalho foram utilizados extractos obtidos no fraccionamento dos polissacarídeos da parede celular da pêra fresca e secada:

Na₂CO₃-f: amostra de pêra fresca extraída com Na₂CO₃

Na₂CO₃-s: amostra de pêra secada extraída com Na₂CO₃

CDTA-f: amostra de pêra fresca extraída com CDTA (agente quelante)

CDTA-s: amostra de pêra secada extraída com CDTA

Sn-CR-f: sobrenadante do resíduo celulósico da pêra fresca

A pectina comercial proveniente de citrinos também foi usada neste trabalho.

ANÁLISE DE AÇÚCARES:

Os polissacarídeos pécticos das diferentes amostras foram hidrolisados e os açúcares neutros resultantes foram reduzidos e acetilados. A detecção e quantificação dos diferentes açúcares foram efectuadas com recurso à cromatografia em fase gasosa utilizando um detector de ionização de chama (GC-FID) (Coimbra *et al.*, 1996). A determinação dos ácidos urónicos foi feita por colorimetria utilizando como reagente o *m*-fenilfenol em ácido sulfúrico concentrado (Coimbra *et al.*, 1996).

HIDRÓLISE ENZIMÁTICA:

Todas as amostras foram sujeitas a uma hidrólise enzimática selectiva com PG. A hidrólise foi realizada com uma solução tampão de acetato de sódio 0,1 M, durante 1 h a 26°C. Deste modo, foram obtidos oligossacarídeos pécticos, que posteriormente foram separados por cromatografia de exclusão molecular.

CROMATOLOGRAFIA DE EXCLUSÃO MOLECULAR:

A cromatografia de exclusão molecular foi efectuada em colunas de Biogel P2 e P6, que permitem fraccionar moléculas com tamanhos que variam de 100-1800 e 1000-6000 Da, respectivamente. Esta técnica permitiu a separação por tamanho dos oligossacarídeos pécticos resultantes da hidrólise com PG. Na tabela 1 são descritas as condições de eluição utilizadas para as diferentes amostras.

Tabela 1: Condições de eluição da cromatografia de exclusão molecular para as diferentes amostras.

Amostra	Biogel	Eluente	Fluxo (mL/min)
Na ₂ CO ₃ -s	P6	H ₂ O destilada	0,30
		Tampão fosfato 50mM pH=6,5	0,70
Na ₂ CO ₃ -f	P6	H ₂ O destilada	0,30
CDTA-f antes e após saponificação	P6	H ₂ O destilada	0,53
CDTA-s	P6	H ₂ O destilada	0,53
Sn-CR-f	P6	H ₂ O destilada	0,53
PC	P6	H ₂ O destilada	0,53
		Tampão fosfato 50mM pH=6,5	0,70
	P2	H ₂ O destilada	0,55
		H ₂ O destilada pH=2,7	0,56

Às fracções resultantes da cromatografia de exclusão molecular, realizaram-se testes colorimétricos para a detecção dos açúcares e dos ácidos urónicos (Gala).

ESPECTROMETRIA DE MASSA COM IONIZAÇÃO POR ELECTROSPRAY (ESI-MS):

As fracções de menor peso molecular onde foram detectados açúcares e ácidos urónicos foram analisadas por espectrometria de massa (MS) utilizando o método de ionização por electrospray (ESI), operando em modo positivo, utilizando um fluxo de 10 µL/min.

DETERMINAÇÃO DO GRAU DE ESTERIFICAÇÃO E ACETILAÇÃO:

Os polissacarídeos pécticos podem encontrar-se metilesterificados e/ou acetilados, impedindo a acção da PG. O grau de metilesterificação e de acetilação foi obtido com recurso à microextracção em fase sólida (SPME). As amostras foram saponificadas com uma solução de NaOH e, após acidificação com HCl, o metanol e o ácido acético resultantes foram adsorvidos na fibra de 208

SPME (DVB/Carboxen/PDMS) e a quantificação é feita por GC-FID (Nunes *et al.*, 2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 pode ser observado, como exemplo, o resultado da análise de açúcares para um extracto obtido no fraccionamento dos polissacarídeos da pêra fresca (SN-CR-f) e para a pectina comercial (PC).

Tabela 2: Concentração, em % mol, dos açúcares presentes nas amostras de Na₂CO₃-s e PC

Amostra	% mol							Açúcares totais
	Rha	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc	AU	(mg/g)
Sn-CR-f	-	44	12	-	19	3	21	264
PC	1	1	-	1	3	13	81	1016

Rha-ramnose; Ara-arabinose; Xyl-xilose; Man-manose; Gal-galactose; Glc-glucose; AU-ácidos urónicos; v- quantidade vestigial;.

No que respeita à análise efectuada aos açúcares presentes nas amostras de Sn-CR-f e PC, pode dizer-se que esta última é, essencialmente, constituída por ácidos urónicos (81 % mol). No entanto, apresenta ainda uma quantidade considerável de Glc (13 % mol). No caso da amostra de Sn-CR-f, a Ara é o açúcar mais abundante (44 % mol). No entanto, os ácidos urónicos (21 % mol), assim como a Gal (19 % mol), assumem um grande peso na quantidade de açúcares totais.

O método de eluição das amostras na cromatografia de exclusão molecular teve de ser optimizado. Como se pode observar na tabela 1, testaram-se diferentes eluentes como a água destilada (pH~7), uma solução tampão fosfato 50 mM (pH=6,5) e água destilada acidificada (pH=2,7). A utilização de um pH mais ácido permite que os resíduos de GalA se encontrem protonados, tendo-se verificado que, neste caso, as interacções dos compostos com a fase estacionária eram minimizadas. Optou-se pela utilização do Biogel P2 e como eluente água acidificada pois permitiu uma separação mais eficaz dos oligossacarídeos pécticos.

Nas amostras possuindo maior quantidade de resíduos de Ara e Gal foi mais difícil a obtenção de oligossacarídeos pécticos. A presença

de grupos metilo e acetilo também impedem a hidrólise. A amostra CDTA-f, por exemplo, como tinha um índice de metilação de 23-41%, houve necessidade de se proceder à saponificação das amostras para que fossem removidos os grupos metilo, seguida de nova cromatografia de exclusão molecular.

Os cromatogramas obtidos, para todas as amostras analisadas, apresentavam dois picos, um pico na zona do limite de exclusão da coluna (> 1800 ou 6000 Da) e o outro correspondente a moléculas de baixo peso molecular, como se pode observar na figura 1.

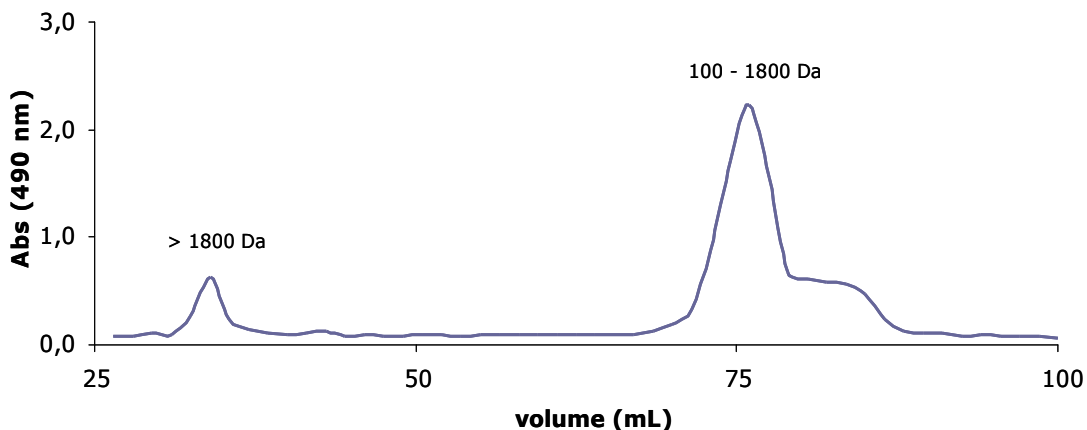


Figura 1 – Cromatograma da pectina comercial após a hidrólise com a PG, eluída com água destilada acidificada numa coluna de Biogel P2.

As fracções de menor peso molecular, que eluíram no pico de maior tempo de retenção, foram analisadas por espectrometria de massa (MS) utilizando o método de ionização por electrospray (ESI). A identificação das características estruturais destes oligossacarídeos, nomeadamente a sua composição em açúcares, sua sequência e possíveis ramificações foram determinadas pela análise dos dados de ESI-MS/MS dos iões identificados nos espectros de ESI-MS.

Através interpretação detalhada dos espectros de ESI-MS, foi possível detectar a presença de uma série de oligossacarídeos que se apresentam sob a forma de aductos de sódio, $[M+Na]^+$. Na tabela 3 são apresentados os resultados do conjunto de todas as fracções analisadas para duas das amostras (Sn-CR-f e PC), com a indicação dos valores de m/z dos iões mais abundantes observados em ESI-MS, com a possível identificação.

Tabela 3: Iões observados nos espectros de ESI-MS para as fracções analisadas de polissacarídeos pécticos da amostra Sn-CR-f e da PC, indicando os valores de m/z para os respectivos iões $[M+Na]^+$, e a sua possível identificação.

$GalA_nHex_mPent_p$	n	m	p	<i>Polissacarídeos pécticos</i>	
				<i>PC</i>	<i>Sn-Cr-f</i>
GalA_n	1	0	0	217	-
	2	0	0	393	-
	3	0	0	569	-
	4	0	0	745	745
GalA_nHex_m	2	1	0	555	-
	3	1	0	731	731
	4	1	0	-	907
GalA_nPent_p	2	0	1	525	-
	3	0	1	701	701

Os valores de m/z observados, em conjunto com os dados de análise de açúcares (tabela 1), permitiram atribuir diferentes estruturas para os oligossacarídeos. Estas pertencem a três séries distintas: oligossacarídeos constituídos apenas por resíduos de ácido galacturónico ($GalA_n$, $n=1-4$), resíduos de ácido galacturónico substituídos por resíduos de pentoses ($GalA_nPent$, $n=2-3$) e resíduos de ácido galacturónico substituídos por resíduos de hexoses ($GalA_nHex$, $n=2-4$).

Na figura 2 é apresentado um espectro de ESI-MS/MS, como exemplo dos espectros obtidos para a série $GalA_n$, do ião m/z 745. Neste espectro observam-se três perdas consecutivas de um resíduo de GalA (-176 Da), originando após a primeira perda um ião com m/z 569, depois um ião com m/z 393 e por último a formação de uma ião m/z 217, correspondente ao aducto de sódio $[GalA+Na]^+$. Deste modo, podemos confirmar a estrutura atribuída ao ião m/z 745 como sendo um tetrassacarídeo de GalA, pertencente à cadeia linear dos polissacarídeos pécticos (homogalacturonanas).

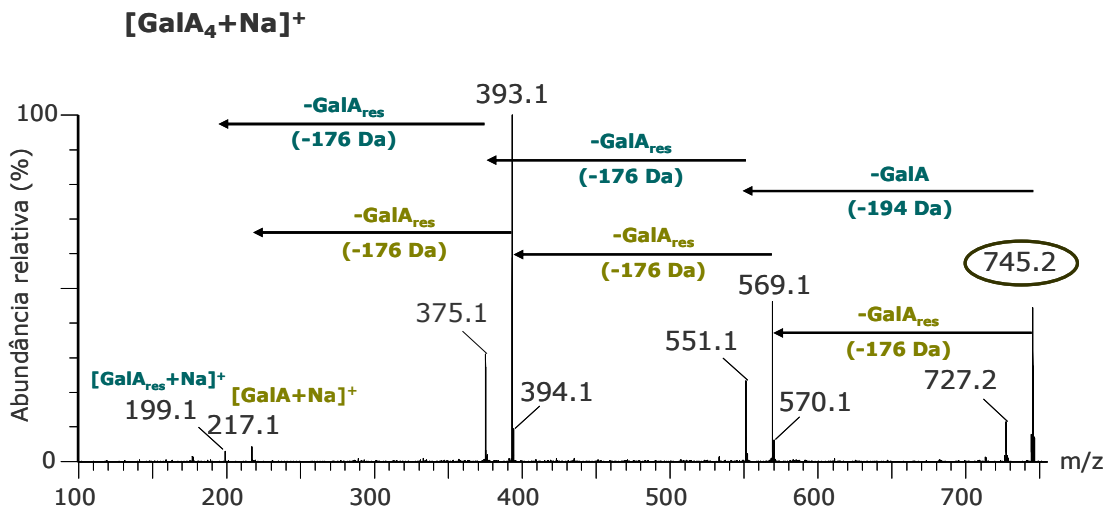


Figura 2 – Espectros de ESI-MS/MS relativo ao ião m/z 745.

O espectro de ESI-MS/MS do ião m/z 701, que representa a série GalA_nPent, é apresentado na figura 3. Pela análise da principal via de fragmentação deste ião (formado por um resíduo de pentose e três resíduos de ácido galacturónico), permite observar uma primeira perda de -194 Da, que corresponde a uma molécula de GalA (176+18) com formação do ião m/z 507. Este perde um resíduo de pentose (-132 Da) dando origem ao ião m/z 375, que por sua vez perde ainda um resíduo de GalA (-176 Da), obtendo-se um aducto de sódio formado por [GalA_{res}+Na]⁺.

Os oligossacarídeos desta série, constituídos por resíduos de ácido galacturónico ligados a pentoses, são provavelmente provenientes das xilogalacturonanas.

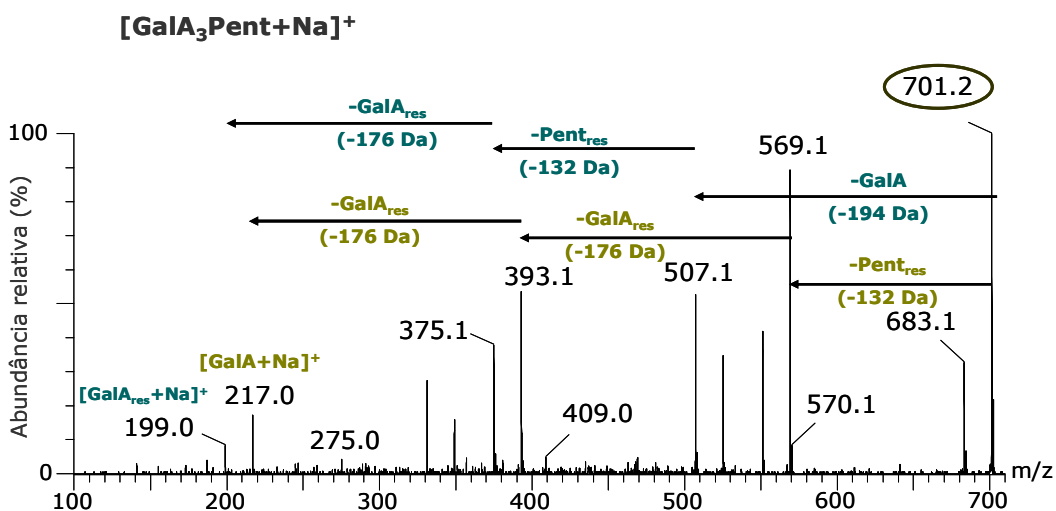


Figura 3 – Espectros de ESI-MS/MS relativo ao ião m/z 701.

O espectro MS/MS do ião m/z 731, como exemplo da fragmentação obtida para a série GalA_nHex₁, que corresponde ao oligossacarídeo constituído por três resíduos de ácido galacturónico e um resíduo de hexose é apresentado na Figura 4. A presença de ácido galacturónico é confirmada pela presença dos iões a m/z 537 e 361, que resultam da perda de uma molécula de GalA, seguida de perda de um resíduo de GalA. Por último, a confirmar a existência de um resíduo de hexose, verifica-se uma perda de -162 Da, dando origem ao ião m/z 199, correspondente a um aducto de sódio [GalA_{res}+Na]⁺.

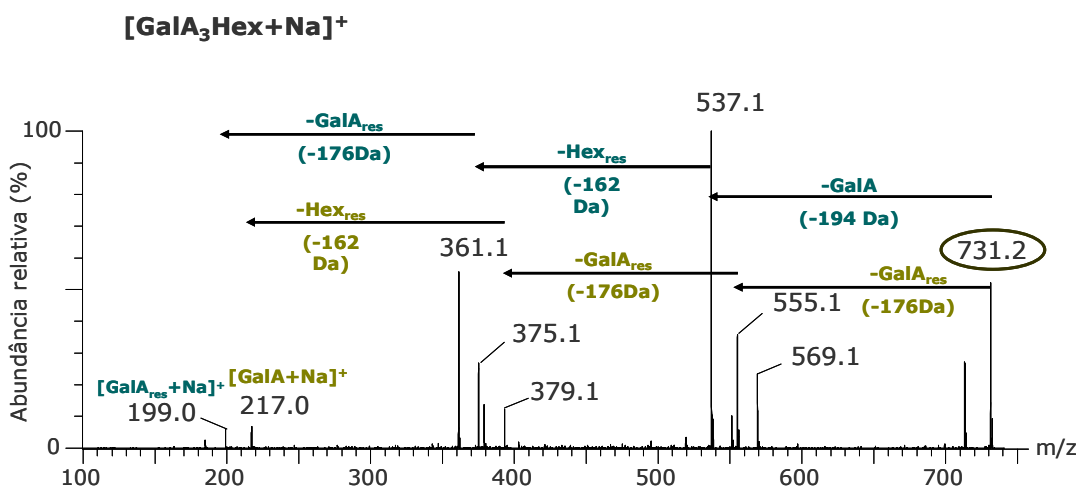


Figura 4 – Espectros de ESI-MS/MS relativo ao ião m/z 731.

A ligação de hexoses na cadeia principal de homogalacturonana é uma característica estrutural que ainda não tinha sido descrita para os

polissacarídeos pécticos. Esta característica estrutural foi observada não só nos polissacarídeos pécticos da pêra mas também nos da pectina comercial.

4. CONCLUSÕES

Após o trabalho efectuado, pode concluir-se que, relativamente à cromatografia de exclusão molecular, existe uma grande probabilidade de interacção dos polissacarídeos pécticos das amostras com a água destilada (pH~7) e a matriz de Biogel. No entanto, a utilização de água destilada a pH =2,7 pareceu ser uma boa solução para a eluição destes compostos, uma vez que, deste modo, é garantida a sua protonação.

Os polissacarídeos pécticos da pêra fresca e secada possuem uma estrutura semelhante e comparável à dos polissacarídeos pécticos de outros frutos, nomeadamente a pectina comercial obtida a partir de citrinos. A presença de resíduos de hexose ligados à cadeia principal dos resíduos de ácido galacturónico nos polissacarídeos pécticos é uma característica que merece ser explorada, pois poderá ajudar a compreender as propriedades que estes polissacarídeos possuem enquanto constituintes das paredes celulares das plantas.

Referências

- Coimbra, M. A., Delgadillo, I., Waldron, K. W., Selvendran, R. R. (1996). Isolation and Analysis of Cell Wall Polymers from Olive Pulp. *Modern Methods of Plant Analysis*, 17, 19-44.
- Ferreira, D. M. S. (2003) Estudo das transformações bioquímicas e químicas e da pêra de S. Bartolomeu durante o processo de secagem – recurso endógeno da região de Viseu, Tese de doutoramento, Universidade de Aveiro.
- Nunes, C., Saraiva, J., Rocha, S., Coimbra, M. A. (2006). Simple and solvent-free methodology for simultaneous quantification of methanol and acetic acid content of plant polysaccharides based on headspace solid phase microextraction-gas chromatography (HS-SPME-GC-FID). *Carbohydrate Polymers*, 64, 306–311.
- Vidal, S., Doco, T., Williams, P., Pellerin, W., O'Neill, M.A., Glushka, J., Darvill, A., Albersheim, P. (2000). Structural characterization of the Pectic polysaccharide rhamnogalacturonan II: evidence for the backbone location of the aceric acid-containing oligoglycosyl side chain. *Carbohydrate Research*, 326, 277-294.