



N OVA

NOVA SCHOOL OF
SCIENCE & TECHNOLOGY

Departamento de Ciências da Terra

Influência do perfil de macro e micronutrientes e avaliação do efeito de antioxidantes exógenos no poder de conservação de pera Rocha

Isabel Dinis Lopes da Silva
Licenciada em Biotecnologia

Mestrado em Tecnologias de Produção e Transformação Agro-Industrial
Universidade NOVA de Lisboa
Março, 2023



Influência do perfil de macro e micronutrientes e avaliação do efeito de antioxidantes exógenos no poder de conservação de pera Rocha

Isabel Dinis Lopes da Silva

Licenciada em Biotecnologia

Orientadora: Catarina Margarida Duarte Belo Calado Brito,
Mestre em Fitotecnologia Nutricional para a Saúde Humana, Universidade NOVA de Lisboa

Coorientadores: Prof^a. Doutora Ana Cristina Ferreira de Oliveira Rodrigues,
Professora Adjunta, Instituto Politécnico de Leiria
Prof. Doutor Fernando Henrique da Silva Reboredo,
Professor Catedrático, Universidade NOVA de Lisboa

Júri:

Presidente: Doutora Maria Manuela Abreu da Silva,
Professora Auxiliar, Universidade NOVA de Lisboa

Arguente: Doutor José António dos Santos Pereira de Matos,
Investigador Auxiliar, INIAV

Orientadora: Catarina Margarida Duarte Belo Calado Brito,
Mestre em Fitotecnologia Nutricional para a Saúde Humana, Universidade
NOVA de Lisboa

Influência do perfil de macro e micronutrientes e avaliação do efeito de antioxidantes exógenos no poder de conservação de pera Rocha

Copyright © Isabel Dinis Lopes da Silva, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

À Doutora Catarina Brito por ter feito esta proposta de estágio, permitindo-me conhecer melhor esta área tão interessante do armazenamento/conservação de alimentos. Agradeço também pelo apoio constante, e transmissão de conhecimentos tão enriquecedores para o desenvolvimento deste trabalho e vida profissional.

À Professora Doutora Ana Cristina Rodrigues pela motivação, otimismo e confiança que mostrou.

Ao Professor Doutor Fernando Reboredo por me sempre ter dado conselhos muito enriquecedores desde o primeiro momento que entrei na FCT NOVA, e também pelo facto de ter sido incansável nos esclarecimentos e correções.

À Cláudia Oliveira pela forma excepcional que me acolheu no RochaCenter, pelas conversas à hora de almoço, pela motivação, enorme disponibilidade e ajuda ao longo destes meses.

À Professora Sofia Barbosa por todo o apoio, preocupação e disponibilidade durante o processo de realização de estudo estatístico dos resultados.

À minha mamã: “Nenhuma influência é tão poderosa quanto aquela de mãe” (Sarah Hale).

Ao meu papá, que sei que está sempre presente para me apoiar, mesmo que por vezes não escolha as melhores palavras para o demonstrar.

À minha irmã Zita por se disponibilizar sempre que era preciso sendo através de apoio emocional ou até mesmo para me ajudar a pôr as ideias no lugar.

Aos meus irmãos Helena e João, que me enchem a vida de alegria e sabedoria, nem que seja apenas me chateando, proporcionando-me um crescimento interno.

Ao meu amigo Ricky que quando me conheceu já eu andava de volta da dissertação de mestrado, e que me proporcionou momentos de alegria quando o que me apetecia era chorar, que me fez acreditar na minha força, quando eu própria já não a encontrava.

Aos meus amigos de Évora, Lisboa, arredores de Portugal e pelo mundo fora, muito obrigada pelas saídas, pela amizade, e por compreenderem que por mais que eu não quisesse tinha que me fechar do mundo social.

RESUMO

A pera Rocha (*Pyrus communis* L.), a principal cultivar produzida em Portugal, é bastante atrativa pela sua cor, textura e sabor, sendo a sua conservação e armazenamento a longo prazo, de extrema importância. Contudo, e ainda que já existam diversos métodos de conservação disponíveis, a questão dos acidentes fisiológicos continua a ser um problema por resolver, sendo outra questão a predisposição desses acidentes provocados pelo perfil de macro e micronutrientes, impedindo uma conservação dos frutos com qualidade.

Neste trabalho foram estudadas peras Rocha de três pomares distintos provenientes da zona Oeste de Portugal, tendo como objetivos o estudo da influência do perfil de macro e micronutrientes no poder de conservação em diferentes atmosferas (Normal, Controlada e *Ultra Low Oxygen* (ULO)), e ainda, o estudo do efeito da aplicação de antioxidantes exógenos na conservação do fruto.

Procurou-se estabelecer relações entre os acidentes fisiológicos e as características físico-químicas e bioquímicas, com os teores de macro e micronutrientes, no primeiro estudo; e com a aplicação de antioxidantes exógenos, no segundo estudo.

No primeiro estudo, foram verificados elevados teores em macro e micronutrientes, comparativamente com o intervalo de valores ótimos, embora podendo estes influenciar os processos de conservação ao longo do tempo, não foi possível, neste estudo, estabelecer essa relação. Nos três pomares estudados, foi possível observar o maior surgimento de acidentes fisiológicos na conservação em AN.

No segundo estudo, foi registada, na prevenção de escaldão superficial, a inexistência da incidência de escaldão no pomar 3, quando são utilizados os antioxidantes S.2 e Resv+VE.

A influência do antioxidante S.2 poderá ter contribuído para a supressão de acastanhamentos internos no pomar 3 e a diminuição para índices mínimos de 1% no pomar 1. Por sua vez, o antioxidante S.3 poderá ter contribuído para a redução deste acidente fisiológico no pomar 2.

Palavras chave: Antioxidantes, Pera Rocha, Perfil nutricional.

ABSTRACT

The Rocha pear (*Pyrus communis* L.), the main cultivar produced in Portugal, is very attractive for its colour, texture and flavour, being its conservation and long-term storage of extreme importance. However, and even though several preservation methods are already available, physiological accidents and its predisposition in Rocha pear, caused by the macro and micronutrient profile, are still an issue. These factors preventing a quality of the fruit.

This work aimed for study the influence of the macro and micronutrients profile in the preservation's potential of Rocha pears from three different orchards from the West of Portugal, in different atmospheres (Normal, Controlled and Ultra Low Oxygen (ULO)). This work also had the goal of study the effect of exogenous antioxidants in the preservation of the fruit.

It was attempted to establish relations between the physiological accidents and the physico-chemical and biochemical characteristics, with the contents of macro and micronutrients, in the first study; and with the application of exogenous antioxidants, in the second study.

In the first study, high contents of macro and micronutrients were observed, compared with the range of optimum values. Although this may influence the preservation process over time, it was not possible, in this study, to prove this relation. The higher number of physiological accidents was detected at AN condition. This tendency was observed in all the three orchards studied.

In the second study, the prevention of superficial scald was recorded in orchard 3, when the antioxidants S.2 and Resv+VE were used.

On one hand, the influence of the antioxidant S.2 may have contributed to the suppression of internal browning in orchard 3 and the reduction to minimum indices of 1% in orchard 1. On the other hand, the antioxidant S.3 may have contributed to the reduction of this physiological accident in orchard 2.

Keywords: Antioxidants, Nutritional profile, Rocha pear.

ÍNDICE

RESUMO	IX
ABSTRACT.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE TABELAS	XIX
INTRODUÇÃO.....	1
1 ENQUADRAMENTO TEÓRICO	3
1.1 Pera Rocha	3
1.1.1 Características.....	3
1.1.2 Produção e exportação.....	5
1.1.3 Doenças de cultivo.....	5
1.1.4 Composição de Macro e micronutrientes existentes em pera Rocha.....	6
1.1.4.1 Influência dos macro e micronutrientes no fruto	7
1.1.5 Acidentes Fisiológicos.....	8
1.1.5.1 Escaldão superficial	8
1.1.5.2 Acastanhamento interno.....	11
1.2 Armazenamento	13
1.2.1 Atmosfera normal (AN).....	14
1.2.2 Atmosfera controlada (AC)	14
1.2.3 Atmosfera <i>Ultra Low Oxygen</i> (ULO).....	15
1.2.4 Tratamentos pós-colheita.....	16
1.2.4.1 Importância dos antioxidantes nas peras.....	17

1.2.4.2	Conservação com antioxidantes.....	18
2	MATERIAIS E MÉTODOS	21
2.1	Origem e colheita.....	21
2.2	Estudos de conservação das amostras.....	21
2.2.1	Estudo com peras armazenadas em diferentes atmosferas	22
2.2.2	Estudo com peras submetidas a tratamento com antioxidantes.....	23
2.3	Determinação da cor	25
2.4	Escaldão Superficial.....	26
2.5	Determinação da firmeza da polpa.....	27
2.6	Acastanhamentos internos	27
2.7	Análises químicas e bioquímicas	28
2.7.1	Teor de sólidos solúveis (TSS) totais	28
2.7.2	Acidez titulável.....	28
2.7.3	Preparação do extrato de pera.....	29
2.7.4	Quantificação de compostos fenólicos totais.....	29
2.7.4.1	Método de Folin.....	30
2.7.4.2	Reta de calibração	31
2.7.5	Determinação da capacidade antioxidante.....	32
2.7.5.1	Solução de 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo (DPPH•)	32
2.7.5.2	Método do DPPH.....	33
2.7.5.3	Reta de calibração	33
2.8	Determinação dos elementos minerais existentes nas amostras de pera	34
2.8.1	Secagem e moagem	34
2.8.2	Análise elementar	35
2.9	Análise Estatística.....	36
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
3.1	Identificação e caracterização das amostras.....	37
3.1.1	Determinação dos valores médios do peso e diâmetro.....	37
3.1.2	Determinação da taxa de regressão do amido.....	39
3.2	Estudos da conservação das amostras.....	40

3.3	Determinação da cor	41
3.3.1	Estudo com peras das câmaras com diferentes atmosferas.....	41
3.3.2	Estudo com peras submetidas a tratamento com antioxidantes	42
3.4	Determinação da firmeza da polpa.....	44
3.4.1	Estudo com peras das câmaras com diferentes atmosferas.....	44
3.4.2	Estudo com peras submetidas a tratamento com antioxidantes	45
3.5	Escaldão Superficial e Acastanhamentos internos.....	48
3.5.1	Estudo com peras das câmaras com diferentes atmosferas.....	48
3.5.2	Estudo com peras submetidas a tratamento com antioxidantes	50
3.6	Análises químicas e bioquímicas	54
3.6.1	Teor de sólidos solúveis (TSS) totais	54
3.6.1.1	Estudo com peras das câmaras com diferentes atmosferas	55
3.6.1.2	Estudo com peras submetidas a tratamento com antioxidantes	56
3.6.2	Acidez titulável.....	58
3.6.2.1	Estudo com peras das câmaras com diferentes atmosferas	58
3.6.2.2	Estudo com peras submetidas a tratamento com antioxidantes	59
3.6.3	Quantificação de compostos fenólicos totais.....	61
3.6.3.1	Estudo com peras das câmaras com diferentes atmosferas	62
3.6.3.1	Estudo com peras submetidas a tratamento com antioxidantes	63
3.6.4	Capacidade antioxidante.....	65
3.6.4.1	Estudo com peras das câmaras com diferentes atmosferas	65
3.6.4.2	Estudo com peras submetidas a tratamento com antioxidantes	66
3.7	Elementos minerais existentes na pera Rocha e influência na conservação	68
4	CONCLUSÃO E PERSPETIVAS FUTURAS	73
4.1	Conclusão.....	73
4.2	Perspetivas futuras	75
	BIBLIOGRAFIA.....	77
	A ANEXO	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Pera Rocha.....	3
Figura 1.2 - Esquema representativo da morfologia da pera Rocha. 1- Pedúnculo, 2- Ovário (sementes), 3- Recetáculo floral (Zona das sépalas, estames e estiletos), 4- Linha do núcleo, 5- Epicarpo (epiderme).	4
Figura 1.3 - Taxas relativas de respiração, de produção de etileno, e de crescimento em frutos climatéricos e não climatéricos. Adaptado de Valente <i>et al.</i> , (2019).	4
Figura 1.4 – Posição da amostra na direção radial expressa como a distancia relativa (x/R) do centro da pera e no eixo vertical expresso como a distância relativa (y/L) da extremidade do caule da pera. Adaptado de Ho <i>et al.</i> , (2006).	12
Figura 2.1 - Caixas com peras dos três pomares (1, 2 e 3) da esquerda para a direita, respetivamente.	21
Figura 2.2 - Colorímetro CR-400.	25
Figura 2.3 - Espaço de cor L*C*h° (Ferreira & Spricigo, 2017).	25
Figura 2.4 - Classificação do escaldão superficial (Gomes, 2018).	26
Figura 2.5 - Medição da firmeza da polpa. (a) Penetrómetro TR Turoni FT 327. (b) Peras com a epiderme removida da zona equatorial do fruto.	27
Figura 2.6 - Acastanhamento interno nível 1, 2 e 3, respetivamente.	27
Figura 2.7 - Refratómetro.	28
Figura 2.8 - Filtração do homogeneizado utilizando um funil e papel de filtro.	29
Figura 2.9 – Método de Folin. (a) - Misturas antes de serem colocadas no escuro. (b) - Misturas após tempo de espera.	30
Figura 2.10 - Mecanismos de reação entre o radical DPPH• e um antioxidante através da transferência de um átomo de hidrogénio (G. L. S. Oliveira, 2015).	32
Figura 3.1 - Comparação das médias de TSS com as do amido, entre os pomares 1, 2 e 3. Nota: Escala à esquerda corresponde aos valores de TSS, e a da esquerda ao amido.	55

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 - Composição nutricional média da pera. Valores expressos por 100 g de parte edível.....	7
Tabela 2.1 - Condições de armazenamento dos frutos conservados em três atmosferas diferentes.	22
Tabela 2.2 – Identificação dos parâmetros físico-químicos, bioquímicos e acidentes fisiológicos avaliados nos diferentes períodos de análises, avaliação à colheita, intermédia e final, nas diferentes amostras. Nas avaliações intermédia e final a avaliação era feita após saída do frio e após sete dias de <i>shelf life</i> a $18\pm 2^{\circ}\text{C}$	22
Tabela 2.3 – Concentração final dos antioxidantes na solução. Os antioxidantes S.1, S.2 e S.3, representam três soluções com excipientes diferentes com resveratrol (Resv), e o conjunto Resv+VE, representa a junção de dois antioxidantes (resveratrol e vitamina E).....	24
Tabela 2.4 - Identificação dos parâmetros físico-químicos, bioquímicos e acidentes fisiológicos avaliados nos diferentes períodos de análises, avaliação à colheita, intermédia e final, nas diferentes amostras. Nas avaliações intermédia e final a avaliação era feita após saída do frio e após sete dias de <i>shelf life</i> a $18\pm 2^{\circ}\text{C}$	24
Tabela 2.5 - Preparação das soluções da reta de calibração para o método da quantificação de compostos fenólicos.	31
Tabela 2.6 - Preparação das soluções da reta de calibração para determinação da capacidade antioxidante.	34
Tabela 3.1 - Resultados referentes ao peso médio do fruto, obtidos em diferentes estudos.	38
Tabela 3.2 - Resultados referentes ao diâmetro médio do fruto, obtidos em diferentes estudos.....	38
Tabela 3.3 - Resultados referentes à taxa de regressão de amido médio do fruto, obtidos em diferentes estudos.....	40
Tabela 3.4 – Médias dos atributos da cor (C^* , L^* e h°) dos frutos dos pomares 1, 2 e 3.....	41
Tabela 3.5 – Médias da tonalidade dos frutos dos pomares 1, 2 e 3 submetidos a diferentes atmosferas, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	42
Tabela 3.6 – Médias da tonalidade dos frutos do pomar 1 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	43
Tabela 3.7 - Médias da tonalidade dos frutos do pomar 2 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	43

Tabela 3.8 - Médias da tonalidade dos frutos do pomar 3 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	44
Tabela 3.9 - Resultados referentes à firmeza dos frutos dos pomares 1, 2 e 3.....	44
Tabela 3.10 - Médias da firmeza dos frutos dos pomares 1, 2 e 3 submetidos a diferentes atmosferas, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	45
Tabela 3.11 - Médias da firmeza dos frutos do pomar 1 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	46
Tabela 3.12 - Médias da firmeza dos frutos do pomar 2 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	47
Tabela 3.13 - Médias da firmeza dos frutos do pomar 3 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	47
Tabela 3.14 - Índice de escaldão das peras dos pomares 1, 2 e 3 submetidas a diferentes atmosferas, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	49
Tabela 3.15 - Índice de acastanhamento das peras dos pomares 1, 2 e 3 submetidas a diferentes atmosferas, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	50
Tabela 3.16 - Índice de escaldão das peras do pomar 1 submetidas a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	51
Tabela 3.17 - Índice de acastanhamento das peras do pomar 1 submetidas a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	51
Tabela 3.18 - Índice de escaldão das peras do pomar 2 submetidas a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	52
Tabela 3.19 - Índice de acastanhamento das peras do pomar 2 submetidas a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	52
Tabela 3.20 - Índice de escaldão das peras do pomar 3 submetidas a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	53
Tabela 3.21 - Índice de acastanhamento das peras do pomar 3 submetidas a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	53
Tabela 3.22 - Médias do TSS, à colheita, dos frutos dos pomares 1, 2 e 3.....	54
Tabela 3.23 - Médias do TSS dos frutos dos pomares 1, 2 e 3 submetidos a diferentes atmosferas, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	56
Tabela 3.24 - Médias do TSS dos frutos do pomar 1 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	57
Tabela 3.25 - Médias do TSS dos frutos do pomar 2 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	57

Tabela 3.26 - Médias do TSS dos frutos do pomar 3 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	58
Tabela 3.27 - Médias de AT, à colheita, dos frutos dos pomares 1, 2 e 3.....	58
Tabela 3.28 - Médias da AT dos frutos dos pomares 1, 2 e 3 submetidos a diferentes atmosferas, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	59
Tabela 3.29 - Médias da AT dos frutos do pomar 1 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	60
Tabela 3.30 - Médias da AT dos frutos do pomar 2 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	61
Tabela 3.31 - Médias da AT dos frutos do pomar 3 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	61
Tabela 3.32 - Médias do teor de compostos fenólicos, à colheita, dos frutos dos pomares 1, 2 e 3.	62
Tabela 3.33 - Médias de CF dos frutos dos pomares 1, 2 e 3 submetidos a diferentes atmosferas, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	63
Tabela 3.34 - Médias de CF dos frutos do pomar 1 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	64
Tabela 3.35 - Médias de CF dos frutos do pomar 2 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	64
Tabela 3.36 - Médias de CF dos frutos do pomar 3 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	65
Tabela 3.37 - Médias do teor de compostos fenólicos, à colheita, dos frutos dos pomares 1, 2 e 3.	65
Tabela 3.38 - Médias da CA dos frutos dos pomares 1, 2 e 3 submetidos a diferentes atmosferas, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	66
Tabela 3.39 - Médias da CA dos frutos do pomar 1 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	67
Tabela 3.40 - Médias da CA dos frutos do pomar 2 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	68
Tabela 3.41 - Médias da CA dos frutos do pomar 3 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.....	68
Tabela 3.42 - Concentração de macro e micronutrientes nos pomares 1, 2 e 3, pós-conservação de sete meses.	70

SIGLAS

µg	Micrograma
µL	Microlitro
AC	Atmosfera controlada
Ag	Prata
AN	Atmosfera normal
Ast	Astaxantina
AC	Atmosfera controlada
°Brix	Índice refratométrico
°C	Graus Celsius
Ca	Cálcio
CAS	Identificador único de substâncias químicas no Chemical Abstracts Service
Cat. No	Catalog Number (Número de catálogo)
Cis	Grupos ligantes iguais que ficam do mesmo lado do plano espacial
Cl	Cloreto
cm	Centímetro
CO₂	Dióxido de carbono
CTol	Trienos conjugados
Cu	Cobre
DOP	Denominação de Origem Protegida
DPA	Difenilamina
Fe	Ferro

g	Grama
GAE	Equivalentes de Ácido gálico
ha	Hectares
HCl	Ácido clorídrico
IR	Índice refratométrico
K	Potássio
kcal	Quilocaloria
kg	Quilograma
kPa	Quilopascal
L	Litro
LOT	Lote
M	Massa molar
mg	Miligrama
Mn	Manganês
mL	Mililitro
mm	Milímetro
N	Azoto
NaOH	Hidróxido de sódio
nm	Nanómetro
O₂	Oxigénio
P	Fósforo
pH	Potencial hidrogeniónico
Redox	Oxidação-redução
Resv	Resveratrol
rpm	Rotações por minuto
S	Enxofre
Sr	Estrôncio
Trans	Grupos ligantes iguais que ficam de lados opostos do plano espacial
ULO	<i>Ultra Low Oxygen</i> (concentração ultrabaixa de O ₂)

UV	Ultravioleta
V	Volume
w	Água
Zn	Zinco

INTRODUÇÃO

O consumo de frutas e hortícolas é de extrema importância, sendo recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) a ingestão de pelo menos 400g destes produtos, por dia, de forma a promover a saúde e nutrição da população mundial (FAO, 2020).

A necessidade de armazenamento e conservação, advém principalmente da impossibilidade de venda na totalidade, de toda a produção, na altura da colheita, mas também para permitir a disponibilidade de uma maior variedade de frutas e hortícolas durante todo o ano.

A qualidade de um produto alimentar, que está de acordo com a sua adequação para um determinado uso, compreende propriedades sensoriais (aparência, textura, sabor e aroma), valores nutritivos, constituintes químicos (Abbott, 1999), entre outros; que podem ser alterados devido à forma como são armazenados/conservados. Assim sendo, o modo como se armazena/conserva estes produtos alimentares é fundamental considerar.

A pera (*Pyrus communis* L.) é uma espécie frutífera típica de zonas temperadas, sendo cultivada em larga escala na China, Europa Ocidental e Estados Unidos (Barroca *et al.*, 2006; Chagné *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2014).

A pera Rocha, uma das diversas variedades de pera, é originária do concelho de Sintra, no entanto, é na região do Oeste onde se encontra a maior extensão de área produtiva desta variedade, pelo facto de ser uma zona do continente que contém fatores edafoclimáticos que favorecem a qualidade organolética, tornando a pera Rocha uma variedade de excelência reconhecida mundialmente (Serra, 2016). Por ter estas características a pera produzida nesta zona está classificada com uma Denominação de Origem Protegida (DOP), e é a principal cultivar produzida em Portugal (Santos *et al.*, 2014).

No processo de armazenamento e conservação, da pera Rocha, podem surgir acidentes fisiológicos, conceito que abrange alterações que não se devem ao ataque de pragas ou doenças, mas sim devido, entre outros, ao *stress* hídrico, carências nutritivas, condições desadequadas de conservação não sendo, muitas vezes, causado apenas por um único fator, mas sim pela união de vários (Duarte, 2002).

O escaldão superficial e o acastanhamento interno são dois acidentes fisiológicos que se desenvolvem devido, principalmente, a condições desadequadas de longa conservação.

O escaldão superficial, pode desenvolver-se na sequência de uma conservação prolongada ao frio e que se intensifica pós-conservação, observando-se o surgimento de manchas castanhas ou pretas na

epiderme da pera. Este ocorre, geralmente, devido a um armazenamento prolongado a baixas temperaturas (Lurie & Watkins, 2012; Hui *et al.*, 2016);

O acastanhamento interno, pode dever-se à acumulação de CO₂ no interior da pera, principalmente em atmosfera controlada, durante a respiração, provocando necroses na zona carpelar e na polpa, podendo-se revelar esta disfunção através de manchas castanhas e/ou secas que podem levar ao aparecimento de cavernas (Lurie & Watkins, 2012; Ho *et al.*, 2018).

O antioxidante difenilamina (DPA) foi até 2013, o mais utilizado na conservação prolongada e controlo de alguns acidentes fisiológicos (escaldão superficial e acastanhamento interno). Atualmente, devido à consciencialização da necessidade de se obter produtos hortofrutícolas com maior segurança alimentar, as técnicas alternativas ao método utilizando DPA, têm sido alvo de estudo após a proibição deste antioxidante na União Europeia, por deixar resíduos no fruto, e ser passível de causar cancro (Pereira, 2015; Pereira, 2017; Niu *et al.*, 2018a).

O composto protocolado, com melhores resultados para prevenir o surgimento de escaldão superficial, até agora encontrado, 1-metilciclopropeno (1-MCP), faz com que haja um bloqueio da ação de etileno, não permitindo, deste modo, que a pera amadureça, efeito *evergreen*, podendo fazer com que haja uma menor adesão ao produto, por parte dos consumidores (Almeida, 2017; Gomes, 2018; Niu *et al.*, 2018a), e ainda a possibilidade de induzir o surgimento de acidentes fisiológicos (Niu *et al.*, 2018b).

É importante saber quais os nutrientes existentes no fruto, não só pela influência que podem ter nas condições de armazenamento e ocorrência de acidentes fisiológicos, como também para modular a qualidade do fruto, num processo pré-colheita, que pode ser influenciada pela concentração e distribuição no fruto, pois estes têm efeitos diretos na qualidade do mesmo (Saquet *et al.*, 2019).

Assim sendo, este projeto teve como objetivos:

1º - Estudar a influência do perfil de macro e micronutrientes no poder de conservação de pera Rocha em diferentes atmosferas (Normal, Controlada e *Ultra Low Oxygen*).

2º - Avaliar o efeito da aplicação de antioxidantes exógenos na conservação do fruto.

ENQUADRAMENTO TEÓRICO

1.1 Pera Rocha

1.1.1 Características

A pera Rocha, pertence à família Rosaceae, espécie *Pyrus communis* L., e a sua época de colheita tem início no mês de agosto ou setembro, dependendo da altura da floração e do tipo de maturação pretendido e objetivo comercial (Jacinto, 2015).

Esta é uma variedade que tem ótima capacidade de conservação e resistência ao transporte e manuseamento, tendo também uma elevada atratividade associada à cor, textura e sabor. A cor da epiderme da pera Rocha (Figura 1.1) pode variar entre verde-claro e amarelo, tendo uma carepa típica, de cor castanha, em torno do pedúnculo, sendo menos pronunciada na zona apical, estando um pouco dispersa pela superfície do fruto (Marques, 2012). A pera pode, por vezes, apresentar uma mancha rósea do lado do sol, provocada pela radiação solar. A sua forma é predominantemente oblonga, periforme e ovada. Relativamente à polpa da pera, esta apresenta uma cor branca, é macia, granulosa, doce, não ácida, muito suculenta e de perfume ligeiramente acentuado (Figueiredo, 2012).



Figura 1.1 - Pera Rocha.

A pereira Rocha tem como característica ser partenocárpica, podendo ocorrer assim a produção de frutos sem que seja necessária a sua polinização, o que se traduz em frutos sem sementes. Para que essa partenocarpia natural seja estimulada, permitindo obter-se um maior vingamento de flores e uma maior quantidade de peras (Figura 1.2), alguns produtores aplicam giberelinas durante a floração. Esta prática pode trazer desequilíbrios a características dos frutos, nomeadamente o seu calibre e teor de sólidos solúveis totais, havendo uma redução dos dois, porém é realizada por gerar maior quantidade de frutos (Lourenço, 2018).

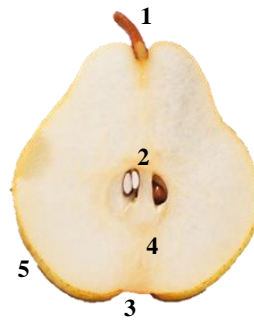


Figura 1.2 - Esquema representativo da morfologia da pera Rocha. 1- Pedúnculo, 2- Ovário (sementes), 3- Receptáculo floral (Zona das sépalas, estames e estiletes), 4- Linha do núcleo, 5- Epicarpo (epiderme).

As peras são frutos climatéricos, e são assim chamados devido à sua sensibilidade ao etileno durante o amadurecimento e senescência, ou seja, na presença do etileno, que pode ser produzido endogenamente ou até adicionado externamente, este fruto, que outrora se encontrava imaturo, começa a entrar no seu processo de amadurecimento (Pinto & Morais, 2000). Estes frutos climatéricos, têm ainda essa designação, pois continuam o seu processo de amadurecimento após a colheita, havendo assim uma diferença no tempo de vida deste tipo de frutos comparativamente com os não-climatéricos, como é possível observar na Figura 1.3 (Valente *et al.*, 2019).

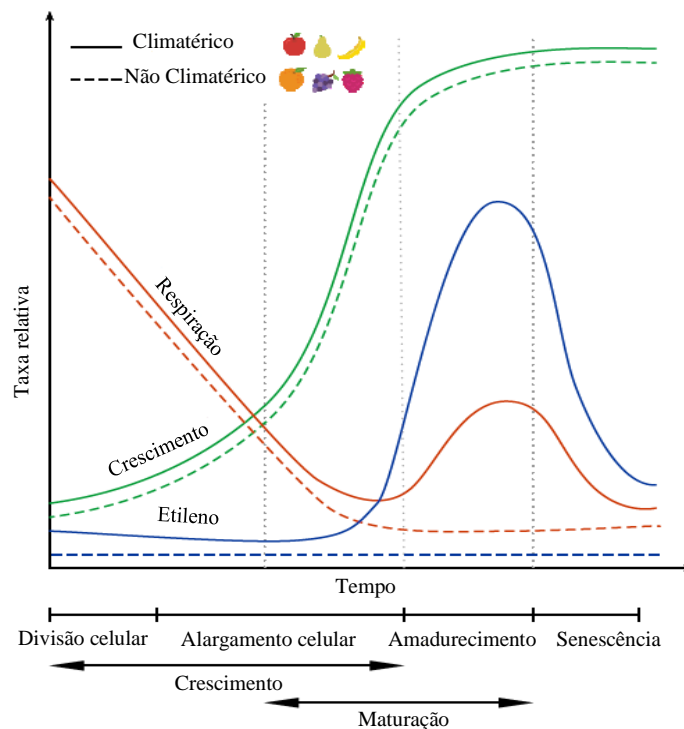


Figura 1.3 - Taxas relativas de respiração, de produção de etileno, e de crescimento em frutos climatéricos e não climatéricos. Adaptado de Valente *et al.*, (2019).

Através da Figura 1.3 é possível perceber que a duração de vida das frutas e legumes se encontra dividida em três etapas. Na primeira etapa, crescimento, ocorre a divisão celular e aumento do calibre da fruta; na segunda etapa, maturação, atinge-se o potencial máximo de desenvolvimento das características organolépticas, não estando o fruto maduro do ponto de vista comercial; na última etapa, atinge-se

se o estado ótimo de consumo, durante o processo de senescência. Para frutos climatéricos, como a maçã, a data ideal de colheita acontece quando o mínimo pré-climatérico se dá, sendo esta equivalente ao fim do processo de maturação ou ao início do processo de amadurecimento (Valente *et al.*, 2019); no caso da pera, se se colher no fim do processo de maturação, não será possível conservar, necessitando estas de serem utilizadas o mais rapidamente possível.

Relativamente à taxa de libertação de etileno na pera, esta está altamente dependente da temperatura e das concentrações de oxigénio e de dióxido de carbono (Fragoso & Mújica-Paz, 2016), atingindo assim uma taxa de produção de etileno elevada quando se encontra à temperatura ambiente, 20°C (Barbosa, 2020). Quando o fruto é colhido antes do pico do climatérico precisa de choque de frio para iniciar o seu processo natural de amadurecimento que é desencadeado pela produção de etileno endógeno.

1.1.2 Produção e exportação

As peras, no geral, são das frutas mais cultivadas na Europa e no mundo, sendo produzidas 3 milhões de toneladas por ano na União Europeia (Liaudanskas *et al.*, 2017), tendo-se atingido em Portugal, em 2020, uma produção de pera de 11 565 kg/ha (INE, 2021). De entre os maiores produtores de pera encontra-se a China, que possui 60% da produção mundial, os EUA e a Argentina com 7%, e a União Europeia (EU-27) representa 13% da produção, tendo como destaque a Itália e a Espanha com 7% (Pereira, 2015).

Segundo dados fornecidos pela Associação Nacional de Produtores de Pera Rocha (ANP), estima-se que corresponderem a 89% do total de produção nacional, em 2022 produziram 123 744 toneladas, representando uma diminuição de 45%, relativamente a 2021, e a um aumento de 3%, relativamente a 2020. Estima-se ainda que, tendo também em conta a produção dos não associados da ANP, a produção a nível nacional de pera Rocha tenha atingido cerca de 139 mil toneladas, em 2022. Da produção nacional de pera Rocha, de 2021, 66,2% é exportada, sendo cinco os países que o valor de exportação se situa acima dos dois dígitos, Marrocos (22,1%), Brasil (15,4%), Reino Unido (14,9%), Alemanha (13,7%) e França (13,3%).

1.1.3 Doenças de cultivo

O surgimento de uma doença fúngica, denominada estenfiliose ou doença das manchas castanhas da pereira, causada pelo fungo *Stemphylium vesicarium* (Wallr.) E. Simmons, tem sido a principal responsável por um forte decréscimo de produção, passando das 210 mil toneladas (2014) para as 141 mil e 137 mil toneladas (2015 e 2016, respetivamente), podendo originar perdas superiores a 50% nas principais zonas produtoras de pera da Europa (Santos, 2019). As infeções provocadas por este fungo podem

ocorrer durante todo o ciclo cultural, observando-se sintomas nas plantas, que podem ir desde lesões necróticas nas folhas, ramos, pecíolos e frutos, como até o apodrecimento destes últimos (Constantino, 2019), havendo assim perdas comerciais visto que estes têm de ser descartados.

Outro dos problemas que afeta as pereiras, que surgiu em Portugal em 2005, foi o aparecimento do fogo bacteriano que é causado pela bactéria *Erwinia amylovora* (Burr), provocando uma das doenças mais destrutivas das árvores de fruto, não se tendo descoberto ainda a razão pela qual esta bactéria só afeta algumas espécies de plantas da família *Rosaceae* (Luz & Amaro, 2014).

O fogo bacteriano, na presença de condições climáticas favoráveis e de variedades muito sensíveis, é uma doença altamente contagiosa e de rápida propagação que pode destruir árvores ou até dizimar pomares numa só época, provocando assim um enorme prejuízo económico (Luz & Amaro, 2013; Costa *et al.*, 2020).

Relativamente às práticas fitossanitárias na pera Rocha, os produtores executam várias intervenções aos pomares, e a realização dessas intervenções preventivas e/ou curativas, com fungicidas, pode fazer com que haja um aumento da resistência desses agentes infecciosos e o aumento de resíduos nos frutos, sendo por isso problemático em termos ambientais e de saúde pública (Gomes, 2015a).

1.1.4 Composição de Macro e micronutrientes existentes em pera Rocha

A composição nutricional das peras é um tópico de elevada importância, visto que tem influência na capacidade de armazenamento e na ocorrência de acidentes fisiológicos pós-armazenamento, e esta composição pode variar devido às técnicas agrícolas utilizadas, condições climáticas do ano, disponibilidade de água, espécie, data da colheita, conservação e grau de maturação à colheita (Figueiredo, 2012; Pereira, 2017; Gomes, 2018).

Fósforo, ferro, potássio, cálcio, magnésio e outros nutrientes minerais são constituintes importantes das peras, e diferentes tipos de peras apresentam diferentes composições nutricionais, assim como, aromas e sabores (Li *et al.*, 2016). A existência de uma leve adstringência é característica das peras, devendo-se a estas serem ricas em taninos. No que diz respeito às calorias fornecidas, o consumo de uma unidade de pera pode fornecer em média cerca de 40 a 70 calorias, devido ao seu conteúdo em hidratos de carbono, ou seja, glícidos (Figueiredo, 2012).

Como é possível observar pela Tabela 1.1, que representa de uma forma geral a composição nutricional, por 100 g, a pera Rocha apresenta teores em água bastante elevados (85,5 g), como é normal acontecer com a maioria dos frutos, sendo que, os restantes componentes têm valores muito baixos, mas mesmo assim ainda se destacam os mono e dissacáridos (9,4 g), e a fibra alimentar (2,2 g).

Tabela 1.1 - Composição nutricional média da pera. Valores expressos por 100 g de parte edível.

Componente		Quantidade em 100 gramas
	Valor energético (kcal)	47,0'' / 43,0*
	Água (g)	85,1'' / 85,5*
	Proteína (g)	0,3'' / 0,2*
	Gordura (g)	0,5*
	Glícidos (g)	9,4''*
	Fibra alimentar (g)	2,2''
Vitaminas	A (µg)	2,0''
	E (α-tocoferol) (mg)	0,5''
	B1 (tiamina) (µg)	20,0'' / 30,0*
	B2 (riboflavina) (µg)	20,0'' / 24,0*
	B3 (niacina) (mg)	0,2''
	B6 (piridoxina) (µg)	20,0''
	C (mg)	3,0'' / 2,0*
	B9 (folatos) (µg)	2,0''
Elementos minerais	Cinza total (g)	0,36*
	Na (mg)	8,0''
	K (mg)	150,0''
	Ca (mg)	9,0''*
	Cu (mg)	0,2*
	P (mg)	10,0'' / 9,0*
	Mg (mg)	9,0''
	Fe (mg)	0,3''*
Zn (mg)	0,2''	

'' valores médios determinados em cinco variedades de pera (INSA, 2021); * valores médios determinados em pera Rocha (Soares *et al.*, 2001).

Relativamente ao teor vitamínico observa-se que as vitaminas que têm valores mais elevados são a vitamina B1 (30 µg /100 g) e a vitamina B2 (24 µg / 100 g). No que diz respeito aos elementos minerais, os que apresentam valores mais elevados são potássio (150 mg / 100 g), cálcio (9 mg / 100 g) e fósforo (9 mg / 100 g).

1.1.4.1 Influência dos macro e micronutrientes no fruto

Ao estudar a composição em elementos minerais de maçãs Braeburn em três fases - antes da colheita, na colheita precoce e na colheita normal, comprovou-se que existe uma correlação entre a

incidência de acastanhamento interno e os teores de potássio (K), fósforo (P) e também a razão K/Ca (Neuwald *et al.*, 2014), ou seja, quanto mais elevados forem os teores e a razão K/Ca maior é a incidência.

No caso da pera Rocha também se observa que com o aumento da relação K/Ca, há maturação acelerada da pera e há uma diminuição da capacidade de conservação, querendo isto dizer que, quando existem elevados teores de K e o cálcio (Ca) tem teores baixos há uma maior incidência de acastanhamentos internos (Salvador, 2015; Luis, 2022).

O excesso de K tem efeito direto no escaldão superficial, acastanhamento interno, aumento da taxa de respiração da polpa e maior sensibilidade das peras ao manuseamento. Ao passo que, quando não se encontra em excesso, o fruto estará mais preparado para ser armazenado em atmosfera normal (AN), havendo deste modo, menores riscos de desidratação e perda de peso das peras (Mendes, 2017).

No caso dos micronutrientes, é possível que alguns estejam envolvidos no surgimento de acastanhamentos, tais como o ferro (Fe), manganês (Mn) e o cobre (Cu). Quando o Mn se encontra em elevadas concentrações, pode provavelmente associar-se a um maior aparecimento de incidência de acastanhamentos. Já no caso do Fe, pode haver uma mediação da formação de oxigênio reativo, assim sendo, em condições de stress (exemplo: armazenamento com elevadas concentrações em CO₂), pode ocorrer um aumento da incidência desse acidente fisiológico. Relativamente ao Cu, este micronutriente é um potencial marcador de acastanhamento interno em pera Rocha, dado que, a concentração de Cu, na colheita, foi significativamente correlacionada com o aumento da incidência de acastanhamento, durante o armazenamento (Deuchande, 2016), ou seja, quanto maior for a concentração deste elemento maior a incidência.

É importante perceber que a existência e concentração de um determinado elemento mineral pode influenciar o comportamento de outro elemento mineral. No caso do azoto (N), quando existe um aumento do teor deste, vai fazer com que haja um desequilíbrio na relação N/Ca, estando também relacionado com uma diminuição dos níveis de Ca. E o aumento da relação N/Ca faz com que haja a antecipação do amadurecimento da polpa junto das sementes, devido ao aumento da taxa de respiração com maior formação de etileno endógeno. O micronutriente boro (B), tem um papel importante na estabilidade da parede celular da pera, possibilitando um maior poder de retenção do Ca no interior da planta sob forma solúvel (Mendes, 2017).

1.1.5 Acidentes Fisiológicos

1.1.5.1 Escaldão superficial

O escaldão superficial pode-se manifestar como, manchas castanhas ou pretas na epiderme do fruto (Lurie & Watkins, 2012). Este ocorre, geralmente, após vários meses de armazenamento a baixas

temperaturas, intensificando-se rapidamente depois dos frutos serem transferidos para a temperatura ambiente (Hui *et al.*, 2016). Para a prevenção deste acidente fisiológico é efetiva a utilização de uma conservação com elevadas concentrações de dióxido de carbono e baixas concentrações de oxigénio (1% a 1,5%) (Gomes, 2018).

Este escaldão tem sido associado a diversos fatores pré e pós-colheita que são influenciados pelas características genéticas de cada cultivar, e acredita-se que os acidentes dependem do equilíbrio entre o conteúdo de espécies oxidativas e antioxidantes na epiderme do fruto. Também se assume que a diferença entre cultivares de pera têm principal relação com a capacidade de cada cultivar produzir etileno e/ou regular os níveis de antioxidantes (Larrigaudière *et al.*, 2016).

Apesar de se pensar nessa influência da oxidação, as relações entre os níveis endógenos de antioxidantes e a incidência de escaldões não estão claramente estabelecidas (Bordonaba *et al.*, 2013).

O escaldão superficial surge da necrose do tecido cortical hipodérmico, apresentando-se apenas na epiderme quando apresenta graves lesões, e este acastanhamento surge apenas em células com cloroplastos (Lurie & Watkins, 2012).

Num fruto com escaldão superficial, associam-se os tecidos que têm escaldão a uma maior perda de água, sendo este facto indicado pela ressonância magnética nuclear, que é uma técnica não invasiva e que fornece informações detalhadas sobre a estrutura interna dos frutos (Lurie & Watkins, 2012; Srivastava *et al.*, 2018).

Fatores pré-colheita

Os frutos, neste caso as peras, podem ser mais ou menos suscetíveis ao escaldão superficial dependendo de alguns fatores pré-colheita, tais como: genética do fruto, posicionamento na árvore, o seu calibre, as condições climáticas e ainda as características inerentes ao próprio pomar (nutrição e solo).

Como anteriormente referido, a genética do fruto é um fator de pré-colheita, fazendo com que umas cultivares estejam mais suscetíveis a criar escaldão que outras. Como exemplo, tem-se o caso de estudo de várias cultivares de macieiras, em que umas são resistentes ao escaldão, enquanto noutras se observa um escaldão superficial mais prevalente (Mditshwa *et al.*, 2017).

Variedades de maçãs que tenham uma maior prevalência de cor vermelha na epiderme são menos suscetíveis a escaldão que as variedades em que o fruto tem a epiderme de cor verde ou amarela. Mas talvez essa redução de suscetibilidade esteja mais relacionada com a exposição ao sol, visto que quando o fruto permanece muito tempo exposto ao sol, este começa a ganhar um tom avermelhado, ou seja, não se trata apenas de uma questão de pigmentação (Gomes, 2018).

O tipo e quantidade de adubo também influencia na suscetibilidade ao aparecimento de escaldão superficial. Um exemplo é a da utilização de K, que contribui positivamente para crescimento da pera desde o seu vingamento até à colheita, pois é um elemento crucial na estrutura das paredes celulares, mas em excesso, faz com que a pera tenha um menor tempo de conservação, causado pelo aumento da

taxa de respiração, o que vai fazer com que as peras fiquem mais suscetíveis ao surgimento de escaldão superficial e acastanhamento interno (Mendes, 2017; Pintado, 2019).

Na colheita, o conteúdo endógeno de antioxidantes, é essencial para regular os níveis de antioxidantes enzimáticos ou não enzimáticos durante a aclimatização ao frio (Larrigaudière *et al.*, 2016), tornando assim a pera menos suscetível de adquirir escaldão superficial durante o período de armazenamento/conservação no frio. Assim sendo, quanto menor for o conteúdo endógeno de antioxidantes, mais suscetível é a pera ao desenvolvimento de escaldão superficial.

Fatores pós-colheita

A maturação à colheita, as condições de armazenamento e a aplicação de tratamentos para o controle do escaldão, são fatores pós-colheita influenciadores do aparecimento de escaldão superficial (Gomes, 2018).

O estado de maturação que o fruto apresenta à colheita é um dos fatores que tem algum impacto no potencial de armazenamento pós-colheita, no que diz respeito ao desenvolvimento das características organolépticas típicas da variedade e à suscetibilidade em desenvolver escaldão superficial. Esta suscetibilidade é diminuída quando se colhe peras com um grau mais elevado de maturação, observando-se assim uma relação inversa entre a gravidade do escaldão e a maturidade (Mditshwa *et al.*, 2017), ou seja, quanto mais maduro está o fruto menos escaldão apresenta, pois quanto mais maduro está, mais compostos antioxidantes tem, tornando a epiderme mais resistente.

O etileno, que se encontra relacionado com a biossíntese do α -farneseno, tem uma grande influência no aparecimento de escaldão superficial em pomóideas, tendo em conta a sua concentração. Nos frutos climáticos a concentração interna de etileno vai aumentando à medida que este amadurece, como também durante o armazenamento (Zhou *et al.*, 2017), assim sendo diminuir ou remover este composto volátil durante o armazenamento, utilizando sistemas de ventilação, é importante para a redução do escaldão superficial (Gomes, 2018).

Em peras e maçãs o surgimento de escaldão superficial está ligado à acumulação de α -farneseno (Mditshwa *et al.*, 2017). O α -farneseno, é um composto volátil que se forma naturalmente na epiderme da fruta e acumula-se na camada epicuticular da epiderme do fruto. A oxidação do sesquiterpeno, α -farneseno, vai dar origem à formação de trienos conjugados que são altamente reativos, havendo uma ruptura das membranas das células da casca da fruta, surgindo assim um acastanhamento enzimático metabolizado pela enzima polifenoloxidase (PPO), dando origem ao escaldão superficial (Jung & Watkins, 2008; Lurie & Watkins, 2012; Gomes, 2015b; Melo *et al.*, 2021).

O manuseamento da pera, pós-conservação a frio, pode também dar origem a marcas/lesões na epiderme, especialmente em peras que tiveram colheitas mais tardias e um período de armazenamento mais prolongado, acentuando os efeitos provocados pelo escaldão superficial (Soares *et al.*, 2001).

1.1.5.2 Acastanhamento interno

O acastanhamento interno, nas peras, pode manifestar-se de várias formas, seja como acastanhamento radial, acastanhamento assimétrico, manchas castanhas e/ou secas, cavidades, núcleo castanho, entre outras (Franck *et al.*, 2007). Por estes sintomas não serem visíveis externamente, torna-se difícil identificar se a pera contém ou não estes acastanhamentos, existindo métodos para serem aplicados à escala laboratorial com recurso a raios-X, ressonância magnética (Gomes, 2015b), e aplicados à escala comercial, como a tecnologia *Near infrared spectroscopy* (NIRS), permitindo, este último, acompanhar a evolução da pera no *shelf life* e detetar acidentes fisiológicos (Carvalho *et al.*, 2010).

Este tipo de acidente pode ser categorizado em duas formas de acastanhamento, designadamente o *core browning*, que em português significa “decomposição interna” e que se caracteriza por ser uma decomposição necrótica húmida da polpa, e o *brown heart*, em português “coração castanho”, observando-se cavidades secas na região carpelar, podendo expandir-se para o resto da polpa (Gomes, 2015b).

Dois fatores que em conjunto podem contribuir para o surgimento deste acidente fisiológico são uma redução da energia tornando-a insuficiente para a regeneração celular e manutenção do sistema antioxidante, e ainda a acumulação de metabolitos fermentativos (etanol e acetaldeído), que em elevadas concentrações podem ser tóxicos para as células (Deuchande *et al.*, 2016).

Um dos aspetos que provoca acastanhamento é quando a respiração da pera, é dificultada, e isso acontece quando a respiração em função do nível de O₂ é alterada, seja pela acumulação de CO₂ durante a respiração, pela regulação do metabolismo respiratório, ou pela limitação de difusão de CO₂ (Ho *et al.*, 2018). Acontece que, quanto maior é o calibre da pera, mais difícil é a difusão de CO₂, para fora da pera, ou seja, há aumento no nível de O₂ e reduzida diminuição no nível de CO₂, na pera, havendo um desequilíbrio no nível de gases, provocando uma maior formação de acastanhamentos internos em peras deste calibre.

Para analisar as propriedades de difusão de gás em diferentes posições na pera foi realizado um estudo (Ho *et al.*, 2006), onde se determinou as difusividades de O₂ e CO₂ em diferentes posições e direções na pera (Figura 1.4) e ainda as propriedades de difusão do tecido da pera. Com este estudo observou-se que a difusividade ao longo da direção radial aparentava ser pequena na epiderme, uniforme em todo o tecido do córtex, sendo esta elevada no centro da pera. No que diz respeito à difusão gasosa ao longo do eixo vertical, esta demonstrou-se mais ou menos constante. Foi possível concluir ainda que, as propriedades de difusão no eixo vertical foram maiores que ao longo da direção radial. Averiguou-se ainda que a difusividade do gás não aumenta muito devido ao aumento de temperatura, ao passo que a taxa de respiração aumenta rapidamente, podendo originar grandes gradientes de gás levando à formação de distúrbios de armazenamento (Ho *et al.*, 2006).

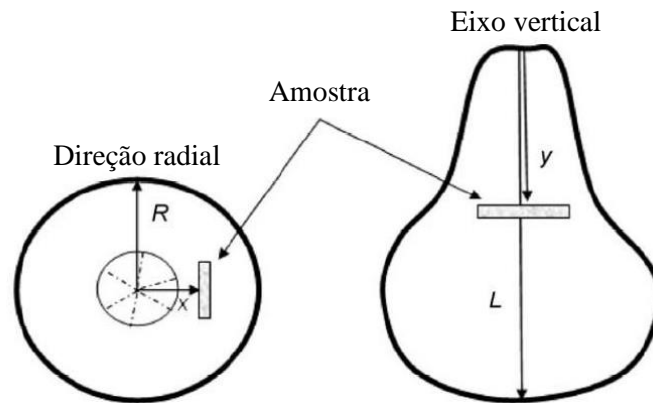


Figura 1.4 – Posição da amostra na direção radial expressa como a distância relativa (x/R) do centro da pera e no eixo vertical expresso como a distância relativa (y/L) da extremidade do caule da pera. Adaptado de Ho *et al.*, (2006).

Fatores pré-colheita

Os fatores pré-colheita têm muita influência nos acidentes fisiológicos dos frutos, e é por isso que existem poucos distúrbios que são apenas resultantes do pós-colheita, assim sendo, todos os distúrbios que podem advir de condições de armazenamento, baixa temperatura, ou alta pressão parcial, que são fatores pós-colheita, foram condicionados pelos fatores pré-colheita. Estes fatores podem ser divididos de acordo com características sazonais, como a temperatura e a pluviosidade, ao longo do ciclo vegetativo da planta e do crescimento do fruto; características do pomar, onde estão incluídas as características tanto da árvore como do solo, a aplicação de agroquímicos, irrigação e posição geográfica, a exposição solar e a orientação do pomar; e ainda a posição do fruto na árvore (Franck *et al.*, 2007).

Relativamente ao tipo de solo, quando este tem uma textura ligeira (com excelente permeabilidade ao ar e à água, e baixo poder de retenção da água) faz com que a pera Rocha apresente um potencial de conservação inferior à que é produzida em solos francos (que possuem quantidades relativamente equivalentes de areia, silte e argila) (Almeida, 2017; Viana, 2020).

A adubação é outra questão a ter em conta relativamente à suscetibilidade do aparecimento de acastanhamentos internos na pera Rocha. Quando é utilizado boro em excesso nos solos, verifica-se aceleração da maturação e o surgimento de acastanhamentos. O aumento do teor elevado de N faz com que haja um aumento da taxa respiratória e produção de etileno, consequência do desequilíbrio da razão N/Ca. Quando o teor de N é muito elevado diminuem os níveis de Ca nos frutos, o que os torna mais suscetíveis ao aparecimento de acastanhamentos internos e ocorrência de processos fermentativos (Pintado, 2019).

A mesma dose de adubo pode ter efeitos diferentes em diferentes pomares, dependendo de vários fatores, como o tipo de solo, as condições climáticas, a variedade de frutas, a idade das árvores, o método de cultivo; pelo que é recomendável que os pomares sejam avaliados individualmente para determinar a dosagem de adubo para cada caso.

Existem ainda outros três fatores que podem afetar os frutos, pensando-se que sejam estes os que têm um maior impacto. O primeiro é o tamanho dos frutos, pois como visto anteriormente o seu diâmetro vai fazer com que este tenha maior ou menor predisposição para desenvolver acastanhamentos internos. O segundo, o estado de maturação, quanto mais maduro for o fruto mais probabilidade terá de desenvolver acastanhamentos internos e, por último, a composição nutricional dos frutos (Gomes, 2015b), como por exemplo elevados teores de K e baixo teor de Ca potencializam predisposição de desenvolvimento de acastanhamentos internos.

Fatores pós-colheita

Os fatores de pré-colheita podem contribuir para potencializar a influência dos fatores de pós-colheita, aumentando assim a incidência de acastanhamentos internos. Algumas das condicionantes deste acidente fisiológico são a data de colheita e sua relação com o estado de maturação dos frutos, a duração do período de arrefecimento, a pressão parcial de CO₂ e O₂, a temperatura de armazenamento e ainda o tempo de armazenamento (Franck *et al.*, 2007).

Os fatores que têm mais destaque são os relacionados com as condições de armazenamento dos frutos. Nestes casos, quanto mais elevada for a temperatura, maior será a vulnerabilidade para o fruto adquirir acastanhamentos internos. Quando este armazenamento é em AC acredita-se que a respiração anaeróbica e a disfunção do sistema antioxidante causem o aparecimento desses acastanhamentos, ou seja, essa suscetibilidade será maior devido a um baixo nível de O₂, sendo a concentração mínima tolerável de 1%. Este acontecimento pode ainda levar a uma situação de hipoxia que, por sua vez, provoca stress oxidativo e fermentação, e a uma concentração mais elevada de CO₂, sendo a concentração máxima tolerável de 2% (Gomes, 2015b; Deuchande *et al.*, 2016; Deuchande *et al.*, 2017a; Pereira, 2017).

Outros dos fatores que podem estar relacionados com o surgimento destes acidentes fisiológicos na pós-colheita são o calibre e firmeza. No primeiro caso, quando o calibre da pera Rocha é superior a 75 mm aumenta o risco de surgimento de acastanhamento interno, devido à má difusão de O₂ no fruto, pois quanto maior for o fruto, maior a distância de difusão (Almeida, 2017). Relativamente à firmeza, quando a pera Rocha é colhida com um estado de maturação avançado (firmezas inferior à referência de firmeza média 5,1 e 6,4 kg/ 0,5 cm²) e for conservada sem tratamentos pós-colheita (1-MCP, por exemplo) o risco e gravidade de acastanhamentos internos aumenta (Mendes, 2017; Sousa, 2020).

1.2 Armazenamento

Para que a pera Rocha esteja disponível durante todo o ano, de forma a satisfazer as necessidades dos consumidores, é essencial que esta seja armazenada, escolhendo desta forma as técnicas ou metodologias de conservação mais adequadas à manutenção das características do fruto visando a satisfação

dos diferentes clientes. Assim sendo, no processo de conservação há pontos importantes a considerar, tais como, o controlo da transpiração, da respiração e das doenças (Rao, 2015).

A pera Rocha é uma cultivar de inverno que é adequada para armazenamento a longo prazo (podendo atingir os nove meses), amadurecendo após cerca de um mês em armazenamento a frio (Silva *et al.*, 2010). Em termos de pós-colheita é extremamente importante ter em conta os fatores de armazenamento utilizados na conservação das peras. Deste modo deverá ter-se em atenção a temperatura, humidade relativa do ar e a composição da atmosfera no armazenamento (Pereira, 2017).

1.2.1 Atmosfera normal (AN)

A utilização de AN no armazenamento de pera Rocha pode ser uma possibilidade devido às suas características e ao seu bom poder de conservação, durante aproximadamente cinco meses, mas tal período de armazenamento usou-se até ao início da década de 1990 (Almeida, 2017). Assim sendo, é possível conservar razoavelmente bem neste tipo de atmosfera, com temperaturas entre os 0°C e 1°C. Pode ainda ser necessário efetuar ligeiras correções a estes valores de temperatura, quando forem detetados, nas colheitas, valores refratométricos mais elevados, que indicam os sólidos solúveis totais, baixando-se assim a temperatura até aos -0,5°C (Soares *et al.*, 2001; Almeida, 2017).

Para se utilizar a AN é aconselhado manter a humidade relativa no intervalo compreendido entre os 92 e os 95%, de forma prevenir a desidratação dos frutos armazenados. É também importante ter em atenção o estado de maturação das frutas que são colocadas dentro da câmara, pois estas necessitam de ter o mesmo estado de maturação (Soares *et al.*, 2001; Cavaco, 2012; Gomes, 2018), pois dependendo desse estado podem precisar de ser deixadas fora do armazenamento durante mais tempo ou armazenadas em diferentes condições.

De entre as recomendações, há que ter em conta a retirada periódica de amostras dos vários produtos armazenados, durante a conservação, uma vez que durante o processo de armazenamento é possível a ocorrência de acidentes fisiológicos ou alteração das propriedades organolépticas da pera. A observação periódica das peras é importante para acompanhar a evolução da fruta e deve ser realizada colocando os frutos à temperatura ambiente durante sete dias. A eliminação de produtos voláteis também é uma preocupação havendo assim a necessidade de remover o ar periodicamente para os aromas e etileno produzidos pelos frutos serem retirados da câmara (Cavaco, 2012).

1.2.2 Atmosfera controlada (AC)

A atmosfera controlada, foi estudada pela primeira vez por Jacques Eltienne Berard no início de 1800, na França, e é possivelmente a tecnologia de maior sucesso introduzida na indústria das frutas e vegetais, no século XX. O armazenamento utilizando este tipo de atmosfera é constituído por baixos níveis de oxigénio (O₂) e elevados níveis de dióxido de carbono (CO₂) comparativamente com os valores

normais, combinados com refrigeração (Bodbodak & Moshfeghifar, 2016). Pelo facto do CO₂ se apresentar numa percentagem mais elevada, este método também pode ser chamado de “método de conservação com dióxido de carbono” (Rao, 2015).

Para se obter uma atmosfera controlada, as percentagens base dos componentes da AN (20-21% O₂, 0,03% CO₂, 78-79% N₂) são alteradas e reguladas. Assim sendo, efetua-se a diminuição da concentração de O₂ e um aumento da concentração de CO₂, em que a concentração dos gases é estritamente controlada durante todo o tempo (Gomes, 2018).

No caso do armazenamento da pera Rocha, como se pretende baixar a atividade metabólica dos frutos, ao frio junta-se a alteração gasosa da atmosfera o que permite manter a qualidade organolética durante mais tempo. A composição da atmosfera controlada (AC) tem geralmente valores de 2,5 a 4% de O₂ e 0,5 a 0,7% de CO₂, permitindo baixar as taxas respiratórias e metabólicas dos frutos e assim diminuir o risco de escaldão superficial e a incidência de acastanhamentos internos (Soares *et al.*, 2001).

Durante o armazenamento, em AC e com refrigeração, é necessário maximizar todas as potencialidades do processo permitindo assim retardar os processos ligados a grande parte da maturação de colheita e, ainda, retardar a senescência e o colapso dos tecidos da fruta (Rao, 2015; Escobedo-Avellaneda & Welti-Chanes, 2016). O armazenamento com este tipo de atmosfera é o mais adequado para períodos de armazenamento longo, pois ao ser reduzida a biossíntese de etileno, o amadurecimento dos frutos é retardado (Escobedo-Avellaneda & Welti-Chanes, 2016).

1.2.3 Atmosfera *Ultra Low Oxygen* (ULO)

O armazenamento em atmosfera com concentração ultrabaixa de O₂ (ULO), é utilizada para minimizar as perdas durante o período pós-colheita, reduzindo a pressão parcial de O₂ para valores inferiores a 1,0 kPa. Estas condições vão fazer com que, comparativamente com AC, haja um atraso do amadurecimento, havendo uma menor taxa respiratória que leva a uma menor perda de ácidos e açúcares bem como uma menor taxa de biossíntese do etileno (Martin *et al.*, 2017a).

Neste caso, em que, as concentrações de oxigénio são ultrabaixas e as de dióxido de carbono são elevadas, ocorre a inibição da atividade do 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC) sintetase e da ACC oxidase, sendo suprimida a via metabólica de produção de etileno. No entanto, a utilização desta técnica pode ser prejudicial para o fruto, quando este se encontra sob pressões extremamente baixas de O₂, provocando assim acastanhamentos internos (Fragoso & Mújica-Paz, 2016; Martin *et al.*, 2017a). Sendo normalmente utilizadas, para a pera Rocha, concentrações de O₂ de 0,5% e de CO₂ de 0,5% (Barbosa, 2020).

São poucas as cultivares de pera que mostram ter a capacidade de manter a qualidade dos frutos em armazenamento de longo prazo sob condições ULO, mas a pera Rocha encontra-se nesse pequeno

grupo, tendo-se registado um armazenamento de sucesso de 8,5 meses a 0,5 kPa O₂, sem estas apresentarem distúrbios de armazenamento (Saquet, 2019).

1.2.4 Tratamentos pós-colheita

Para além de se estudar a influência das várias atmosferas no processo de conservação das peras, também há o interesse em se investigar vários componentes, na sua maioria antioxidantes, de forma a potenciar a capacidade do fruto em inativar espécies reativas de oxigénio e assim diminuir a probabilidade de ocorrência de escaldão superficial resultante dos processos metabólicos dos frutos durante o armazenamento. Assim sendo, neste ponto serão abordados alguns dos antioxidantes e outros compostos que têm sido estudados e conjugados com as várias atmosferas na tentativa de prevenir o aparecimento de escaldão superficial.

O DPA, antioxidante cuja utilização está proibida na UE desde 2013, é um composto muito reativo, devendo-se a sua reatividade ao átomo de hidrogénio da imina, podendo este ser substituído eletrofilicamente. Este composto era utilizado, em larga escala, para prevenir escaldão superficial (Drzyzga, 2003), mas a deteção de resíduos e metabolitos tóxicos e carcinogénicos gerou insegurança relativamente ao seu uso (Dias *et al.*, 2020). O DPA funciona assim como redutor de produção de etileno e inibidor de oxidação de α -farnesenos a trienos conjugados (*CTol*) (Jung & Watkins, 2008), possibilitando um armazenamento até nove meses. Sem a utilização deste, a conservação de pera Rocha, sem aparecimento de escaldão superficial, fica reduzida a três meses (Jung & Watkins, 2008; Dias *et al.*, 2020).

Deste modo passou a utilizar-se comercialmente, como *SmartFreshTM*, o 1-MCP, que apresenta uma estrutura química semelhante à do etileno, e é um inibidor competitivo da ação do etileno em frutas de forma a prolongar a vida útil, não sendo um antioxidante. Este atua bloqueando os recetores de etileno, ou seja, liga-se a esses recetores, inibindo assim a produção de etileno e α -farneseno, limitando o substrato para oxidação dos *CTol* (Penchaiya *et al.*, 2006; Jung & Watkins, 2008).

Demonstrou-se que 1-MCP pode controlar o aparecimento de escaldão superficial nas maçãs (Mahajan *et al.*, 2010; Niu *et al.*, 2018a). Assim sendo, devido à sua eficácia, é utilizado comercialmente nos EUA e na Europa em várias cultivares, tais como, de maçã, pera, tomate, mirtilo, banana, kiwi, manga e pêsego. Este composto tem uma eficiência que depende do grau de maturação dos frutos à colheita, ambiente e tempo de armazenamento, podendo-se observar efeitos negativos, tais como, *bitter pit* (caroço amargo) e escurecimento difuso da epiderme, na maçã (Mahajan *et al.*, 2010; Niu *et al.*, 2018a; Dias *et al.*, 2021).

O *bitter pit* é um distúrbio fisiológico em que o fruto aparenta lesões pequenas e escuras na superfície da maçã, e no caso das peras ocorre um fenómeno parecido que se chama *cork spot* (mancha de cortiça) (Jemrić *et al.*, 2016; Saquet *et al.*, 2019). Além disso, os frutos tratados com este componente,

mesmo quando são tratados após a colheita e sob condições industriais ideais, podem ter inconsistências para algumas cultivares, tanto no controlo de amadurecimento como na persistência do controlo de escaldão superficial (Jung & Watkins, 2008).

Sendo assim, apesar da utilização de 1-MCP ser considerada eficaz na prevenção de escaldões superficiais, em pera Rocha, observa-se que este retarda fortemente o amadurecimento pós-armazenamento desta, fazendo com que a textura atingida não seja considerada adequada quando chega às prateleiras, pois a ativação da produção de etileno ficou irreversivelmente comprometida, ou seja, há um bloqueio do amadurecimento, criando-se assim um efeito *evergreen* (Saquet & Almeida, 2016; Dias *et al.*, 2021). Mas estão a ser investigadas algumas estratégias de forma a induzir o amadurecimento de frutas, tais como, a aplicação simultânea de 1-MCP e etileno exógeno, o armazenamento de frutas tratadas com 1-MCP em temperaturas elevadas e ainda, o condicionamento de frutas em temperaturas mais altas e a aplicação exógena de etileno (Dias *et al.*, 2021).

A utilização de nanoemulsões contendo óleos essenciais com elevado poder antioxidante tem sido proposta como uma solução de forma a aumentar a qualidade e segurança dos alimentos. Peras, tratadas com óleo essencial de erva-príncipe, não apresentaram escaldão após tratamento em atmosfera normal, a 0°C, apresentaram apenas após o *shelf life* depois de seis meses de conservação. Contudo, este tratamento, origina uma película de óleo em torno da fruta, fazendo com que esta tenha dificuldades em respirar, ou seja, vai ocasionar o surgimento de acastanhamentos internos, uma vez que é muito reduzida a libertação de CO₂ (Antão, 2019).

Outra das opções para os tratamentos exógenos, é a utilização do composto polifenólico natural, resveratrol (3,5,4'-trihidroxiestilbeno, Res), que pode ser encontrado em uvas, nozes, frutas vermelhas, entre outros. Este é biossintetizado em resposta a lesão, irradiação UV e/ou ataque fúngico, e pode-se apresentar nas formas estereoisométricas *trans* e *cis*, sendo a primeira forma a mais comum (Niu *et al.*, 2018a). Foram feitos estudos que comprovaram que o resveratrol pode manter a qualidade pós-colheita de frutas e vegetais, tendo efeito positivo na inibição de escaldão superficial, com uma redução de 88% em peras Dangshan. Nestas peras também foi observado que a firmeza foi retardada e prolongada, ou seja, a perda de firmeza pelos frutos no processo de amadurecimento foi mais lenta, e que houve uma diminuição significativa de α -farneseno e trienos conjugados, havendo, deste modo, a diminuição da incidência de escaldão superficial (Niu *et al.*, 2018b; Dias *et al.*, 2020).

1.2.4.1 Importância dos antioxidantes nas peras

Existe algum interesse em saber quais as fontes alimentares relevantes de fenólicos antioxidantes, uma vez que a ingestão destes faz com que haja uma menor incidência de doenças crónicas, como o cancro, a diabetes, as deficiências cardiovasculares e as doenças neurodegenerativas (Salta *et al.*, 2010).

Os metabolitos antioxidantes são importantes, não só para a prevenção de doenças no consumidor, como também, para a conservação da pera. É essencial um bom sistema antioxidante, ou seja, que os níveis de antioxidantes presentes nas peras sejam elevados, para garantir uma melhor qualidade do fruto. Estes antioxidantes têm um papel muito importante depois do processo de armazenamento, permitindo assim a desintoxicação das espécies reativas de oxigênio nas células das peras (Silva *et al.*, 2010).

Na pera podem-se encontrar vários compostos bioativos, entre os quais polifenóis, que são metabolitos secundários produzidos nas plantas, onde estão incluídos o tanino hidrolisado (polifenóis ésteres ácidos) e tanino condensado (polifenóis flavanois ou proanticianinas). Devido à sua estrutura em anel aromático, com grupos hidroxila, ácidos orgânicos e açúcares acilados, é conferido aos polifenóis uma alta atividade antioxidante que pode reduzir a velocidade de oxidação prevenindo a formação de radicais livres (Wang *et al.*, 2021).

A acumulação excessiva dessas espécies reativas, com elevado poder oxidante fazem com que ocorra dano celular, quando diminui o mecanismo de defesa, seja este enzimático ou não enzimático, sendo incapazes de impedir a morte das células (citotoxicidade). O ácido ascórbico e a glutathione (GSH) são sequestradores não enzimáticos de espécies reativas de oxigênio, desempenhando, o primeiro, um papel importante no combate contra os radicais livres, enquanto o segundo, funciona como um regenerador do ácido ascórbico. Assim estes dois antioxidantes funcionam como um ciclo combinado com enzimas de forma a modificar o estado de oxidação celular (Silva *et al.*, 2010).

Os compostos fenólicos, além de serem antioxidantes, também conferem aroma e sabor característico às peras, como também a inúmeros produtos alimentares. Nas peras da variedade Rocha podem estar presentes alguns ácidos fenólicos, como os ácidos clorogénico, cafeico, sirínico e ferrúlico e a arbutina (Santos *et al.*, 2014).

1.2.4.2 Conservação com antioxidantes

Os antioxidantes naturais existentes nos frutos são importantes para a sua conservação e apesar da sua existência endógena, contribuir para a redução do stress oxidativo, não é suficiente para a eliminação de radicais livres produzidos durante a conservação e *shelf life* (tempo de prateleira). Assim sendo, a aplicação exógena de antioxidantes é de extremo interesse.

A preferência dos consumidores distancia-se cada vez mais da aplicação de elementos de síntese química, a favor de produtos nos quais tenham sido utilizados elementos naturais, neste caso, antioxidantes naturais. Essa utilização tem vindo a ser facilitada pela maior disponibilidade no mercado de antioxidantes naturais, com regulamentação legal no âmbito dos produtos alimentares.

Segundo a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA), descrito por Carocho *et al.*, (2018), alguns dos antioxidantes alimentares autorizados são por exemplo o ácido ascórbico (Vitamina C) e o ácido cítrico. No Jornal Oficial da União Europeia, Decisão de Execução (EU) 2016/1190

da Comissão (Europeia, 2016) e Regulamento de Execução (EU) 2017/2470 da Comissão (Europeia, 2017), são entre os quais considerados, respetivamente, trans-resveratrol e astaxantina, sendo o primeiro uma das formas estereoisométricas do resveratrol.

Podem ser aplicados vários antioxidantes exógenos tais como: ácidos fenólicos, flavonoides, vitaminas, carotenoides, elementos minerais e organossulfuratos, sendo estas substâncias extraídas e concentradas a partir de estrados de frutos e legumes (Carocho *et al.*, 2018).

A ação de um antioxidante pode ser fortificada utilizando a combinação de antioxidantes, obtendo-se assim uma maior eficiência, ocorrendo desta forma um sinergismo, ou seja, um antioxidante irá reforçar ou apoiar a ação de outros antioxidantes (Neto, 1999). Pode também ocorrer o contrário, ou seja, um fenómeno de antagonismo, no qual a eficácia de um ou mais antioxidantes é reduzida, devido à possível competição química pela remoção de radicais livres. Por exemplo, se fosse feita uma combinação de vitamina E com vitamina C, como a primeira estabelece uma relação sinérgica com a segunda, ou seja, a vitamina C regenera a vitamina E oxidada (Carocho *et al.*, 2018), poderia haver uma redução da eficácia da vitamina E, provocando uma diminuição na atividade antioxidante total, destas duas vitaminas.

Com a aplicação exógena de antioxidantes em atmosferas em AC, esperar-se-ia que a pera Rocha mantivesse a sua qualidade pós-colheita, devido à ocorrência de uma inibição de escaldão superficial.

MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Origem e colheita

Neste trabalho foram utilizadas peras provenientes de três pomares (1, 2 e 3) (Figura 2.1), da zona Oeste de Portugal. As amostras foram colhidas em agosto de 2021, o que corresponde ao período de armazenamento de 2021-2022, e enviadas para as instalações do RochaCenter: Centro de Pós-Colheita e Tecnologia, ACE.



Figura 2.1 - Caixas com peras dos três pomares (1, 2 e 3) da esquerda para a direita, respetivamente.

2.2 Estudos de conservação das amostras

No trabalho foram realizados dois estudos, sendo que, no primeiro, as peras foram armazenadas em câmaras com atmosferas de baixo e ultrabaixo oxigénio frequentemente utilizadas nas centrais para média e longa conservação, e atmosferas normais a curta conservação. No segundo estudo, as peras foram sujeitas a tratamento com antioxidantes e foram armazenadas em câmara de atmosfera controlada, tendo frutos armazenados apenas em atmosfera controlada, sido considerada a câmara controlo.

2.2.1 Estudo com peras armazenadas em diferentes atmosferas

Neste primeiro estudo, as peras foram armazenadas em três atmosferas diferentes, onde não foi aplicado qualquer tratamento. Na Tabela 2.1 é possível observar quais foram as condições de armazenamento nas três atmosferas, aos quais os frutos foram armazenados durante nove meses.

Tabela 2.1 - Condições de armazenamento dos frutos conservados em três atmosferas diferentes.

Atmosfera	Temperatura (°C)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)
ULO	-0,5	0,5	0,5
Normal	-0,5	20,8	0,03
Controlada	-0,5	2,5	0,5

As amostras utilizadas foram submetidas a três momentos de avaliação (Tabela 2.2), através de análises de carácter físico-químico, químico e bioquímico.

Tabela 2.2 – Identificação dos parâmetros físico-químicos, bioquímicos e acidentes fisiológicos avaliados nos diferentes períodos de análises, avaliação à colheita, intermédia e final, nas diferentes amostras. Nas avaliações intermédia e final a avaliação era feita após saída do frio e após sete dias de *shelf life* a 18±2°C.

Análises	Dia	Avaliação à colheita	Avaliação intermédia	Avaliação final
Diâmetro	1	✓	-	-
Peso	1	✓	-	-
Taxa de regressão do amido	1	✓	-	-
Cor	1	✓	✓	✓
	7	✓	✓	✓
Escaldão Superficial	1	-	✓	✓
	7	-	✓	✓
Firmeza	1	✓	✓	✓
	7	-	✓	✓
Acastanhamentos internos	1	-	✓	✓
	7	-	✓	✓
Teor de sólidos solúveis totais	1	✓	✓	✓
	7	-	✓	✓
Acidez titulável	1	✓	✓	✓
	7	-	✓	✓
Compostos fenólicos totais	1	✓	✓	✓
	7	-	✓	✓
Capacidade antioxidante	1	✓	✓	✓
	7	-	✓	✓
Elementos minerais	1	-	-	-
	7	-	✓	-

Legenda: (✓) - Análise executada; (-) - Análise não executada.

A avaliação à colheita foi realizada pelo RochaCenter, com amostras sem qualquer período de armazenamento. A avaliação intermédia realizada, passados sete meses (março de 2022) de

armazenamento. A avaliação final foi realizada passados nove meses (maio de 2022), representando o tempo máximo normal de armazenamento.

Na Tabela 2.2, encontra-se esquematizado todo o processo de avaliações. Nessa tabela ainda é possível observar que, nas avaliações intermédia e final, foram realizadas análises em dois dias distintos, dia 1 e dia 7, correspondendo este último ao *shelf life* destes frutos.

2.2.2 Estudo com peras submetidas a tratamento com antioxidantes

Para realizar o segundo estudo, foram previamente preparadas soluções de antioxidantes.

As soluções de resveratrol 1, 2 e 3 foram elaboradas por uma empresa de agroquímicos e sabe-se apenas que os excipientes, (substâncias farmacologicamente inativas usadas como veículo para o princípio ativo, neste caso resveratrol, que ajudam na sua preparação ou estabilidade) são diferentes. As soluções acima referidas tinham como concentração final, 50 ppm do antioxidante. Posteriormente foram dissolvidos 90 mL das soluções mãe, em 30 L de água desmineralizada, de forma a preparar o banho das peras.

Outra solução de resveratrol foi preparada a partir de resveratrol comercial (99% Trans-Resveratrol, Bulk Powders™, 100g, Cat. no: 1035902028709091), em que 2,5 g do produto foi dissolvido em 30 ml de etanol e esta solução dissolvida em 30 L de água desmineralizada, obtendo-se uma concentração final de 50 ppm.

Para preparação da solução de astaxantina, a astaxantina comercial (Astaxanthin, ≥98%, Thermo Scientific Chemicals, Cat. no: 328612500, CAS: 472-61-7) foi dissolvida em água desmineralizada de modo a obter uma concentração final de 50 ppm.

Por último, preparou-se a solução de resveratrol e vitamina E (Vitamin E acetate, 97%, A14505, Alfa Ae-sar, LOT: X03F009, 100 g) utilizando uma solução de resveratrol, idêntica à descrita anteriormente, e a solução de vitamina E. Para tal adicionou-se 45 g de vitamina E (99,9%) a 45 mL (1:1) de água desmineralizada e etanol. Esta solução de vitamina E foi depois diluída na solução de resveratrol, ficando a vitamina E numa concentração de 1500 ppm.

De forma a preparar as amostras do segundo estudo, foram mergulhadas caixas com peras nas diferentes soluções de antioxidantes, acima referenciadas, de forma a simular o processo utilizado pelas indústrias, denominado *drencher system* (sistema de encharcamento), funcionando como um estudo à escala piloto.

As peras ficaram submersas nas soluções de antioxidantes durante um minuto, com agitação manual. Após este tempo ficaram a secar, à temperatura ambiente, durante três horas, de seguida foram armazenadas a 0°C, até os frutos estabilizarem nesta temperatura, tendo sido posteriormente estabelecida a atmosfera controlada.

Os frutos, anteriormente submetidos a tratamentos com antioxidantes, foram armazenados, em atmosfera controlada, durante nove meses, estando indicados na Tabela 2.3 os antioxidantes utilizados e as respetivas concentrações.

Tabela 2.3 – Concentração final dos antioxidantes na solução. Os antioxidantes S.1, S.2 e S.3, representam três soluções com excipientes diferentes com resveratrol (Resv), e o conjunto Resv+VE, representa a junção de dois antioxidantes (resveratrol e vitamina E).

Identificação do Antioxidante	Concentração final do antioxidante na solução (ppm)
S.1	50
S.2	50
S.3	50
Resveratrol	50
Astaxantina (Ast)	50
Resv+VE	50 + 1500

As amostras utilizadas, tal como no primeiro estudo, foram submetidas a três momentos de avaliação, encontrando-se este processo de análises esquematizado na Tabela 2.4. Neste estudo não são relacionados os resultados de análises com o perfil nutricional da pera Rocha.

Tabela 2.4 - Identificação dos parâmetros físico-químicos, bioquímicos e acidentes fisiológicos avaliados nos diferentes períodos de análises, avaliação à colheita, intermédia e final, nas diferentes amostras. Nas avaliações intermédia e final a avaliação era feita após saída do frio e após sete dias de *shelf life* a 18±2°C.

Análises	Dia	Avaliação à colheita	Avaliação intermédia	Avaliação final
Diâmetro	1	✓	-	-
Peso	1	✓	-	-
Taxa de regressão do amido	1	✓	-	-
Cor	1	✓	✓	✓
	7	✓	✓	✓
Escaldão Superficial	1	-	✓	✓
	7	-	✓	✓
Firmeza	1	✓	✓	✓
	7	-	✓	✓
Acastanhamentos internos	1	-	✓	✓
	7	-	✓	✓
Teor de sólidos solúveis totais	1	✓	✓	✓
	7	-	✓	✓
Acidez titulável	1	✓	✓	✓
	7	-	✓	✓
Compostos fenólicos totais	1	✓	✓	✓
	7	-	✓	✓
Capacidade antioxidante	1	✓	✓	✓
	7	-	✓	✓

Legenda: (✓) - Análise executada; (-) - Análise não executada.

2.3 Determinação da cor

A colorimetria é a ciência e o conjunto de técnicas que tem como princípio descrever, quantificar e simular, utilizando modelos matemáticos, a forma como os seres humanos detetam as cores (Ferreira & Spricigo, 2017).

Nesta técnica teve-se como objetivo determinar a cor da epiderme dos frutos utilizando um colorímetro CR-400 (Konica-Minolta, Osaka, Japan) (Figura 2.2) através do sistema CIELab, que se baseia na representação cartesiana de três eixos ortogonais: L* para luminosidade ou claridade (intervalo de variação de 0 a 100, que corresponde a preto e branco), a* para a componente de cor vermelho/verde (+ e -, respetivamente; representando a cor da superfície) e b* para a componente de cor amarelo/azul (+ e -, respetivamente; representando a cor de fundo) (Figura 2.3). Assim é possível determinar a cor da pera de uma forma exata e universal (Ferreira & Spricigo, 2017; Ferreira, 2021).



Figura 2.2 - Colorímetro CR-400.

O equipamento mediu os parâmetros L*, a* e b*, e foi programado de forma a obter os valores de saturação ou cromaticidade da cor (C*) e a matriz ou tonalidade (hue°), de acordo com as equações (Equação 2.1) e (Equação 2.2), respetivamente (Ferreira & Spricigo, 2017; Gomes, 2018).

$$C^* = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})}$$

Equação 2.1

$$\text{hue}^\circ = \text{arc tan} \frac{b^*}{a^*}$$

Equação 2.2

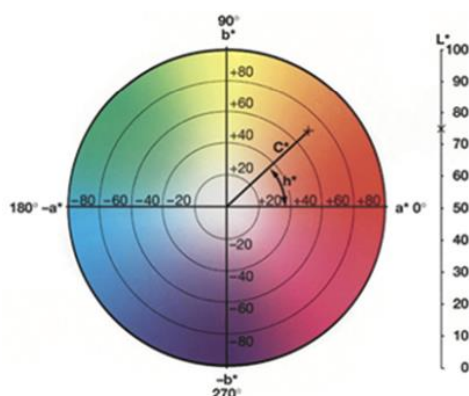


Figura 2.3 - Espaço de cor L*C*h° (Ferreira & Spricigo, 2017).

A cromaticidade corresponde a um valor quantitativo para intensidade, estando também conectada à concentração do elemento corante. A sua medida, o croma, quanto maior for, maior será a saturação das cores, assim sendo, como a cromaticidade representa a distância ao eixo neutro, as cores neutras têm baixa saturação, ao passo que as cores puras possuem alta saturação, mostrando-se mais brilhantes na percepção humana (Ferreira & Spricigo, 2017).

Graficamente é possível observar que o atributo da cor hue°, que pode ser definido com o ângulo, com atributo qualitativo de cor, aos ângulos entre 0° e 90° correspondem as cores mais quentes (vermelho, laranja e amarelo); aos ângulos entre 90° e 180° as cores intermédias para o frio (amarelo, verde e ciano); aos ângulos entre 180° e 270° as cores frias (ciano, azul e roxo); e aos ângulos entre 270° e 360° as cores intermédias para o quente (roxo, magenta e vermelho) (Ferreira & Spricigo, 2017).

Realizou-se a leitura a uma amostra de 20 frutos de cada pomar na avaliação à colheita, e de cada pomar em cada modalidade nas restantes avaliações e nos diferentes dias de avaliação, e efetuou-se a calibração do equipamento no início de cada sequência de medição, utilizando uma placa branca de calibração específica do equipamento.

2.4 Escaldão Superficial

Para a verificação da existência de escaldão superficial, procedeu-se à observação da epiderme das peras ainda inteiras, do mesmo conjunto de 20 peras dos pomares e modalidades em que se realizou a leitura da cor. O escaldão superficial só foi avaliado em março e em maio de 2022. A intensidade do escaldão superficial (Figura 2.4) foi medida segundo uma escala de 0 a 3, onde “0” significa a não existência de manchas castanhas associadas ao acidente fisiológico na epiderme do fruto; “1” significa a ocupação de 0% a 25% da área da pera; “2” significa que uma área, da epiderme da pera, entre 25% e 50% se encontra afetada por manchas; “3” significa que uma área superior a 50% da epiderme da pera se encontra afetada.

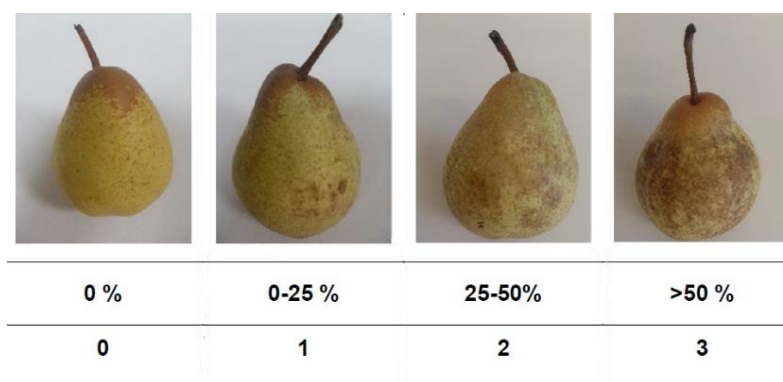


Figura 2.4 - Classificação do escaldão superficial (Gomes, 2018).

2.5 Determinação da firmeza da polpa

Para se estudar a firmeza da polpa das peras foi utilizado o penetrômetro TR Turoni FT 327 (Figura 2.5a) que tem capacidade de medir forças até 13 kg e uma precisão de 0,1 kg; a firmeza da polpa das peras é expressa em $\text{kg}/0,5 \text{ cm}^2$ pois é utilizada uma ponteira com 8 mm de diâmetro.

Efetou-se a determinação da firmeza depois de retirada a epiderme da pera em dois locais diametralmente opostos na zona mediana da pera (Figura 2.5b). A polpa é perfurada entrando o penetrômetro até à ranhura limite da ponteira (Figura 2.5a). Este parâmetro foi avaliado, em todos os momentos descritos nas 20 peras de cada pomar/modalidade em estudo.



Figura 2.5 - Medição da firmeza da polpa. (a) Penetrômetro TR Turoni FT 327. (b) Peras com a epiderme removida da zona equatorial do fruto.

2.6 Acastanhamentos internos

A avaliação da existência de acastanhamentos internos realizou-se através de observação visual em peras cortadas na região equatorial de modo que fosse observável a zona carpelar do fruto. A severidade do acastanhamento foi medida segundo uma escala de 0 a 3, onde “0” significa que o fruto não apresenta acastanhamento; “1” significa que o acastanhamento se restringe à zona carpelar; “2” significa que na zona carpelar para além de acastanhamento já se detetam cavernas; “3” significa que os acastanhamentos já se estendem pela polpa (Figura 2.6).



Figura 2.6 - Acastanhamento interno nível 1, 2 e 3, respetivamente.

2.7 Análises químicas e bioquímicas

2.7.1 Teor de sólidos solúveis (TSS) totais

O teor de sólidos solúveis totais foi determinado utilizando um refratômetro digital (Pocket Refractometer, ATAGO, Pal-1) (Figura 2.7) a partir da leitura do índice refratométrico, expresso em °Brix (percentagem de sólidos solúveis por 100 g de produto) ou %Brix (0 a 53%) (Barbosa, 2020).

Os açúcares não são o único componente Brix, assim sendo, é necessário calibrar, com água destilada, que tem um °Brix igual a 0°, a 20°C, o refratômetro antes de se realizar as leituras de TSS (Harrill, 1994; Costa, 2013). O equipamento tem um sensor de temperatura e ajusta o teor de sólidos solúveis à temperatura detetada.

Esta avaliação realizou-se em 20 peras dos pomares/modalidades em que foram feitas as avaliações anteriores, utilizando uma pequena parte da pera de forma a extrair o sumo e medir o TSS.



Figura 2.7 - Refratômetro.

2.7.2 Acidez titulável

A reação ácido-base funciona como base para a determinação da acidez titulável, ou seja, entre os ácidos presentes no sumo do fruto e a base titulante o NaOH. O valor de acidez expressa-se em g de ácido málico/ L sumo, ácido presente na pera.

Primeiramente, procedeu-se à preparação de uma solução 0,1 M de NaOH, para tal pesou-se numa balança analítica (I) (Fisher Scientific SAS, Model: FPRS4202/E), 2 g de NaOH (sodium hydroxide - pellets, Fisher Scientific, code: S/4920/60). Os cálculos para determinação da quantidade necessária de NaOH encontram-se no anexo A.1.

Prepararam-se cinco sumos individuais de cinco frutos por pomar/modalidade, utilizando um liquidificador (Orbegozo, Modelo LI 5500), de forma a extrair 25 mL de sumo, para um tubo Falcon de 50 mL. A titulação de 25 mL de sumo do fruto com NaOH 0,1M, foi efetuada com uma bureta graduada, com agitação dos sumos recorrendo a um agitador magnético (Modelo ESP - Marca VELP Scientifica), até se atingir o ponto de equivalência, pH de 8,15 medido com um potenciômetro (SevenCompact Duo S213, Mettler Toledo).

O volume de NaOH gasto foi quantificado de modo a determinar a acidez de acordo com a Equação 2.3, onde V_{NaOH} representa o volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação, em mL; N representa a normalidade (unidade de concentração expressa em equivalentes por litro da solução) de hidróxido de sódio; V_{amostra} representa volume da amostra, em mL, e E_q é o equivalente de ácido málico (67,04).

$$\text{Acidez total (AT)(g/L)} = \left(\frac{V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} \times Eq}{V_{\text{amostra}}} \right)$$

Equação 2.3

O procedimento de quantificação da acidez titulável foi realizado seguindo o protocolo utilizado no RochaCenter (nº01.2020), com algumas adaptações de Deuchande *et al.*, (2016); Pereira (2017) e Saquet *et al.*, (2017) e Brito *et al.*, (2022).

2.7.3 Preparação do extrato de pera

Para realizar o estudo da quantificação de compostos fenólicos (ponto 2.7.4) e determinação da capacidade antioxidante (ponto 2.7.5) foi necessário proceder-se à preparação de extratos de pera. Para tal, pesou-se, com uma balança analítica (II) (Fisher Scientific SAS, MODEL: FAS224), 5 g (peso fresco) da polpa com epiderme, cortando 1g de cada pera, utilizando cinco peras por pomar/modalidade, e colocou-se dentro de um tubo Falcon de 15 mL. Cada amostra foi feita em triplicado.

Pipetou-se 5 mL da solução extratora, 79,5:0,5:20 (v/v/v) de Metanol [Fisher scientific, Code: M/4000/17], HCl [Hydrochloric acid S.G. d=1.18 (~37%), Fisher scientific, Code: H/1200/PB15] e H₂O, previamente preparada, e homogeneizou-se durante duas horas a 100 rpm, num agitador (Programmable mixing cycle, PTR-35 Grant-bio, Multi-Rotator).

Por fim, filtrou-se o homogeneizado, com o auxílio de papel de filtro e de um funil (Figura 2.8), para um tubo *ependorf* de 1,5 mL, obtendo-se o extrato de pera.



Figura 2.8 - Filtração do homogeneizado utilizando um funil e papel de filtro.

2.7.4 Quantificação de compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos totais foram quantificados através do método colorimétrico de Folin-Ciocalteu.

O método colorimétrico consiste na redução do reagente de Folin-Ciocalteu (MP Biomedicals, LLC; Cat. No: 195186), que é uma mistura de dois ácidos (fosfomolibdato e fosfotungstato), em condições alcalinas, a partir da reação estabelecida entre os compostos fenólicos presentes na amostra e o reagente em questão.

Nesta reação, ocorre a oxidação dos fenóis existentes e a redução de fosfomolibdato-fosfotungstato, formando-se um complexo de coloração azul, que é detetável na banda do espectro de 760 nm, o molibdénio. Quanto maior for a intensidade da coloração, maior será a quantidade de compostos fenólicos (Neves *et al.*, 2009; Lamuela-Raventós, 2018).

2.7.4.1 Método de Folin

Para realização do método a amostra foi preparada em triplicado e pipetou-se, para tubos de ensaio, 50 μL de extrato de pera; 250 μL do reagente fenólico Folin-Ciocalteu; 4,2 mL de água desionizada e 500 μL de Carbonato de Sódio (Na_2CO_3 20%) (w/V)ⁱ. Seguidamente misturou-se vigorosamente os tubos no *vortex* (FisherBrand, Code: F202A0280FI) durante um segundo, à velocidade máxima.

A preparação do branco teve em conta o mesmo procedimento, sendo apenas substituído o volume do extrato de pera por igual volume de água desionizada. Posteriormente, deixou-se no escuro, durante duas horas, à temperatura ambiente (20°C) (Figura 2.9a). É importante estar na ausência de luz, uma vez que esta reação pode ser influenciada pela luz, podendo haver influência na transferência e equilíbrio de eletrões na reação de oxidação-redução, devido aos fotões presentes na radiação eletromagnética (luz).

Passado o tempo de espera (Figura 2.9b), procedeu-se à leitura da absorvância das misturas, a 765 nm, no espectrofotómetro (Thermo Scientific™ GENESYS™ 180 UV-Visible Spectrophotometer; Cat. No: 840-309000).

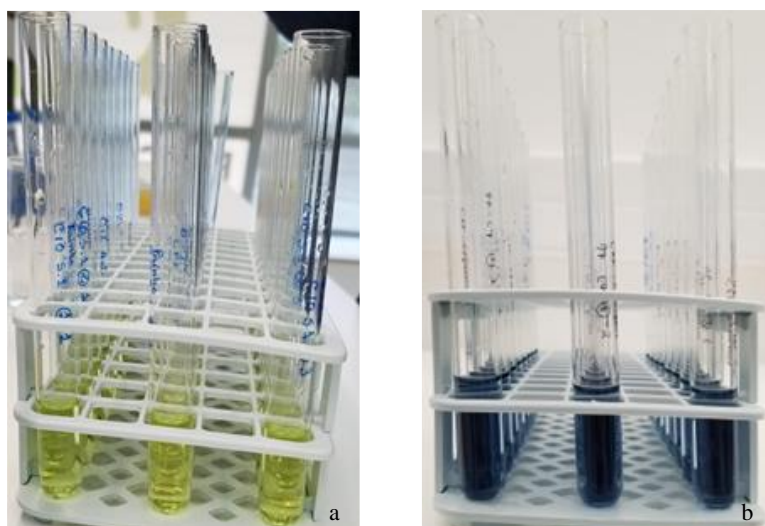


Figura 2.9 – Método de Folin. (a) - Misturas antes de serem colocadas no escuro. (b) - Misturas após tempo de espera.

Finalmente foi possível quantificar os compostos fenólicos (CF), utilizando a equação da reta, e as duas equações (Equação 2.4) e (Equação 2.5) abaixo.

ⁱ Preparação de Carbonato de Sódio (Na_2CO_3 20%)(w/v) – De forma a preparar esta solução foi necessário pesar numa balança analítica (I) 20g de Carbonato de Sódio [Sodium carbonate, 99.95%, extra pure, anhydrous; Thermo Scientific; Cat. No: 207765000] num frasco Schott, e dentro da *hotte* juntar 100 mL de água. Para dissolver mais facilmente colocou-se no frasco Schott destapado um magnete, em cima placa de aquecido com agitação (Fisherbrand ARE), com uma agitação de 1500 rpm a 40°C.

$$QCF(\text{mg equiv. \u00c1c. G\u00e1lico} / \text{mL extrato}) = \frac{Abs^{ii} - b^{iii}}{m^{iv}}$$

Equa\u00e7\u00e3o 2.4

$$QCF(\text{mg equiv. \u00c1c. G\u00e1lico} / \text{g fruto}) = \frac{\text{equa\u00e7\u00e3o (5)} * V \text{ extrato}}{\text{peso da amostra de pera}}$$

Equa\u00e7\u00e3o 2.5

2.7.4.2 Reta de calibra\u00e7\u00e3o

Elaborou-se a reta de calibra\u00e7\u00e3o (anexo A.2) preparando-se, em cinco gobel\u00e9s de 100 mL, solu\u00e7\u00f5es de \u00e1cido g\u00e1lico (Gallic acid monohydrate, ACS reagent; Acros organics; Code: 447581000) com concentra\u00e7\u00f5es diferentes e conhecidas. Preparou-se 500 mL da solu\u00e7\u00e3o 1 (solu\u00e7\u00e3o m\u00e3e), utilizando 0,5 g de \u00e1cido g\u00e1lico, na concentra\u00e7\u00e3o de 1 g/L. As restantes solu\u00e7\u00f5es foram preparadas a partir da solu\u00e7\u00e3o m\u00e3e, como se encontra representado na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 - Prepara\u00e7\u00e3o das solu\u00e7\u00f5es da reta de calibra\u00e7\u00e3o para o m\u00e9todo da quantifica\u00e7\u00e3o de compostos fen\u00f3licos.

	Volume m\u00e3e de solu\u00e7\u00e3o (mL)	Volume de \u00e1gua destilada (mL)	Concentra\u00e7\u00e3o (g/L)
Solu\u00e7\u00e3o 2	20	5	0,8
Solu\u00e7\u00e3o 3	15	10	0,6
Solu\u00e7\u00e3o 4	10	15	0,4
Solu\u00e7\u00e3o 5	20	60	0,2
Solu\u00e7\u00e3o 6	5	95	0,05

Depois das solu\u00e7\u00f5es preparadas, procedeu-se como no ponto 2.7.4.1, substituindo o extrato de pera, por 50 \u00b5L de cada uma das solu\u00e7\u00f5es de \u00e1cido g\u00e1lico preparadas (Tabela 2.5).

O procedimento de quantifica\u00e7\u00e3o de compostos fen\u00f3licos totais foi realizado seguindo o protocolo utilizado no RochaCenter (n\u00b003.2020) e adaptado de Gi\u00e3o *et al.*, (2007); Gomes, (2015b) e Brito (2018).

ⁱⁱ Abs – Absorv\u00e2ncia

ⁱⁱⁱ b – O valor refere-se a dados da equa\u00e7\u00e3o de calibra\u00e7\u00e3o do Folin-Ciocalteu com \u00e1cido g\u00e1lico.

^{iv} m – O valor refere-se a dados da equa\u00e7\u00e3o de calibra\u00e7\u00e3o do Folin-Ciocalteu com \u00e1cido g\u00e1lico.

2.7.5 Determinação da capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante foi determinada através do método do DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazilo), que consiste na eliminação do radical livre estável^v DPPH•, ou seja, gera-se um radical sintético e estuda-se a capacidade da amostra captá-lo, monitorizando a reação a partir de um espectrofotômetro UV/VIS. A solução de DPPH tem uma coloração púrpura, com pico de absorção a 517 nm, e a captação é medida através da diminuição da absorvância, medida a 515 nm, oriunda da redução de um antioxidante (AH) (Figura 2.10) ou por reação com radicais, provocando a mudança de cor da solução. A utilização deste radical é vantajosa devido à sua boa estabilidade na ausência da luz, aplicabilidade, simplicidade e viabilidade (Pereira, 2010; Deng *et al.*, 2011; Oliveira, 2015).

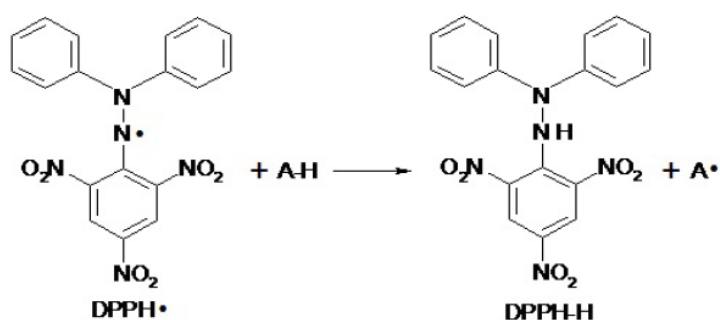


Figura 2.10 - Mecanismos de reação entre o radical DPPH• e um antioxidante através da transferência de um átomo de hidrogênio (Oliveira, 2015).

2.7.5.1 Solução de 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo (DPPH•)

De forma a preparar 100 mL de solução *stock* de DPPH, pesou-se 0,024 g de DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (free radical), 95%; alfa Aesar) num vidro de relógio numa balança analítica (II), e posteriormente transferiu-se essa quantidade para um frasco Schott, obtendo-se uma solução *stock* de DPPH com uma concentração de 0,024 g/L.

De seguida, com o frasco dentro da *hotte*, adicionou-se 100 mL de metanol, e agitou-se até se obter uma solução homogénea. Finalmente envolveu-se o frasco Schott em papel de alumínio e conservou-se a 4°C.

Preparação da solução diluída

Para a preparação da solução diluída retirou-se a solução *stock* do frigorífico a 4°C e, dentro da *hotte*, realizou-se diluição 1:5 (solução *stock*:metanol) noutra frasco Schott. De seguida homogeneizou-se a solução diluída, envolveu-se o frasco em papel de alumínio e colocou-se a solução *stock* dentro do frigorífico a 4°C, e utilizou-se de imediato a solução diluída.

^v radical livre estável – É estável devido à sua estrutura química, por possuir três anéis aromáticos apresentando efeito de ressonância, importante para estabilizar a carga eletrónica do radical DPPH• (G. L. S. Oliveira, 2015).

2.7.5.2 Método do DPPH

Neste método, pipetou-se 50 µL de extrato de pera e 950 µL de solução diluída, para cada um dos tubos Falcon de 15 mL. Seguidamente agitou-se a 50 rpm, durante 15 minutos.

Para se proceder à leitura das soluções, fez-se a leitura do branco do estudo, água destilada e da solução diluída de DPPH, para se obter o valor inicial de absorvância antes da ação dos antioxidantes. Posteriormente procedeu-se à leitura da absorvância a 515 nm, no espectrofotómetro.

Todos os ensaios foram realizados em triplicado.

Os resultados, expressos em mg equivalentes de ácido ascórbico/g fruto foram calculados a partir do cálculo da percentagem de inibição (Equação 2.6) utilizando os valores de absorvância, a capacidade antioxidante (CA1)(Equação 2.7), utilizando a reta de calibração em anexo (A.3) e o valor da Equação 2.7. E ainda outro valor de capacidade antioxidante (CA2) (Equação 2.8).

$$Inibição (\%) = \frac{Abs\ DPPH - Abs\ Amostra}{Abs\ DPPH} \times 100$$

Equação 2.6

$$CA1 = \frac{\%inibição - b^{vi}}{m^{vii}}$$

Equação 2.7

$$CA2 (mg\ Equivalente\ Ácido\ Ascórbico/g\ fruto) = \frac{CA1 \times V\ extrato}{peso\ da\ amostra}$$

Equação 2.8

2.7.5.3 Reta de calibração

Elaborou-se a reta de calibração (anexo A.3) preparando-se, em seis gobelés de 100 mL, soluções de ácido ascórbico com concentrações diferentes e conhecidas. Preparou-se 250 mL da solução 1 (solução mãe), utilizando 0,00625 g de ácido ascórbico (L(+)-Ascorbic acid, ACS reagent; Acros organics; Code: 401471000), na concentração de 0,25 g/L. As restantes soluções foram preparadas a partir da solução mãe, como se encontra representado na Tabela 2.6.

^{vi} b – O valor refere-se a dados da equação de calibração do DPPH com ácido ascórbico.

^{vii} m – O valor refere-se a dados da equação de calibração do DPPH com ácido ascórbico.

Tabela 2.6 - Preparação das soluções da reta de calibração para determinação da capacidade antioxidante.

	Volume de solução mãe (mL)	Volume de água destilada (mL)	Concentração (g/L)
Solução 2	8	2	0,2
Solução 3	6	4	0,15
Solução 4	4	6	0,1
Solução 5	2	8	0,05
Solução 6	1	9	0,025
Solução 7	0,5	9,5	0,0125

Depois das soluções estarem preparadas, procedeu-se como no ponto 2.7.5.2, substituindo, em cada amostra, o extrato de pera por 50 µL de solução de ácido ascórbico.

O procedimento da determinação da capacidade antioxidante foi realizado seguindo o protocolo utilizado no RochaCenter (nº05.2020) (Salta *et al.*, 2010; Önal *et al.*, 2021).

2.8 Determinação dos elementos minerais existentes nas amostras de pera

Para estudar a composição mineral das peras, foram retiradas, passados sete meses de armazenamento, três peras de cada pomar, das câmaras com atmosferas distintas (ULO, normal e controlada). Para tal as amostras de pera foram secas em estufa peso constante. Os teores dos elementos minerais das peras foram determinados utilizando um espectrofotómetro de fluorescência de raios X (XRF).

2.8.1 Secagem e moagem

Após sete dias de *shelf life*, as peras foram descaroçadas, utilizando um descaroçador, e cortadas em rodela de 1 mm, com o auxílio de uma mandolina Börner, cortador V5. Depois de laminadas, pesaram-se, numa balança analítica (I), 20 g de rodela de pera, colocando dentro de uma caixa de Petri, previamente tarada.

Seguidamente colocaram-se as caixas de Petri, com as rodela de pera, dentro da estufa a 65°C, para se proceder à secagem destas. Passado uns dias retiraram-se as caixas de Petri da estufa, deixou-se arrefecer um pouco e pesou-se, repetindo-se este processo até a massa pesada atingir um valor constante. Entre pesagens, as rodela de pera foram invertidas dentro da caixa de Petri, para que ocorresse o menos

perda de amostra possível, pois quando as peras estão no processo de secagem ocorrem reações de Maillard^{viii}, fazendo com que as rodela fiquem coladas à caixa de Petri, ou seja, fiquem caramelizadas.

Quando se verificou que não ocorria variação de peso, as amostras foram pesadas e colocadas dentro de tubos Falcon de 15 mL e seguidamente dentro do exsiccador.

Entre pesagens foi calculado o teor de humidade, expresso em percentagem de teor de humidade (Equação 2.9).

$$\text{Teor de humidade} = \frac{\Delta\text{Peso}^{\text{ix}}}{\text{Pi}^{\text{x}}} \times 100$$

Equação 2.9

Posteriormente retirou-se individualmente cada amostra do exsiccador, para que as amostras não absorvessem humidade, e procedeu-se à sua moagem, retirando as rodela, com o auxílio de uma colher de plástico, para o almofariz, de forma a não contaminar a amostra com metais.

Trituraram-se cuidadosamente, devido à caramelização, evitando a possível ocorrência de desperdícios, utilizando um pilão de porcelana. Depois de trituradas, colocaram-se as amostras dentro de tubos Falcon de 15 mL e novamente dentro do exsiccador.

Todos os ensaios foram realizados em triplicado.

2.8.2 Análise elementar

A concentração de macro e micronutrientes foi determinada através de espectrometria de fluorescência de raios-X (XRF), utilizando um modelo portátil (Thermo Scientific, Niton model XL3t 950 He GOLDD+, USA) de acordo com o método 6200 da Environmental Protection Agency (EPA, 2007), no qual se obteve o teor dos elementos minerais em µg/g, que é equivalente a mg/kg. Para realizar a medição de elementos leves não necessita de hélio ou de estar em vácuo, sendo ideal para testar a existência de substâncias proibidas em alimentos. Este aparelho encontra-se equipado com um alvo de Ag como ânodo do tubo de raios-X (Thermo Fisher Scientific, 2010).

As amostras foram colocadas dentro de recipientes de plástico específicos fornecidos pelo fabricante, tendo-se procedido à leitura das mesmas em triplicado, tendo em vista a possibilidade de incertezas estatísticas relativas à homogeneização no processo de moagem. As leituras das amostras foram realizadas sob atmosferas de hélio, utilizando o modo de mineração otimizados por um período de 120s,

^{viii} Reação de Maillard – É uma das principais reações que ocorre em alimentos processados, pode ser também chamada de escurecimento não enzimático, e dá-se devido à condensação entre um açúcar redutor, como a glicose, e um composto que possui um grupo amino livre (aminoácidos, proteínas ou qualquer composto nitrogenado) (Martins *et al.*, 2001; Gullón *et al.*, 2016).

^{ix} ΔPeso - Diferença entre o peso inicial da amostra e o peso da amostra após a secagem na estufa.

^x Pi- Peso inicial da amostra.

com os seguintes limites de detecção: Ca = 65 $\mu\text{g g}^{-1}$, Cu = 12 $\mu\text{g g}^{-1}$, Fe = 25 $\mu\text{g g}^{-1}$, K = 200 $\mu\text{g g}^{-1}$, S = 90 $\mu\text{g g}^{-1}$, Sr = 8 $\mu\text{g g}^{-1}$ e Zn = 6 $\mu\text{g g}^{-1}$.

O procedimento da determinação dos elementos minerais (2.8) foi realizado seguindo um protocolo adaptado de Duarte (2012); Brito (2018) e Fernandes *et al.*, (2022).

2.9 Análise Estatística

Relativamente aos resultados obtidos foi realizada uma análise estatística, ANOVA - um fator, de forma a perceber se existiam diferenças significativas entre os frutos dos três pomares, para um nível de significância de 5%. Para comparações de médias foram realizados testes de Tukey ($\alpha=0,05$) utilizando o programa estatístico 'Jamovi'.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Identificação e caracterização das amostras

A identificação e caracterização dos frutos, referentes à colheita (agosto de 2021), foi realizada com dados fornecidos pelo RochaCenter, estando nestes incluídos os dados de pesagem do fruto, da medição do diâmetro e da regressão do amido, bem como dos outros valores iniciais utilizados para fazer um estudo comparativo ao longo do período de armazenamento.

Foi realizada uma avaliação desses três primeiros parâmetros de qualidade, para proceder à caracterização do estado de maturação de peras Rocha colhidas. As peras são provenientes de três pomares distintos (1, 2 e 3), todos localizados na zona Oeste.

3.1.1 Determinação dos valores médios do peso e diâmetro

A determinação do peso médio da pera Rocha foi realizada através da pesagem de 20 peras Rocha. Os resultados obtidos (Tabela 3.1) demonstraram pesos (g) aparentemente semelhantes entre os frutos colhidos, mostrando-se, no caso do pomar 1, um pouco acima dos valores médios característicos da pera Rocha (123 a 153g) (ANP, 1997) e ainda diferentes ($p < 0,05$) dos do pomar 2 e 3, indicando uma possível conservação diferente dos frutos.

Num estudo realizado por Barbosa (2020) verificou-se que os pesos médios de peras colhidas em três pomares distintos, os mesmos pomares do presente estudo mas de um ano de colheita diferente, variam entre 140,3 e 189,2 (Tabela 3.1), sendo que o valor mínimo se aproxima do peso das peras dos pomares 2 e 3.

Os resultados obtidos por Deuchande *et al.*, (2017b), demonstraram valores médios de peso (g), inferiores, em dois casos (pomar 1 e 6), aos do presente estudo (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Resultados referentes ao peso médio do fruto, obtidos em diferentes estudos.

Pomar	Média ± Desvio padrão
*Pomar 1	163,0 ± 25,8 ^a
*Pomar 2	146,0 ± 10,5 ^b
*Pomar 3	138,0 ± 9,45 ^b
**Pomar 1	189,2 ± 39,6
**Pomar 2	140,3 ± 8,5
**Pomar 3	175,3 ± 18,0
***Pomar 1	118,0 ± 3,0
***Pomar 2	138,0 ± 5,0
***Pomar 3	156,0 ± 5,0
***Pomar 4	157,0 ± 8,0
***Pomar 5	142,0 ± 5,0
***Pomar 6	130,0 ± 3,0

(* Presente estudo; (**) Barbosa (2020); (***) Deuchande *et al.*, (2017b)

Médias de peso (expresso em g) ±desvio padrão com letras minúsculas iguais não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=20).

A determinação do diâmetro médio do fruto foi realizada, com o auxílio de uma craveira mecânica, através da medição de 20 peras Rocha recolhidas dos três pomares (Tabela 3.2), mostrando-se os diâmetros das peras semelhantes entre pomares (p>0,05), indicando semelhante nível de maturação.

Os valores de diâmetro médio obtidos no estudo encontram-se dentro do intervalo de calibre mais comum (60-65 mm) (ANP, 1997), sendo semelhantes aos obtidos por Salvador (2015), e inferiores a dois dos resultados obtidos (67,7 ± 4,80 e 67,2 ± 2,80) no estudo desenvolvido por Barbosa (2020).

Tabela 3.2 - Resultados referentes ao diâmetro médio do fruto, obtidos em diferentes estudos.

Pomar	Média ± Desvio padrão
*Pomar 1	63,4 ± 3,27 ^a
*Pomar 2	61,7 ± 1,55 ^a
*Pomar 3	62,0 ± 1,67 ^a
**Pomar de Alcobaça	59,0 ± 3,00
**Pomar de Mafra	63,0 ± 3,00
**Pomar da Lourinhã	60,0 ± 7,00
***Pomar 1	67,7 ± 4,80
***Pomar 2	60,5 ± 2,00
***Pomar 3	67,2 ± 2,80

(* Presente estudo; (**) Salvador (2015); (***) Barbosa (2020)

Médias de diâmetro (expresso em mm) ±desvio padrão com letras minúsculas iguais não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=20).

As diferenças consideradas entre os vários estudos, podem estar relacionadas com a localização, disponibilidade de água, carga da árvore, como também com a condições edafoclimáticas dos diversos pomares, que podem influenciar tanto o peso, como o diâmetro, sendo também consequência dessa disparidade o ano da colheita, tal como se observou na comparação do presente estudo com o desenvolvido por Barbosa (2020). Estabelecendo uma comparação entre estudos escolhidos, é possível observar pouca heterogeneidade, uma vez que, para estudo, são utilizados frutos com calibre 60 mm+, ou seja, entre 60 e 65 mm, de forma a favorecer o aparecimento de escaldão superficial e acastanhamentos internos (Franck *et al.*, 2007), de interesse para o estudo.

3.1.2 Determinação da taxa de regressão do amido

A taxa de regressão do amido é obtida através da exposição da polpa da fruta a uma solução de iodo. A leitura do resultado é realizada com o auxílio da tabela de regressão do amido (anexo A.4), comparando a amostra, que sofreu essa exposição, com os vários estágios de regressão. Um fruto que tenha uma menor quantidade de amido e uma maior quantidade de sólidos solúveis, apresenta-se com uma cor mais clara quando exposta à solução, ou seja, o fruto está mais maduro, sendo-lhe atribuído um valor mais elevado na classificação do estágio de regressão.

Através do estudo de 20 peras de três pomares (Tabela 3.3), observou-se que a taxa de regressão do amido do pomar 1 aparentou ser semelhante à dos frutos do pomar 3, tendo-se comprovado que as peras tinham o mesmo estado de maturação ($p > 0,05$), o que tal não se observou entre as peras dos pomares 1 e 2, e dos pomares 2 e 3.

Os valores de taxa de regressão do amido obtidos no estudo encontram-se dentro do intervalo aconselhado à colheita (5-7), para conservação, ultrapassando apenas um pouco, no caso do pomar 2, mas não sendo superior a 8, que poderia obrigar a necessidade de comercializar o mais rápido possível (Gomes, 2018).

Os resultados obtidos por Barbosa (2020) apresentaram valores próximos aos do presente estudo, com exceção do pomar 1 ($8,6 \pm 1,0$) (Tabela 3.3), que se mostrou um pouco afastado. No estudo desenvolvido por Deuchande *et al.*, (2017b), foi possível observar três valores ($5,5 \pm 0,2$; $5,8 \pm 0,1$; $5,1 \pm 0,3$) (Tabela 3.3) inferiores aos de Barbosa (2020) e do presente estudo, mas todos eles dentro dos valores aconselhados para a pera Rocha, à colheita.

Tabela 3.3 - Resultados referentes à taxa de regressão de amido médio do fruto, obtidos em diferentes estudos.

Pomar	Média ± Desvio padrão
*Pomar 1	6,1 ± 0,72 ^a
*Pomar 2	7,7 ± 0,57 ^b
*Pomar 3	6,2 ± 0,67 ^a
**Pomar 1	8,6 ± 1,0
**Pomar 2	7,7 ± 1,3
**Pomar 3	7,0 ± 0,8
***Pomar 1	5,5 ± 0,2
***Pomar 2	5,8 ± 0,1
***Pomar 3	6,5 ± 0,2
***Pomar 4	8,1 ± 0,2
***Pomar 5	7,1 ± 0,3
***Pomar 6	5,1 ± 0,3

(* Presente estudo; (**) Barbosa (2020); (***) Deuchande *et al.*, (2017b)

Médias da taxa de regressão de amido ±desvio padrão com letras minúsculas iguais não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p>0,05$) (n=20).

3.2 Estudos da conservação das amostras

Primeiramente foi realizado o estudo relativamente às câmaras com diferentes atmosferas, fazendo comparações ao longo do tempo, de forma a estudar a influência que cada tipo de atmosfera teve no processo de conservação das peras de cada pomar, tendo em conta, no caso do armazenamento de sete meses, os diferentes elementos minerais (ponto 3.7) existentes nas peras de cada pomar.

O segundo estudo foi realizado tendo em conta a aplicação exógena de antioxidantes, acompanhando a evolução da conservação de cada pomar, tendo-se como câmara controlo, a câmara com atmosfera controlada, e as restantes câmaras possuem o mesmo tipo de atmosfera mudando o antioxidante aplicado.

Para os dois estudos avaliou-se a evolução de cada pomar em três fases: avaliação inicial à colheita (Ai), avaliação intermédia (sete meses após colheita) à saída da câmara (Ai7) e após sete dias de *shelf life* à temperatura ambiente (Ai7(SL)); e avaliação final (nove meses após colheita) à saída da câmara (Ai9) e após sete dias de *shelf life* à temperatura ambiente (Ai9(SL)).

3.3 Determinação da cor

Para analisar a existência de diferenças entre pomares, determinou-se a cor através da análise de 20 frutos de cada pomar/modalidade, à colheita, e efetuou-se uma análise estatística considerando os três atributos da cor (Tabela 3.4). Relativamente à saturação (C*), os frutos apresentaram valores estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) entre pomares, sendo estes mais elevados no pomar 3, indicando uma cor mais intensa, mais amarela, apontando assim peras mais maduras. Tal comparação também se observa para o atributo L*, apesar de neste caso só existir diferenças ($p < 0,05$) entre o pomar 1 e os outros dois pomares.

Relativamente ao atributo da cor tonalidade (h°) não se verificaram diferenças significativas entre pomares à colheita, ou seja, visualmente não foi possível verificar se as peras estão mais ou menos amarelas, no entanto os atributos da cor C* e L* apontam que o pomar 1 tenha peras menos maduras.

Tabela 3.4 – Médias dos atributos da cor (C*, L* e h°) dos frutos dos pomares 1, 2 e 3.

Pomar	C*	L*	Hue°
1	41,9 ± 2,26 ^a	29,6 ± 1,81 ^a	103 ± 3,54 ^a
2	44,7 ± 1,60 ^b	58,4 ± 4,19 ^b	102 ± 4,15 ^a
3	46,7 ± 2,07 ^c	60,3 ± 3,83 ^b	101 ± 4,97 ^a

Médias da taxa de regressão de amido ± desvio padrão com letras minúsculas iguais não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p > 0,05$) (n=20).

Para a determinação da cor nos pontos 3.3.1 e 3.3.2 considerou-se o atributo da cor, tonalidade (h°), uma vez que este é considerado um qualitativo de cor, correspondendo o seu valor a cores.

3.3.1 Estudo com peras das câmaras com diferentes atmosferas

À saída das câmaras os valores da cor variaram pouco (Tabela 3.5), sendo no pomar 1, o menor valor registado 93 h°, em AN, e o valor máximo 104 h°, em ULO, pós-conservação de sete meses nos dois casos; no pomar 2, o menor valor registado foi 93,1 h°, em ULO, e o valor máximo 106 h°, em ULO, pós-conservação de nove e sete meses, respetivamente; e no pomar 3, o menor valor registado foi 95,9 h°, e o valor máximo 104 h°, em ULO, não tendo havido diferenças significativas à saída das câmaras, passados sete meses de armazenamento, neste pomar. Estes resultados foram ao encontro do observado num estudo de Alpalhão *et al.*, (2006), após armazenamento de 199 dias, em AN, quanto à evolução da cor das peras armazenadas por um médio período de tempo.

No que diz respeito ao *shelf life*, verificou-se um comportamento tendencialmente de decréscimo do valor da cor. Ou seja, peras significativamente mais amarelas passado os sete dias, em todos os pomares/modalidades, resultante da conversão da tonalidade verde, que se deve à clorofila, para amarelo, característico da pera Rocha (Soares *et al.*, 2001), excetuando dois casos (pomar 1 e 2) em atmosfera

ULO, em Ai9(SL). Ainda a partir dos dados analisados, observou-se que as peras armazenadas em AN revelaram-se mais amarelas ao fim de sete dias, tal como no estudo de Alpalhão *et al.*, (2006) e Oliveira *et al.*, (2014), quando comparadas com as conservadas em ULO e AC, excetuando o caso do pomar 3, em que se observaram mais amarelas quando armazenadas em ULO, tendo-se observado um decréscimo como em Martin *et al.*, (2017) após armazenamento em atmosfera ULO de 270 dias.

Tabela 3.5 – Médias da tonalidade dos frutos dos pomares 1, 2 e 3 submetidos a diferentes atmosferas, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Pomar	Atmosfera	Tonalidade (h°)				
		Ai	Ai7	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
1	ULO	103 ± 3,54 ^a	104 ± 3,28 ^a	90,2 ± 3,81 ^{b,r}	93,1 ± 3,52 ^b	92,6 ± 2,39 ^{b,r}
	AN	103 ± 3,54 ^a	93,0 ± 4,61 ^b	88,4 ± 5,97 ^{c,r}	96,4 ± 2,70 ^b	86,3 ± 3,29 ^{c,s}
	AC	103 ± 3,54 ^a	99,3 ± 2,99 ^a	91,6 ± 2,02 ^{b,r}	98,4 ± 3,18 ^c	90,8 ± 3,10 ^{bd,r}
2	ULO	102 ± 4,15 ^a	106 ± 1,77 ^a	93,5 ± 3,56 ^{b,r}	94,5 ± 2,93 ^b	93,1 ± 3,02 ^{b,r}
	AN	102 ± 4,15 ^a	94,0 ± 4,41 ^b	90,4 ± 3,72 ^{c,r}	98,5 ± 3,51 ^d	89,9 ± 3,68 ^{c,r}
	AC	102 ± 4,15 ^a	102 ± 3,04 ^a	93,6 ± 3,30 ^{b,r}	99,6 ± 3,80 ^a	93,2 ± 3,76 ^{b,r}
3	ULO	101 ± 4,97 ^{ac}	104 ± 2,68 ^a	91,0 ± 3,70 ^{b,r}	95,9 ± 3,62 ^c	89,6 ± 3,08 ^{b,r}
	AN	101 ± 4,97 ^a	95,9 ± 3,62 ^a	92,8 ± 5,22 ^{bc,r}	96,8 ± 3,19 ^{ab}	90,9 ± 5,47 ^{c,r}
	AC	101 ± 4,97 ^a	102 ± 3,29 ^a	93,1 ± 3,33 ^{b,r}	99,0 ± 3,50 ^a	92,5 ± 2,33 ^{b,r}

Médias do atributo da cor tonalidade (expresso em h°) ± desvio padrão, dentro do mesmo pomar, seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=20).

3.3.2 Estudo com peras submetidas a tratamento com antioxidantes

À saída das câmaras foi possível observar o decréscimo do valor da cor no pomar 1 (Tabela 3.6), enquanto que nos pomares 2 (Tabela 3.7) e 3 (Tabela 3.8) tal valor variou pouco, mostrando-se esse significativo em poucos casos. Nos três pomares foi possível verificar o menor valor com S.3 e o maior valor com S.2.

No que se refere ao *shelf life*, observou-se um decréscimo significativo entre o valor da cor à saída das câmaras e passado os respetivos *shelf life*, em todos os pomares/modalidades, ou seja, peras significativamente mais amarelas passado os sete dias. Foi ainda possível verificar peras mais amarelas em Ai7(SL) no pomar 1 com a aplicação do antioxidante S.2; e nos pomares 2 e 3 com a aplicação de S.1. Já em Ai9(SL) foi possível analisar essa mudança de cor no pomar 1 com a utilização do antioxidante S.1; no pomar 2 com a aplicação de Resv; e no pomar 3 com a aplicação de S.1 e Ast.

Fazendo um estudo ao longo do tempo comparando os valores à colheita com os dos *shelf life* das duas avaliações, verificou-se um decréscimo (Ai>Ai7(SL)>Ai9(SL)) em todos os casos.

Nesta avaliação é possível observar que a aplicação dos antioxidantes exógenos pareceu não influenciar a cor das peras, visto que entre pomares/modalidades não se verificaram diferenças significativas relativamente à atmosfera controlo.

Tabela 3.6 – Médias da tonalidade dos frutos do pomar 1 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	Tonalidade (h°)				
	Ai	Ai7	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	103 ± 3,54 ^a	99,3 ± 2,99 ^a	91,6 ± 2,02 ^{b,r}	98,4 ± 3,18 ^a	90,8 ± 3,10 ^{b,rs}
S.1	103 ± 3,54 ^a	97,1 ± 4,23 ^b	90,0 ± 2,71 ^{c,r}	99,4 ± 3,65 ^{ab}	88,3 ± 3,15 ^{c,s}
S.2	103 ± 3,54 ^a	94,9 ± 4,21 ^b	89,9 ± 3,62 ^{c,r}	103 ± 2,79 ^a	89,2 ± 2,08 ^{c,rs}
S.3	103 ± 3,54 ^a	98,9 ± 4,65 ^a	92,2 ± 3,61 ^{b,r}	91,3 ± 4,47 ^b	92,2 ± 2,52 ^{b,r}
Resv	103 ± 3,54 ^a	98,2 ± 4,36 ^{ac}	92,1 ± 3,60 ^{b,r}	97,4 ± 5,22 ^c	89,4 ± 3,68 ^{b,r}
Ast	103 ± 3,54 ^a	96,2 ± 5,85 ^b	92,1 ± 4,23 ^{c,r}	98,3 ± 3,54 ^{ab}	91,0 ± 1,49 ^{c,rs}
Resv+VE	103 ± 3,54 ^a	98,2 ± 4,54 ^{ac}	93,8 ± 3,51 ^{bd,r}	97,5 ± 4,85 ^{bc}	92,5 ± 4,26 ^{d,rs}

Médias do atributo da cor tonalidade (expresso em h°) ± desvio padrão seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=20).

Tabela 3.7 - Médias da tonalidade dos frutos do pomar 2 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	Tonalidade (h°)				
	Ai	Ai7	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	102 ± 4,15 ^a	102 ± 3,04 ^a	93,6 ± 3,30 ^{b,r}	99,6 ± 3,80 ^a	93,2 ± 3,76 ^{b,rs}
S.1	102 ± 4,15 ^a	102 ± 2,81 ^a	92,6 ± 2,98 ^{b,r}	101 ± 3,38 ^a	92,9 ± 3,01 ^{b,rs}
S.2	102 ± 4,15 ^{ac}	101 ± 4,21 ^a	93,5 ± 3,40 ^{b,r}	104 ± 3,76 ^a	91,9 ± 3,69 ^{cb,rs}
S.3	102 ± 4,15 ^a	101 ± 3,82 ^a	94,3 ± 2,70 ^{b,r}	93,8 ± 4,15 ^b	92,4 ± 3,10 ^{b,rs}
Resv	102 ± 4,15 ^a	99,7 ± 3,02 ^a	93,4 ± 3,74 ^{b,r}	97,4 ± 5,22 ^{ab}	89,4 ± 3,68 ^{c,r}
Ast	102 ± 4,15 ^a	101 ± 1,98 ^a	94,6 ± 2,51 ^{b,r}	100 ± 3,04 ^a	92,4 ± 3,38 ^{b,rs}
Resv+VE	102 ± 4,15 ^a	102 ± 3,16 ^a	94,5 ± 2,16 ^{b,r}	99,7 ± 6,29 ^a	93,8 ± 2,89 ^{b,s}

Médias do atributo da cor tonalidade (expresso em h°) ± desvio padrão seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=20).

Tabela 3.8 - Médias da tonalidade dos frutos do pomar 3 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	Tonalidade (h°)				
	Ai	Ai7	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	101 ± 4,97 ^a	102 ± 3,29 ^a	93,1 ± 3,33 ^{b,r}	99,0 ± 3,50 ^a	92,5 ± 2,33 ^{b,r}
S.1	101 ± 4,97 ^a	101 ± 2,72 ^a	92,3 ± 4,00 ^{b,r}	101 ± 2,50 ^a	91,2 ± 3,07 ^{b,r}
S.2	101 ± 4,97 ^a	101 ± 2,96 ^a	93,9 ± 3,36 ^{b,r}	102 ± 5,16 ^a	91,6 ± 3,66 ^{b,r}
S.3	101 ± 4,97 ^a	99,7 ± 3,16 ^a	92,8 ± 3,22 ^{b,r}	95,0 ± 3,97 ^a	91,3 ± 5,21 ^{b,r}
Resv	101 ± 4,97 ^a	99,7 ± 4,93 ^a	92,7 ± 3,76 ^{b,c,r}	100 ± 4,22 ^a	91,5 ± 3,32 ^{c,r}
Ast	101 ± 4,97 ^a	101 ± 3,48 ^a	93,2 ± 4,40 ^{b,r}	100 ± 3,56 ^a	91,2 ± 4,55 ^{b,r}
Resv+VE	101 ± 4,97 ^a	101 ± 3,95 ^a	93,8 ± 2,92 ^{b,r}	99,0 ± 3,64 ^a	93,4 ± 3,65 ^{b,r}

Médias do atributo da cor tonalidade (expresso em h°) ± desvio padrão seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=20).

3.4 Determinação da firmeza da polpa

De forma a determinar a firmeza da pera Rocha recorreu-se ao auxílio de um penetrómetro fazendo a análise de 20 peras Rocha recolhidas dos três pomares, obtendo os resultados em kg/0,5 cm².

Segundo Soares *et al.*, (2001), a firmeza da polpa é o parâmetro que é mais utilizado para avaliar a maturação da pera Rocha, desta forma, estudou-se as diferenças, à colheita, entre os três pomares, cujos valores se encontravam dentro do intervalo de referência de firmeza média para colheita (5,1 e 6,4 kg/0,5cm²) (Sousa, 2020), verificando-se que a firmeza era significativamente inferior no pomar 3, podendo este valor ter alguma influência na posterior conservação.

Tabela 3.9 - Resultados referentes à firmeza dos frutos dos pomares 1, 2 e 3.

Pomar	Firmeza
1	6,54 ± 0,541 ^a
2	6,75 ± 0,460 ^a
3	5,67 ± 0,315 ^b

Médias da firmeza (expresso em kg/0,5 cm²) ± desvio padrão com letras minúsculas iguais não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=20).

3.4.1 Estudo com peras das câmaras com diferentes atmosferas

À saída das câmaras (Tabela 3.10) houve uma reduzida variação dos valores de firmeza, verificando-se no pomar 1 o menor valor 5,16 kg/0,5 cm², e o valor máximo 6,25 kg/0,5 cm², em AN; no pomar 2 o menor valor 5,36 kg/0,5 cm², em AC, e o valor máximo 6,2 kg/0,5 cm², em ULO; e no pomar 3 o menor valor 5,02 kg/0,5 cm², em AC, e o valor máximo 5,72 kg/0,5 cm², em ULO. Os resultados em AC mostraram-se semelhantes aos observados em estudos anteriores de Silva *et al.*, (2006) e Martin

et al., (2015), relativamente à firmeza das peras por um longo período, em AC, tendo-se mostrado eficaz na preservação da firmeza das peras ao longo de sete e nove meses de armazenamento. No caso da conservação em AN, também se observaram resultados semelhantes em Alpalhão *et al.*, (2006), para uma conservação de 185 e 199 dias. Verificaram-se oscilações que puderam estar relacionadas com a variabilidade da própria amostragem.

Observou-se, relativamente ao *shelf life*, um decréscimo comparativamente com os valores à saída das câmaras, e entre Ai7(SL) e Ai9(SL) um aumento, por vezes significativo, maturação essa causada pela degradação da parede celular e perda de pressão de turgescência (Khin *et al.*, 2007). Observou-se ainda que, as peras armazenadas em ULO revelaram uma perda de firmeza mais acelerada ao fim de sete dias, comparativamente com as outras mantidas em AC e AN, podendo dever-se a ocorrência a uma maior intensidade dos processos metabólicos. Os resultados, em AC, vão ao encontro dos obtidos por Galvis-Sánchez *et al.*, (2004) e, em AN, aos obtidos por Oliveira *et al.*, (2014). No entanto, não foi possível identificar a razão pela qual as peras ficaram mais firmes após o Ai9(SL), comparativamente com Ai7(SL). Poderá eventualmente estar relacionada com a perda de água durante a conservação e, portanto, ficaram mais firmes.

Tabela 3.10 - Médias da firmeza dos frutos dos pomares 1, 2 e 3 submetidos a diferentes atmosferas, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Pomar	Atmosfera	Firmeza				
		Ai	Ai7	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
1	ULO	6,54 ± 0,541 ^a	6,16 ± 0,579 ^a	0,973 ± 0,220 ^{b,r}	5,51 ± 0,407 ^c	1,87 ± 0,609 ^{d,r}
	AN	6,54 ± 0,541 ^a	6,25 ± 0,364 ^a	2,52 ± 0,444 ^{b,s}	5,16 ± 0,375 ^c	2,64 ± 0,328 ^{b,s}
	AC	6,54 ± 0,541 ^a	5,79 ± 0,464 ^b	2,03 ± 0,330 ^{c,t}	5,16 ± 0,468 ^d	2,60 ± 0,490 ^{e,s}
2	ULO	6,75 ± 0,460 ^a	6,20 ± 0,345 ^b	0,910 ± 0,429 ^{c,r}	5,58 ± 0,467 ^d	0,965 ± 0,227 ^{c,r}
	AN	6,75 ± 0,460 ^a	6,05 ± 0,381 ^b	2,34 ± 0,235 ^{c,s}	5,44 ± 0,366 ^d	2,47 ± 0,393 ^{c,s}
	AC	6,75 ± 0,460 ^a	5,87 ± 0,326 ^b	1,56 ± 1,56 ^{c,t}	5,36 ± 0,287 ^d	2,31 ± 0,425 ^{e,s}
3	ULO	5,67 ± 0,315 ^a	5,72 ± 0,301 ^a	0,715 ± 0,180 ^{b,r}	5,21 ± 0,265 ^c	0,838 ± 0,128 ^{b,r}
	AN	5,67 ± 0,315 ^a	5,71 ± 0,347 ^a	2,04 ± 0,587 ^{b,s}	5,03 ± 0,381 ^c	2,39 ± 0,366 ^{b,s}
	AC	5,67 ± 0,315 ^a	5,60 ± 0,262 ^a	1,29 ± 0,227 ^{b,t}	5,02 ± 0,307 ^c	2,00 ± 0,454 ^{d,t}

Médias da firmeza (expresso em kg/0,5 cm²) ± desvio padrão, dentro do mesmo pomar, seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=20).

3.4.2 Estudo com peras submetidas a tratamento com antioxidantes

À saída das câmaras averiguou-se uma redução significativa da firmeza após armazenamento de nove meses, tendo-se verificado o valor mais baixo, nos pomares 1 (Tabela 3.11) e 2 (Tabela 3.12),

aquando da conservação com o antioxidante Ast; e no pomar 3 (Tabela 3.13), após armazenamento com o antioxidante Ast.

Relativamente aos *shelf life*, registou-se um decréscimo da firmeza entre os valores à colheita e os *shelf life*, assim como entre Ai9 e Ai9(SL), e um aumento dos valores de firmeza entre Ai7(SL) e Ai9(SL), este padrão de decréscimo e aumento verificou-se nos três pomares.

Após a conservação em atmosfera controlada, com aplicação de antioxidantes, era esperado que a diminuição de firmeza da polpa fosse retardada, com a utilização do antioxidante resveratrol (Niu *et al.*, 2018b). Num estudo com uvas (Jiménez *et al.*, 2005), no qual se utilizou resveratrol para controlar a flora microbiana e prolongar a vida útil, observou-se a manutenção do teor de água, e, portanto, da firmeza da fruta.

O atraso na diminuição da firmeza observou-se no caso do pomar 1, quando se comparou Ai com Ai9, constatou-se que, utilizando a solução Resv regista a menor perda no valor de firmeza, o mesmo não se observando no entanto, passados os sete dias. Tendo-se observado o valor mais elevado da firmeza, em Ai9(SL), aquando da utilização do antioxidante S.3.

No caso do pomar 2, a utilização da solução S.3 é o que mais contribuiu para o retardamento da diminuição de firmeza tanto em Ai9, como em Ai9(SL). Relativamente ao pomar 3, a utilização da solução S.2 foi a que mais contribuiu para o retardamento da diminuição de firmeza em Ai9, e atmosfera controlada em Ai9(SL).

Analisando os valores dos *shelf life*, no pomar 1, observou-se que se atingiram os valores mais baixos de firmeza quando os frutos foram conservados com S.2, em Ai7(SL), e quando foram conservados com Ast, em Ai9(SL).

Tabela 3.11 - Médias da firmeza dos frutos do pomar 1 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	Firmeza			
	Ai	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	6,5 ± 0,541 ^a	2,03 ± 0,330 ^{b,r}	5,16 ± 0,468 ^c	2,60 ± 0,490 ^{d,r}
S.1	6,5 ± 0,541 ^a	2,12 ± 0,415 ^{b,r}	5,30 ± 0,519 ^c	2,49 ± 0,387 ^{b,r}
S.2	6,5 ± 0,541 ^a	1,92 ± 0,360 ^{b,r}	5,19 ± 0,429 ^c	2,49 ± 0,317 ^{d,r}
S.3	6,5 ± 0,541 ^a	2,00 ± 0,272 ^{b,r}	5,10 ± 0,405 ^c	2,81 ± 0,396 ^{d,r}
Resv	6,5 ± 0,541 ^a	2,18 ± 0,225 ^{b,r}	5,34 ± 0,425 ^c	2,66 ± 0,394 ^{d,r}
Ast	6,5 ± 0,541 ^a	2,15 ± 0,340 ^{b,r}	4,95 ± 0,381 ^c	2,35 ± 0,370 ^{b,r}
Resv+VE	6,5 ± 0,541 ^a	2,04 ± 0,290 ^{b,r}	5,16 ± 0,379 ^c	2,70 ± 0,441 ^{d,r}

Médias da firmeza (expresso em kg/0,5 cm²) ± desvio padrão seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=20).

No pomar 2, tanto em Ai7(SL), como em Ai9(SL), observando-se que se atingiram os valores mais baixos quando os frutos foram conservados com Resv+VE no primeiro caso, e no segundo caso quando foram conservados com S.1 e Resv+VE.

Tabela 3.12 - Médias da firmeza dos frutos do pomar 2 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	Firmeza			
	Ai	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	6,75 ± 0,460 ^a	1,56 ± 0,392 ^{b,r}	5,36 ± 0,287 ^c	2,31 ± 0,425 ^{d,r}
S.1	6,75 ± 0,460 ^a	1,59 ± 0,365 ^{b,r}	5,37 ± 0,396 ^c	1,97 ± 0,508 ^{b,r}
S.2	6,75 ± 0,460 ^a	1,59 ± 0,469 ^{b,r}	5,47 ± 0,408 ^c	2,04 ± 0,285 ^{b,r}
S.3	6,75 ± 0,460 ^a	1,70 ± 0,397 ^{b,r}	5,50 ± 0,401 ^c	2,46 ± 0,421 ^{d,r}
Resv	6,75 ± 0,460 ^a	1,82 ± 0,376 ^{b,r}	5,46 ± 0,388 ^c	2,42 ± 0,426 ^{d,r}
Ast	6,75 ± 0,460 ^a	1,65 ± 0,326 ^{b,r}	4,35 ± 0,537 ^c	2,38 ± 0,386 ^{d,r}
Resv+VE	6,75 ± 0,460 ^a	1,52 ± 0,433 ^{b,r}	5,29 ± 0,397 ^c	1,97 ± 0,450 ^{b,r}

Médias da firmeza (expresso em kg/0,5 cm²) ± desvio padrão seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=20).

No pomar 3, tendo em conta os resultados obtidos nos *shelf life*, Ai7(SL) e Ai9(SL), observando-se que se atingiram valores mais baixos quando os frutos foram conservados em AC, e em S.2, respetivamente.

Tabela 3.13 - Médias da firmeza dos frutos do pomar 3 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	Firmeza			
	Ai	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	5,67 ± 0,315 ^a	1,29 ± 0,227 ^{b,r}	5,02 ± 0,307 ^c	2,31 ± 0,454 ^{d,r}
S.1	5,67 ± 0,315 ^a	1,54 ± 0,401 ^{b,r}	4,93 ± 0,311 ^c	2,10 ± 0,529 ^{d,r}
S.2	5,67 ± 0,315 ^a	1,40 ± 0,474 ^{b,r}	5,08 ± 0,359 ^c	1,95 ± 0,376 ^{d,r}
S.3	5,67 ± 0,315 ^a	1,73 ± 0,317 ^{b,r}	4,89 ± 0,359 ^c	2,08 ± 0,290 ^{b,r}
Resv	5,67 ± 0,315 ^a	1,43 ± 0,260 ^{b,r}	4,90 ± 0,298 ^c	1,99 ± 0,356 ^{d,r}
Ast	5,67 ± 0,315 ^a	1,45 ± 0,255 ^{b,r}	4,79 ± 0,253 ^c	2,03 ± 0,439 ^{d,r}
Resv+VE	5,67 ± 0,315 ^a	1,59 ± 0,427 ^{b,r}	4,88 ± 0,398 ^c	2,25 ± 0,377 ^{d,r}

Médias da firmeza (expresso em kg/0,5 cm²) ± desvio padrão seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=20).

3.5 Escaldão Superficial e Acastanhamentos internos

A avaliação, em termos quantitativos e qualitativos, dos acidentes fisiológicos foi realizada através da observação de 20 peras de cada pomar/modalidade. De forma a calcular as incidências e os índices dos dois parâmetros foram utilizadas as fórmulas de Niu *et al.*, (2018a) (anexo A.5). Os valores das incidências encontram-se no anexo A.6, para o estudo com diferentes atmosferas, e no anexo A.7, para o estudo com a aplicação de antioxidantes.

3.5.1 Estudo com peras das câmaras com diferentes atmosferas

Através da análise da Tabela 3.14, verifica-se que as peras não apresentaram índices de escaldão superficial à saída das câmaras pós-conservação de sete meses, nem na conservação em atmosfera ULO. O acidente fisiológico destacou-se aquando da conservação em AN, sendo que no *shelf life* dos três pomares, após nove meses de armazenamento, foi onde se mostrou mais significativo, com incidências de 65%, 80% e 55% (anexo A.6), respetivamente no pomar 1, 2 e 3, embora se tenha verificado também em Ai7(SL) e Ai9. Já em AC só se observou esse acidente em Ai9(SL), nos três pomares, e com uma muito menor incidência 5%, 10% e 10% (anexo A.6), respetivamente no pomar 1, 2 e 3.

Relativamente aos acastanhamentos internos (Tabela 3.15), verificaram-se índices mais elevados em peras armazenadas em AN, especialmente após um armazenamento de nove meses.

O pomar 1 pareceu adaptar-se melhor em ULO, tendo neste caso tido uma incidência de 5% em Ai7 (anexo A.6). O pomar 2 pareceu adaptar-se melhor em AC, não apresentando qualquer sintoma em Ai7. E o pomar 3 pareceu adaptar-se melhor em AC, já que apresenta uma incidência de 5% e índice 1% nos *shelf life*, enquanto na atmosfera ULO, apenas se registam sintomas em Ai7, mas com incidência 25% e índice 6%.

Observou-se, no geral, um índice superior de acastanhamento no pomar 2, não estando este relacionado com o valor da firmeza, à colheita, visto este ter atingido uma média superior a 6 kg/cm², ou seja, ter um grau de maturação superior (Gomes, 2018), sendo o pomar 1, o segundo a registar índices mais elevados.

Segundo Saba & Moradi, (2016), a suscetibilidade, para este acidente fisiológico, varia entre cultivares, e essa diferença vai depender da composição das peras, no que diz respeito à atividade enzimática e componente bioativa, influenciadas pelos fatores genéticos e condições climáticas.

Mattheis & Rudell (2011) relataram um menor surgimento de escaldão superficial, em peras D'Anjou, após armazenamento em atmosfera controlada (pO₂ entre 0,4 e 0,5 kPa O₂), que apresentava uma atmosfera parecida à utilizada na atmosfera ULO do presente estudo, tendo, no entanto, aparecido manchas pretas após *shelf life*. Foi ainda observado, em Saquet (2019), que a pera Rocha, após um armazenamento de 8,5 meses em atmosfera ULO (0,5 kPa O₂), não apresentou quaisquer distúrbios, ao

passo que, no caso em estudo, surgiram acastanhamentos no pomar 2, e nos pomares 1 e 3 surgiram à saída das câmaras, após um armazenamento de sete meses.

Noutro estudo (Gago *et al.*, 2015), com maçãs Golden Delicious, observou-se o surgimento de escaldão superficial só após o *shelf life* de um armazenamento de seis meses em atmosfera normal, podendo-se averiguar que não seja aconselhado utilizar a atmosfera normal, para uma conservação de longa duração (nove meses), visto que no presente estudo, após uma conservação de sete meses, só se observou este acidente fisiológico após o *shelf life*, ao passo que, após uma conservação de nove observou-se à saída das câmaras e passado o *shelf life*.

Deuchande *et al.*, (2016) através de uma conservação de 145 dias (~5 meses) em atmosfera controlada (3 kPa de O₂ e 0,5 kPa de CO₂) observaram o não surgimento de acastanhamento interno, o que não aconteceu no presente estudo, apesar de, passado uma conservação de sete meses em AC, se terem observado índices muito baixos, apontando-se assim que este tipo de armazenamento seja eficaz para uma conservação de curta/média duração, comparativamente com a atmosfera normal.

Tabela 3.14 –Índice de escaldão das peras dos pomares 1, 2 e 3 submetidas a diferentes atmosferas, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Pomar	Atmosfera	Índice (%) de escaldão			
		Ai7	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
1	ULO	0 ^a	0 ^{a,r}	0 ^a	0 ^{a,r}
	AN	0 ^a	13 ^{b,s}	23 ^c	38 ^{d,s}
	AC	0 ^a	0 ^{a,r}	0 ^a	1 ^{a,r}
2	ULO	0 ^a	0 ^{a,r}	0 ^a	0 ^{a,r}
	AN	0 ^a	8 ^{b,s}	14 ^b	38 ^{c,s}
	AC	0 ^a	1 ^{a,r}	0 ^a	3 ^{b,t}
3	ULO	0 ^a	0 ^{a,r}	0 ^a	0 ^{a,r}
	AN	0 ^a	9 ^{b,s}	5 ^b	28 ^{c,s}
	AC	0 ^a	0 ^{a,r}	0 ^a	3 ^{b,t}

Índices (%) de escaldão, dentro do mesmo pomar, seguidos por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidos por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=20).

Tabela 3.15 - Índice de acastanhamento das peras dos pomares 1, 2 e 3 submetidas a diferentes atmosferas, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Pomar	Atmosfera	Índice (%) de acastanhamento			
		Ai7	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
1	ULO	1 ^a	0 ^{a,r}	0 ^a	0 ^{a,r}
	AN	5 ^a	10 ^{a,s}	14 ^b	10 ^{a,s}
	AC	1 ^a	1 ^{a,r}	10 ^b	1 ^{a,r}
2	ULO	6 ^{ab}	11 ^{a,r}	1 ^b	5 ^{a,r}
	AN	8 ^a	6 ^{a,r}	15 ^a	19 ^{b,s}
	AC	0 ^a	4 ^{a,r}	4 ^a	1 ^{a,r}
3	ULO	6 ^a	0 ^{b,r}	0 ^b	0 ^{b,r}
	AN	3 ^a	4 ^{a,r}	13 ^b	9 ^{a,s}
	AC	0 ^a	1 ^{a,r}	0 ^a	1 ^{a,rs}

Índices (%) de acastanhamento, dentro do mesmo pomar, seguidos por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidos por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p > 0,05$) ($n=20$).

3.5.2 Estudo com peras submetidas a tratamento com antioxidantes

Analisando os pomares 1 (Tabela 3.16), 2 (Tabela 3.18) e 3 (Tabela 3.20), observou-se que, à saída das câmaras (Ai9) foram registados poucos ou nenhuns sintomas de escaldão superficial, mostrando que os antioxidantes tiveram efeito, tendo havido três exceções (Resv, Ast e Resv+VE).

Relativamente ao pomar 1 estes sintomas surgiram em Ai7(SL) e Ai9(SL), mas só se mostraram incidências significativas com Ast (30%), em Ai9, percebendo-se que a aplicação deste antioxidante resultou no índice de escaldão mais elevado (8%), comparativamente com os outros antioxidantes.

Era esperado que a junção de dois antioxidantes promovesse uma melhor antioxidação, ou seja, no menor surgimento de escaldão superficial, mas tal não aconteceu, no pomar 1, havendo neste caso uma maior incidência com Resv+VE (20%) do que com Resv (5%), em Ai9.

No que diz respeito aos acastanhamentos no pomar 1 (Tabela 3.17), identificou-se o surgimento destes acidentes em todas as fases do processo, tendo-se apresentado um índice mais elevado na conservação com Ast em Ai7(SL), correspondendo a uma incidência de 50% e índice de 13%. Observando de uma forma geral, a utilização do antioxidante S.2 foi a que apresentou melhor influência na conservação das peras deste pomar, apesar da não existência de diferenças significativas entre as outras aplicações.

Observou-se diferenças significativas nos valores de acastanhamento interno, entre Ai9 e Ai9(SL), no caso das peras do pomar 1, quando conservadas com AC, registando-se o índice superior em Ai9.

Tabela 3.16 - Índice de escaldão das peras do pomar 1 submetidas a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	Índice (%) de escaldão		
	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	0 ^{a,r}	0 ^a	1 ^{a,r}
S.1	1 ^{a,r}	0 ^a	0 ^{a,r}
S.2	3 ^{a,r}	0 ^a	1 ^{a,r}
S.3	0 ^{a,r}	0 ^a	1 ^{a,r}
Resv	0 ^{a,r}	1 ^a	0 ^{a,r}
Ast	0 ^{a,r}	8 ^b	0 ^{a,r}
Resv+VE	0 ^{a,r}	5 ^a	1 ^{a,r}

Índices (%) de escaldão seguidos por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidos por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p>0,05$) (n=20).

Tabela 3.17 - Índice de acastanhamento das peras do pomar 1 submetidas a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	Índice (%) de acastanhamento		
	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	1 ^{a,r}	10 ^b	1 ^{a,r}
S.1	9 ^{a,r}	3 ^a	3 ^{a,r}
S.2	3 ^{a,r}	5 ^a	1 ^{a,r}
S.3	8 ^{a,r}	3 ^a	3 ^{a,r}
Resv	6 ^{a,r}	5 ^a	6 ^{a,r}
Ast	13 ^{a,r}	4 ^b	4 ^{b,r}
Resv+VE	8 ^{a,r}	8 ^a	4 ^{a,r}

Índices (%) de acastanhamento seguidos por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidos por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p>0,05$) (n=20).

As peras do pomar 2 (Tabela 3.18), de uma forma geral, apresentaram poucos ou nenhuns sintomas de escaldão superficial, mostrando apenas diferenças significativas, no caso da utilização de Resv+VE, na comparação entre Ai9 e Ai9(SL). Da utilização dos antioxidantes Resv e Resv+VE, resultaram incidências de 15% e 30%, respetivamente, em Ai9. Na utilização dos antioxidantes S.1 e S.2, apenas se observaram sintomas em Ai9(SL), sendo os seus índices muito baixos (1%).

No que concerne aos acastanhamentos internos no pomar 2 (Tabela 3.19), não se obtiveram diferenças significativas, mas foi possível averiguar que, o antioxidante S.3 foi o que aparentou fornecer melhores resultados, surgindo apenas sintomas em Ai9(SL), com um índice de 3% e incidência de 10%. No caso da AC foi onde pareceu observarem-se piores resultados com incidências entre o 5% e os 15%, correspondendo a índices de 1% e 4%, observando-se valores similares em S.1.

Tabela 3.18 - Índice de escaldão das peras do pomar 2 submetidas a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	Índice (%) de escaldão		
	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	1 ^{a,r}	0 ^a	3 ^{a,r}
S.1	0 ^{a,r}	0 ^a	1 ^{a,r}
S.2	0 ^{a,r}	0 ^a	1 ^{a,r}
S.3	1 ^{a,r}	0 ^a	3 ^{a,r}
Resv	0 ^{a,r}	4 ^a	0 ^{a,r}
Ast	0 ^{a,r}	3 ^a	0 ^{a,r}
Resv+VE	0 ^{a,r}	8 ^b	0 ^{a,r}

Índices (%) de escaldão seguidos por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidos por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p>0,05$) (n=20).

Tabela 3.19 - Índice de acastanhamento das peras do pomar 2 submetidas a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	Índice (%) de acastanhamento		
	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	4 ^{a,r}	4 ^a	1 ^{a,r}
S.1	4 ^{a,r}	3 ^a	1 ^{a,r}
S.2	1 ^{a,r}	3 ^a	3 ^{a,r}
S.3	0 ^{a,r}	0 ^a	3 ^{a,r}
Resv	3 ^{a,r}	0 ^a	3 ^{a,r}
Ast	1 ^{a,r}	3 ^a	0 ^{a,r}
Resv+VE	1 ^{a,r}	3 ^a	3 ^{a,r}

Índices (%) de acastanhamento seguidos por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidos por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p>0,05$) (n=20).

Tendo em consideração o escaldão superficial no pomar 3 (Tabela 3.20), foi possível observar a não existência deste acidente fisiológico nas peras tratadas com S.2 e Resv+VE. Neste estudo só se observaram diferenças significativas, entre Ai9 e Ai9(SL), no caso da utilização de Resv, registrando-se um índice superior em Ai9, tendo-se obtido uma incidência de 20% correspondente a um índice de 5%, sendo o caso que pareceu menos favorecer o pomar.

Num estudo desenvolvido por Niu *et al.*, (2018b) não se observou escaldão superficial, em maçã Starkrimson após uma conservação de 210 dias, utilizando resveratrol, tendo apenas surgido após 10 dias de *shelf life*, o mesmo se observou no presente estudo com as soluções de resveratrol S.1, S.2 e S.3, após uma conservação de nove meses.

Finalmente no caso dos acastanhamentos internos das peras do pomar 3 (Tabela 3.21), verificou-se a não existência deste acidente utilizando o antioxidante S.2, tal como tinha acontecido no caso do

escaldão, podendo este tratamento ser o mais indicado para o pomar 3, tendo em conta os acidentes fisiológicos. Obtiveram-se diferenças significativas, ao longo do tempo, em Resv+VE, entre Ai9 e Ai9(SL), tendo no primeiro caso uma incidência de 15% correspondente a um índice de 4%. O armazenamento em AC foi o segundo onde se observaram melhores resultados, atingindo um índice de 1% em Ai7(SL) e Ai9(SL).

Tabela 3.20 - Índice de escaldão das peras do pomar 3 submetidas a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	Índice (%) de escaldão		
	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	0 ^{a,r}	0 ^a	3 ^{a,r}
S.1	1 ^{a,r}	0 ^a	0 ^{a,r}
S.2	0 ^{a,r}	0 ^a	0 ^{a,r}
S.3	1 ^{a,r}	0 ^a	1 ^{a,r}
Resv	0 ^{a,r}	5 ^b	0 ^{a,r}
Ast	0 ^{a,r}	1 ^a	1 ^{a,r}
Resv+VE	0 ^{a,r}	0 ^a	0 ^{a,r}

Índices (%) de escaldão seguidos por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidos por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p>0,05$) (n=20).

Tabela 3.21 - Índice de acastanhamento das peras do pomar 3 submetidas a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	Índice (%) de acastanhamento		
	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	1 ^{a,r}	0 ^a	1 ^{a,r}
S.1	3 ^{a,r}	1 ^a	1 ^{a,r}
S.2	0 ^{a,r}	0 ^a	0 ^{a,r}
S.3	0 ^{a,r}	1 ^a	3 ^{a,r}
Resv	0 ^{a,r}	3 ^a	1 ^{a,r}
Ast	0 ^{a,r}	1 ^a	3 ^{a,r}
Resv+VE	1 ^{a,r}	4 ^a	0 ^{a,r}

Índices (%) de acastanhamento seguidos por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidos por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p>0,05$) (n=20).

3.6 Análises químicas e bioquímicas

3.6.1 Teor de sólidos solúveis (TSS) totais

O índice refratométrico (IR) ou °Brix (%) é uma escala utilizada que permite determinar o teor de sólidos solúveis existentes nos sumos de frutas. No processo de amadurecimento dos frutos ocorre a quebra dos hidratos de carbono de reserva, em açúcares simples (mono e dissacarídeos), podendo dar origem a glicose, frutose e sacarose, que conferem o sabor doce aos frutos (Rambla *et al.*, 1997; Chatterjee *et al.*, 2015).

Para determinar o teor de sólidos solúveis totais (g de sólidos solúveis/100g de sumo) no presente estudo utilizou-se sumo obtido diretamente do fruto, e realizou-se esse processo com 20 peras de cada pomar.

Os resultados (Tabela 3.22), à colheita, demonstraram um valor mais elevado nos frutos colhidos no pomar 1 comparativamente com os obtidos nos pomares 2 e 3, observando-se que a diferença ($p < 0,05$) do valor médio entre os pomares 1 e 2 foi estatisticamente superior, relativamente à diferença entre os pomares 1 e 3, podendo haver diferenças na conservação, pois o pomar 1, segundo este parâmetro, aparenta estar mais maduro.

Tabela 3.22 - Médias do TSS, à colheita, dos frutos dos pomares 1, 2 e 3.

Pomar	TSS
1	12,3 ± 1,090 ^a
2	11,1 ± 0,952 ^b
3	11,4 ± 0,988 ^b

Médias do TSS (expresso em Brix%) ± desvio padrão com letras minúsculas iguais não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p > 0,05$) (n=20).

As diferenças dos valores (Tabela 3.22) de teor de sólidos solúveis e taxa de regressão de amido (analisado no ponto 3.1.2) estão principalmente relacionadas com o estado de maturação, visto que ao longo do processo de maturação o amido que se encontra no fruto é convertido em açúcares simples, desta forma, quanto mais baixo for o índice, maior a quantidade de amido existente no fruto. Estes valores estão também relacionados com a localização e características edafoclimáticas onde o fruto se desenvolveu. Podendo assim estes fatores justificarem também a relação não proporcional mostrada na Figura 3.1, visto que, as peras de cada pomar têm um desenvolvimento diferente.

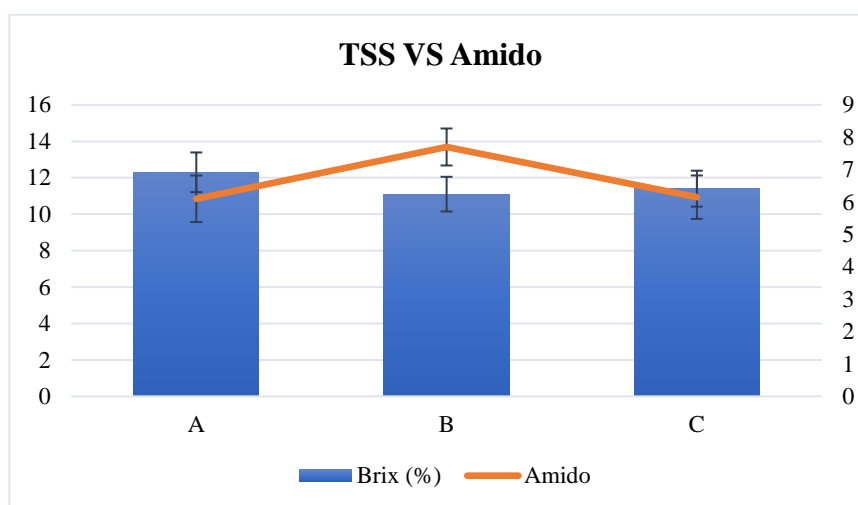


Figura 3.1 - Comparação das médias de TSS com as do amido, entre os pomares 1, 2 e 3. Nota: Escala à esquerda corresponde aos valores de TSS, e a da esquerda ao amido.

Assim sendo, não é possível fazer uma comparação relativamente à forma como é feita essa conversão de amido em açúcares simples, pois ainda existem os fatores constituintes dos próprios frutos, como por exemplo a água existente, que vai afetar o aumento do teor de sólidos solúveis, não havendo assim um crescimento exponencial deste teor. Desta forma, é possível fazer uma comparação relativamente ao teor de sólidos solúveis e taxa de regressão de amido entre pomares, mas não considerando os dois fatores simultaneamente.

3.6.1.1 Estudo com peras das câmaras com diferentes atmosferas

Através da Tabela 3.23 foi possível observar que à saída das câmaras, o valor do teor de sólidos solúveis não apresentou diferenças significativas relativamente aos valores registados à colheita. Quando comparados os valores do teor de sólidos solúveis registados em Ai7 com os registados em Ai9, verificou-se um aumento não significativo, para todos os pomares/modalidades, sendo que, em qualquer um dos pomares, o valor máximo foi obtido aquando da conservação em ULO.

Relativamente ao armazenamento em AC, estudos anteriores verificaram um comportamento estável do teor de sólidos solúveis de peras num armazenamento de seis meses (Silva *et al.*, 2006), e ainda num ensaio com pera Rocha verificou-se um aumento do TSS, durante um armazenamento prolongado de 257 dias em atmosfera com 0,5 kPa O₂ e 0,6 kPa de CO₂ (Saquet *et al.*, 2017), o que não correspondeu diretamente aos resultados do presente estudo. O aumento verificado pode estar relacionado com a conversão do amido em açúcares mais simples, que no presente estudo não se mostrou de forma intensa.

Em Alpalhão *et al.*, (2006), verificaram-se resultados semelhantes, tanto à saída das câmaras, de um armazenamento em AN, como no *shelf life*, havendo apenas algumas variações, que podem derivar das características dos pomares.

Nos *shelf life* (Ai7(SL) e Ai9(SL)), o valor de TSS apresentou-se mais elevado em peras conservadas em ULO, nos três pomares, considerando assim que tiveram um processo de maturação mais

rápido comparativamente com o verificado nas outras atmosferas, no entanto, não houve uma evolução significativa durante os sete dias de maturação, nem na relação entre os *shelf life* dentro de cada pomar/modalidade. Em estudos anteriores de Galvis-Sánchez *et al.*, (2006), Oliveira, (2015) e Saquet *et al.*, (2017), verifica-se o mesmo comportamento em pera mantidas entre 18° e 20°C, durante 7-8 dias.

Observando os valores anteriores e os obtidos no estudo da firmeza (ponto 3.4.1), verifica-se que estes se relacionam em alguns casos, tendo-se mostrado a firmeza menor quando o teor de sólidos solúveis é maior, como é o caso das peras armazenadas em atmosfera ULO, o que resulta de uma maior atividade metabólica.

Tabela 3.23 - Médias do TSS dos frutos dos pomares 1, 2 e 3 submetidos a diferentes atmosferas, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Pomar	Atmosfera	TSS				
		Ai	Ai7	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
1	ULO	12,3 ± 1,09 ^a	12,4 ± 1,14 ^a	13,1 ± 1,05 ^{a,r}	13,2 ± 1,16 ^a	13,0 ± 0,949 ^{a,r}
	AN	12,3 ± 1,09 ^a	11,8 ± 0,714 ^a	12,6 ± 1,21 ^{a,r}	12,2 ± 1,02 ^a	11,9 ± 1,12 ^{a,r}
	AC	12,3 ± 1,09 ^a	12,4 ± 1,06 ^a	12,5 ± 1,20 ^{a,r}	12,9 ± 0,921 ^a	12,7 ± 1,16 ^{a,r}
2	ULO	11,1 ± 0,952 ^a	11,3 ± 0,953 ^a	11,8 ± 1,12 ^{a,r}	12,0 ± 0,829 ^a	11,6 ± 0,732 ^{a,r}
	AN	11,1 ± 0,952 ^a	10,4 ± 0,774 ^a	10,8 ± 0,830 ^{a,r}	10,6 ± 0,709 ^a	10,8 ± 0,902 ^{a,r}
	AC	11,1 ± 0,952 ^a	11,1 ± 0,652 ^a	11,3 ± 0,655 ^{a,r}	11,3 ± 1,17 ^a	11,3 ± 0,805 ^{a,r}
3	ULO	11,4 ± 0,988 ^a	11,8 ± 0,774 ^a	12,2 ± 1,73 ^{ab,r}	11,8 ± 0,660 ^a	13,0 ± 1,03 ^{b,r}
	AN	11,4 ± 0,988 ^a	10,5 ± 0,883 ^a	10,9 ± 0,948 ^{a,r}	11,1 ± 0,908 ^a	11,4 ± 0,783 ^{a,s}
	AC	11,4 ± 0,988 ^a	11,3 ± 1,23 ^a	11,6 ± 0,22 ^{a,r}	11,3 ± 0,941 ^a	11,7 ± 0,647 ^{a,s}

Médias do TSS (expresso em Brix%) ± desvio padrão, dentro do mesmo pomar, seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=20).

3.6.1.2 Estudo com peras submetidas a tratamento com antioxidantes

Através da leitura das Tabela 3.24 (pomar 1), Tabela 3.25 (pomar 2) e Tabela 3.26 (pomar 3), foi possível observar que o valor médio do teor de sólidos solúveis, à saída das câmaras, não apresentou diferenças significativas entre Ai e Ai9, exceto quando se utilizaram os antioxidantes S.1, S.3, Ast e Resv+VE nas peras do pomar 3, nos quais se observou um aumento significativo. Quando comparados os valores à colheita e à saída das câmaras, verificou-se um aumento, para os três pomares, sendo o valor médio máximo obtido no pomar 1, quando se utilizam os antioxidantes S.1 e Resv+VE (13,1 Brix%); no pomar 2, após conservação com Resv+VE (11,8 Brix%); e no pomar 3, após armazenamento com S.3 (13,0 Brix%).

Em estudos anteriores de Fan *et al.*, (2022), observou-se que em morangos tratados com resveratrol, o TSS do morango controlo mostrou-se significativamente menor, do que o com tratamento, após dez dias de conservação a 4°C. Noutro estudo de Niu *et al.*, (2018b), observou-se que o valor de TSS das maçãs Starkrimson tratadas com resveratrol foi significativamente superior ao das maçãs controlo.

No presente estudo tais diferenças significativas só se identificaram aquando da utilização de resveratrol no pomar 1 para uma conservação de sete meses.

Relativamente aos *shelf life*, o valor médio de TSS pouco diferiu entre Ai7(SL) e Ai9(SL), verificando-se apenas diferenças significativas, no pomar 1 (Tabela 3.24), com os antioxidantes S.3 e Resv. Nos pomares 2 e 3 não se observaram diferenças ao comparar os *shelf life*, nem nas comparações entre câmaras. Foi possível observar, no pomar 1, que em Ai7(SL) o TSS mostrou-se significativamente mais elevado com a aplicação de Resv, relativamente ao da atmosfera controlo.

Tabela 3.24 - Médias do TSS dos frutos do pomar 1 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	TSS			
	Ai	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	12,3 ± 1,09 ^a	12,5 ± 1,20 ^{a,r}	12,9 ± 0,921 ^a	12,7 ± 1,16 ^{a,r}
S.1	12,3 ± 1,09 ^a	13,1 ± 1,04 ^{a,rs}	13,1 ± 1,02 ^a	13,0 ± 0,613 ^{a,r}
S.2	12,3 ± 1,09 ^a	12,3 ± 0,878 ^{a,r}	12,7 ± 0,749 ^a	12,9 ± 0,822 ^{a,r}
S.3	12,3 ± 1,09 ^a	13,2 ± 1,05 ^{b,rs}	13,0 ± 1,63 ^{ab}	11,7 ± 1,03 ^{a,s}
Resv	12,3 ± 1,09 ^a	14,4 ± 1,48 ^{b,s}	12,2 ± 0,907 ^a	12,7 ± 0,687 ^{a,rs}
Ast	12,3 ± 1,09 ^a	13,0 ± 1,24 ^{a,r}	12,8 ± 0,996 ^a	12,6 ± 0,625 ^{a,rs}
Resv+VE	12,3 ± 1,09 ^a	13,0 ± 0,951 ^{a,r}	13,1 ± 1,27 ^a	12,1 ± 0,624 ^{a,rs}

Médias do TSS (expresso em Brix%) ± desvio padrão, seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=20).

Tabela 3.25 - Médias do TSS dos frutos do pomar 2 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	TSS			
	Ai	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	11,1 ± 0,952 ^a	11,3 ± 0,655 ^{a,r}	11,3 ± 1,17 ^a	11,3 ± 0,805 ^{a,r}
S.1	11,1 ± 0,952 ^a	11,5 ± 0,841 ^{a,r}	11,7 ± 0,820 ^a	11,3 ± 0,771 ^{a,r}
S.2	11,1 ± 0,952 ^a	11,4 ± 0,800 ^{a,r}	11,4 ± 0,789 ^a	11,5 ± 0,692 ^{a,r}
S.3	11,1 ± 0,952 ^a	11,9 ± 0,831 ^{a,r}	10,8 ± 0,745 ^a	11,5 ± 0,654 ^{a,r}
Resv	11,1 ± 0,952 ^a	11,1 ± 0,599 ^{a,r}	11,5 ± 0,751 ^a	11,1 ± 0,918 ^{a,r}
Ast	11,1 ± 0,952 ^a	11,3 ± 0,848 ^{a,r}	11,3 ± 0,868 ^a	11,1 ± 0,586 ^{a,r}
Resv+VE	11,1 ± 0,952 ^a	11,3 ± 1,02 ^{a,r}	11,8 ± 1,16 ^a	11,5 ± 0,826 ^{a,r}

Médias do TSS (expresso em Brix%) ± desvio padrão, seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=20).

Tabela 3.26 - Médias do TSS dos frutos do pomar 3 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	TSS			
	Ai	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	11,4 ± 0,988 ^a	11,6 ± 1,09 ^{a,r}	11,3 ± 0,941 ^a	11,7 ± 0,647 ^{a,r}
S.1	11,4 ± 0,988 ^a	11,7 ± 1,57 ^{ab,r}	12,8 ± 1,04 ^b	11,7 ± 0,663 ^{ab,r}
S.2	11,4 ± 0,988 ^a	11,8 ± 1,10 ^{a,r}	11,8 ± 0,764 ^a	11,9 ± 0,611 ^{a,r}
S.3	11,4 ± 0,988 ^a	13,0 ± 1,80 ^{b,r}	13,0 ± 1,46 ^b	12,2 ± 1,26 ^{ab,r}
Resv	11,4 ± 0,988 ^a	11,9 ± 0,913 ^{a,r}	11,9 ± 0,844 ^a	11,6 ± 0,953 ^{a,r}
Ast	11,4 ± 0,988 ^a	12,1 ± 1,16 ^{ab,r}	12,8 ± 1,11 ^b	12,2 ± 1,20 ^{ab,r}
Resv+VE	11,4 ± 0,988 ^a	11,8 ± 0,966 ^{ab,r}	12,5 ± 1,18 ^b	11,5 ± 0,603 ^{ab,r}

Médias do TSS (expresso em Brix%) ± desvio padrão, seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=20).

3.6.2 Acidez titulável

A determinação da acidez titulável (AT) da pera Rocha foi realizada através da titulação de sumos de pera, previamente preparados, não tendo sido possível obter a mesma quantidade de sumos para todos os pomares, à colheita, uma vez que a amostra recolhida era reduzida.

De forma a verificar a existência de diferenças nos valores de AT, à colheita, entre os frutos dos três pomares (Tabela 3.27) realizou-se uma análise estatística, comprovando-se a semelhança deste parâmetro registada nos frutos, e apresentando estes, valores abaixo dos mínimos indicados (2-3 g ácido málico/L sumo)(ANP, 1997), podendo refletir um estado de maturação mais avançado.

Tabela 3.27 - Médias de AT, à colheita, dos frutos dos pomares 1, 2 e 3.

Pomar	AT
1	1,56 ± 0,132 ^a
2	1,60 ± 0,180 ^a
3	1,73 ± 0,232 ^a

Médias da AT (expresso em g ácido málico/L sumo) ±desvio padrão com letras minúsculas iguais não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=4).

3.6.2.1 Estudo com peras das câmaras com diferentes atmosferas

Relativamente à acidez titulável (Tabela 3.28), no pomar 1, à saída da câmara (Ai7 e Ai9) verificou-se decréscimo nos valores em todas as atmosferas. Já nos pomares 2 e 3 houve aumentos e decréscimos, não significativos, em função da atmosfera de conservação/característica do pomar, tendo sido visível um decréscimo do valor de AT das peras conservados em AN, em todos os pomares, como em Alpalhão *et al.*, (2006).

Num estudo em que se armazenou peras em AC durante 257 dias, também se verificou o decréscimo da acidez titulável (Saquet *et al.*, 2017), e noutro não foram verificadas variações significativas da acidez titulável (Silva *et al.*, 2006), tal como no presente estudo, tendo havido possíveis oscilações devido à amostragem.

No que diz respeito aos valores de AT no *shelf life* (Ai7(SL) e Ai9(SL)), foi possível observar variações, mas não foram significativas. Em peras conservadas em AN verificou-se um decréscimo não significativo nos pomares 2 e 3, entre Ai7(SL) e Ai9(SL), tendo sido observados nesta atmosfera os valores mais baixos. Enquanto que, relativamente à evolução durante os sete dias, verificou-se uma tendência de aumento de AT, sendo esse observável em todos os casos em AN, tendo-se observado o contrário em Alpalhão *et al.*, (2006), após conservação em atmosfera normal de 199 e 175 dias.

O comportamento crescente do valor de AT, após 7 dias a 20°C, verificado em grande parte dos casos em AC, não respeitou o que foi analisado em Saquet *et al.*, (2017), ou seja, um decréscimo do valor de AT em peras Rocha, após *shelf life*, podendo esta diferença estar relacionada com a heterogeneidade intrínseca do pomar.

Tabela 3.28 - Médias da AT dos frutos dos pomares 1, 2 e 3 submetidos a diferentes atmosferas, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Pomar	Atmosfera	AT				
		Ai	Ai7	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
1	ULO	1,56 ± 0,132 ^a	1,34 ± 0,066 ^a	1,27 ± 0,087 ^{a,r}	1,32 ± 0,056 ^a	1,34 ± 0,073 ^{a,r}
	AN	1,56 ± 0,132 ^a	1,06 ± 0,215 ^{ab}	1,10 ± 0,086 ^{ab,r}	0,896 ± 0,174 ^b	1,04 ± 0,129 ^{b,r}
	AC	1,56 ± 0,132 ^a	1,23 ± 0,150 ^{ab}	1,27 ± 0,065 ^{ab,r}	1,15 ± 0,139 ^b	1,04 ± 0,143 ^{b,r}
2	ULO	1,60 ± 0,180 ^a	1,06 ± 0,215 ^a	1,24 ± 0,215 ^{a,r}	1,17 ± 0,509 ^a	1,39 ± 0,076 ^{a,r}
	AN	1,60 ± 0,180 ^a	0,778 ± 0,205 ^b	1,04 ± 0,112 ^{ab,r}	0,764 ± 0,147 ^b	0,911 ± 0,116 ^{b,s}
	AC	1,60 ± 0,180 ^a	1,18 ± 0,109 ^a	1,23 ± 0,084 ^{a,r}	1,07 ± 0,230 ^a	1,30 ± 0,216 ^{a,r}
3	ULO	1,73 ± 0,232 ^a	1,21 ± 0,154 ^b	1,28 ± 0,104 ^{ab,rs}	0,826 ± 0,391 ^{ab}	1,24 ± 0,081 ^{ab,r}
	AN	1,73 ± 0,232 ^a	0,886 ± 0,118 ^b	1,06 ± 0,101 ^{b,r}	0,676 ± 0,072 ^b	0,866 ± 0,084 ^{b,r}
	AC	1,73 ± 0,232 ^a	1,15 ± 0,118 ^b	1,40 ± 0,051 ^{ab,s}	1,16 ± 0,135 ^{ab}	1,10 ± 0,173 ^{b,r}

Médias da AT (expresso em g ácido málico/L sumo) ± desvio padrão, dentro do mesmo pomar, seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=4, à colheita, e n=5, nos restantes).

3.6.2.2 Estudo com peras submetidas a tratamento com antioxidantes

Verificou-se à saída das câmaras a diminuição da acidez titulável em todos os pomares, sendo essa significativa (p<0,05) em alguns casos. As peras que apresentaram menor valor médio de acidez no pomar 1 (Tabela 3.29), foram as submetidas ao antioxidante Resv+VE; no pomar 2 (Tabela 3.30), as submetidas a Resv; e no pomar 3 (Tabela 3.31), as submetidas ao antioxidante Resv. Num estudo desenvolvido por Fan *et al.*, (2022) observou-se que morangos tratados com resveratrol e submetidos a um armazenamento de dez dias a 4°C, apresentaram um maior teor de AT, comparativamente com os

morangos sem tratamentos. No presente estudo só se registaram valores superiores aos observados em AC, no pomar 1 em peras tratadas com o antioxidante S.1; no pomar 2 em peras tratadas com S.1, S.2, S.3 e Resv+VE; e no pomar 3 em peras tratadas com Resv+VE.

No geral, o valor médio da AT pouco variou, tendo-se, no entanto, observado um aumento deste em Ai9(SL) comparativamente com Ai9 em todos os pomares, não sendo estes aumentos significativos. Foi também possível observar um decréscimo entre os valores obtidos em Ai7(SL) e em Ai9(SL), tendo-se observado um decréscimo significativo no pomar 1 com a utilização do antioxidante Ast.

No pomar 1 (Tabela 3.29) verificou-se, o menor valor de AT, tanto em Ai7(SL), como em Ai9(SL), após conservação em AC, e os valores mais elevados quando se utilizou os antioxidantes Ast e S.1, em Ai7(SL) e Ai9(SL), respetivamente. No pomar 2 (Tabela 3.30) averiguou-se, o menor valor de AT, após armazenamento em AC, e o maior valor com a aplicação de Resv, em Ai7(SL); ao passo que, após Ai9(SL), o menor valor foi observado com a utilização de Ast, e o maior com a aplicação do antioxidante S.1. Por fim, no pomar 3, foi observado o valor mais elevado com a aplicação de S.1 e o menor valor com S.3, em Ai7(SL); já em Ai9(SL), o maior valor foi atingido com a aplicação de S.2, e o menor valor com o armazenamento em AC.

Tabela 3.29 - Médias da AT dos frutos do pomar 1 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	AT			
	Ai	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	1,56 ± 0,132 ^a	1,27 ± 0,065 ^{ab,r}	1,15 ± 0,139 ^{ab}	1,04 ± 0,143 ^{b,r}
S.1	1,56 ± 0,132 ^a	1,47 ± 0,184 ^{a,rs}	1,20 ± 0,087 ^a	1,34 ± 0,123 ^{a,r}
S.2	1,56 ± 0,132 ^a	1,38 ± 0,099 ^{a,rs}	1,08 ± 0,193 ^a	1,28 ± 0,158 ^{a,r}
S.3	1,56 ± 0,132 ^a	1,42 ± 0,257 ^{a,r}	1,08 ± 0,088 ^a	1,24 ± 0,137 ^{a,r}
Resv	1,56 ± 0,132 ^a	1,36 ± 0,266 ^{a,r}	1,15 ± 0,163 ^a	1,21 ± 0,055 ^{a,r}
Ast	1,56 ± 0,132 ^{ab}	1,67 ± 0,366 ^{b,s}	1,13 ± 0,109 ^a	1,07 ± 0,166 ^{a,r}
Resv+VE	1,56 ± 0,132 ^a	1,57 ± 0,292 ^{a,rs}	1,07 ± 0,126 ^b	1,20 ± 0,219 ^{ab,r}

Médias da AT (expresso em g ácido málico/L sumo) ±desvio padrão, seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=4, à colheita, e n=5, nos restantes).

Tabela 3.30 - Médias da AT dos frutos do pomar 2 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	AT			
	Ai	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	1,60 ± 0,180 ^a	1,23 ± 0,084 ^{ab,r}	1,07 ± 0,230 ^b	1,30 ± 0,216 ^{ab,r}
S.1	1,60 ± 0,180 ^a	1,37 ± 0,198 ^{a,r}	1,20 ± 0,166 ^a	1,34 ± 0,072 ^{a,r}
S.2	1,60 ± 0,180 ^a	1,33 ± 0,223 ^{a,r}	1,09 ± 0,157 ^a	1,28 ± 0,104 ^{a,r}
S.3	1,60 ± 0,180 ^a	1,22 ± 0,052 ^{a,r}	1,16 ± 0,244 ^a	1,24 ± 0,145 ^{a,r}
Resv	1,60 ± 0,180 ^{ab}	1,55 ± 0,307 ^{a,r}	1,03 ± 0,182 ^b	1,21 ± 0,060 ^{ab,r}
Ast	1,60 ± 0,180 ^a	1,34 ± 0,167 ^{ab,r}	1,04 ± 0,133 ^b	1,07 ± 0,161 ^{ab,r}
Resv+VE	1,60 ± 0,180 ^a	1,27 ± 0,109 ^{a,r}	1,13 ± 0,207 ^a	1,20 ± 0,069 ^{a,r}

Médias da AT (expresso em g ácido málico/L sumo) ±desvio padrão, seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p>0,05$) (n=4, à colheita, e n=5, nos restantes).

Tabela 3.31 - Médias da AT dos frutos do pomar 3 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	AT			
	Ai	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	1,73 ± 0,232 ^a	1,40 ± 0,051 ^{ab,r}	1,16 ± 0,135 ^{ab}	1,10 ± 0,173 ^{b,r}
S.1	1,73 ± 0,232 ^{ab}	1,45 ± 0,116 ^{a,r}	1,03 ± 0,137 ^b	1,20 ± 0,165 ^{ab,r}
S.2	1,73 ± 0,232 ^a	1,23 ± 0,158 ^{ab,r}	1,04 ± 0,127 ^b	1,41 ± 0,149 ^{ab,r}
S.3	1,73 ± 0,232 ^a	1,15 ± 0,162 ^{a,r}	1,12 ± 0,224 ^a	1,36 ± 0,055 ^{a,r}
Resv	1,73 ± 0,232 ^a	1,25 ± 0,127 ^{ab,r}	0,960 ± 0,179 ^b	1,31 ± 0,111 ^{ab,r}
Ast	1,73 ± 0,232 ^a	1,32 ± 0,088 ^{a,r}	1,16 ± 0,188 ^a	1,21 ± 0,146 ^{a,r}
Resv+VE	1,73 ± 0,232 ^a	1,35 ± 0,142 ^{a,r}	1,18 ± 0,199 ^a	1,28 ± 0,076 ^{a,r}

Médias da AT (expresso em g ácido málico/L sumo) ±desvio padrão, seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p>0,05$) (n=4, à colheita, e n=5, nos restantes).

3.6.3 Quantificação de compostos fenólicos totais

O teor total de compostos fenólicos, expresso em mg GAE/100 g fruto, foi determinado por interpolação da absorvância na equação da reta obtida através da construção de uma curva de calibração com ácido gálico.

O teor de compostos fenólicos nos frutos tem tendência a diminuir logo após a colheita, durante a conservação, assim com no período de maturação. Este decréscimo é normalmente provocado pela oxidação dos fenóis à medida que o fruto vai amadurecendo, reduzindo a sua capacidade antioxidante (Galvis-Sánchez *et al.*, 2006).

De forma a verificar a existência de diferenças entre os três pomares, à colheita, realizou-se uma análise estatística, comprovando-se a diferença ($p < 0,05$) do teor total de compostos fenólicos entre os frutos dos pomares 1 e 3, prevendo-se que tal influencie a conservação.

Tabela 3.32 - Médias do teor de compostos fenólicos, à colheita, dos frutos dos pomares 1, 2 e 3.

Pomar	CF
1	25,8 ± 5,91 ^a
2	18,7 ± 4,31 ^{ab}
3	12,1 ± 1,40 ^b

Médias de CF (expresso em mg GAE/100 g fruto) ± desvio padrão com letras minúsculas iguais não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p > 0,05$) (n=3).

3.6.3.1 Estudo com peras das câmaras com diferentes atmosferas

À saída das câmaras (Tabela 3.33) os teores de compostos fenólicos apresentaram-se superiores, em Ai7, na maior parte dos valores relativamente aos da colheita, verificando-se, no entanto, apenas um aumento significativo no pomar 3 em ULO. Verificando-se valores mais elevados em AN, nos três pomares, após conservação de sete meses. Analisando a evolução do valor de CF entre Ai e Ai9, verificou-se uma diminuição nos teores em todas as atmosferas no pomar 1; no pomar 2 um aumento apenas na atmosfera ULO; e no pomar 3 um aumento em todas as atmosferas. Qualquer uma das variações em Ai9 não foi significativa.

O teor em compostos fenólicos pouco variou ao longo do *shelf life*, nos três pomares, não se registando, no entanto, um comportamento monótono após um armazenamento, tanto de sete, como de nove meses. Tendo-se observado em Ai9(SL), os valores mais baixos aquando da conservação em AN, no pomar 1 e 2, e no pomar 3, aquando da conservação em AN.

Num estudo desenvolvido por Galvis-Sánchez *et al.*, (2006) sobre pera Rocha conservada em AN e AC durante quatro meses, foi observado no geral um decréscimo, não significativo, dos compostos fenólicos após oito dias de *shelf life*. Fawole & Opara (2013) observaram o mesmo decréscimo, tendo sido este significativo, num estudo com romãs, durante o *shelf life*. No presente estudo, pelo facto de se verificar a estabilidade do teor de fenóis, pode indicar que a capacidade antioxidante se mantém estável, não se tendo verificado uma influência muito significativa ao longo do tempo de conservação/prateleira.

Tabela 3.33 - Médias de CF dos frutos dos pomares 1, 2 e 3 submetidos a diferentes atmosferas, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Pomar	Atmosfera	CF				
		Ai	Ai7	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
1	ULO	25,8 ± 5,91 ^a	23,1 ± 1,27 ^a	16,8 ± 4,18 ^{a,r}	18,5 ± 4,48 ^a	20,3 ± 3,67 ^{a,r}
	AN	25,8 ± 5,91 ^{ab}	28,5 ± 1,98 ^a	14,1 ± 0,335 ^{b,r}	15,2 ± 1,10 ^b	16,4 ± 3,34 ^{b,r}
	AC	25,8 ± 5,91 ^a	22,6 ± 4,09 ^a	31,0 ± 3,44 ^{a,s}	18,5 ± 5,96 ^a	17,6 ± 4,15 ^{a,r}
2	ULO	18,7 ± 4,31 ^a	24,4 ± 4,55 ^a	18,5 ± 5,33 ^{a,r}	21,5 ± 9,65 ^a	16,0 ± 2,02 ^{a,r}
	AN	18,7 ± 4,31 ^{ab}	25,4 ± 3,45 ^a	16,6 ± 6,71 ^{ab,r}	16,5 ± 1,74 ^{ab}	9,48 ± 1,33 ^{b,r}
	AC	18,7 ± 4,31 ^a	16,8 ± 2,27 ^a	18,2 ± 8,13 ^{a,r}	18,6 ± 4,59 ^a	9,93 ± 1,47 ^{a,r}
3	ULO	12,1 ± 1,40 ^a	22,6 ± 1,90 ^b	12,6 ± 1,99 ^{ab,r}	14,6 ± 2,40 ^{ab}	13,7 ± 4,05 ^{ab,r}
	AN	12,1 ± 1,40 ^a	24,4 ± 4,63 ^a	19,3 ± 6,53 ^{a,r}	18,3 ± 0,816 ^a	11,9 ± 1,29 ^{a,r}
	AC	12,1 ± 1,40 ^a	18,8 ± 1,36 ^a	12,9 ± 2,01 ^{a,r}	18,1 ± 6,28 ^a	12,0 ± 2,56 ^{a,r}

Médias de CF (expresso em mg GAE/100 g fruto) ± desvio padrão, dentro do mesmo pomar, seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p > 0,05$) ($n=3$).

3.6.3.1 Estudo com peras submetidas a tratamento com antioxidantes

À saída das câmaras (Ai9) observou-se um decréscimo dos teores de compostos fenólicos nos pomares 1 (Tabela 3.34) e 2 (Tabela 3.35), enquanto que no pomar 3 (Tabela 3.36), os valores registados em Ai9 foram mais elevados do que em Ai, com exceção da conservação em S.2.

Relativamente aos *shelf life*, tendo em conta Ai7(SL) e Ai9(SL), no pomar 1, atingiu-se os valores mais elevados quando os frutos foram conservados em AC; no pomar 2, atingiu-se os valores mais elevados quando os frutos foram conservados em Resv+VE e S.2, respetivamente; e no caso do pomar 3, em Ai7(SL) é o momento em que se registam os valores mais elevados de CF, excetuando após a conservação de nove meses, aquando da utilização de AC e do antioxidante Resv. Havendo mesmo assim uma tendência decrescente de Ai9 para Ai9(SL). Tendo em conta Ai7(SL) e Ai9(SL), atingiram-se os valores mais elevados quando os frutos foram conservados em S.2 e Ast, respetivamente.

Num estudo com uvas de mesa El-Bayadi (Awad *et al.*, 2015), numa conservação de 30 dias a 0°C, observou-se um teor mais elevado de compostos fenólicos em uvas tratadas com resveratrol do que as sem o tratamento.

Tabela 3.34 - Médias de CF dos frutos do pomar 1 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	CF			
	Ai	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	25,8 ± 5,91 ^a	31,0 ± 3,44 ^{a,r}	18,5 ± 5,96 ^a	17,6 ± 4,15 ^{a,r}
S.1	25,8 ± 5,91 ^a	11,6 ± 3,48 ^{a,r}	19,9 ± 4,76 ^a	16,9 ± 2,81 ^{a,r}
S.2	25,8 ± 5,91 ^a	18,4 ± 8,31 ^{a,r}	14,8 ± 2,78 ^a	15,9 ± 1,75 ^{a,r}
S.3	25,8 ± 5,91 ^a	10,9 ± 3,40 ^{a,r}	13,6 ± 5,56 ^a	14,3 ± 2,30 ^{a,r}
Resv	25,8 ± 5,91 ^a	21,5 ± 10,7 ^{a,r}	14,9 ± 1,27 ^a	12,1 ± 1,45 ^{a,r}
Ast	25,8 ± 5,91 ^a	23,8 ± 10,9 ^{a,r}	18,0 ± 5,29 ^a	15,1 ± 1,84 ^{a,r}
Resv+VE	25,8 ± 5,91 ^a	17,6 ± 12,5 ^{a,r}	17,7 ± 3,10 ^a	14,3 ± 2,99 ^{a,r}

Médias de CF (expresso em mg GAE/100 g fruto) ± desvio padrão seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=3).

Tabela 3.35 - Médias de CF dos frutos do pomar 2 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	CF			
	Ai	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	18,7 ± 4,31 ^a	18,2 ± 8,13 ^{a,r}	18,6 ± 4,59 ^a	9,93 ± 1,47 ^{a,rt}
S.1	18,7 ± 4,31 ^a	10,4 ± 1,13 ^{a,r}	18,8 ± 2,34 ^a	14,0 ± 1,98 ^{a,rs}
S.2	18,7 ± 4,31 ^a	17,3 ± 7,39 ^{a,r}	15,8 ± 3,97 ^a	18,0 ± 0,809 ^{a,s}
S.3	18,7 ± 4,31 ^a	12,9 ± 7,34 ^{a,r}	14,7 ± 1,23 ^a	10,0 ± 1,41 ^{a,rt}
Resv	18,7 ± 4,31 ^a	22,2 ± 6,50 ^{a,r}	16,6 ± 1,94 ^a	7,78 ± 0,738 ^{a,t}
Ast	18,7 ± 4,31 ^a	16,4 ± 9,58 ^{a,r}	15,0 ± 4,91 ^a	13,9 ± 1,74 ^{a,r}
Resv+VE	18,7 ± 4,31 ^a	27,3 ± 0,805 ^{a,r}	16,7 ± 4,63 ^a	11,9 ± 0,182 ^{a,rt}

Médias de CF (expresso em mg GAE/100 g fruto) ± desvio padrão seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=3).

Tabela 3.36 - Médias de CF dos frutos do pomar 3 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	CF			
	Ai	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	12,1 ± 1,40 ^a	12,9 ± 2,01 ^{a,r}	18,1 ± 6,28 ^a	12,0 ± 2,56 ^{a,r}
S.1	12,1 ± 1,40 ^a	20,9 ± 9,27 ^{a,r}	13,5 ± 2,70 ^a	12,4 ± 2,02 ^{a,r}
S.2	12,1 ± 1,40 ^a	23,3 ± 5,70 ^{a,r}	10,3 ± 1,62 ^a	9,10 ± 1,01 ^{a,r}
S.3	12,1 ± 1,40 ^a	21,4 ± 2,60 ^{a,r}	15,4 ± 2,77 ^a	11,4 ± 0,414 ^{a,r}
Resv	12,1 ± 1,40 ^a	10,6 ± 3,32 ^{a,r}	15,6 ± 4,10 ^a	10,5 ± 0,929 ^{a,r}
Ast	12,1 ± 1,40 ^a	21,4 ± 6,41 ^{a,r}	19,0 ± 6,22 ^a	12,5 ± 1,72 ^{a,r}
Resv+VE	12,1 ± 1,40 ^a	20,5 ± 10,6 ^{a,r}	14,7 ± 1,67 ^a	10,2 ± 1,40 ^{a,r}

Médias de CF (expresso em mg GAE/100 g fruto) ± desvio padrão seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p > 0,05$) ($n=3$).

3.6.4 Capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante, tal como o teor em compostos fenólicos, diminui ao longo do tempo (Silva *et al.*, 2010).

De forma a verificar a existência de diferenças entre os três pomares, à colheita, realizou-se uma análise estatística, comprovando-se a diferença ($p < 0,05$) entre os frutos dos pomares 1 e 3, constatando-se uma capacidade antioxidante superior no pomar 1, podendo assim contribuir para um menor surgimento de acastanhamento interno e escaldão superficial (Silva *et al.*, 2006; Gomes, 2015b).

Tabela 3.37 - Médias do teor de compostos fenólicos, à colheita, dos frutos dos pomares 1, 2 e 3.

Pomar	CA
1	0,0926 ± 0,0220 ^a
2	0,0559 ± 0,0190 ^{ab}
3	0,0206 ± 0,0079 ^b

Médias de CA (expresso em mg Equi. Ác. Ascórbico/g fruto) ± desvio padrão com letras minúsculas iguais não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p > 0,05$) ($n=3$).

3.6.4.1 Estudo com peras das câmaras com diferentes atmosferas

À saída das câmaras os valores da capacidade antioxidante variaram pouco (Tabela 3.38), tendo-se observado no geral um decréscimo no pomar 1 e um aumento no pomar 2, não significativos, entre os valores em Ai e à saída das câmaras; já no caso do pomar 3 observou-se um aumento da capacidade antioxidante à saída das câmaras, tendo sido este significativo em Ai7, e mais elevado pós-conservação em AN.

No que se refere ao *shelf life*, verificou-se um comportamento tendencialmente de decréscimo do valor de CA, tendo havido alguns casos em que se observou um aumento não significativo, entre os valores à saída das câmaras e passado o *shelf life*.

Entre os *shelf life*, observou-se em todos os casos que os valores em Ai7(SL) eram superiores aos verificados em Ai9(SL), e o mesmo aconteceu quando se comparou Ai7 com Ai9. Em estudos nos quais se analisou a conservação de pera Rocha em AC, foi também possível verificar um decréscimo do conteúdo em ácido ascórbico ao longo da conservação, o que se resume numa diminuição da capacidade antioxidante (Veltman *et al.*, 2000 ; Morais *et al.*, 2001).

Pôde-se ainda verificar que durante todo o processo de conservação o pomar 1 foi o que apresentou os valores mais elevados de capacidade antioxidante; no pomar 2 esses valores apresentaram-se mais elevados na conservação em atmosfera ULO, não havendo, no entanto, diferenças significativas; já no caso do pomar 3, este valor mantém-se mais elevado em AN, mostrando-se mais baixo apenas em Ai9(SL).

Era esperado que os pomares com maior teor de compostos fenólicos tivessem uma maior capacidade antioxidante, tal não se verificou em todos os casos, o que se pode dever ao facto dos compostos fenólicos eventualmente não terem todos a mesma capacidade antioxidante, sendo esta dependente da estrutura dos compostos e poder redutor (Balasundram *et al.*, 2006; Sousa *et al.*, 2007).

Tabela 3.38 - Médias da CA dos frutos dos pomares 1, 2 e 3 submetidos a diferentes atmosferas, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Pomar	Atmosfera	CA				
		Ai	Ai7	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
1	ULO	0,0926 ± 0,0220 ^a	0,0721 ± 0,0058 ^a	0,0864 ± 0,0110 ^{a,r}	0,0397 ± 0,0184 ^a	0,0599 ± 0,0256 ^{a,r}
	AN	0,0926 ± 0,0220 ^a	0,0919 ± 0,0209 ^a	0,0893 ± 0,0024 ^{a,r}	0,0380 ± 0,0152 ^a	0,0554 ± 0,0235 ^{a,r}
	AC	0,0926 ± 0,0220 ^a	0,0871 ± 0,0125 ^a	0,1160 ± 0,0164 ^{a,r}	0,0706 ± 0,0391 ^a	0,0551 ± 0,0314 ^{a,r}
2	ULO	0,0559 ± 0,0190 ^{ab}	0,0955 ± 0,0191 ^a	0,0705 ± 0,0142 ^{ab,r}	0,0622 ± 0,0577 ^{ab}	0,0408 ± 0,0151 ^{b,r}
	AN	0,0559 ± 0,0190 ^{ab}	0,0755 ± 0,0191 ^a	0,0740 ± 0,0043 ^{a,r}	0,0354 ± 0,0015 ^{ab}	0,0163 ± 0,0040 ^{b,r}
	AC	0,0559 ± 0,0190 ^a	0,0652 ± 0,0101 ^a	0,0593 ± 0,0100 ^{a,r}	0,0555 ± 0,0121 ^a	0,0262 ± 0,0027 ^{a,r}
3	ULO	0,0206 ± 0,0079 ^a	0,0814 ± 0,0084 ^b	0,0824 ± 0,0044 ^{bc,r}	0,0255 ± 0,0093 ^{ab}	0,0307 ± 0,0024 ^{ac,r}
	AN	0,0206 ± 0,0079 ^a	0,0833 ± 0,0204 ^b	0,1160 ± 0,0204 ^{c,r}	0,0526 ± 0,0121 ^{abc}	0,0284 ± 0,0005 ^{ab,r}
	AC	0,0206 ± 0,0079 ^a	0,0783 ± 0,0026 ^b	0,0749 ± 0,0141 ^{bc,r}	0,0571 ± 0,0284 ^{ab}	0,0305 ± 0,0092 ^{ac,r}

Médias da CA (expresso em mg Equi. Ác. Ascórbico/g fruto) ± desvio padrão, dentro do mesmo pomar, seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=3).

3.6.4.2 Estudo com peras submetidas a tratamento com antioxidantes

À saída das câmaras os valores da capacidade antioxidante variaram pouco, verificando-se um decréscimo nos pomares 1 (Tabela 3.39) e 2 (Tabela 3.40), e um aumento no pomar 3 (Tabela 3.41), não significativos, entre os valores em Ai e à saída das câmaras.

Relativamente ao *shelf life*, verificou-se um comportamento tendencialmente de decréscimo do valor de CA, tendo havido alguns casos em que se observou um aumento não significativo, entre os valores à saída das câmaras e respetivo *shelf life*. Entre os *shelf life*, averiguou-se que em todos os pomares/modalidades os valores em Ai7(SL) eram superiores aos valores em Ai9(SL).

No pomar 1, tendo em conta Ai7(SL) e Ai9(SL), verificaram-se os valores mais elevados com a aplicação dos antioxidantes Ast e S.2, respetivamente; no pomar 2, atingiram-se os valores mais elevados quando os frutos foram conservados com Resv+VE, em Ai7(SL), e S.1, em Ai9(SL); no pomar 3, verificou-se que, tendo em conta Ai7(SL) e Ai9(SL), se observaram os valores mais elevados quando os frutos foram conservados em Ast e S.1, respetivamente. Com estes resultados é possível averiguar que para pomares com características semelhantes aos pomares 1 e 3, Ast é o antioxidante que parece ser mais eficaz numa conservação de sete meses, já para pomares com características semelhantes ao pomar 2, isso se verifica com o antioxidante Resv+VE. Para uma longa conservação (nove meses) o antioxidante que melhor pareceu adequar-se ao pomar 1 foi o antioxidante S.2, já no caso dos pomares 2 e 3 foi o antioxidante S.1.

Pôde-se ainda verificar que durante todo o processo de conservação o pomar 1 foi o que apresentou os valores mais elevados de capacidade antioxidante comparativamente com os outros pomares.

Num estudo desenvolvido por Fan *et al.*, (2022), observou-se que em morangos armazenados durante 10 dias a 4°C e tratados com resveratrol, a CA permaneceu mais elevada relativamente aos morangos que não tiveram tratamento, o que tal não se observou em todos os casos do presente estudo.

Tabela 3.39 - Médias da CA dos frutos do pomar 1 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	CA			
	Ai	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	0,0926 ± 0,0220 ^{ab}	0,1160 ± 0,0164 ^{b,r}	0,0706 ± 0,0391 ^a	0,0551 ± 0,0314 ^{a,r}
S.1	0,0926 ± 0,0220 ^a	0,0845 ± 0,0050 ^{a,r}	0,0668 ± 0,0180 ^a	0,0490 ± 0,0126 ^{a,r}
S.2	0,0926 ± 0,0220 ^{ab}	0,1140 ± 0,0086 ^{b,r}	0,0375 ± 0,0066 ^a	0,0618 ± 0,0252 ^{ab,r}
S.3	0,0926 ± 0,0220 ^{ab}	0,1120 ± 0,0117 ^{b,r}	0,0405 ± 0,0181 ^a	0,0349 ± 0,0127 ^{a,r}
Resv	0,0926 ± 0,0220 ^{ab}	0,1100 ± 0,0143 ^{b,r}	0,0430 ± 0,0253 ^a	0,0374 ± 0,0044 ^{a,r}
Ast	0,0926 ± 0,0220 ^{ab}	0,1200 ± 0,0081 ^{b,r}	0,0495 ± 0,0157 ^a	0,0353 ± 0,0092 ^{a,r}
Resv+VE	0,0926 ± 0,0220 ^{ab}	0,1120 ± 0,0108 ^{b,r}	0,0650 ± 0,0260 ^{ab}	0,0359 ± 0,0150 ^{a,r}

Médias da CA (expresso em mg Equi. Ác. Ascórbico/g fruto) ± desvio padrão seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=3).

Tabela 3.40 - Médias da CA dos frutos do pomar 2 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	CA			
	Ai	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	0,0559 ± 0,0190 ^a	0,0593 ± 0,0100 ^{a,r}	0,0555 ± 0,0121 ^a	0,0262 ± 0,0027 ^{a,r}
S.1	0,0559 ± 0,0190 ^a	0,0739 ± 0,0183 ^{a,rt}	0,0455 ± 0,0103 ^a	0,0483 ± 0,0110 ^{a,r}
S.2	0,0559 ± 0,0190 ^a	0,1230 ± 0,0121 ^{b,su}	0,0364 ± 0,0182 ^a	0,0471 ± 0,0193 ^{a,r}
S.3	0,0559 ± 0,0190 ^a	0,0556 ± 0,0118 ^{a,r}	0,0266 ± 0,0050 ^a	0,0382 ± 0,0164 ^{a,r}
Resv	0,0559 ± 0,0190 ^{ab}	0,0822 ± 0,0068 ^{b,rst}	0,0311 ± 0,0086 ^{ab}	0,0157 ± 0,0044 ^{a,r}
Ast	0,0559 ± 0,0190 ^{ab}	0,1040 ± 0,0118 ^{b,ts}	0,0354 ± 0,0156 ^a	0,0404 ± 0,0202 ^{a,r}
Resv+VE	0,0559 ± 0,0190 ^a	0,1460 ± 0,0039 ^{b,u}	0,0507 ± 0,0393 ^a	0,0354 ± 0,0150 ^{a,r}

Médias da CA (expresso em mg Equi. Ác. Ascórbico/g fruto) ± desvio padrão seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=3).

Tabela 3.41 - Médias da CA dos frutos do pomar 3 submetidos a tratamento com antioxidantes, ao longo do tempo de conservação/maturação.

Atmosfera / Antioxidante	CA			
	Ai	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	0,0206 ± 0,0079 ^a	0,0749 ± 0,0141 ^{b,rs}	0,0571 ± 0,0284 ^{ab}	0,0305 ± 0,0092 ^{ab,r}
S.1	0,0206 ± 0,0079 ^a	0,0935 ± 0,0129 ^{b,rs}	0,0255 ± 0,0072 ^a	0,0489 ± 0,0108 ^{ab,r}
S.2	0,0206 ± 0,0079 ^a	0,0569 ± 0,0250 ^{a,r}	0,0366 ± 0,0054 ^a	0,0374 ± 0,0056 ^{a,r}
S.3	0,0206 ± 0,0079 ^a	0,0564 ± 0,0064 ^{a,r}	0,0299 ± 0,0163 ^a	0,0328 ± 0,0126 ^{a,r}
Resv	0,0206 ± 0,0079 ^a	0,0559 ± 0,0226 ^{a,r}	0,0403 ± 0,0099 ^a	0,0390 ± 0,0100 ^{a,r}
Ast	0,0206 ± 0,0079 ^a	0,1350 ± 0,0095 ^{b,s}	0,0513 ± 0,0225 ^a	0,0375 ± 0,0114 ^{a,r}
Resv+VE	0,0206 ± 0,0079 ^a	0,0837 ± 0,0146 ^{b,rs}	0,0383 ± 0,0227 ^{ab}	0,0256 ± 0,0165 ^{a,r}

Médias da CA (expresso em mg Equi. Ác. Ascórbico/g fruto) ± desvio padrão seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=3).

3.7 Elementos minerais existentes na pera Rocha e influência na conservação

A determinação do teor de elementos minerais existentes na pera Rocha, dos vários pomares e conservadas em diferentes atmosferas, é de extrema importância para determinar a composição do fruto e possível influência no tipo de conservação.

Nesta fase do estudo investigou-se a distribuição das concentrações dos macronutrientes (P, S, Cl, K, Ca) e dos micronutrientes (Mn, Zn, Cu, Fe) em pera Rocha, para investigar as possíveis relações desses elementos minerais com a ocorrência de distúrbios causados pelo armazenamento.

Apesar de não se ter verificado a existência de diferenças significativas, pôde-se observar que, após sete meses de armazenamento/conservação, todos os frutos apresentaram valores de K superiores aos restantes elementos minerais (Tabela 3.42) nos três pomares e nas três diferentes atmosferas, sendo estes superiores ao intervalo ótimo de 8000-10000 mg/kg (Brunetto *et al.*, 2015). Seguidamente o mineral encontrado com valores elevados foi Ca, prevalecendo nas peras do pomar 3 quando conservadas em atmosfera ULO, valores estes que se encontram acima do intervalo ótimo de 400-1000 mg/kg (Brunetto *et al.*, 2015).

Em relação aos valores de P, estes também se mostraram elevados, e apresentam valores dentro do intervalo ótimo de 700-1000 mg/kg (Brunetto *et al.*, 2015). Já no caso do S, os valores mostraram-se superiores nas peras do pomar 2 quando conservadas em AC. O macronutriente com valores mais baixos, entre os três pomares, foi Cl, apresentando o valor mais baixo nas peras do pomar 1, em atmosfera AN.

O micronutriente com valores mais elevados foi o Mn, não tendo sido encontrado nenhum valor que se destacasse dos demais, sendo todos eles superiores aos valores do intervalo ótimo de 2-4 mg/kg (Brunetto *et al.*, 2015). Dos restantes micronutrientes considerados, o Fe encontrava-se com valores superiores aos ótimos (20-35mg/kg), tal como o Cu (5-13 mg/kg), já o Zn apresentava todos os seus valores abaixo dos valores ótimos de 25-35mg/kg (Brunetto *et al.*, 2015).

De modo a fazer uma ligação entre os elementos minerais existentes nos frutos e a forma como estes influenciam a conservação durante o período de armazenamento, relacionaram-se os valores dos elementos minerais, com o resultado da conservação em diferentes atmosferas, considerando sempre, a influência que esses métodos de armazenamento têm na conservação das peras dos vários pomares.

Da avaliação dos parâmetros em estudo, cujos valores apresentaram diferenças significativas, foi possível observar alguns casos, em que houve alterações entre os valores à colheita e à saída das câmaras, mais especificamente os valores da cor, firmeza e AT. Tal pode dever-se à razão K/Ca (anexo A.8) que quando é elevada pode acelerar a maturação e baixar a capacidade de conservação.

Segundo Saquet *et al.*, (2019), uma elevada concentração de Ca tenderá a favorecer a qualidade e o armazenamento. Em todos os pomares as peras apresentaram elevada concentração de Ca, ultrapassando em alguns casos o intervalo ótimo. Relativamente aos parâmetros, cor, firmeza, TSS, AT, CF e CA, não se verificaram alterações significativas, na maior parte dos casos (Ai-Ai7), o que poderá confirmar o supracitado, relativamente à elevada concentração de Ca.

Em todos os casos regista-se um decréscimo de firmeza entre a saída das câmaras e o *shelf life*, tendo sido este mais acentuado na conservação em atmosfera ULO; e relativamente a AT há uma tendência para aumentar, não sendo este aumento significativo.

Tabela 3.42 - Concentração de macro e micronutrientes nos pomares 1, 2 e 3, pós-conservação de sete meses.

Elementos Minerais	Pomar	Atmosfera		
		ULO	AN	AC
P	1	803 ± 168 ^{a,r}	865 ± 128 ^{a,r}	698 ± 81,0 ^{a,r}
	2	763 ± 211 ^{a,r}	751 ± 161 ^{a,r}	878 ± 121 ^{a,r}
	3	909 ± 43,2 ^{a,r}	796 ± 121 ^{a,r}	891 ± 124 ^{a,r}
S	1	399 ± 86,4 ^{a,r}	457 ± 34,4 ^{a,r}	442 ± 48,5 ^{a,r}
	2	562 ± 93,3 ^{a,r}	556 ± 65,0 ^{a,r}	586 ± 143 ^{a,r}
	3	448 ± 109 ^{a,r}	562 ± 55,7 ^{a,r}	510 ± 134 ^{a,r}
Cl	1	474 ± 425 ^{a,r}	266 ± 87,6 ^{a,r}	321 ± 29,8 ^{a,r}
	2	271 ± 34,8 ^{a,r}	226 ± 50,1 ^{a,r}	233 ± 49,5 ^{a,r}
	3	171 ± 20,1 ^{a,r}	311 ± 64,5 ^{a,r}	268 ± 102 ^{a,r}
K	1	16310 ± 1165 ^{a,r}	17538 ± 2398 ^{a,r}	16423 ± 2190 ^{a,r}
	2	15370 ± 643 ^{a,r}	15290 ± 2328 ^{a,r}	17931 ± 765 ^{a,r}
	3	17076 ± 1569 ^{a,r}	17468 ± 2035 ^{a,r}	16962 ± 1831 ^{a,r}
Ca	1	995 ± 394 ^{a,r}	1102 ± 185 ^{a,r}	805 ± 139 ^{a,r}
	2	1000 ± 27,0 ^{a,r}	866 ± 52,0 ^{a,r}	1089 ± 167 ^{a,r}
	3	1399 ± 318 ^{a,r}	1252 ± 247 ^{a,r}	1029 ± 156 ^{a,r}
Mn	1	51,7 ± 5,59 ^{a,r}	48,7 ± 5,21 ^{a,r}	51,1 ± 8,83 ^{a,r}
	2	53,7 ± 5,97 ^{a,r}	54,6 ± 5,27 ^{a,r}	54,5 ± 7,76 ^{a,r}
	3	52,1 ± 5,64 ^{a,r}	52,1 ± 2,24 ^{a,r}	51,6 ± 1,13 ^{a,r}
Fe	1	32,9 ± 2,46 ^{a,r,s}	37,2 ± 9,67 ^{a,r}	33,5 ± 4,09 ^{a,r}
	2	37,6 ± 3,34 ^{a,s}	52,9 ± 31,9 ^{a,s}	42,8 ± 3,11 ^{a,s}
	3	29,4 ± 3,34 ^{a,r}	33,1 ± 0,481 ^{a,r}	32,7 ± 1,53 ^{a,r}
Cu	1	13,1 ± 1,68 ^{a,r}	14,9 ± 2,12 ^{a,r}	14,8 ± 2,41 ^{a,r}
	2	17,6 ± 4,44 ^{a,r}	15,9 ± 5,19 ^{a,r}	19,2 ± 4,67 ^{a,r}
	3	17,7 ± 1,53 ^{a,r}	17,8 ± 2,27 ^{a,r}	19,9 ± 1,17 ^{a,r}
Zn	1	18,0 ± 1,15 ^{a,r}	17,3 ± 6,12 ^{a,r}	14,0 ± 0,333 ^{a,r}
	2	20,2 ± 3,02 ^{a,r}	15,0 ± 2,19 ^{a,r}	17,8 ± 2,69 ^{a,r}
	3	15,6 ± 2,69 ^{a,r}	14,6 ± 1,68 ^{a,r}	16,0 ± 2,89 ^{a,r}

Médias da concentração (expresso em µg/g) ± desvio padrão seguidas por letras (a, b, c) iguais nas linhas (dentro do mesmo pomar, comparação entre atmosferas) e seguidas por letras (r, s, t) iguais nas colunas (comparação do teor do elemento mineral, entre pomares) não diferem entre si segundo o teste de Tukey (p>0,05) (n=3).

No que concerne à possível influência dos macro e micronutrientes nos acidentes fisiológicos das peras, pós-conservação, não foi possível estabelecer uma relação direta entre o surgimento de escaldão superficial e o elevado teor em K, em qualquer dos pomares. É importante assinalar, no entanto que, após Ai7(SL), apenas em AN, se verificaram escaldões tendo correspondido aos pomares com teores de K mais elevados, um maior índice de escaldão, variando os valores entre 8% e 13% (Tabela 3.14).

Acerca dos acastanhamentos o esperado seria que o registo de teores mais elevados de Mn, Cu, Fe, P e K tivesse uma maior influência no surgimento de acastanhamentos internos, já no caso do Ca influenciaria se os teores fossem baixos, não se verificaram as referidas relações entre os teores dos elementos minerais e a ocorrência de acastanhamentos, no presente estudo.

Tendo em conta os teores de K e razão K/Ca, num estudo desenvolvido por Neuwald *et al.*, (2014), com maçãs Braeburn, observou-se uma maior ocorrência de acastanhamentos internos atribuída, em parte, à maior concentração de K e razão K/Ca, tal não se pôde, no entanto, concluir no presente estudo.

Segundo Martin *et al.*, (2017b), a razão K/Ca é a que melhor indica a existência ou não de acastanhamentos internos, ao passo que estes dois elementos minerais separados não mostram ser relevantes nessa discriminação.

Observou-se um índice superior de acastanhamentos, quando as peras foram armazenadas em AN, excetuando-se dois casos, na conservação em ULO, no pomar 2, após o *shelf life*, e no pomar 3 em Ai7 (Tabela 3.15). A existência de uma elevada percentagem de oxigénio na AN, por poder ter dificultado as trocas gasosas nas peras, favoreceu o surgimento de acastanhamentos internos.

CONCLUSÃO E PERSPETIVAS FUTURAS

4.1 Conclusão

A pera Rocha é um fruto típico de zonas temperadas da família *Rosaceae*, que detém a maior produção na região Oeste de Portugal, devido aos fatores edafoclimáticos dessa zona. Este é um fruto que tem uma ótima capacidade de conservação e resistência ao manuseamento, sendo também bastante atrativo em termos de cor, textura e sabor.

A conservação e armazenamento deste fruto é muito importante para possibilitar a acessibilidade dos consumidores a este produto alimentar durante todo o ano mantendo as suas características durante o processo de conservação. É fundamental a escolha adequada do método de conservação de forma a prevenir, principalmente, o surgimento de acidentes fisiológicos resultantes da conservação prolongada ao frio e acumulação de CO₂ durante a respiração da pera, escaldão superficial e acastanhamento interno, respetivamente.

No entanto, o impedimento de utilização, na União Europeia, do antioxidante DPA, anteriormente utilizado, abriu portas para a procura de novas opções, sendo o 1-MCP, um inibidor competitivo da ação do etileno, utilizado para a conservação de frutos. Este produto não apresenta um grau de eficiência de conservação aceitável, sendo necessária a pesquisa de alternativas a este composto, nomeadamente novos compostos antioxidantes utilizados no tratamento exógeno de peras.

Por outro lado, também é de interesse o estudo do perfil de macro e micronutrientes existentes na pera Rocha, para compreender qual o método de conservação mais indicado que possibilitará a diminuição do aparecimento de acidentes fisiológicos, cuja predisposição deriva do teor em nutrientes.

Assim sendo, este trabalho propôs-se a estudar a influência do perfil de macro e micronutrientes no poder de conservação em diferentes atmosferas (Normal, Controlada e ULO), e a avaliar o efeito da aplicação de seis soluções de antioxidantes exógenos na conservação em atmosfera controlada, de frutos provenientes de três pomares (1, 2 e 3) localizados na zona Oeste de Portugal.

De modo a realizar os estudos foram executadas várias análises para caracterização físico-química e bioquímica das peras.

Em primeiro lugar procedeu-se à caracterização amostral de 20 peras de cada pomar, concluindo-se que os valores do peso, do diâmetro e da taxa de regressão do amido se encontravam dentro do intervalo de valores mais comuns.

Ao observar os teores de macro e micronutrientes percebe-se que a maior parte deles ultrapassa o intervalo ótimo de valores, excetuando dois casos, por dois estarem dentro do intervalo, P (em todos os pomares), Fe (no pomar 1 e 3), e por outro se situar abaixo do intervalo, Zn, em todos os pomares.

No que concerne à razão K/Ca, não foi possível verificar a correlação entre esta e o aparecimento de acastanhamentos, defendida por alguns autores.

Já no caso do macronutriente Ca, este pode ter influenciado positivamente a qualidade e o armazenamento, em alguns casos, devido à não existência de diferenças significativas observada em maior parte dos casos de comparação Ai com Ai7.

No estudo do escaldão superficial não foi possível estabelecer uma relação direta entre o surgimento deste acidente fisiológico e o elevado teor em K, em qualquer dos pomares. É importante assinalar, no entanto que, após Ai7(SL), apenas em AN, se verificaram escaldões tendo correspondido aos pomares com teores de K mais elevados, um maior índice de escaldão.

No que concerne aos acastanhamentos não se verificaram as relações espectáveis entre os teores dos elementos minerais e a ocorrência de acastanhamentos, no presente estudo, ou seja, que o registo de teores mais elevados de Mn, Cu, Fe, P e K tivesse uma maior influência no surgimento de acastanhamentos internos e o Ca influenciasse se os teores fossem baixos.

Observou-se um índice superior de acastanhamentos, quando as peras foram armazenadas em AN, o que poderá ser justificado pela existência de uma elevada percentagem de oxigénio nesta atmosfera, dificultado assim as trocas gasosas nas peras.

Relativamente aos resultados das aplicações de antioxidantes, observa-se que, tendo em conta a utilização do antioxidante resveratrol, este teve um efeito positivo no retardamento da diminuição da firmeza, no caso dos pomares 1 e 2 com a solução S.3, e no caso do pomar 3 com os antioxidantes S.2 e Resv+VE.

No estudo dos compostos fenólicos, foi possível observar valores mais elevados, não sendo estes significativos, para os pomares 1, 2 e 3, utilizando respetivamente AC, Resv+VE e S.2; e no estudo da capacidade antioxidante, os valores mais elevados, nos pomares 1 e 3, foram observados utilizando Ast, e no pomar 2 Resv+VE, numa conservação de sete meses.

Relativamente à influência que os antioxidantes puderam ter tido sobre o aparecimento ou não de escaldão superficial, os antioxidantes que menor influência aparentaram ter no não surgimento deste acidente foram Ast no pomar 1 e Resv+VE no pomar 2, pelo contrário o antioxidante Resv+VE pareceu

inibir o surgimento de escaldão no pomar 3. Sabendo que a utilização de antioxidantes tem como princípio a diminuição ou impedimento do surgimento de escaldão superficial, é um facto positivo que estes possam ter também efeito semelhante nos acastanhamentos internos. Tal acontecimento pode observar-se mais concretamente no pomar 3, com a utilização do antioxidante S.2, para o escaldão e acastanhamento. No caso do pomar 1, a utilização do antioxidante que aparentou apresentar melhor influência foi o S.2, no caso pomar 2 os índices também foram reduzidos, podendo-se ter observado uma possível ação redutora no aparecimento do acastanhamento interno, por parte do antioxidante S.3.

Por fim, pode-se comentar que os fatores edafoclimáticos, localização dos diversos pomares e estado de maturação na colheita, são condicionantes que vão influenciar no processo de conservação das peras, especialmente na aplicação de antioxidantes; e que a escolha para um determinado tipo de tratamento dependerá do tipo de mercado alvo, visto que há mercados que preferem peras mais verdes, outros com uma maior firmeza e ainda com uma acidez titulável mais elevada, outros há que gostam do contrário.

4.2 Perspetivas futuras

Em Portugal são poucos os estudos desenvolvidos, até ao momento, relacionando a conservação/armazenamento de pera Rocha, em várias fases, com o seu perfil em macro e micronutrientes. Assim sendo, com este trabalho percebeu-se a importância de realizar futuras investigações de forma a estudar novos aspetos da conservação da pera, no sentido da procura de melhores soluções.

Seria importante estudar mais detalhadamente se o perfil nutricional da pera Rocha também é influenciado pelo tipo de conservação/armazenamento. Para o que poder-se-ia recolher amostras para leitura do perfil nutricional em todas as fases de leitura (inicial, intermédia e final), e que a amostra em estudo fosse superior a 20.

Por outro lado, seria indicado a utilização de um instrumento que fornecesse uma leitura de elementos minerais mais ampla, de forma a ser possível ter um espectro de leitura maior, de modo a realizar o procedimento seria importante melhorar a técnica de maceração da pera seca, para desta forma transformar a pera seca em pó, prensá-la deixando-a em forma de pastilha, para posterior leitura num Sistema M4 Tornado (Espectrometria por Fluorescência de Raios-X).

Relativamente ainda ao estudo dos macro e micronutrientes existentes na pera, seria interessante saber que fertilizantes foram utilizados para produção das peras, como também ter amostras controlo que não tivessem tido qualquer utilização de fertilizantes.

De modo a possibilitar uma melhor comparação entre os vários antioxidantes utilizados e a sua ação antioxidante, seria indicado um estudo mais alargado e com uma quantidade amostral superior.

Seria também de interesse realizar uma análise sensorial com um painel, de forma a perceber se os voláteis da pera Rocha são influenciados com a conservação.

Um estudo adicional, uma vez que se utilizou antioxidantes na conservação de peras inteiras, seria a aplicação de antioxidantes em frutas de quarta gama, ou seja, que tenham sido cortadas e assim comercializadas.

Outro ponto passível de estudo futuro seria a avaliação da aplicação de antioxidantes exógenos na conservação do fruto, utilizando como atmosfera de conservação, a atmosfera ULO. Já que não se tendo verificado o surgimento de escaldão superficial após conservação nesta atmosfera e tendo sido o registo de acastanhamento reduzido, seria interessante perceber se as aplicações de antioxidantes exógenos poderiam contribuir para a total inibição do surgimento deste acidente fisiológico.

BIBLIOGRAFIA

- Abbott, J. A. (1999). Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 15(3), 207–225. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(98\)00086-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(98)00086-6)
- Almeida, D. (2017, Junho, 7-9). Novas recomendações para o armazenamento prolongado de pera 'Rocha' produzida na região Oeste de Portugal [Comunicação oral]. VIII Congresso Ibérico de Ciências Hortícolas, Coimbra. https://www.isa.ulisboa.pt/files/fl/pub/articles/2017-07/Almeida_Recomendacoes_armazenamento_pera_Rocha_Congresso_Iberico_Ciencias_Horticolas.pdf
- Alpalhão, A., Neto, C., Goulão, L., Clemente, J., & Henriques, J. (2006, Outubro, 12-13). Efeito do 1-metilciclopropeno em pêra 'Rocha' em diferentes estados de maturação armazenadas em atmosfera normal. In: Associação Portuguesa de Horticultura, I Simpósio Nacional de Fruticultura, Alcobça. <http://hdl.handle.net/10400.5/2377>
- ANP. (1997). Caderno de Especificações - Pera Rocha do Oeste - Denominação de Origem, 28 pg.
- Antão, R. (2019). Aplicação de Nanoemulsões na Conservação de Pera 'Rocha'. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve, 45 pg. Repositório da Universidade do Algarve. <http://hdl.handle.net/10400.1/15064>
- Avelar, M. L., & Rodrigues, A. C. (1999). Vantagens da atmosfera controlada na qualidade da pera Rocha (45th ed.). *Frutas, Legumes e Flores*, 31-36.
- Awad, M. A., Al-Qurashi, A. D., & Mohamed, S. A. (2015). Postharvest trans-resveratrol and glycine betaine treatments affect quality, antioxidant capacity, antioxidant compounds and enzymes activities of "El-Bayadi" table grapes after storage and shelf life. *Scientia Horticulturae*, 197(2015), 350–356. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.065>
- Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99(1), 191–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>
- Barbosa, R. (2020). Avaliação dos compostos orgânicos voláteis associados à maturação da pera Rocha. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química. Instituto Superior Técnico, Lisboa, 89 pg. Repositório Técnico Lisboa. <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/cursos/meq/dissertacao/1128253548922273>
- Barroca, M. J., Guiné, R. P. F., Pinto, A., Gonçalves, F. M., & Ferreira, D. M. S. (2006). Chemical and microbiological characterization of Portuguese varieties of pears. *Food and Bioprocess Technology*, 84(2 C), 109–113. <https://doi.org/10.1205/fbp.05200>
- Bodbodak, S., & Moshfeghifar, M. (2016). Advances in controlled atmosphere storage of fruits and vegetables. *Eco-Friendly Technology for Postharvest Produce Quality*, Chapter 2, 39-76. Elsevier

Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804313-4.00002-5>

- Bordonaba, J. G., Matthieu-Hurtiger, V., Westercamp, P., Coureau, C., Dupille, E., & Larrigaudière, C. (2013). Dynamic changes in conjugated trienols during storage may be employed to predict superficial scald in ‘Granny Smith’ apples. *Lwt - Food Science and Technology*, 54(2), 535–541. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.06.025>
- Brito, C. M. D. B. C. (2018). Caracterização da Camarinha (*Corema album*): Estudo da viabilidade de incorporação em produtos alimentares. Dissertação de Mestrado em Fitotecnologia Nutricional para a Saúde Humana, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 101 pg. Repositório Universidade Nova. <http://hdl.handle.net/10362/125773>
- Brito, A. A. de, Campos, F., dos Reis Nascimento, A., Damiani, C., Alves da Silva, F., de Almeida Teixeira, G. H., & Cunha Júnior, L. C. (2022). Non-destructive determination of color, titratable acidity, and dry matter in intact tomatoes using a portable Vis-NIR spectrometer. *Journal of Food Composition and Analysis*, 107(2022), 104288. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104288>
- Brunetto, G., de Melo, G. W. B., Toselli, M., Quartieri, M., & Tagliavini, M. (2015). The role of mineral nutrition on yields and fruit quality in grapevine, pear and apple. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(4), 1089–1104. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-103/15>
- Carocho, M., Morales, P., & Ferreira, I. C. F. R. (2018). Antioxidants: Reviewing the chemistry, food applications, legislation and role as preservatives. *Trends in Food Science and Technology*, 71(2017), 107–120. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.11.008>
- Carvalho, M. L., Almeida, D., Cardoso, J., & Fialho, D. (2010, fevereiro, 4-5). Aferição da espectroscopia NIR na determinação de alguns parâmetros de qualidade em pêra “Rocha” e maçã “Gala”. In: Associação Portuguesa de Horticultura, II Simpósio Nacional de Fruticultura, Castelo Branco. <http://hdl.handle.net/10400.11/321>
- Cavaco, M. (2012). Normas Técnicas para a Produção Integrada de Pomóideas. DGADR, II, 1-254.
- Chagné, D., Crowhurst, R. N., Pindo, M., Thrimawithana, A., Deng, C., Ireland, H., Fiers, M., Dzierzon, H., Cestaro, A., Fontana, P., Bianco, L., Lu, A., Storey, R., Knäbel, M., Saeed, M., Montanari, S., Kim, Y. K., Nicolini, D., Larger, S., Stefani, E., Allan, A. C., Bowen, J., Harvey, I., Johnston, J., Malnoy, M., Troglio, M., Percepied, L., Sawyer, G., Wiedow, C., Won, K., Viola, R., Hellens, R. P., Brewer, L., Bus, V. G. M., Schaffer, R. J., Gardiner, S. E., Velasco, R. (2014). The draft genome sequence of European pear (*Pyrus communis* L. ‘Bartlett’). *PLOS/ONE*, 9(4), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092644>
- Chatterjee, C., Pong, F., & Sen, A. (2015). Chemical conversion pathways for carbohydrates. *Green Chemistry*, 17(1), 40–71. <https://doi.org/10.1039/c4gc01062k>
- Constantino, L. F. G. (2019). Controlo da Estenfiliose - Ensaio de Campo em Alcobaça. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, 65 pg. Repositório da Universidade de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10400.5/21290>
- Costa, R. C. (2013). Determinação de parâmetros (sólidos solúveis, pH e acidez titulável) em ameixas comprimento de onda. Programa de pós-graduação em química, Instituto de química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 117 pg. Repositório Institucional UFRN. <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/17722>
- Costa, T., Luz, J. P., Amaro, C., Dias, S., Ferreira, F., Castro, P., & Galhano, C. (2020). Valorização de

- Plantas Aromáticas e Medicinais (PAM): procurando alternativas ambientais sustentáveis para o controlo do fogo bacteriano [Comunicação oral]. VIII Congresso Ibérico de Ciências Hortícolas. 774–782. <https://www.probiomadeira.eu/wp-content/uploads/2021/05/PAM.pdf>
- Deng, J., Cheng, W., & Yang, G. (2011). A novel antioxidant activity index (AAU) for natural products using the DPPH assay. *Food Chemistry*, 125(4), 1430–1435. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.10.031>
- Deuchande, T. (2016). Internal browning disorders of ‘Rocha’ pear during long-term storage. PhD Thesis in Biotechnology, Escola Superior de Biociências da Universidade Católica Portuguesa, Porto, 216 pg. Repositório Institucional da Universidade Católica Portuguesa. <http://hdl.handle.net/10400.14/21588>
- Deuchande, Teresa, Carvalho, S. M. P., Giné-Bordonaba, J., Vasconcelos, M. W., & Larrigaudière, C. (2017a). Transcriptional and biochemical regulation of internal browning disorder in ‘Rocha’ pear as affected by O₂ and CO₂ concentrations. *Postharvest Biology and Technology*, 132(2017), 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.05.011>
- Deuchande, Teresa, Carvalho, S. M. P., Guterres, U., Fidalgo, F., Isidoro, N., Larrigaudière, C., & Vasconcelos, M. W. (2016). Dynamic controlled atmosphere for prevention of internal browning disorders in “Rocha” pear. *Lwt - Food Science and Technology*, 65(2016), 725–730. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.075>
- Deuchande, Teresa, Carvalho, S. M. P., Larrigaudière, C., & Vasconcelos, M. W. (2017b). Mineral concentrations at harvest as novel markers to predict internal browning disorders in ‘Rocha’ pear during storage under high CO₂. *Scientia Horticulturae*, 220, 102–106. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.03.037>
- Dias, C., Amaro, A. L., Salvador, Â. C., Silvestre, A. J. D., Rocha, S. M., Isidoro, N., & Pintado, M. (2020). Strategies to preserve postharvest quality of horticultural crops and superficial scald control: From diphenylamine antioxidant usage to more recent approaches. *Antioxidants*, 9(4), 1–23. <https://doi.org/10.3390/antiox9040356>
- Dias, C., Ribeiro, T., Rodrigues, A. C., Ferrante, A., Vasconcelos, M. W., & Pintado, M. (2021). Improving the ripening process after 1-MCP application: Implications and strategies. *Trends in Food Science and Technology*, 113, 382–396. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.012>
- Drzyzga, O. (2003). Diphenylamine and derivatives in the environment: A review. *Chemosphere*, 53(8), 810–815. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(03\)00613-1](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(03)00613-1)
- Duarte, A. (2002). Controlo do desenvolvimento e de acidentes fisiológicos do fruto, em tangerinairas. Tese de Doutoramento, Faculdade de Energia de recursos naturais, Universidade do Algarve, 201 pg. <https://www.researchgate.net/publication/216429536>
- Duarte, G. G. (2012). Parametrização do Processo de Secagem de Fruta , Pera e Maçã. Dissertação de Mestrado em Biotecnologia Alimentar, Departamento de Química da Universidade de Aveiro, 115 pg. Repositório Institucional. <http://hdl.handle.net/10773/11283>
- EPA. (2007). Field Portable X-Ray Fluorescence Spectrometry for the Determination of Elemental Concentration in Soil and Sediment, Method 6200, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Washington, DC. USA. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/6200.pdf>

- Escobedo-Avellaneda, Z., & Welte-Chanes, J. (2016). Controlled Atmosphere Storage: Applications for Bulk Storage of Foodstuffs. In: *Encyclopedia of Food and Health* (1st ed.). Elsevier Ltd. 301–307. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00196-3>
- Europeia, C. (2016). Decisão de execução (UE) 2016/1190 da comissão de 19 de julho de 2016. In: *Jornal Oficial da União Europeia*, 2016(8), 19-21. http://data.europa.eu/eli/dec_impl/2016/1190/oj
- Europeia, C. (2017). Regulamento de execução (UE) 2017/2470 da comissão. In: *Jornal Oficial da União Europeia*, 60(351), 19-21. http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2017/2470/oj
- Fan, T. T., Zhang, J., Cao, J. X., Xia, M. H., Wang, T., & Cao, S. (2022). Effects of resveratrol treatment on quality and antioxidant properties of postharvest strawberry fruit. *Journal of Food Biochemistry*, 46(8), 1–10. <https://doi.org/10.1111/jfbc.14176>
- FAO. (2020). Fruit and vegetables – your dietary essentials. The International Year of Fruits and Vegetables, 2021, background paper. <https://doi.org/10.4060/cb2395en>
- Fawole, O. A., & Opara, U. L. (2013). Effects of maturity status on biochemical content, polyphenol composition and antioxidant capacity of pomegranate fruit arils (cv. 'Bhagwa'). *South African Journal of Botany*, 85, 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2012.11.010>
- Fernandes, J., Reboredo, F. H., Silva, M. M., Sim, M. M., Lidon, F. C., & Ramalho, J. C. (2022). Elemental Composition of Commercial Herbal Tea Plants and Respective Infusions. *Plants*, 1–14. <https://doi.org/10.3390/plants11111412>
- Ferreira, M. D., & Spricigo, P. C. (2017). Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 209–220. Repositório alice. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1084379>
- Ferreira, N. F. M. (2021). Implementação do Sistema CIELab na Avaliação Colorimétrica de Vinhos Brancos e Vinhos Rosados. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 163 pg. Repositório Universidade Nova. <https://run.unl.pt/handle/10362/125042>
- Figueiredo, T. F. C. (2012). Desenvolvimento tecnológico de polpas refrigeradas de pêra rocha e outros hortofrutícolas. Dissertação Mestrado em Engenharia Alimentar, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, 120 pg. Repositório da Universidade de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10400.5/5342>
- Fragoso, A., & Mújica-Paz, H. (2016). Controlled Atmosphere Storage: Effect on Fruit and Vegetables. *Encyclopedia of Food and Health*, 308–311. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00197-5>
- Franck, C., Lammertyn, J., Ho, Q. T., Verboven, P., Verlinden, B., & Nicolaï, B. M. (2007). Browning disorders in pear fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 43(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.08.008>
- Gago, C. M. L., Guerreiro, A. C., Miguel, G., Panagopoulos, T., Sánchez, C., & Antunes, M. D. C. (2015). Effect of harvest date and 1-MCP (SmartFresh™) treatment on “Golden Delicious” apple cold storage physiological disorders. *Postharvest Biology and Technology*, 110, 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.018>
- Galvis-Sánchez, A. C., Fonseca, S. C., Gil-Izquierdo, Á., Gil, M. I., & Malcata, F. X. (2006). Effect of

- different levels of CO₂ on the antioxidant content and the polyphenol oxidase activity of “Rocha” pears during cold storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(4), 509–517. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2359>
- Galvis-Sánchez, A. C., Fonseca, S. C., Morais, A. M. M. B., & Malcata, F. X. (2004). Effects of preharvest, harvest and postharvest factors on the quality of pear (cv. 'Rocha') stored under controlled atmosphere conditions. *Journal of Food Engineering*, 64(2), 161–172. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.09.027>
- Gião, M. S., González-Sanjosé, M. L., Rivero-Pérez, M. D., Pereira, C. I., Pintado, M. E., & Malcata, F. X. (2007). Infusions of Portuguese medicinal plants: Dependence of final antioxidant capacity and phenol content on extraction features. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(14), 2638–2647. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3023>
- Gomes, D. G. (2015b). Acastanhamento interno durante o armazenamento da pera 'Rocha': Impacto do baixo O₂ e alto CO₂ no metabolismo e estratégias de controlo. Dissertação de mestrado em Engenharia Agronómica, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 73 pg. https://sigarra.up.pt/fcup/pt/pub_geral.pub_view?pi_pub_base_id=127572
- Gomes, P. (2015a). Contributo para o estudo da influência da fertilização na incidência de Estenfiliose em pereira ‘Rocha’. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, 86 pg. Repositório da Universidade de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10400.5/10925>
- Gomes, R. (2018). Previsão do estado de maturação , qualidade e relação do potencial de conservação com o índice de maturação medido com o 'DA-meter' em pêra 'Rocha'. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, 108 pg. Repositório da Universidade de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10400.5/15882>
- Gullón, B., Montenegro, M. I., Ruiz-Matute, A. I., Cardelle-Cobas, A., Corzo, N., & Pintado, M. E. (2016). Synthesis, optimization and structural characterization of a chitosan-glucose derivative obtained by the Maillard reaction. *Carbohydrate Polymers*, 137, 382–389. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.10.075>
- Harrill, R. (1994). Using a refractometer to test the quality of fruits & vegetables. Perfect Blend, LLC, 1-28.
- Ho, Q. Tri, Verlinden, B. E., Verboven, P., & Nicolaï, B. M. (2006). Gas diffusion properties at different positions in the pear. *Postharvest Biology and Technology*, 41(2), 113–120. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.04.002>
- Ho, Quang Tri, Hertog, M. L. A. T. M., Verboven, P., Ambaw, A., Rogge, S., Verlinden, B. E., & Nicolaï, B. M. (2018). Down-regulation of respiration in pear fruit depends on temperature. *Journal of Experimental Botany*, 69(8), 2049–2060. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery031>
- Hui, W., Niu, J., Xu, X., & Guan, J. (2016). Evidence supporting the involvement of MHO in the formation of superficial scald in ‘Dangshansuli’ pears. *Postharvest Biology and Technology*, 121, 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.07.005>
- INE. (2021). Previsões agrícolas:31 de julho de 2021. 1–9.
- INSA. (2021). Tabela da composição de alimentos Doutor Ricardo Jorge. <https://portfir-insa.min-saude.pt/> [Acedido em Março, 2023]

- Jacinto, C. L. (2015). Avaliação da exposição ao mancozebe pelo consumo de pera rocha Avaliação da exposição ao mancozebe pelo consumo de pera rocha. Dissertação de Mestrado em Gestão da Qualidade e Segurança Alimentar, Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar - Peniche do Politécnico de Leiria, 84 pg. Repositório do Politécnico de Leiria. <http://hdl.handle.net/10400.8/2194>
- Jemrić, T., Fruk, I., Fruk, M., Radman, S., Sinkovič, L., & Fruk, G. (2016). Bitter pit in apples: Pre- and postharvest factors: A review. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14(4), 1–12. <https://doi.org/10.5424/sjar/2016144-8491>
- Jiménez, J. B., Orea, J. M., Montero, C., González Ureña, Á., Navas, E., Slowing, K., Gómez-Serranillos, M. P., Carretero, E., & De Martinis, D. (2005). Resveratrol treatment controls microbial flora, prolongs shelf life, and preserves nutritional quality of fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(5), 1526–1530. <https://doi.org/10.1021/jf048426a>
- Jung, S. K., & Watkins, C. B. (2008). Superficial scald control after delayed treatment of apple fruit with diphenylamine (DPA) and 1-methylcyclopropene (1-MCP). *Postharvest Biology and Technology*, 50(1), 45–52. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.05.006>
- Khin, M. M., Zhou, W., & Yeo, S. Y. (2007). Mass transfer in the osmotic dehydration of coated apple cubes by using maltodextrin as the coating material and their textural properties. *Journal of Food Engineering*, 81(3), 514–522. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.12.005>
- Lamuela-Raventós, R. (2018). Folin–Ciocalteu method for the measurement of total phenolic content and antioxidant capacity. In R. Apak, E. Capanoglu, & F. Shahidi (Eds.), *Measurement of Antioxidant Activity & Capacity Recent Trends and Applications* (pp. 107–114). John Wiley & Sons Ltd.
- Larrigaudière, C., Candan, A. P., Giné-Bordonaba, J., Civello, M., & Calvo, G. (2016). Unravelling the physiological basis of superficial scald in pears based on cultivar differences. *Scientia Horticulturae*, 213, 340–345. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.10.043>
- Li, X., Li, X., Wang, T., & Gao, W. (2016). Nutritional Composition of Pear Cultivars (*Pyrus* spp.). In: *Nutritional Composition of Fruit Cultivars*, Chapter 24, 573-608 Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00024-6>
- Liaudanskas, M., Zymone, K., Viškelis, J., Klevinskas, A., & Janulis, V. (2017). Determination of the phenolic composition and antioxidant activity of pear extracts. *Journal of Chemistry*, 2017, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2017/7856521>
- Lourenço, J. L. L. (2018). Monda química em pereira ‘ Rocha . ’ Dissertação de Mestrado em Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, 65 pg. Repositório da Universidade de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10400.5/17851>
- Luis, M. (2022). Avaliação da qualidade da 'Pera Rocha' durante a conservação em atmosfera controlada. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agronómica, Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora, 104 pg. Repositório da Universidade de Évora. <http://hdl.handle.net/10174/31790>
- Lurie, S., & Watkins, C. B. (2012). Superficial scald, its etiology and control. *Postharvest Biology and Technology*, 65, 44–60. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.11.001>
- Luz, J., & Amaro, C. (2013). O Fogo Bacteriano. In: *Dossier Técnico*, Instituto Politécnico de Castelo

- Branco, 24–26. Repositório Científico do Instituto Politécnico de Castelo Branco. <http://hdl.handle.net/10400.11/1748>
- Luz, J. P., & Amaro, C. (2014). O fogo bacteriano das pomoideas em Portugal. II Ciclo de Conferências: Conselho Técnico Científico. IPCB. ESA. 6–11. Repositório Científico do Instituto Politécnico de Castelo Branco. <http://hdl.handle.net/10400.11/2325>
- Mahajan, B. V. C., Singh, K., & Dhillon, W. S. (2010). Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on storage life and quality of pear fruits. *Journal of Food Science and Technology*, 47(3), 351–354. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0058-5>
- Marques, I. S. M. A. (2012). Conservação de frutas: Redução de doenças de pós-colheita em pera 'Rocha'. Dissertação de Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 66 pg. Repositório da Universidade Nova. <http://hdl.handle.net/10362/8232>
- Martin, M. S. DE, Steffens, C. A., Amante, C. V. T. Do, Brackmann, A., & Junior, W. L. (2015). Qualidade De Peras 'Rocha' Armazenadas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(1), 73–82. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-017/14>
- Martin, M. S., Steffens, C. A., Amarante, C. V. T., Rodrigues, M. F., Heinzen, A. S., & Brackmann, A. (2017). Escurecimento da polpa em pera 'Rocha' influenciado pela composição mineral do fruto e condições de atmosfera controlada. *Bragantia*, 76(2), 318–326. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.664>
- Martin, M. S., Steffens, C. A., do Amarante, C. V. T., Brackmann, A., Rodrigues, M. F., & Soethe, C. (2017). 'Rocha' pears stored under controlled atmosphere with ultra-low and low O₂ associated with different CO₂ levels. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(5), 1-10. <https://doi.org/10.1590/0100-29452017143>
- Martins, S. I. F. S., Jongen, W. M. F., & Boekel, M. A. J. S. Van. (2001). A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Food Science & Technology*, 364–373. <https://doi.org/10.2307/3717028>
- Mattheis, J. P., & Rudell, D. (2011). Responses of “d’Anjou” pear (*Pyrus communis* L.) fruit to storage at low oxygen setpoints determined by monitoring fruit chlorophyll fluorescence. *Postharvest Biology and Technology*, 60(2), 125–129. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.12.007>
- Mditshwa, A., Fawole, O. A., Vries, F., van der Merwe, K., Crouch, E., & Opara, U. L. (2017). Minimum exposure period for dynamic controlled atmospheres to control superficial scald in 'Granny Smith' apples for long distance supply chains. *Postharvest Biology and Technology*, 127, 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.12.009>
- Melo, A. A. M., Olabode, P. N., Atamian, H. S., Nyakundi, B., Pacioles, C. T., & Prakash, A. (2021). Irradiation reduces superficial scald by downregulating ethylene and α -farnesene biosynthetic enzymes in 'Granny Smith' apples. *Radiation Physics and Chemistry*, 189, 109650. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2021.109650>
- Mendes, R. D. B. (2017). Pools de nutrientes em pomares e sua relação com a incidência de acastanhamentos internos em pera “Rocha”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrônoma – Especialidade em Hortofruticultura e Viticultura, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, 103 pg. Repositório da Universidade de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10400.5/14841>

- Morais, A. M. M. B., Avelar, M. L., & Rodrigues, A. C. (2001). Influence of delayed CA storage on ascorbic acid content and brown-heart incidence in “Rocha” pear. *Acta Horticulturae*, 552, 647–649. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2001.553.156>
- Neto, E. (1999). Antioxidantes na conservação das características nutricionais de alimentos usados em rações para aves. Tese de Doutorado em Zootecnia, 79 pg. Relatório Aberto da Universidade Federal de Viçosa. <https://locus.ufv.br/handle/123456789/10996>
- Neuwald, D. A., Sestari, I., Kitemann, D., Streif, J., Weber, A., & Brackmann, A. (2014). Can Mineral Analysis be Used as a Tool to Predict ‘Braeburn’ Browning Disorders (BBD) in Apple in Commercial Controlled Atmosphere (CA) Storage in Central Europe? *Erwerbs-Obstbau*, 56(1), 35–41. <https://doi.org/10.1007/s10341-014-0202-x>
- Neves, L. C., Alencar, S. M. de, & Carpes, S. T. (2009). Determinação da atividade antioxidante e do teor de compostos fenólicos e flavonoides totais em amostras de pólen apícola de *Apis mellifera*. *Brazilian Journal of Food Technology*, VII BMCFB, 107–110.
- Niu, JunPeng, Hou, Z., Ou, Z., & Hui, W. (2018a). Comparative study of effects of resveratrol, 1-MCP and DPA treatments on postharvest quality and superficial scald of 'starkrimson' apples. *Scientia Horticulturae*, 240, 516–521. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.037>
- Niu, Junpeng, Zhao, L., Wang, J., & Hui, W. (2018b). Effects of Resveratrol on Superficial Scald of “Dangshansuli” Pears. 7(1), 26–35. <https://doi.org/10.32732/jfet>
- Oliveira, C. M., Garcia, A., & Mota, M. (2014, dezembro, 4-5). Qualidade da pera ‘ Rocha ’: efeito do tempo de prateleira na textura e na preferência do consumidor. In: Associação Portuguesa de Horticultura, III Simpósio Nacional de Fruticultura, Vila Real. <https://www.cothn.pt/article/98>
- Oliveira, G. L. S. (2015). Determinação da capacidade antioxidante de produtos naturais in vitro pelo método do dpph•: Estudo de revisão. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 17(1), 36–44. https://doi.org/10.1590/1983-084X/12_165
- Önal, B., Adiletta, G., Di Matteo, M., Russo, P., Ramos, I. N., & Silva, C. L. M. (2021). Microwave and ultrasound pre-treatments for drying of the “Rocha” pear: Impact on phytochemical parameters, color changes and drying kinetics. *Foods*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/foods10040853>
- Penchaiya, P., Jansasithorn, R., & Kanlayanarat, S. (2006). Effect of 1-MCP on physiological changes in mango “Nam Dokmai.” *Acta Horticulturae*, 712, 717–721. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2006.712.91>
- Pereira, C. (2017). Monitorização da conservação de pêra ‘ Rocha ’ : avaliação de características de qualidade. Dissertação de Mestrado em Engenharia Alimentar, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, 67 pg. Repositório da Universidade de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10400.5/151118>
- Pereira, F. (2015). Fileira da pera Rocha - Análise do Setor no Período 2003-2013. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agronómica – Economia Agrária, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, 82 pg. Repositório da Universidade de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10400.5/12183>
- Pereira, M. O. de S. (2010). Estudo Comparativo de Métodos de Avaliação da Capacidade Antioxidante de Compostos Bioactivos. Dissertação de Mestrado em Engenharia Alimentar, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, 50 pg. Repositório da Universidade de Lisboa.

<http://hdl.handle.net/10400.5/3146>

Pintado, M. L. S. (2019). Análise de parâmetros bioquímicos para previsão precoce do acastanhamento interno de pera “Rocha” do Oeste. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, 106 pg. Repositório da Universidade de Lisboa.

<http://hdl.handle.net/10400.5/19461>

Pinto, P. M. Z., & Morais, A. M. M. B. de. (Eds.). (2000). Boas Práticas para a Conservação de Produtos Hortofrutícolas. Associação para a Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica. <https://www.scribd.com/document/16071217/codigo-de-boas-praticas-horto-spiral>

Rambla, F. J., Garrigues, S., & De La Guardia, M. (1997). PLS-NIR determination of total sugar, glucose, fructose and sucrose in aqueous solutions of fruit juices. *Analytica Chimica Acta*, 344(1–2), 41–53. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(97\)00032-9](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(97)00032-9)

Rao, C. G. (Ed.). (2015). Engineering for Storage of Fruits and Vegetables: Cold Storage, Controlled Atmosphere Storage, Modified Atmosphere Storage. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/C2014-0-03394-1>

Saba, M. K., & Moradi, S. (2016). Internal browning disorder of eight pear cultivars affected by bioactive constituents and enzyme activity. *Food Chemistry*, 205, 257–263. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.022>

Salta, J., Martins, A., Santos, R. G., Neng, N. R., Nogueira, J. M. F., Justino, J., & Rauter, A. P. (2010). Phenolic composition and antioxidant activity of Rocha pear and other pear cultivars - A comparative study. *Journal of Functional Foods*, 2(2), 153–157. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2010.02.002>

Salvador, A. S. L. (2015). Influência do Local de Produção de Pera ‘Rocha’, Armazenada em Atmosfera Controlada, na Incidência a Desordens de Escurecimento Interno e na Aptidão para Consumo em Fresco e Processado. Dissertação de Mestrado em Engenharia Alimentar, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, 85 pg. Repositório da Universidade de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10400.5/11110>

Santos, R. R. (2019). Incidência e severidade de estenfiliose em pereira ‘Rocha’ no Oeste e avaliação da eficácia biológica de fungicidas. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, 83 pg. Repositório da Universidade de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10400.5/18392>

Santos, S. C. R. V. L., Guiné, R. P. F., & Barros, A. (2014). Effect of drying temperatures on the phenolic composition and antioxidant activity of pears of Rocha variety (*Pyrus communis* L.). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 8(2), 105–112. <https://doi.org/10.1007/s11694-014-9170-y>

Saquet, A., & Almeida, D. (2016, novembro, 2-4). Energy metabolism and fruit quality of ‘Rocha’ pear as affected by oxygen partial pressures and 1-methylcyclopropene. In: Associação Portuguesa de Horticultura, IX Simpósio Ibérico de Maturação e Pós Colheita, Lisboa. <https://aphorticultura.pt/publicacoes-2014-2017-n28/>

Saquet, Adriano A., Streif, J., & Almeida, D. P. F. (2017). Responses of ‘Rocha’ pear to delayed controlled atmosphere storage depend on oxygen partial pressure. *Scientia Horticulturae*, 222, 17–21. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.05.006>

- Saquet, Adriano A., Streif, J., & Almeida, D. P. F. (2019). Mineral composition and distribution within 'Rocha' pear in relation to internal storage disorders. *Postharvest Biology and Technology*, 158, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.111002>
- Saquet, Adriano Arriel. (2019). Storage of pears. *Scientia Horticulturae*, 246, 1009–1016. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.091>
- Serra, J. (2016). Evolução da Matriz Organizacional dos Produtores de Pera Rocha na Região do Oeste. Dissertação de Mestrado em Estratégia de Investimento e Internacionalização. Instituto Superior de Gestão, 111 pg. Repositório Comum. <http://hdl.handle.net/10400.26/19535>
- Silva, F., Fidalgo, F., & Almeida, D. (2006). Influência da atmosfera controlada diferida na actividade antioxidante e acastanhamentos internos da pêra 'Rocha'. In: Associação Portuguesa de Horticultura, I Simpósio Nacional de Fruticultura, Alcobça. https://www.researchgate.net/publication/236473382_Influencia_da_atmosfera_controlada_diferida_na_actividade_antioxidante_e_acastanhamentos_internos_da_pera_'Rocha'
- Silva, F. J. P., Gomes, M. H., Fidalgo, F., Rodrigues, J. A., & Almeida, D. P. F. (2010). Antioxidant properties and fruit quality during long-term storage of "rocha" pear: Effects of maturity and storage conditions. *Journal of Food Quality*, 33(1), 1–20. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2009.00289.x>
- Silva, G. J., Souza, T. M., Barbieri, R. L., & Costa De Oliveira, A. (2014). Origin, Domestication, and Dispersing of Pear (*Pyrus* spp.). *Advances in Agriculture*, 2014, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2014/541097>
- Soares, J., Alexandre, J., & Silva, A. (2001). O livro da Pera Rocha (1ªed.). Associação Nacional de Produtores de Pêra Rocha.
- Sousa, C. M. D. M., Silva, H. R. E., Vieira, G. M., Ayres, M. C. C., Da Costa, C. L. S., Araújo, D. S., Cavalcante, L. C. D., Barros, E. D. S., Araújo, P. B. D. M., Brandão, M. S., & Chaves, M. H. (2007). Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. *Química Nova*, 30(2), 351–355. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000200021>
- Sousa, R. M. de. (2020). Manual de Boas Práticas de Fruticultura - A Pereira "Rocha". In Frutas, Legumes e Flores: Vol. 3o Fascículo (Issue edição no 211).
- Srivastava, R. K., Talluri, S., Beebi, S. K., & Rajesh Kumar, B. (2018). Magnetic Resonance Imaging for Quality Evaluation of Fruits: a Review. *Food Analytical Methods*, 11(10), 2943–2960. <https://doi.org/10.1007/s12161-018-1262-6>
- Thermo Fisher Scientific. (2010). Thermo Scientific Niton XL3t GOLDD+ XRF Analyzer: Product Specifications.
- Valente, J., Almeida, R., & Kooistra, L. (2019). A comprehensive study of the potential application of flying ethylene-sensitive sensors for ripeness detection in apple orchards. *Sensors (Switzerland)*, 19(2). <https://doi.org/10.3390/s19020372>
- Veltman, R. H., Kho, R. M., Van Schaik, A. C. R., Sanders, M. G., & Oosterhaven, J. (2000). Ascorbic acid and tissue browning in pears (*Pyrus communis* L. cvs Rocha and Conference) under controlled atmosphere conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 19(2), 129–137. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00095-8](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00095-8)

Viana, J. M. M. L. (2020). Mobilização do Solo - Manual do formador.
<https://jovemagricultor.azores.gov.pt/noticia.aspx?f=30&t=4&i=62>

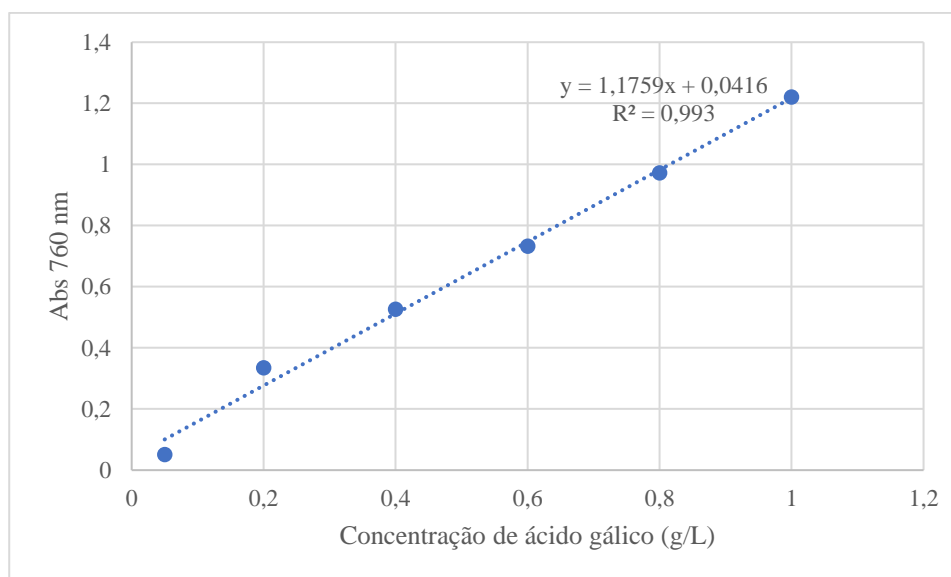
Wang, Z., Barrow, C. J., Dunshea, F. R., & Suleria, H. A. R. (2021). A comparative investigation on phenolic composition, characterization and antioxidant potentials of five different australian grown pear varieties. *Antioxidants*, 10(2), 1–22. <https://doi.org/10.3390/antiox10020151>

Zhou, S., Cheng, Y., & Guan, J. (2017). The molecular basis of superficial scald development related to ethylene perception and α -farnesene metabolism in ‘Wujiuxiang’ pear. *Scientia Horticulturae*, 216, 76–82. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.12.025>

A.1 Cálculo para obtenção do valor de massa de NaOH

[NaOH]=0,1 mol/L; M(massa molar) de NaOH=40,00 g/mol; Vf (volume final) =500 mL=0,5 L,
Tem-se que n (número de mol) =[NaOH]×Vf=0,1×0,5=0,05, e que m (massa) = n×M = 0,05×40
= 2 g.

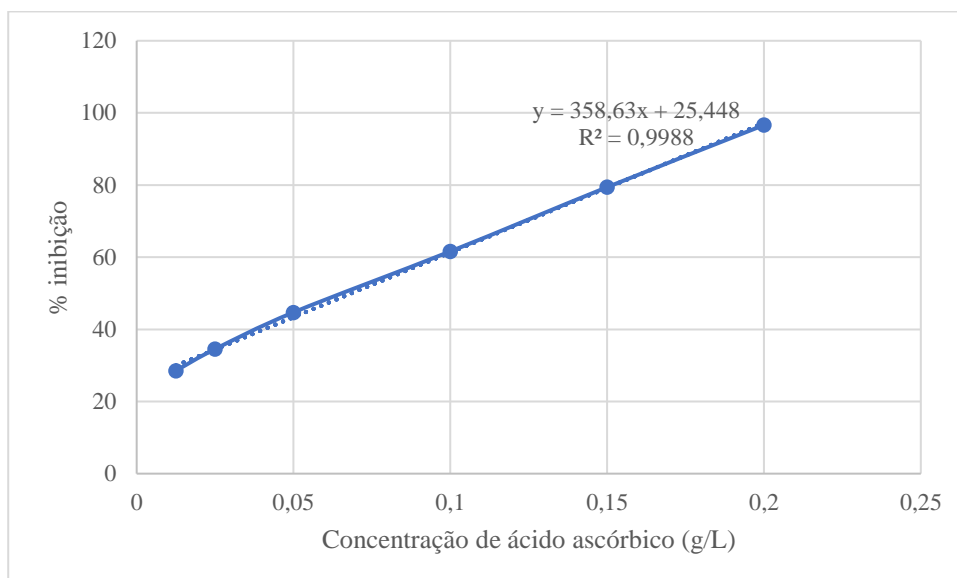
A.2 Reta de calibração para a quantificação dos compostos fenólicos



A.Figura 1 - Reta de calibração do ácido gálico.

$$Abs = 1,1759 \times C \left(\frac{g}{L} \right) + 0,0416$$

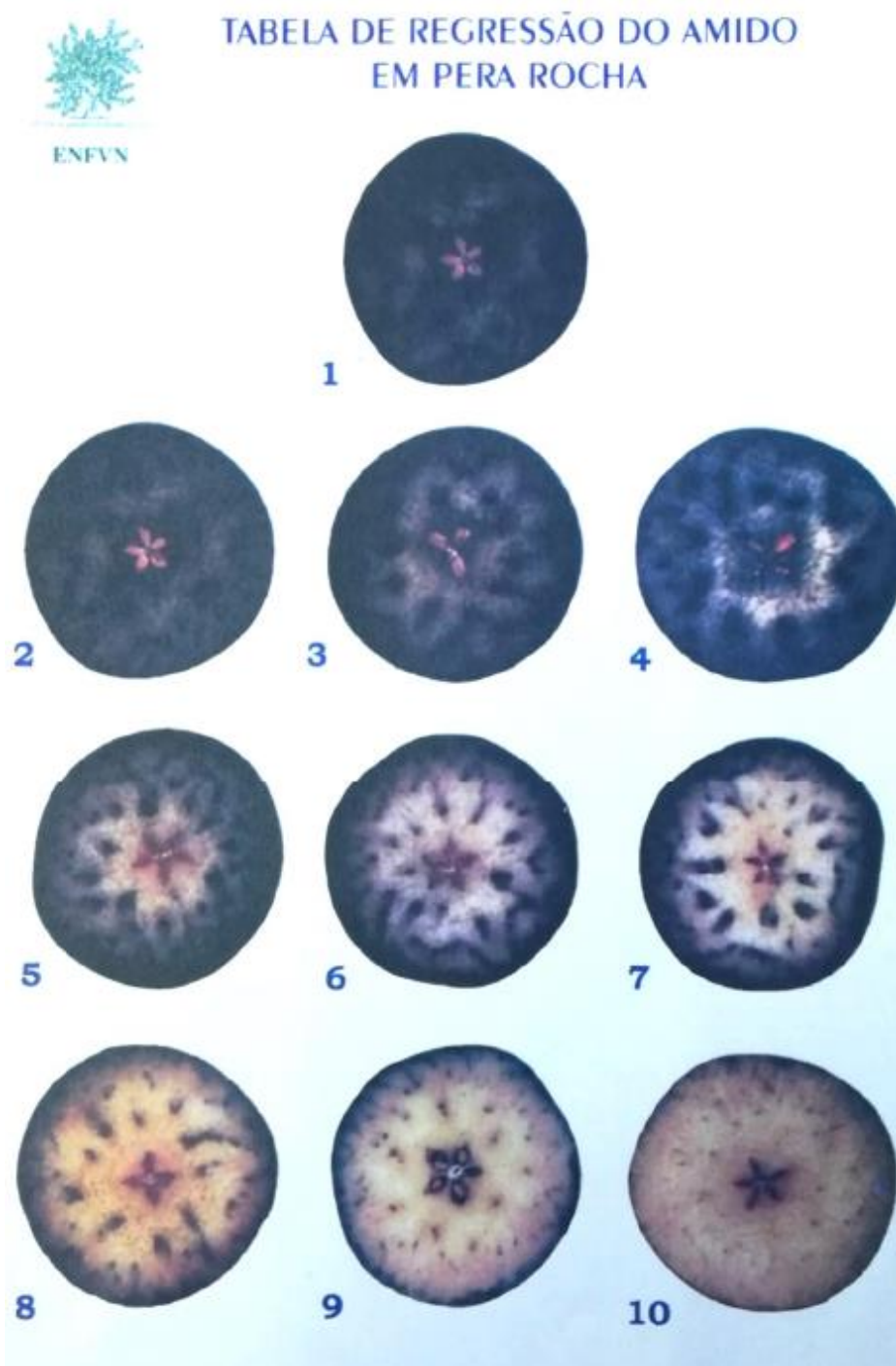
A.3 Reta de calibração para a determinação da capacidade antioxidante



A.Figura 2 - Reta de calibração do ácido ascórbico.

$$\% \text{ Inibição} = 358,63 \times C \left(\frac{g}{L} \right) + 25,448$$

A.4 Tabela de regressão do amido



A.Figura 3 - Estádios de Regressão do Amido em pera Rocha (Avelar & Rodrigues, 1999).

A.5 Fórmulas para cálculo do índice e da incidência (Niu *et al.*, 2018)

$$\text{Índice} = \frac{\sum(\text{Número de peras} \times \text{grau})}{\text{Número total de peras} \times \text{grau superior}} \times 100\%$$

$$\text{Incidência} = \frac{\text{Número de peras afetadas}}{\text{Número total de peras}} \times 100\%$$

A.6 Incidência (%) de Escaldão superficial e Acastanhamento interno ao longo do tempo em peras armazenadas em diferentes atmosferas

Quadro 1 - Incidência (%) de Escaldão Superficial nos frutos dos pomares 1, 2 e 3 em diferentes atmosferas.

Pomar	Atmosfera	Íncidência (%) de escaldão			
		Ai7	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
1	ULO	0 ^a	0 ^{a,r}	0 ^a	0 ^{a,r}
	AN	0 ^a	40 ^{b,s}	60 ^c	65 ^{d,s}
	AC	0 ^a	0 ^{a,r}	0 ^a	5 ^{a,r}
2	ULO	0 ^a	0 ^{a,r}	0 ^a	0 ^{a,r}
	AN	0 ^a	25 ^{b,s}	45 ^b	80 ^{c,s}
	AC	0 ^a	5 ^{a,r}	0 ^a	10 ^{b,t}
3	ULO	0 ^a	0 ^{a,r}	0 ^a	0 ^{a,r}
	AN	0 ^a	30 ^{b,s}	15 ^b	55 ^{c,s}
	AC	0 ^a	0 ^{a,r}	0 ^a	10 ^{b,t}

Incêdências (%) de escaldão, dentro do mesmo pomar, seguidos por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidos por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p > 0,05$) ($n=20$).

Quadro 2 - Incidência (%) de Acastanhamentos Internos nos frutos dos pomares 1, 2 e 3 em diferentes atmosferas.

Pomar	Atmosfera	Incidência (%) de acastanhamento			
		Ai7	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
1	ULO	5 ^a	0 ^{a,r}	0 ^a	0 ^{a,r}
	AN	20 ^a	40 ^{a,s}	55 ^b	40 ^{a,s}
	AC	5 ^a	5 ^{a,r}	40 ^b	5 ^{a,r}
2	ULO	15 ^{ab}	35 ^{a,r}	5 ^b	20 ^{a,r}
	AN	30 ^a	25 ^{a,r}	60 ^a	70 ^{b,s}
	AC	0 ^a	15 ^{a,r}	15 ^a	5 ^{a,r}
3	ULO	25 ^a	0 ^{b,r}	0 ^b	0 ^{b,r}
	AN	10 ^a	15 ^{a,r}	45 ^b	35 ^{a,s}
	AC	0 ^a	5 ^{a,r}	0 ^a	5 ^{a,rs}

Incidências (%) de acastanhamento, dentro do mesmo pomar, seguidos por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidos por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p>0,05$) (n=20).

A.7 Incidência (%) de Escaldão superficial e Acastanhamento interno ao longo do tempo de peras submetidas a tratamento com antioxidantes

Quadro 3 - Incidência (%) de Escaldão Superficial nos frutos do Pomar 1.

Atmosfera / Antioxidante	Incidência (%) de escaldão		
	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	0 ^{a,r}	0 ^a	5 ^{a,r}
S.1	5 ^{a,r}	0 ^a	0 ^{a,r}
S.2	10 ^{a,r}	0 ^a	5 ^{a,r}
S.3	0 ^{a,r}	0 ^a	5 ^{a,r}
Resv	0 ^{a,r}	5 ^a	0 ^{a,r}
Ast	0 ^{a,r}	30 ^b	0 ^{a,r}
Resv+VE	0 ^{a,r}	20 ^a	5 ^{a,r}

Incidências (%) de escaldão seguidos por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidos por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p>0,05$) (n=20).

Quadro 4 - Incidência (%) de Acastanhamentos internos nos frutos do Pomar 1.

Atmosfera / Antioxidante	Incidência (%) de acastanhamento		
	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	5 ^{a,r}	40 ^b	5 ^{a,r}
S.1	35 ^{a,r}	10 ^a	10 ^{a,r}
S.2	10 ^{a,r}	20 ^a	5 ^{a,r}
S.3	30 ^{a,r}	10 ^a	10 ^{a,r}
Resv	25 ^{a,r}	20 ^a	25 ^{a,r}
Ast	50 ^{a,r}	15 ^b	15 ^{b,r}
Resv+VE	30 ^{a,r}	30 ^a	10 ^{a,r}

Incidência (%) de acastanhamento seguidos por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidos por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p>0,05$) (n=20).

Quadro 5 - Incidência (%) de Escaldão Superficial nos frutos do Pomar 2.

Atmosfera / Antioxidante	Incidência (%) de escaldão		
	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	5 ^{a,r}	0 ^a	10 ^{a,r}
S.1	0 ^{a,r}	0 ^a	5 ^{a,r}
S.2	0 ^{a,r}	0 ^a	5 ^{a,r}
S.3	5 ^{a,r}	0 ^a	10 ^{a,r}
Resv	0 ^{a,r}	15 ^a	0 ^{a,r}
Ast	0 ^{a,r}	10 ^a	0 ^{a,r}
Resv+VE	0 ^{a,r}	30 ^b	0 ^{a,r}

Incidência (%) de escaldão seguidos por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidos por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p>0,05$) (n=20).

Quadro 6 - Incidência (%) de Acastanhamentos internos nos frutos do Pomar 2.

Atmosfera / Antioxidante	Incidência (%) de acastanhamento		
	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	15 ^{a,r}	15 ^a	5 ^{a,r}
S.1	15 ^{a,r}	10 ^a	5 ^{a,r}
S.2	5 ^{a,r}	10 ^a	10 ^{a,r}
S.3	0 ^{a,r}	0 ^a	10 ^{a,r}
Resv	10 ^{a,r}	0 ^a	10 ^{a,r}
Ast	5 ^{a,r}	10 ^a	0 ^{a,r}
Resv+VE	5 ^{a,r}	10 ^a	10 ^{a,r}

Incidência (%) de acastanhamento seguidos por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidos por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p>0,05$) (n=20).

Quadro 7 - Incidência (%) de Escaldão Superficial nos frutos do Pomar 3.

Atmosfera / Antioxidante	Incidência (%) de escaldão		
	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	0 ^{a,r}	0 ^a	10 ^{a,r}
S.1	5 ^{a,r}	0 ^a	0 ^{a,r}
S.2	0 ^{a,r}	0 ^a	0 ^{a,r}
S.3	5 ^{a,r}	0 ^a	5 ^{a,r}
Resv	0 ^{a,r}	20 ^b	0 ^{a,r}
Ast	0 ^{a,r}	5 ^a	5 ^{a,r}
Resv+VE	0 ^{a,r}	0 ^a	0 ^{a,r}

Incidência (%) de escaldão seguidos por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidos por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p>0,05$) (n=20).

Quadro 8 - Incidência (%) de Acastanhamentos internos nos frutos do Pomar 3.

Atmosfera / Antioxidante	Incidência (%) de acastanhamento		
	Ai7(SL)	Ai9	Ai9(SL)
AC	5 ^{a,r}	0 ^a	5 ^{a,r}
S.1	10 ^{a,r}	5 ^a	5 ^{a,r}
S.2	0 ^{a,r}	0 ^a	0 ^{a,r}
S.3	0 ^{a,r}	5 ^a	10 ^{a,r}
Resv	0 ^{a,r}	10 ^a	5 ^{a,r}
Ast	0 ^{a,r}	5 ^a	10 ^{a,r}
Resv+VE	5 ^{a,r}	15 ^a	0 ^{a,r}

Incidência (%) de acastanhamento seguidos por letras (a, b, c) iguais nas linhas e seguidos por letras (r, s, t) iguais nas colunas não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p>0,05$) (n=20).

A.8 Tabela da razão entre K e Ca

Quadro 9 - Tabela da razão entre K e Ca de peras dos três pomares, armazenadas em atmosferas diferentes durante sete meses.

Pomar	Atmosfera	K	Ca	K/Ca
1	ULO	16310	995	16,39
	AN	17538	1102	15,91
	AC	17579	805	21,84
2	ULO	15370	1000	15,37
	AN	15290	866	17,66
	AC	17931	1089	16,47
3	ULO	17076	1399	12,21
	AN	17468	1252	13,95
	AC	16962	1029	16,48



<2023>

ISABEL LOPES DA SILVA

Influência do perfil de macro e micronutrientes e avaliação do efeito de antioxidantes exógenos no poder de conservação de pera Rocha

