



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Agronómica

Dissertação

Valorização da cultura da Figueira-da-Índia (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) produzida no Alentejo: Frutos e Cladódios.

Sofia Margarida Alves Trindade

Orientador(es) | A.C. Agulheiro Santos

Évora 2021



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Agronómica

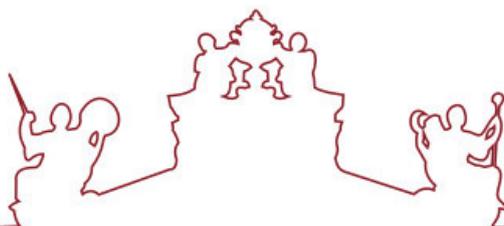
Dissertação

Valorização da cultura da Figueira-da-Índia (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) produzida no Alentejo: Frutos e Cladódios.

Sofia Margarida Alves Trindade

Orientador(es) | A.C. Agulheiro Santos

Évora 2021



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Vasco Fitas da Cruz (Universidade de Évora)

Vogais | A.C. Agulheiro Santos (Universidade de Évora) (Orientador)
Ana Elisa Rato (Universidade de Évora) (Arguente)

Aos meus pais.

*“Não deixaremos de explorar.
E o fim de toda a nossa exploração,
será chegar onde começamos e conhecer o lugar pela primeira vez.”*

T.S. Eliot

Agradecimentos

Quero agradecer a todas as pessoas e instituições, que me apoiaram de forma direta ou indireta na realização desta dissertação de mestrado.

À professora doutora Ana Cristina Agulheiro Santos, que aceitou ser a minha orientadora, pela acessibilidade e simpatia demonstrada, por todos os ensinamentos que me transmitiu e por ter-me sempre ajudado a manter a calma ao longo deste trabalho e ano atípico.

À PepeAromas© por ter aceitado colaborar com este trabalho e ceder o material vegetal, utilizado no decorrer do mesmo.

Ao professor doutor João Valente Nabais, pelo apoio que me deu nos ensaios realizados sobre o potencial dos cladódios enquanto agentes flocculantes. Também quero agradecer à Maria José Barão, pela ajuda prestada durante estes ensaios que foram realizados no Laboratório de Ecologia da Universidade de Évora.

À Margarida Romão, pela disponibilidade e ajuda prestada no Laboratório de Nutrição e Metabolismo da Universidade de Évora, durante as análises aos cladódios.

Quero agradecer ao Agostinho Serranito, a amizade e toda a ajuda que me deu ao longo deste percurso, durante os ensaios no Laboratório de Tecnologia e Pós-colheita e os ensaios que decorreram no Laboratório de Ecologia.

À Sara Rodrigues pela disponibilidade que demonstrou desde o início para me ajudar no que precisasse, por ter sempre lá estado quando eu precisei e por me aconselhar em alguns momentos.

Um agradecimento especial à Maria Inês Rouxinol, pela valiosa ajuda na realização das análises de compostos fenólicos e atividade antioxidante, no ensaio realizado sobre o potencial dos cladódios como agentes flocculantes. Também tenho de agradecer a Inês pelos bons momentos que passamos e pela amizade que sem dúvida levarei comigo para o resto da vida.

À Sara Conceição e Laura Carreira, que conheci durante este trabalho e me proporcionaram juntamente com a Inês um excelente ambiente de trabalho, apoiaram-me sempre que precisei, agradeço-lhes também a amizade.

Agradeço aos meus amigos que me foram apoiando e encorajando ao longo deste percurso, a Filipa Domingos, a Jacqueline Leal, a Patrícia Moio, o Daniel Gregório, a Márcia Faria,

e muitos outros.

E por fim agradeço a minha família, a minha mãe e ao meu pai, pela motivação que me deram ao longo deste percurso. E por terem acreditado em mim.

Resumo

Valorização da cultura da figueira-da-índia (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) produzida no Alentejo: Frutos e Cladódios.

As alterações climáticas, a procura por produtos naturais e saudáveis, dão relevância à cultura da figueira-da-índia, cuja área aumentou em Portugal. O presente trabalho tem como objetivo valorizar a cultura das variedades produzidas no Alentejo. Foram realizados ensaios de conservação com frutos de variedades “vermelha” e “laranja”, que permitem afirmar que é possível conservá-los durante 30 dias, a 2 °C e 90% de HR, com a embalagem biodegradável testada.

Os cladódios podem ser conservados até 85 dias à temperatura ambiente, com utilização da embalagem biodegradável. Os cladódios apresentam potencial como alimento para dieta humana, e como alimento suplementar para gado.

A utilização dos cladódios como floculante natural é promissora no tratamento de águas, tendo sido alcançados valores de 4 NTU de turbidez. Os cladódios frescos não necessitam de preparação prévia, e a sua abundância em zonas áridas e de baixos recursos, podem viabilizar o seu uso na limpeza de águas.

Palavras-Chave: Figo-da-índia, Cladódios, Conservação, Floculação, Alimento, Pós-colheita

Abstract

Valorization of the culture of Prickly Pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) produced in Alentejo: fruits and cladodes.

Climate change, the demand for natural and healthy products, have highlighted the cultivation of the prickly pear, having increased its area in Portugal. The present work aims to valorize the culture of the varieties produced in Alentejo. Storage trials were carried out with fruits of "red" and "orange" varieties, which allow stating that it is possible to store them for 30 days, at 2 °C and 90% RH, with the tested biodegradable packaging.

The cladodes can be preserved up to 85 days at room temperature with the use of the biodegradable packaging. The cladodes show potential as food for human diet, and as supplemental feed for livestock.

The use of cladodes as a natural flocculant is promising in treatment of water, reaching values of 4 NTU of turbidity. Fresh cladodes require no prior preparation, and their abundance in arid and low-resource areas may render their use in water cleaning feasible.

Keywords: Prickly pear, Cladodes, Conservation, Flocculation, Food source, Postharvest

Índice Geral

Agradecimentos.....	i
Resumo	iii
Abstract.....	v
Índice Geral.....	vii
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas	xiii
Abreviaturas	xiv
1.Introdução	3
1.1 Estrutura da dissertação	4
2. Enquadramento teórico	7
2.1. Origem e Taxonomia	7
2.2. Descrição botânica	7
2.3. Composição química dos frutos e cladódios.....	13
2.4. Pós-colheita na cultura da figueira-da-índia	15
2.4.1. Qualidade	15
2.4.2. Principais causas de perdas pós-colheita.....	16
2.4.3. Tecnologia de pós colheita aplicadas a figos-da-índia e a cladódios	18
2.5. Possíveis utilizações de produtos obtidos a partir da cultura da figueira-da-índia	19
3.Objetivos.....	25
4. Parte Experimental.....	29
4.1. Ensaio de conservação de frutos da variedade “vermelha”	29
4.1.1. Objetivo.....	29
4.1.2. Material.....	29
4.1.3. Implementação do ensaio e delineamento	29
4.1.4. Metodologia para análise de parâmetros físico-químicos.....	30
4.1.5. Metodologia para análise de compostos bioativos	34
4.2. Ensaio de conservação de frutos da variedade “laranja” com diferentes embalagens comerciais	36
4.2.1. Objetivo.....	36
4.2.2. Material vegetal	36
4.2.3. Delineamento e implementação do ensaio	36
4.3. Ensaio de conservação de frutos da variedade “vermelha” com diferentes embalagens comerciais	37
4.3.1. Objetivo.....	37
4.3.2. Material vegetal	38

4.3.3. Delineamento e implementação do ensaio	38
4.4. Ensaio de conservação cladódios.....	39
4.4.1. Objetivo	39
4.4.2 Material vegetal	39
4.4.3. Delineamento e implementação do ensaio	39
4.4.4. Análise de parâmetros físico-químicos	40
4.4.5. Análise de compostos bioativos.....	42
4.4.6. Análise a composição mineral para consumo humano	44
4.4.7. Análise a composição nutricional para consumo animal.....	44
4.5. Potencial dos cladódios enquanto floculante natural	50
4.5.1. Objetivo.....	50
4.5.2. Material de avaliação utilizado	50
4.5.3. Preparação dos cladódios	51
4.5.4. Preparação da mucilagem.....	52
4.5.5. Condições de teste	53
4.6. Tratamento estatístico	55
5. Resultados e discussão	61
5.1. Ensaio de conservação da variedade “vermelha”	61
5.1.1. Caracterização do material vegetal	61
5.1.2. Evolução dos frutos durante a conservação.....	66
5.1.2.1 Perda de massa dos frutos	66
5.1.2.2 Cor do epicarpo	67
5.1.2.3 Textura	70
5.1.2.3. Sólidos solúveis totais	73
5.1.2.4. Acidez titulável e pH.....	75
5.1.2.5. Compostos fenólicos	77
5.1.2.6. Capacidade antioxidante.....	78
5.2. Ensaio de conservação de frutos da variedade “laranja” com diferentes embalagens comerciais	79
5.2.1. Caracterização do Material vegetal	79
5.2.2. Evolução dos frutos “laranja” durante a conservação em diferentes embalagens.....	84
5.2.2.1 Perda de massa dos frutos	84
5.2.2.2 Cor do epicarpo	86
5.2.2.3 Textura	88
5.2.2.3. Sólidos solúveis totais	91
5.2.2.4. Acidez titulável e pH.....	93
5.2.2.5. Compostos fenólicos	95
5.2.2.6. Capacidade antioxidante.....	97

5.3. Ensaio de conservação de frutos da variedade “vermelha” com diferentes embalagens comerciais	98
5.3.1. Caracterização do Material vegetal	98
5.3.2. Evolução dos frutos “vermelhos” durante a conservação em diferentes embalagens	98
5.3.2.1 Perda de massa dos frutos	98
5.3.2.2 Cor do epicarpo	99
5.3.2.3 Textura	102
5.3.2.3. Sólidos solúveis totais	105
5.3.2.4. Acidez titulável e pH.....	106
5.3.2.5. Compostos fenólicos	108
5.3.2.6. Capacidade antioxidante.....	109
5.4. Ensaio de conservação dos cladódios	111
5.4.1. Evolução das características físico-químicas dos cladódios durante a conservação	111
5.4.1.1 Perda de peso dos cladódios.....	111
5.4.1.2 Cor da epiderme.....	113
5.4.1.3 Textura	115
5.4.2. Análise de compostos funcionais.....	116
5.4.2.1. Compostos fenólicos	116
5.4.2.2. Capacidade antioxidante.....	117
5.4.3. Análise da composição mineral para consumo humano	118
5.4.4. Análise da composição nutricional para consumo animal.....	120
5.6. Potencial dos cladódios enquanto floculante natural	122
5.6.1. Cladódios frescos cortados	122
5.6.2. Cladódios liofilizados cortados.....	124
5.6.3. Cladódios liofilizados moídos	126
5.6.4. Mucilagem extraída a frio	128
5.6.5. Mucilagem extraída com calor	129
6. Conclusões	133
7. Referências Bibliográficas	143
8. Anexos	145

Índice de Figuras

Figura 1- Cladódios com folhas, espinhos e aréolas (Fonte: INIAV,2016).....	8
Figura 2-Fruto da figueira-da-índia (Fonte: O autor)	10
Figura 3-Texturograma após aplicação da macro	32
Figura 4-Texturograma obtido após macro.	32
Figura 5-Aspecto de metade do figo cortado para a realização do teste (Fonte: O autor)	33
Figura 6-Curva de calibração dos compostos fenólicos.	35
Figura 7-Aspecto das amostras de sumo de figo-da-índia da variedade “vermelha” após a incubação no escuro durante a análise da atividade antioxidante (Fonte: O autor).	35
Figura 8-Aspecto das amostras de sumo do Figo-da-índia variedade “laranja” antes da leitura de absorvância, na análise dos compostos antioxidantes (Fonte: O autor)	37
Figura 9-Teste de textura realizado na zona equatorial do fruto (Fonte: O Autor).....	37
Figura 10-Diferentes tipos embalagens utilizadas nos estudos (Fonte: O autor).	38
Figura 11-Cladódios embalados em sacos biodegradáveis (Fonte: O autor).....	40
Figura 12-Sonda de corte utilizada e respetiva base de corte da marca Stable Micro Systems (Fonte: O autor).....	41
Figura 13-Zona equatorial do cladódio preparada para o teste de textura (Fonte: O autor)....	42
Figura 14-Aparência das amostras após terem estado no escuro durante duas 2 horas (Fonte: O autor).....	43
Figura 15-Curva de calibração para os compostos fenólicos.	43
Figura 16-Aparência dos cladódios liofilizados antes de serem moídos (Fonte: O autor).....	45
Figura 17-Cadinhos de alumínio com amostra moída de cladódios liofilizados (Fonte: O autor).	46
Figura 18-Cadinhos após terem sido retirados da mufla com a amostra com cor esbranquiçada (Fonte: O autor).....	47
Figura 19-Fibrebag contendo a amostra de cladódios liofilizados (Fonte: O autor).....	48
Figura 20-Cladódios liofilizados em pó após a reidratação adicionados a mistura de água e argila (Fonte: O autor).....	52
Figura 21-Extração de mucilagem a frio (Fonte: O autor).....	52
Figura 22-Extração de mucilagem com calor (Fonte: O autor)	53
Figura 23-Aspecto dos figos-da-índia da variedade “vermelha” na qual é evidente a heterogeneidade dos frutos (Fonte: O autor).....	61
Figura 24-Aspecto da cor média dos frutos.	62
Figura 25-Gráfico representativo do teor de compostos fenólicos do figo-da-índia variedade “vermelha”. Os números de amostras representam as amostras compósitas, cada amostra corresponde a 3 frutos.	64
Figura 26-Gráfico representativo da capacidade antioxidante do figo-da-índia da variedade “vermelha”. Os números de amostras representam as amostras compósitas, cada amostra corresponde a 3 frutos.	65
Figura 27-Evolução do Peso Perdido (%) ao longo to tempo de conservação para as duas modalidades em estudo.....	67
Figura 28-Evolução da cor do epicarpo, na coordenada L*, ao longo do tempo de conservação.	68
Figura 29-Evoluir da cor do epicarpo, na coordenada a*, ao longo to tempo de conservação.	69
Figura 30-Valores da coordenada b* ao longo do tempo de conservação.....	70
Figura 31-Evolução da firmeza do epicarpo (N) ao longo do tempo de conservação.	71
Figura 32-Evolução dos valores do Gradiente (N/m) ao longo do tempo de conservação.	72
Figura 33-Evolução dos valores da firmeza média da polpa (N) ao longo do tempo de conservação.	73
Figura 34-Valores de sólidos solúveis totais (% /°Brix) ao longo do tempo de conservação.....	74

Figura 35-Valores de acidez titulável (% de ácido cítrico) ao longo do tempo de conservação.	75
Figura 36-Valores médios de pH do sumo dos figos ao longo do tempo de conservação.	76
Figura 37-Valores médios de compostos fenólicos (µg/ml) ao longo do tempo de conservação.	78
Figura 38-Valores de atividade antioxidante (%) ao longo do tempo de conservação.	79
Figura 39-Aspecto dos figos-da-índia da variedade “laranja” na qual é evidente a heterogeneidade dos frutos.....	80
Figura 40-Aspecto da cor média dos frutos.	80
Figura 41-Gráfico representativo do teor de compostos fenólicos do figo-da-índia variedade “laranja”. Os números de amostras representam as amostras compósitas, cada amostra corresponde a 3 frutos.....	82
Figura 42-Gráfico representativo da capacidade antioxidante do figo-da-índia da variedade “laranja”. Os números de amostras representam as amostras compósitas, cada amostra corresponde a 3 frutos.....	83
Figura 43-Evolução do Peso Perdido (%) ao longo to tempo de conservação para as modalidades em estudo.	85
Figura 44-Evolução da cor do epicarpo, na coordenada L*, ao longo do tempo de conservação.	86
Figura 45-Evoluir da cor do epicarpo, na coordenada a*, ao longo to tempo de conservação.	87
Figura 46-Valores da coordenada b* ao longo do tempo de conservação.....	88
Figura 47-Evolução da firmeza do epicarpo (N) ao longo do tempo de conservação.	89
Figura 48- Evolução dos valores do Gradiente (N/mm) ao longo do tempo de conservação. ...	90
Figura 49- Evolução dos valores da firmeza média da polpa (N) ao longo do tempo de conservação.	91
Figura 50-Valores de sólidos solúveis totais (°Brix) ao longo do tempo de conservação.....	92
Figura 51-Valores de acidez titulável (% de ácido cítrico) ao longo do tempo de conservação.	94
Figura 52-Valores médios de pH do sumo dos figos ao longo do tempo de conservação.	95
Figura 53-Valores médios de compostos fenólicos (µg/ml) ao longo do tempo de conservação.	96
Figura 54-Valores de atividade antioxidante (%) ao longo do tempo de conservação.	97
Figura 55-Evolução do Peso Perdido (%) ao longo to tempo de conservação para as modalidades em estudo.	99
Figura 56-Evolução da cor do epicarpo, na coordenada L*, ao longo do tempo de conservação.	100
Figura 57-Evoluir da cor do epicarpo, na coordenada a*, ao longo to tempo de conservação.	101
Figura 58-Valores da coordenada b* ao longo do tempo de conservação.....	101
Figura 59-Evolução da firmeza do epicarpo (N) ao longo do tempo de conservação.	103
Figura 60-Evolução dos valores do Gradiente (N/mm) ao longo do tempo de conservação. ...	104
Figura 61-Evolução dos valores da firmeza média da polpa (N) ao longo do tempo de conservação.	105
Figura 62-Valores de sólidos solúveis totais (°Brix) ao longo do tempo de conservação.....	106
Figura 63-Valores de acidez titulável (% de ácido cítrico) ao longo do tempo de conservação.	107
Figura 64-Valores médios de pH do sumo dos figos ao longo do tempo de conservação.	108
Figura 65-Valores médios de compostos fenólicos (µg/ml) ao longo do tempo de conservação.	109
Figura 66-Valores de atividade antioxidante (%) ao longo do tempo de conservação.	110
Figura 67-Valores de temperatura e humidade relativa do ar em cada saída.....	111
Figura 68-Valores médios de peso perdido (%) para as duas modalidades.....	112
Figura 69-Valores médio da coordenada L*, para o teste de cor, durante o tempo de conservação.	114

Figura 70-Valores médios da coordenada a*, durante o tempo de conservação.	114
Figura 71-Valores médios da coordenada b*, durante o tempo de conservação.	115
Figura 72-Valores médios da firmeza (N) dos cladódios ao longo do tempo de conservação.	116
Figura 73-Valores médios dos compostos fenólicos ao longo do tempo de conservação.	117
Figura 74-Valores médios da atividade antioxidante (%) ao longo do tempo de conservação.	118
Figura 75-Gráfico da evolução da turbidez da água durante os testes com cladódios frescos cortados.	123
Figura 76-Fotos da evolução da quantidade de partículas em suspensão durante o teste com 60g de cladódios- ampliação: 25x (Fonte: O autor)	123
Figura 77-Gráfico representativo da evolução dos valores de turbidez no ensaio com cladódios cortados liofilizados.	125
Figura 78-Evolução da quantidade de partículas em suspensão ao longo do teste com as 5,648g de cladódios liofilizados (Fonte: O autor).	126
Figura 79-Gráfico de evolução da turbidez no teste com cladódios liofilizados moídos.	127
Figura 80-Evolução da quantidade de partículas ao longo do teste- ampliação: 25x (Fonte: O autor).....	127
Figura 81-Agregados de mucilagem e argila em suspensão na amostra retirada da tina (Fonte: O autor).....	128
Figura 82-Gráfico da evolução dos valores de turbidez (NTU) ao longo do teste de floculação com mucilagem extraída a frio.	128
Figura 83-Evolução da quantidade de partículas ao longo do teste com recurso a mucilagem extraída a frio- ampliação: 25x (Fonte: O autor).....	129
Figura 84-Gráfico de evolução da turbidez (NTU) ao longo do teste de floculação com mucilagem extraída a quente.	130
Figura 85-Evolução da quantidade de partículas ao longo do teste realizado com mucilagem extraída a quente- ampliação: 25x (Fonte: O autor).....	131
Figura 86-Mucilagem extraída com calor contaminada com fungos após armazenamento (Fonte: O autor).	131

Índice de Tabelas

Tabela 1- Pragas e doenças mais comuns na cultura da figueira-da-índia (Fonte: INIAV,2016).	13
Tabela 2-Resultados das análises aos compostos nutricionais apresentados em mg/100g de peso fresco (Fonte: CATAA)	66
Tabela 3-Resultados em mg/100 g peso fresco das análises aos compostos nutricionais dos figos da variedade “Laranja” produzidos no Alentejo, (Fonte: CATAA)	84
Tabela 4-Resultados das análises da composição mineral em mg/ 100 g de peso fresco (Fonte: CATAA)	119
Tabela 5- Resultados das análises da composição nutricional para consumo animal apresentados em 100 g de matéria seca (MS) e matéria fresca (MV)	121

Abreviaturas

HR- Humidade relativa

DPPH- 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo

ADL- Lenhina em detergente ácido

ADF- Fibra em detergente ácido

NDF- Fibra em detergente neutro

MV- Matéria fresca

MS- Matéria seca

P.F- Peso em fresco

PE- Polietileno

SST- Sólidos solúveis totais

PET- Polietileno tereftalato

NTU- Unidade nefelométrica de turbidez

Capítulo I

Introdução

1. Introdução

A plantação do primeiro pomar de figueira-da-índia em Portugal foi em 2009, e desde então o interesse por esta cultura tem vindo a crescer. Em 2016 a área de pomares instalados rondava os 200 hectares (INIAV, 2016). Esta área tem vindo desde essa data a aumentar, apesar do escoamento do figo-da-índia se incluir no nicho de mercado dos frutos exóticos, é apontada como uma cultura com um elevado potencial produtivo.

A cultura da figueira-da-índia para além de permitir um aproveitamento total, dos frutos e dos cladódios, é uma cultura que se encontra perfeitamente adaptada ao aumento da temperatura média do ar à superfície da terra, um dos problemas climáticos atuais. Por outro lado, as alterações climáticas e as mudanças nos padrões da precipitação conduzem à incerteza no que respeita à disponibilidade de água, sendo por isso de realçar a baixa necessidade de rega e sua elevada tolerância à seca. Também é uma espécie que se consegue desenvolver em solos de baixa fertilidade e considerados de fraca aptidão agrícola.

Outra razão que torna esta cultura atrativa para alguns produtores promovendo a implantação desta cultura nos seus terrenos é o facto de não necessitar de muita mão de obra, nomeadamente para trabalhos de manutenção, que consistem sobretudo em podas, para evitar que as plantas atinjam um porte muito grande que tornem a colheita mais difícil. Em Portugal, esta cultura também não necessita de tratamentos fitossanitários dispendiosos visto ser sujeita a um número muito reduzido de pragas e doenças.

Sendo esta uma cultura de interesse, devido às características apresentadas e com elevado potencial, é necessário conhecer e explorar os seus potenciais usos para assim a podemos valorizar. A realização de estudos das variedades portuguesas é necessária, pois a maioria dos estudos focam-se noutras variedades que devido ao facto de serem cultivadas em diferentes climas e de serem geneticamente distintas têm características diferentes. Esta é, portanto, a altura ideal para estudar as potencialidades desta cultura conduzida no Alentejo com variedades regionais, não só pelo ressurgimento de interesse na mesma como também pelo facto de ser uma cultura com

interesse futuro devido à sua adaptação às elevadas temperaturas e baixa disponibilidade de água.

Entende-se variedade como um grupo de indivíduos que se assemelham entre si fenotipicamente, selecionados dentro de uma espécie, apresentando um conjunto de características uniformes e estáveis, e que se distinguem de outras variedades conhecidas, o que está de acordo com o conceito apresentado pela UPOV (2010). O termo ecótipo, também usado em casos de estudo semelhantes, obriga por definição a assumir que existem diferenças genóticas, de adaptação ao ambiente, tal como foi definido por G. Turesson (1922) numa classificação ecológica num contexto evolutivo. Após várias consultas foi constatado o uso de diferente terminologia para situações semelhantes (variedade, ecótipo e cultivar). Assumindo que este trabalho se integra numa perspetiva de plantas cultivadas de origem incerta, e genótipo não definido, e tendo em conta as definições apresentadas, optou-se pela utilização do termo variedade.

1.1 Estrutura da dissertação

Esta dissertação de mestrado encontra-se estruturada em sete capítulos, sendo eles os seguintes:

- * **Capítulo I: Introdução.** Este capítulo pretende introduzir o tema e expor os objetivos deste trabalho.
- * **Capítulo II: Enquadramento teórico.** É realizada uma revisão da literatura sobre a figueira-da -índia e as suas características.
- * **Capítulo III: Objetivos.** Apresentação dos objetivos propostos para este trabalho.

Os capítulos IV e V encontram subdivididos pelos diferentes ensaios, sendo eles: Ensaio de temperaturas com a variedade “vermelha”, Ensaio de embalagens para a Variedade “laranja” e “vermelha”, Ensaio de conservação de Cladódios à temperatura ambiente, Ensaios sobre o potencial floculante dos cladódios.

- * **Capítulo IV: Materiais e métodos.** Capítulo focado na descrição dos materiais e métodos de investigação utilizados ao longo do estudo.
- * **Capítulo V: Resultados e discussão.** Apresentação dos resultados obtidos e discussão dos mesmos face a outros estudos similares.
- * **Capítulo VI: Conclusões.** Este capítulo apresenta as reflexões finais que originam

do trabalho realizado.

* **Capítulo VII: Referências bibliográficas**

- * **Anexos.** Nos anexos é possível encontrar as tabelas referentes à análise estatística, sendo que os anexos com esta informação se encontram divididos por subcapítulos. Com cada subcapítulo a remeter para os resultados de um ensaio.

Capítulo II

Enquadramento Teórico

2. Enquadramento teórico

2.1. Origem e Taxonomia

A figueira-da-índia (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) é uma espécie de cacto, comum em regiões semi-áridas. Desconhece-se a sua origem precisa, pensa-se ser oriunda do continente Americano, no entanto sabe-se que o consumo humano remonta há pelo menos 9000 anos. Esta espécie foi trazida para Portugal durante a época dos descobrimentos, tendo-se adaptado melhor às regiões do Alentejo e Algarve onde as populações rurais consumiam os frutos e utilizavam os cladódios maioritariamente para a alimentação do gado (Portugal, 2017).

Quanto a classificação taxonómica, a figueira-da-índia pertence a ordem *Caryophyllales*, família das cactáceas, género *Opuntia* sendo a espécie *Opuntia ficus-indica*.

2.2. Descrição botânica

A figueira-da-índia é uma planta arbustiva ou arbórea que pode atingir uma altura de 5 metros. O sistema radicular é muito ramificado e carnudo, as raízes são superficiais e finas, desenvolvendo-se horizontalmente até 10 a 15 metros da planta. O tamanho das raízes está relacionado com a disponibilidade de água e com as práticas culturais, nomeadamente a rega e a fertilização da planta. As raízes podem deixar de funcionar à medida que o solo seca, mas assim que existir água no solo estas retomam a sua atividade em apenas algumas horas, conseguindo desta forma restabelecer o estado hídrico da planta em um dia.

As folhas da figueira-da-índia são cilíndricas, rudimentares e efémeras. Desenvolvem-se nas aréolas dos caules, designados por cladódios, que são meristemas rodeados de tufos de pequenas cerdas em forma de arpão (gloquídeos) e espinhos finos (Figura 1).

O aparecimento de novos caules dá-se a partir das aréolas por diferenciação do meristema que pode manter-se ativo durante vários anos.

As flores são grandes e vistosas, com cores que vão do amarelo-claro ao alaranjado chegam ao 8 cm de comprimento e os 4 cm de largura. A floração

acontece geralmente no nosso clima entre Março e Junho.

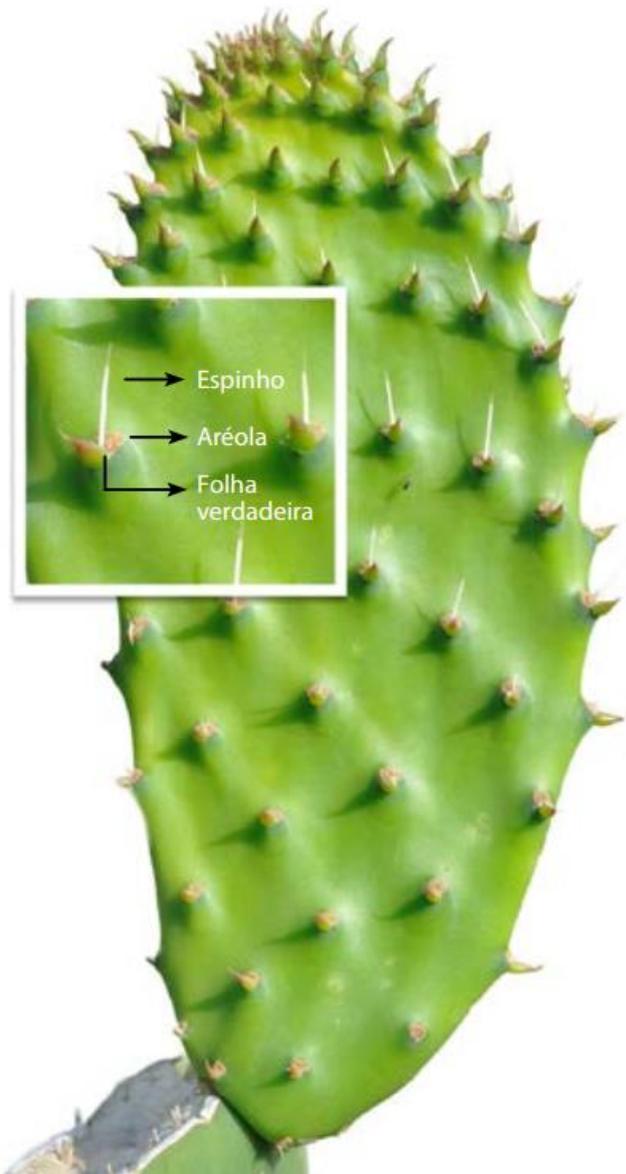


Figura 1- Cladódios com folhas, espinhos e aréolas (Fonte: INIAV,2016)

A figueira-da-índia, como todos os catos, possui modificações morfológicas que lhe permite sobreviver em situações de grande secura, como por exemplo a baixa densidade estomática, cutículas espessas e um elevado grau de suculência; à semelhança de outros catos também possui um metabolismo fotossintético específico metabolismo ácido das crassuláceas, que permite a sua adaptação a situações de aridez.

As plantas que apresentam o chamado Metabolismo Ácido das Crassuláceas

(Crassulacean acid metabolism - CAM) estão providas de uma fotossíntese com uma estratégia natural economizadora de água e um eficiente processo fisiológico de fixação de carbono. Neste metabolismo CAM os estomas abrem durante a noite (logo com menor perda de água) e verifica-se que, a partir do CO², ocorre o armazenamento de ácidos orgânicos, ácido málico nos vacúolos, que durante o dia são convertidos em amido.

De um ponto de vista ecológico, esta cultura consegue adaptar-se, desenvolver-se e crescer em locais onde existem uma série de fatores limitantes ao desenvolvimento de outras espécies vegetais. A presença desta cultura, proporciona para além do aproveitamento de solos com baixa aptidão agrícola e controlo de erosão desses mesmos solos, proteção e alimento de alguma fauna, já que as suas flores são uma fonte de néctar para as abelhas durante a primavera e o verão em situações de pouca disponibilidade de alimentos.

Os **cladódios** são caules carnudos, que exibem características únicas de adaptação a ambientes desérticos. Detêm um tecido central (parênquima) de grandes células que ocupa 50% a 70% do seu volume, é neste tecido central que é realizado o armazenamento da água (85 a 90%) e ácidos orgânicos. O parênquima, tecido central, encontra-se envolvido pelo clorênquima, parte verde do caule, e pela epiderme que por sua vez é coberta por uma cutícula espessa e cerosa com poucos, mas profundos estomas.

Os cladódios podem ser espinhosos ou inermes, contudo possuem sempre aréolas e gloquídios que tornam o seu manuseamento difícil. A sua forma pode ser circular, elíptica, oboval ou rômica, podem atingir comprimentos médios entre os 30 e os 50 cm, 20 a 30 cm de largura e de espessura tem em média 2 a 4 cm. Com o envelhecimento da planta, os cladódios que se encontram na base lenhificam e formam uma estrutura semelhante a um tronco.

O **fruto** da figueira-da-índia, vulgarmente designado por figo, é uma pseudobaga de forma ovóide, globosa ou cilíndrica, é carnudo e umbilicado no extremo superior, local correspondente à inserção da flor. O pericarpo é rijo e possui várias aréolas de gloquídios.

Os frutos inicialmente têm uma coloração verde que com a maturação evolui para branco-esverdeado, amarelo, laranja ou roxo, sendo a polpa da mesma cor. A polpa por

sua vez é gelatinosa e contém muitas sementes de tegumento duro. O sabor é bastante característico e é doce.

A maturação dos frutos tem uma duração de cerca de 110 a 120 dias após a polinização. Cada fruto pode atingir os 200 gramas de peso sendo que os mais pequenos têm aproximadamente 80 gramas.



Figura 2-Fruto da figueira-da-índia (Fonte: O autor)

2.3. Cultivo da figueira-da-índia

A figueira-da-índia é uma espécie muito tolerante à seca. Trata-se duma planta sensível às temperaturas negativas sendo que os cladódios mais jovens são muito sensíveis às geadas.

Tal como a maioria das cactáceas, esta espécie consegue-se desenvolver numa grande diversidade de solos, desde solos bem drenados e arejados, a solos considerados marginais, com pouca estrutura e uma larga gama de valores de pH. Contudo os melhores solos são os de origem calcária com boa drenagem e profundidade média superior a 30 cm, com pH neutro ou ligeiramente alcalino. Solos que tenham lençóis freáticos superficiais, a camada superficial do solo impermeável ou um teor de argila superior a 20% não são recomendados para a produção desta cultura, porque tolera mal o encharcamento.

A **pluviosidade** anual mínima necessária para um bom crescimento e desenvolvimento da planta é de 400 mm, contudo devido ao facto de em Portugal existir uma grande irregularidade na distribuição da chuva ao longo do ano, é aconselhado que durante o verão a cultura receba uma dotação de 300 a 600 mm, esta dotação irá

assegurar os altos rendimentos da cultura e o desenvolvimento regular do fruto. Todavia, se a região onde a cultura se encontra implantada for chuvosa no verão, não é necessária a **rega**.

O sistema de **rega** mais adequado é o sistema rega localizada, gota-a-gota, pela maior economia. Deve-se evitar que os gotejadores fiquem perto do cladódio basal, de forma a evitar o apodrecimento do mesmo.

Em relação à **temperatura**, pode-se considerar como ótima a temperatura média anual de 16 a 18° C, sendo que durante o período de diferenciação do fruto que ocorre entre Agosto e Setembro, as temperaturas devem ser de 15 a 25° C (INIAV, 2016). Temperaturas inferiores a 4° C são prejudiciais para as plantas, bem como as geadas durante o abrolhamento, que consiste no aparecimento de gomos axilares. Já as temperaturas diurnas inferiores a 15° C causam o abrandamento do crescimento dos frutos, atrasando assim a data de colheita e depreciação da qualidade, pois originam a criação de epicarpós mais espessos e menos coloridos e a diminuição dos sólidos solúveis. Por outro lado, as temperaturas elevadas durante o desenvolvimento do fruto aumentam a sensibilidade do mesmo quando armazenado a temperaturas inferiores a 8° C durante o processo de pós-colheita (INIAV,2016).

Quanto ao **vento**, caso a região seja ventosa, considera-se prudente a instalação de quebras ventos, de forma a minimizar os efeitos negativos, nomeadamente a dificuldade em realizar operações culturais, diminuição do efeito dos inseticidas, herbicidas, pulverizações de tratamentos e a ocorrência de danos nos frutos.

A **propagação** faz-se por via vegetativa, através de estacas de cladódios. A época ideal para a colheita de material para enraizar decorre entre Março e Abril, para uma plantação primaveril ou então em meados de Agosto, no caso de uma plantação que esteja prevista para o fim do verão, em qualquer dos casos os cladódios devem ter 1 a 2 anos de idade e após o corte que deve ser o mais junto a base possível, são colocados em ambiente semi-sombreado cerca de 15 a 30 dias para que o corte cicatrize. É, no entanto, importante realçar que a taxa de crescimento de uma plantação no verão é inferior à de uma plantação primaveril. Também é possível proceder logo à colocação do cladódio no solo após o seu corte.

A **plantação** é feita em pomar e num formato de quadricula, com compassos de 4m x 3m ou então de 6m x 5m. As linhas de plantação devem-se encontrar de preferência

alinhadas no sentido Norte- Sul, de forma a maximizar a exposição solar. Os cladódios podem ser enterrados na vertical até ao meio da sua altura, podendo plantar-se apenas um ou então grupos até 3 cladódios. Se o solo se encontrar muito seco, na altura da plantação, deve-se proceder a uma rega para que haja um melhor desenvolvimento radicular.

A **fertilização** deve ser calculada tendo em conta uma análise prévia dos solos, para que se conheça a situação em que o solo se encontra e quais os nutrientes necessários e em que quantidades devem ser adicionados, para dar resposta às necessidades das plantas e para que as produções dos anos seguintes não diminuam

Frequentemente são aplicados nutrientes sob forma orgânica ao invés da formulação sintética; o estrume é muitas vezes aplicado em pomares de figueira-da-índia pois tem elevados níveis de potássio, um nutriente que beneficia a cultura, mas que, no entanto, causa uma diminuição dos valores de pH quando aplicado de forma contínua. Esta diminuição de pH pode ser controlada com a aplicação de calcário. Outro nutriente cuja aplicação beneficia a cultura é o cálcio, principalmente quando a cultura foi implementada em locais de solos derivados de rochas pobres neste nutriente. A aplicação de fertilizantes deve ser realizada no início do desenvolvimento ativo da planta, que acontece no fim do inverno. Aplicações fora desta época podem servir outros propósitos, tais como a obtenção de uma segunda colheita no outono, tal é possível com a aplicação de azoto após a colheita de verão (INIAV, 2016). Na figueira-da-índia praticam-se três tipos de podas: a poda de formação, a poda de frutificação e de rejuvenescimento, para além da poda ocasional para reduzir o crescimento das plantas. A poda de formação pode ser em globo ou em vaso aberto, esta poda é de grande importância para a obtenção de frutos de boa qualidade, realiza-se quando se observam 70 na 80% das flores com corola seca. A poda de frutificação, têm como propósito diminuir a carga frutífera dos cladódios de forma a que os frutos produzidos obtenham peso, tamanho e qualidade impostas pelo mercado, para tal apenas se mantêm em média 6 a 8 frutos por cladódio, nos primeiros dois anos é, contudo, importante favorecer o crescimento vegetativo da planta, como tal removem-se os gomos florais ou frutíferos. A poda de rejuvenescimento é praticada quando as plantas já se encontram envelhecidas ou em plantas fracas, fazendo-se cortes até ao nível dos cladódios lenhificados.

Nas condições climáticas características das zonas de produção desta espécie em Portugal tem-se observado reduzida incidência de pragas e doenças (Quadro 1). Entre as **pragas** destacam-se as tripes, escaravelhos, formigas, percevejos, cochonilha e a mosca do mediterrâneo. Em pomares jovens a presença de roedores pode ser devastadora, como tal os pomares devem ser vedados. Por sua vez, as **doenças** que mais afetam a figueira-da-índia são as podridões causadas por fungos e bactérias.

Pragas		Doenças	
Nome comum	Nome científico	Nome comum	Nome científico
Tripes	<i>Neohydatothrips opuntiae</i>	Mancha bacteriana	<i>Erwinia carotovora sp. Carotovora</i>
Percevejos	<i>Chelinidea tabulata</i>	Esfoladura da coroa da palma forrageira	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>
Cochonilha	<i>Dactylopius coccus</i>	Podridão moderada	<i>Candida boidimi</i>
	<i>Dactylopius ceylonicus</i>	Podridão dos caules	<i>Armillaria mellea</i>
	<i>Dactylopius opuntiae</i>	Gomose	<i>Botryosphaeria ribis</i>
Escaravelhos	<i>Archlagocheirus funestus</i>	Podridão do colo	<i>Phytophthora cactorum</i>
	<i>Metamasius spinolae</i>		<i>Phytophthora nicotianae</i>
	<i>Cylindrocopturus biradiatus</i>	Mancha dourada	<i>Alternaria sp.</i>
Mosca do mediterrâneo	<i>Ceratitis capitata</i>	Murcha	<i>Fusarium oxiporum f. sp. opuntarium</i>
Formigas	<i>Hymenoptera formicidae</i> <i>Tenuipalpus pu</i>	Escamas ferruginosas	<i>Phyllosticta opuntiae</i>
Escamas blindadas	<i>Diapsis echinocacti</i>		<i>Phyllosticta concava</i>
Polias	<i>Cactoblastis cactorum</i>	Podridão algodoeira	<i>Sclerotinia sclerotium</i>
	<i>Laniifera cyclades</i>	Mofo cinza	<i>Botryotinia fuckeliana</i>

Tabela 1- Pragas e doenças mais comuns na cultura da figueira-da-índia (Fonte: INIAV,2016).

2.3. Composição química dos frutos e cladódios

2.3.1. Componentes nutricionais

Os **frutos** provenientes da figueira da Índia apresentam um conteúdo em água de 84% a 90% da sua composição total; os frutos contêm cerca de 10 a 17% de açúcares redutores e 0,2 a 1,6% de proteína. Apresentam ainda 0,09-0,7% de lípidos e 0,02-3,1% de fibras (INIAV, 2016).

Os valores de lípidos, proteínas e fibras são semelhantes aos valores de outros frutos tropicais. Os minerais presentes neste fruto a destacar são o cálcio, o magnésio, o fósforo, o potássio e o sódio; o figo-da-índia é um fruto rico em vitamina A e vitamina C,

sendo que esta última tem valores comparáveis à laranja, limão e mamão.

É importante realçar que o fruto tem teores de aminoácidos livres bastante elevados, podendo destacar-se a prolina, glutamina, taurina e a serina, enquanto que o ácido orgânico predominante é o ácido cítrico

Por sua vez e de acordo com Sapata, Ferreira, & Oliveira (2018) os **cladódios** são compostos por 91 a 92% de água, 3,5% de fibra e 0,7% a 1% de proteína. A nível dos lípidos a sua composição ronda os 0,3%, os minerais por sua vez são os mesmo que podemos encontrar nos frutos ou seja cálcio, magnésio, potássio, fósforo, ferro e sódio. Os cladódios contêm vitamina C e 17 aminoácidos dos quais 8 são essenciais, como tal os cladódios podem ser considerados um alimento importante.

Quanto aos ácidos orgânicos, os cladódios contêm 36mg/100g de peso fresco e 178mg/100g de peso fresco de ácido málico e ácido cítrico respetivamente, valores esses que se vão reduzindo com o envelhecimento dos cladódios, sendo que os mais velhos não apresentam ácido málico e o seu conteúdo em ácido cítrico encontra-se muito reduzido, passando a ser de 31mg/100g de peso fresco (Stintzing and Carle 2005).

2.3.2. Componentes voláteis

Nos **frutos**, o composto volátil dominante é o β -sitosterol que pertence ao grupo dos esteróis, este composto encontra-se nos óleos extraídos da polpa, epiderme e sementes. Foram encontrados no figo-da-índia vestígios de campesterol, com valores semelhantes aos observados no óleo de argão (El-Mostafa et al. 2014).

Não foram encontrados estudos sobre a presença de compostos voláteis nos **cladódios**.

2.3.3. Componentes bioativos

Os **compostos fenólicos** são constituídos por anéis aromáticos ligados a uma ou mais hidroxilas, são uma grande e diversificada classe de compostos, sendo que a maioria se apresenta na forma de ésteres ou glicosídeos. Os polifenóis são metabolitos secundários sintetizados pelas plantas, como resposta defensiva a agressões externas, como atrativos ou repelentes de insetos, e tendo marcada influência na cor, e no sabor da planta como alimento. Os compostos fenólicos contribuem ainda como proteção contra a radiação UV e também possuem funções antimicrobianas, antifúngicas e antioxidantes contra radicais livres gerados durante os processos fotossintéticos. A concentração de

fenóis encontrados nos vegetais é, em primeiro lugar dependente do tipo do vegetal, mas também das condições climáticas e de solo, do estado de desenvolvimento e de maturação, da condução da cultura, e também do armazenamento depois da colheita. Estes compostos que estão presentes nas plantas têm grande importância para a dieta humana, devido ao papel que podem ter na manutenção da saúde e prevenção de algumas doenças, devido ao seu grande poder antioxidante diminuem os danos causados ao organismo pelo estresse oxidativo, sendo ainda de referir as suas propriedades antimicrobianas e anti-inflamatórias (Li et al. 2014)

Os **frutos** da figueira-da-índia são uma importante fonte de compostos fenólicos como os flavonoides e betalainas, sendo que estes últimos são responsáveis pela cor dos frutos e tem uma potente atividade antioxidante (Stintzing and Carle, 2005).

Nos **cladódios** também foi detetada a presença de compostos fenólicos, mais propriamente flavonóides, sendo o total de compostos fenólicos nos cladódios de 8 a 9mg/100g de peso fresco (Ginestra et al, 2009).

2.4. Pós-colheita na cultura da figueira-da-índia

2.4.1. Qualidade

Em 2009, a FAO previu que a população mundial irá ultrapassar os 8 mil milhões até ao ano de 2030. Como tal, a procura por alimentos também irá aumentar, e este aumento na procura têm um grande impacto no produção, transporte, comércio e marketing alimentar. Desde 1986 que o consumo de frutas e vegetais têm vindo a aumentar (Amaral et al. 2013), contudo atualmente a procura é maior e os produtos alvo são diferentes devido ao aumento no número de consumidores que procuram ter uma alimentação mais saudável. Este tipo de produtos é, no entanto, altamente perecível na natureza, pelo que se na pós-colheita não for manuseado e acondicionado corretamente, o seu consumo torna-se inaceitável num curto intervalo de tempo.

A pós-colheita engloba uma longa cadeia de processos antes do produto ser consumido, ao longo desta cadeia ocorrem alterações físico-químicas que podem pôr em causa a qualidade do produto. Como tal, é essencial que a pós-colheita de frutos e vegetais seja gerida de forma eficaz, para que seja possível assegurar que os produtos cheguem ao consumidor com um nível de qualidade desejado. Para que tal seja possível

é necessário conhecer as fases de maturação, a data de colheita com maturação ideal e quais as alterações fisiológicas que acontecem durante o armazenamento e transporte, entre outros aspetos.

É também necessário definir o padrão de qualidade para determinado fruto ou vegetal, sendo que a qualidade de um produto engloba atributos sensoriais, valor nutritivo, constituintes químicos, e existência de defeitos (Amaral et al. 2013). O consumidor utiliza os seus cinco sentidos para avaliar a qualidade de um produto, baseando-se por isso na aparência, aroma, sabor, textura e até mesmo no som que determinados alimentos emitem quando são cortados.

No caso concreto do **figo-da-índia** deve se ter em conta as seguintes características para avaliar a qualidade: o peso, a cor, sólidos solúveis totais (SST) e a acidez equivalente (Rodríguez-Felix, 2002). Segundo Rodríguez-Felix (2002) os frutos de melhor qualidade nas variedades italianas são aqueles que têm entre 120-160g, cor laranja ou vermelha e SST entre 13-15%; uma epiderme fina também é preferível, de forma a que o peso do fruto seja maioritariamente referente à polpa.

Quanto aos **cladódios**, as características usadas para avaliar a qualidade são a idade, os cladódios mais novos são preferíveis, a espessura, os cladódios não devem ser demasiado espessos, a cutícula vegetal também deve ser fina (Rodríguez-Felix, 2002). Os cladódios também devem ter níveis de acidez inferiores a 100 mmol H^+ /Kg, pois níveis superiores causam o aparecimento de um sabor amargo que diminui a aceitabilidade do produto por parte do consumidor. Para evitar níveis elevados de acidez deve-se proceder à colheita dos cladódios durante a tarde após as 16 horas, isto porque os níveis de acidez sofrem alterações ao longo do dia, sendo mais altos durante a manhã (Nerd *et al.*, 1997).

2.4.2. Principais causas de perdas pós-colheita

Os frutos apresentam dois padrões respiratórios distintos durante a maturação e, nesta base foram classificados por Biale (1964) como climatéricos e não-climatéricos. Os frutos climatéricos são caracterizados por um aumento muito acentuado na taxa de respiração durante o seu amadurecimento, sendo referido como crise climatérica. Esta subida na taxa respiratória é simultânea ou imediatamente a seguir ao aumento da produção de etileno (McMurchie et al. 1972). Mais tarde Tucker (1993) pôs em evidencia

que o processo de amadurecimento pode ser desencadeado ou acelerado por tratamento com etileno exógeno em frutos climatéricos. Por outro lado, frutos não-climatéricos quando tratados com etileno exógeno não apresentam alterações importantes na sua composição, ao contrário do que acontece em frutos climatéricos (Goldschmidt et al. 1993). Desde há muito até aos dias de hoje, os padrões de produção de etileno e CO₂ são utilizados como critério para identificar os frutos climatéricos. Um mecanismo de feedback negativo do etileno (o etileno não induz a sua própria síntese) pode estar subjacente ao comportamento não climatérico, enquanto um mecanismo de feedback positivo (o etileno induz a sua própria síntese) está subjacente ao comportamento climatérico durante o amadurecimento (Atta-Aly et al. 2000; Paul et al. 2012). O conhecimento sobre o comportamento respiratório dos frutos apresenta ainda hoje muitas lacunas estando em permanente evolução, e constata-se que existem muitas contradições relativamente à divisão apresentada, contudo continua a ser amplamente utilizada para fins práticos.

O **figo-da-índia** é um fruto não climatérico, com uma baixa taxa de respiração (20 ml CO₂. Kg⁻¹. h⁻¹) e uma baixa produção de etileno (0,2 µl C₂H₄. Kg⁻¹. h⁻¹), logo após a colheita não ocorrem alterações nas características qualitativas do fruto (Cantwell, 1995). Contudo a qualidade do fruto irá deteriorar-se durante a manipulação e conservação, reduzindo desta forma a sua vida útil.

As causas das perdas de figo-da-índia durante o período de pós-colheita são principalmente de ordem fisiológica, mecânica e por infeção microbiana. A deterioração da qualidade do figo-da-índia durante a pós-colheita reflete-se na perda de peso, alteração da cor, diminuição da firmeza do fruto, desenvolvimento de doenças e nalguns casos aparecimento de danos causados pelo frio (Rodríguez-Felix 2002). As doenças que mais afetam o fruto na pós-colheita são o *Fusarium Spp.*, *Penicillium Spp.*, *Alternaria Spp.* e *Chlamydomices Spp.*, sendo que o aparecimento de todas estas doenças está maioritariamente relacionado com danos físicos causados durante a colheita e posterior manuseamento (Cantwell, 1995).

No caso dos **cladódios**, estes apresentam uma taxa de respiração moderada (25 ml CO₂. g⁻¹. h⁻¹ a 20°C) e uma baixa produção de etileno (0,2 nl g⁻¹ a 20°C) (Cantwell, Rodríguez-Felix, & Robles-Contreras, 1992). Caso o cladódio sofra danos na base as perdas podem chegar aos 53% devido ao desenvolvimento de doenças como *Penicillium*

Spp., *Alternaria Spp.* e *Aspergillus Spp.* Pode ainda ocorrer descoloração do cladódio devido à enzima polifenol oxidase (PPO) que catalisa a oxidação dos compostos fenólicos, e causa manchas acastanhadas nos locais onde existam ferimentos. Estas manchas causam perda de valor nutricional e prejudicam o sabor dos cladódios (Rodríguez-Felix 2002). Temperaturas inferiores a 10° C podem causar danos por frio, perda de firmeza e descoloração (Nerd et al., 1997).

2.4.3. Tecnologia de pós colheita aplicadas a figos-da-índia e a cladódios

Devido à crescente necessidade de fazer chegar os produtos agrícolas a longas distâncias, o sector frutícola focou-se no desenvolvimento de técnicas de conservação que permitam efetivamente retardar a degradação dos produtos durante o período pós-colheita, com manutenção dos produtos com características de qualidade que permitem o seu consumo durante um maior período de tempo, ou seja, aumento da sua vida útil.

A melhoria das condições de armazenamento é sem dúvida uma das técnicas a aplicar, através da otimização da temperatura e humidade durante a conservação, criação de embalagens capazes de limitar a diminuição do teor de humidade e minimizar os danos físicos durante o período de pós-colheita.

No que diz respeito as condições de armazenamento para o **figo-da-índia** existem vários estudos com diferentes opiniões sobre qual a temperatura ótima para a conservação. O INIAV (2016) indica que a temperatura mais indicada é entre os 5° C e os 8° C. Ramayo et al. (1978) armazenaram os frutos a uma temperatura de 10° C durante 28 dias. Piga et al. (2000) indicam como melhor temperatura de refrigeração 4° C para uma conservação de 8 dias.

Quanto à humidade relativa, os estudos anteriormente referidos mencionam humidades relativas de 80% a 95%.

O armazenamento de frutos a baixas temperaturas associadas a uma elevada humidade relativa, é uma das tecnologias mais apropriadas para prolongar a vida útil de um fruto, visto reduzir a perda de água por transpiração, a taxa de respiração, a produção de etileno e o desenvolvimento microbiano também diminuem (Pinto & Morais, 2000).

As atmosferas modificadas (AM), utilização simultânea de refrigeração e

embalagem, são outra técnica que apresenta efeitos benéficos na prevenção da perda de água, o que resulta numa redução da perda de peso, passam a existir menos alterações de cor na epiderme dos frutos, os compostos fenólicos têm tendência a aumentar o que resulta num aumento da atividade antioxidante, e existe ainda uma redução da atividade microbiana. No entanto, as atmosferas modificadas podem causar uma perda de firmeza por parte dos frutos, particularmente em tempos de conservação de 40 dias (Ochoa-Velasco & Guerrero-Beltrán, 2016).

Outra técnica utilizada para controlo de perdas na pós-colheita é a atmosfera controlada (AC), que permite manter a qualidade dos figos-da-índia resultando numa melhor qualidade visual, melhor aroma e sabor, e reduz também a alteração da cor evitando o aparecimento de manchas acastanhadas no fruto (Morga, Bolaños, & Silva 2006). Estudos realizados por Morga, Bolaños e Silva (2006) indicam que a aplicação de 10% de CO₂ associada à refrigeração a 2°C torna possível a conservação dos frutos durante 20 dias.

Os estudos sobre quais as melhores condições para o armazenamento dos **cladódios** são poucos e maioritariamente dos anos 90. Cantwell et al. (1992) armazenaram os cladódios em sacos ventilados de polietileno a 5° C, 10° C e 20° C, sendo que os cladódios que se encontravam sujeitos as temperaturas de 10° C e 20° C mantiveram uma boa aparência durante 2 semanas enquanto que os cladódios armazenados a 5° C mantiveram a sua aparência durante 3 semanas. Contudo, Rodriguez-Felix e Villegas-Ochoa (1997) indicam no seu estudo cuja duração foi de 21 dias que a melhor temperatura para proceder a conservação dos cladódios é de 10° C.

2.5. Possíveis utilizações de produtos obtidos a partir da cultura da figueira-da-índia

O **figo-da-índia** para além de ser consumido em fresco ou minimamente processado (sem epicarpo) pode ter ainda as seguintes utilizações:

- * **Sumo**-Os primeiros estudos realizados sobre o sumo do figo-da-índia foram levados a cabo por Espinhosa et al. (1973). O sumo do figo-da-índia tem um sabor bastante agradável, uma pigmentação atrativa e um ótimo valor nutritivo. Joubert (1993) e Sáenz & Sepúlveda (2001) também conduziram

testes sobre o sumo de figo-da-índia.

- * **Marmelada-** Salwaya et al. (1983) reportam que é possível produzir marmelada de figo-da-índia em larga escala, e adicionar tâmaras e passas à marmelada, sendo que os produtos foram bem recebidos pelos consumidores.
- * **Adoçante líquido-** Sáenz et al. (1998) estudaram a possibilidade de utilizar o figo-da-índia como adoçante líquido natural, obtendo um produto final de cor dourada e que exibia valores superiores a glucose em termos de doçura.
- * **Desidratado-** Lahsasni et al (2004) foram os primeiros a estudar o potencial do figo como fruto desidratado, utilizando um desidratador solar no seu estudo de forma a também tornar o processo mais ecológico. Mais tarde Rodriguez-Hernández et al. (2005) e Moßhammer et al. (2006) também levaram a cabo estudos sobre o potencial dos frutos desidratados.
- * **Bebida alcoólica-** Bustos (1981) utilizou os frutos que tinham dimensões demasiado pequenas para o mercado para produzir uma bebida alcoólica com aroma de figo-da-índia, mais tarde em 2000, Lee *et al.* voltaram a repetir a experiência.

Para além destas utilizações, a PepeAromas© desenvolveu um sabonete artesanal a partir do figo-da-índia e também está envolvida na produção de um iogurte natural.

As **sementes** presentes na polpa do fruto também podem ser utilizadas para diferentes propósitos através do seu óleo. Algumas dessas utilizações são por exemplo:

- * **Antidiabético-** Berraaouan et al. (2015) chegaram a conclusão de que o óleo proveniente das sementes do figo-da-índia previne os diabetes.
- * **Inibidor de ferrugem-** Ben Hmamou et al. (2012) concluíram no seu estudo que o óleo das sementes é um excelente inibidor de ferrugem dos metais.

As **flores** da figueira-da-índia podem ser utilizadas para fins medicinais. Palevitch, Earon, & Levin (1993) chegaram a conclusão de que as flores podem ser utilizadas no tratamento de pacientes com hiperplasia benigna da próstata. Outra utilização é como anti-inflamatório, tal como Ahmed et al. (2005), Benayard et al. (2004), Ammar et al. (2018) concluíram nos seus estudos.

Quanto aos **cladódios**, estes podem ser utilizados para os seguintes fins:

- * **Consumo humano**- A utilização de cladódios jovens como vegetal para a alimentação humana remonta de há vários séculos, tendo caído em desuso em vários países, contudo atualmente os cladódios são considerados alimentos nobres no Chile, Sicília, Brasil, Estados Unidos da América, México, Argélia, e Japão, sendo servidos em restaurantes e hotéis de luxo (Sapata, Ferreira, & Oliveira 2018).
- * **Forragem**- Os cladódios podem ser utilizados como forragem para alimentar gado bovino, ovino e caprino, particularmente durante alturas de seca em países como o Brasil, Chile, Marrocos, México, Africa do Sul, Estados Unidos da América (Stintzing & Carle, 2005). Mciteka (2008) também realizou um estudo sobre o potencial dos cladódios como forragem para a alimentação animal.
- * **Material de Construção**- Nos seus países de origem, os cladódios são utilizados como material de construção, de forma a melhorar a estabilidade da construção (Bati & Rovero,2001).
- * **Analgésico**- Park, Kahng, & Paek (1998) concluíram no seu estudo que extratos etanólicos dos cladódios produzem o mesmo efeito analgésico que o ácido acetilsalicílico, sem ter qualquer efeito tóxico em ratos, mesmo quando era utilizada uma dose mais elevada. Ibanez-camacho e Roman-Ramos (1979) realizaram estudos preliminares sobre o potencial dos cladódios como analgésicos.
- * **Floculante**- Existem vários estudos que comprovam o potencial dos cladódios como floculante natural (Bouaouine et al. 2019)(Lucas de Lucca 2019)(Choumane et al. 2017), e a sua utilização para este fim já é feita em alguns países (Rachdi, Srarfi, and Shimi 2017). A mucilagem dos cladódios da *Opuntia ficus-indica* contém polissacarídeos, e também proteínas e polifenóis e a sua composição permite-lhe um grande potencial como floculante natural. De acordo com Miller et al. (2008) esta mistura de açúcares monoméricos apresentados permite à sua mucilagem conseguir a remoção da turbidez, tendo nos seus ensaios com *Opuntia* spp observado reduções da turbidez de 98% em relação à turbidez inicial, comparável ao anteriormente descrito para outras

espécies vegetais já muito estudadas, como a *Moringa oleifera*. Kirchmer et al. (1975) referem que os resultados obtidos com o uso da mucilagem foram semelhantes aos obtidos com alguns polímeros sintéticos. Os métodos habitualmente usados para o tratamento de águas residuais baseiam-se na coagulação / floculação, ou seja, a remoção das partículas em suspensão ocorre devido à sua desestabilização e formação de flocos maiores e mais pesados que por isso se depositam (Rachdi et al, 2017). Atualmente procuram-se novos tratamentos sustentáveis de águas residuais para reduzir, ou mesmo acabar, com o uso de produtos químicos que têm efeitos adversos no ambiente e na saúde humana. Apresenta-se como alternativa a utilização de floculantes naturais de origem vegetal, biodegradáveis, facilmente encontrados na natureza ou produzidos de forma simples e sustentável, e que não afetam o ambiente nem a saúde humana. (Rachdi et al, 2017; Choumane et al, 2017). Importa referir que uma planta adulta de Figueira-da-Índia tem uma produção média de 250 cladódios por ano, o que corresponde a 625 kg, tornando este produto natural muito abundante (Andreu-Coll et al. 2020).

Os cladódios para além de poderem ser utilizados como analgésicos, podem também ser usados como anti-inflamatório, antidiabético, redutor de colesterol e antiviral particularmente quanto a vírus como a herpes, a influenza e HIV (Stintzing & Carle, 2005).

Capítulo III

Objetivos

3. Objetivos

Este estudo tem como objetivo estudar os frutos e os cladódios das variedades de figueira-da-índia cultivadas no Alentejo, visto que a maioria da informação disponível se encontra focada nas variedades oriundas do México, Brasil e Itália. Simultaneamente pretende-se procurar formas de valorização da cultura da figueira-da-índia.

Assim este estudo apresenta linhas de trabalho distintas, nas quais se incluem diferentes ensaios que adiante se explicam:

- * Considerou-se a possibilidade de utilizar uma embalagem biodegradável na conservação dos frutos, visto que Portugal assumiu o compromisso de abolir as embalagens de plástico não reutilizável até ao final de 2020, e para além disso, atualmente o consumidor preferir produtos amigos do ambiente tanto na sua forma de produção como na sua embalagem. Foi organizado um ensaio com frutos de duas variedades regionais, no qual se testaram diferentes embalagens, sendo uma delas biodegradável, outra de cartão utilizada pela empresa e o por último uma de material plástico vulgarmente utilizada na conservação de frutos. Foi também realizada a caracterização do material vegetal no início do ensaio.
- * Devido ao facto de existirem poucas informações concretas acerca de qual a temperatura ideal de conservação para os frutos, foi organizado um ensaio com figos-da-índia da variedade “vermelha”, que é variedade de maior interesse comercial, de forma a determinar qual a melhor temperatura de conservação. O ensaio consistiu na conservação de alguns frutos numa camara de conservação cuja temperatura é de 2°C e outros fruto conservados num frigorífico comum, cuja temperatura é de 5°C.

- * Numa perspetiva de valorização de toda a produção e de redução do desperdício foi levado a cabo um ensaio de conservação dos cladódios à temperatura ambiente. Inserido neste ensaio encontrava-se ainda uma caracterização nutricional dos cladódios tendo em vista o potencial para o consumo humano e uma caracterização nutricional tendo em vista o consumo animal.
- * Tendo em conta a crescente consciencialização dos problemas ambientais e o impacto que a poluição tem nestes, os consumidores e empresas procuram cada vez mais soluções e produtos naturais, como tal foi organizado um ensaio preliminar para estudar o potencial dos cladódios como flocculante natural, para auxiliar na limpeza da água.

Capítulo IV

Parte Experimental

4. Parte Experimental

4.1. Ensaio de conservação de frutos da variedade “vermelha”

4.1.1. Objetivo

Este estudo tem como objetivo a determinação da temperatura ideal de conservação, devido ao facto de haver uma restrição no número de frutos disponíveis para o ensaio 49 frutos foram colocados numa câmara de conservação cuja temperatura ronda os 2° C e 49 frutos foram colocados num frigorífico comum cuja temperatura era de 5° C. Os frutos foram ainda embalados em sacos biodegradáveis, pois atualmente existe uma crescente conscientização por parte do consumidor a nível das questões ambientais, esta preocupação reflete-se na escolha de produtos amigos do ambiente tanto na sua forma de produção como na sua embalagem.

4.1.2. Material

O material vegetal objeto de estudo foram os figos-da-índia produzidos pela empresa “PepeAromas”, sediada em Vale Pereiro (38°44'19.9"N; 7°48'52.2"W), distrito de Évora, onde tem uma área de exploração de cerca de 25 hectares de figueira-da-índia. No final de Setembro de 2019, foram colhidos figos duma variedade regional designada neste trabalho por variedade “vermelha””, devido a cor da polpa dos frutos.

Foram também utilizados sacos de plástico biodegradáveis, transparentes e flexíveis da marca comercial SILVEX, esta embalagem é de acordo com a marca uma embalagem cuja degradação resulta em compostos orgânicos através da ação de microrganismos (bactérias, fungos e algas). Na presença de oxigénio, estes sacos decompõem-se em dióxido de carbono, água, minerais e biomassa. No caso da falta de oxigénio, estes decompõem-se em dióxido de carbono, metano, minerais e biomassa.

4.1.3. Delineamento e implementação do ensaio

Para o presente estudo foram colhidos 98 frutos da variedade “vermelha””. Após a sua colheita, foram transportados para o “Laboratório de Tecnologia e Pós-colheita” do MED/Universidade de Évora. Uma vez no laboratório, os figos foram selecionados tendo-se colocado de parte os frutos com possíveis fungos e feridas na epiderme e foram embalados os frutos sem lesões em sacos biodegradáveis da SILVEX.

Foram consideradas 2 modalidades de conservação no presente estudo, sendo estas:

(i)- Temperatura de conservação de 2° C

(ii)- Temperatura de conservação de 5° C

As avaliações da evolução dos frutos conservados foram feitas com a periodicidade de 10 dias, até aos 40 dias de conservação. No final de cada um destes tempos, 10, 20, 30, 40 dias os frutos foram retirados da câmara e frigorífico e foi realizada a análise dos parâmetros físico-químicos descritos de seguida (cf. 4.1.5). A cada saída foram retirados 3 sacos de cada modalidade, tendo cada saco 3 frutos, pelo que foram analisados 9 frutos de cada modalidade em cada data de análise, logo 18 frutos por saída.

O sumo dos frutos foi armazenado a 2° C para posterior avaliação de compostos fenólicos e capacidade antioxidante. No dia 0 foram analisados 26 frutos para caracterizar o material vegetal.

4.1.4. Metodologia para análise de parâmetros físico-químicos

4.1.4.1. Massa, dimensão dos frutos e forma

Este parâmetro foi determinado com auxílio duma balança digital PB1502 da Mettler Toledo (Mettler Toledo AG, Greifensee, Suíça), com uma precisão de 0.1 g e expresso em gramas. Pesaram-se os vinte e seis figos-da-índia individualmente e apontaram-se os valores obtidos.

O comprimento e diâmetro dos figos foi determinado utilizando um peclise digital 819-0012 VWR Traceable (VWR International, Belgium). O diâmetro foi determinado considerando a zona equatorial do fruto enquanto que o comprimento determinado é a distância entre o topo do fruto e a sua base.

4.1.4.2. Cor do epicarpo

A cor do epicarpo dos frutos foi determinada através da utilização de um colorímetro Cr-400 da Konica Minolta (Konica Minolta Inc., Tokyo, Japão) que nos fornece os valores das coordenadas cromáticas L*, a*, b*. Esta coordenadas cromáticas corresponde ao espaço de cores CIELAB, que desde 1976 é largamente usado para medir cores nomeadamente em alimentos. Neste espaço L * indica a claridade, a * é a coordenada cromática na qual + a * representa o vermelho e -a* o verde, no outro eixo

ortogonal, + b * é amarelo e -b * é azul.

Foram realizadas duas leituras por figo, em locais opostos considerando a zona equatorial do fruto. O instrumento foi calibrado previamente usando um padrão de referência branco com as coordenadas $Y = 86.8$, $x = -0.3171$, $y = 0.3242$ e as leituras foram realizadas com o iluminante C, ângulo de visão de 2° e numa área de 8 mm de diâmetro. Os dados foram recolhidos com o *software* Spectra Magic™ NC

4.1.4.3. Textura

Para a avaliação das propriedades mecânicas do fruto, efetuou-se um teste destrutivo de penetração, utilizando para tal um texturómetro TA.HD.Plus (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) com uma sonda cilíndrica de 2 mm de base plana (P\2). A penetração foi efetuada em figos inteiros, na zona equatorial do fruto. Em cada fruto foram feitos dois testes. A profundidade do teste foi de 5 mm e considerou-se a velocidade de avanço da sonda de 1 mm/s. Durante a realização dos testes, os dados foram representados graficamente pelo *software* de aquisição e recolha de dados, Texture Exponent 32 versão 5.1.1.0., e guardados para posterior cálculo de alguns parâmetros.

A curva Força/ Deformação obtida durante os testes de penetração é inicialmente linear, correspondendo a uma deformação elástica não destrutiva, até ao limite elástico no qual se observa uma inflexão na curva, sendo depois observado o ponto de rutura que corresponde mesmo à rutura dos tecidos do fruto. O método usado para avaliação da textura permite a partir do gráfico força/deformação obter vários parâmetros, como a firmeza do epicarpo, firmeza da polpa, gradiente, deformação e área entre duas deformações pré-definidas, dos quais se optou pela escolha da firmeza do epicarpo, vulgarmente usada em trabalhos técnicos e científicos de pós-colheita, o e gradiente, uma vez que são os parâmetros que melhor permitem avaliar as alterações na textura dos frutos ao longo do tempo de conservação.

Na figura 3, é possível observar um texturograma após a macro. Nesta figura encontram-se assinalados os parâmetros escolhidos, o gradiente encontra-se assinalado pela linha verde e letra "a", força máxima exercida para romper o epicarpo (firmeza do epicarpo) trata-se do ponto máximo (b), e por fim a firmeza média da polpa é calculada

considerando o intervalo entre a distância de 3.0 e 4.0 mm (distância marcada na figura 3 entre o ponto “c” e o ponto “d”).

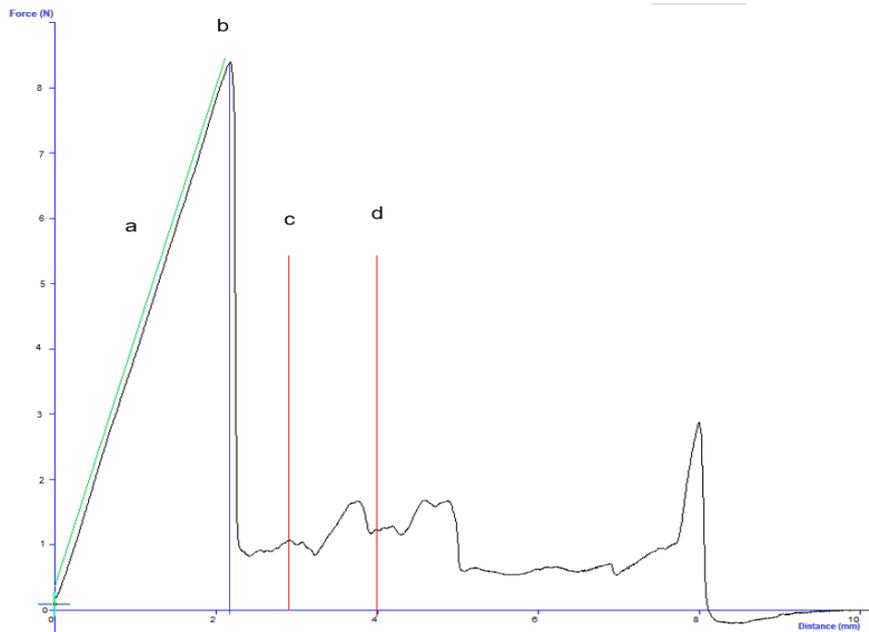


Figura 3-Texturograma após aplicação da macro

4.1.4.4. Sólidos solúveis totais

Para a determinação dos sólidos solúveis totais (SST), os figos foram divididos em duas partes (Fig.4) e espremeram-se umas gotas de ambas as partes para a superfície do refratômetro, registrando-se os valores das leituras, expresso em °Brix. O refratômetro permite quantificar por refratometria a matéria seca solúvel contida no sumo extraído dos frutos, sendo que a grande parte dessa matéria é constituída por açúcares. Um grau Brix (° símbolo Bx) corresponde a 1 g açúcar contido em 100 gramas de solução aquosa.

A quantificação foi realizada com um refratômetro digital ATAGO PR-32 α (ATAGO CO., LTD, Tóquio, Japão), com uma precisão de ± 0.2 °Brix para um espectro de °Brix entre 0 e 32 °Brix a 25 °C. Antes da sua utilização foi calibrado a 0 °Brix com água destilada.



Figura 5-Aspecto de metade do figo cortado para a realização do teste (Fonte: O autor)

4.1.4.5. Acidez titulável e pH

Para a realização deste teste o sumo dos figos foi extraído através do esmagamento da polpa e filtração com um tecido de malha fina. Em cada copo destinado para análise foi colocado o sumo de 3 frutos, pelo que os resultados não são referentes aos frutos individuais. A determinação da acidez e do pH foi realizada através da dissolução de 3 gramas do líquido homogeneizado em 50 mL de água destilada, utilizando depois um titulador automático da Crison Compact Tritrador – versão S (Crison Instruments, S.A., Barcelona, Espanha). O aparelho foi previamente calibrado com soluções padrão de pH 4.01 e 7.00. Depois de definir o programa a utilizar no equipamento, este foi debitando na solução em estudo, hidróxido de sódio (NaOH) a 0.1 M até atingir um valor de pH de 8.2. Dos resultados obtidos registou-se o valor de pH e os mililitros de NaOH gastos, tendo-se posteriormente determinado pela equação 2 a percentagem de ácido cítrico dos frutos, visto que o fator de conversão utilizado é o do ácido cítrico (0,067)(Mciteka, 2008).

$$\begin{aligned} & \textit{Acidez titulável (\% \acute{a}cido citrico)} \\ & = \left(\frac{\textit{ml NaOH gastos} * 0,1 \textit{ M NaOH} * 0,067}{\textit{g de amostra}} \right) * 100 \quad (1) \end{aligned}$$

4.1.4.6. Análise da composição mineral

A análise da composição nutricional apenas foi realizada para a saída 0, de forma a fazer uma caracterização dos frutos. A análise dos elementos minerais e teor de humidade foi realizada no laboratório de físico-química do Centro de Apoio Tecnológico Agro-Alimentar (CATAA) em Castelo Branco.

4.1.5. Metodologia para análise de compostos bioativos

4.1.5.1. Compostos fenólicos

Para quantificação dos compostos fenólicos totais foi utilizado o método Folin-Ciocalteu adaptado de (Sánchez-Rangel, et al., 2013) em microplaca. Em cada poço adicionaram-se 10 µl de amostra de sumo previamente diluída numa relação de 1:20 (10 µl de extrato diluído em 190 µl de água destilada), 15 µl de reagente de Folin puro, 240 µl de água destilada e 30 µl de carbonato de sódio saturado. As microplacas foram mantidas num local escuro e à temperatura ambiente durante 2 horas. Foram realizadas 3 réplicas de cada amostra e as leituras foram obtidas a 730 nm num espectrofotómetro Promega, utilizando como branco na solução de 15 µl de reagente de Folin puro, 240 µl de água destilada e 30 µl de carbonato de sódio saturado. O conteúdo fenólico total foi estimado a partir de uma curva padrão de ácido gálico e os resultados expressos em mg equivalente de ácido gálico por 100 g de peso fresco (mg GAE/ 100 g peso fresco). Para a realização da reta de calibração utilizou-se uma solução de ácido gálico para realizar soluções padrão com concentrações de 10.0 a 500.0 mg. Procedeu-se de igual modo como descrito anteriormente para as amostras. A reta encontra-se representada na figura 5.

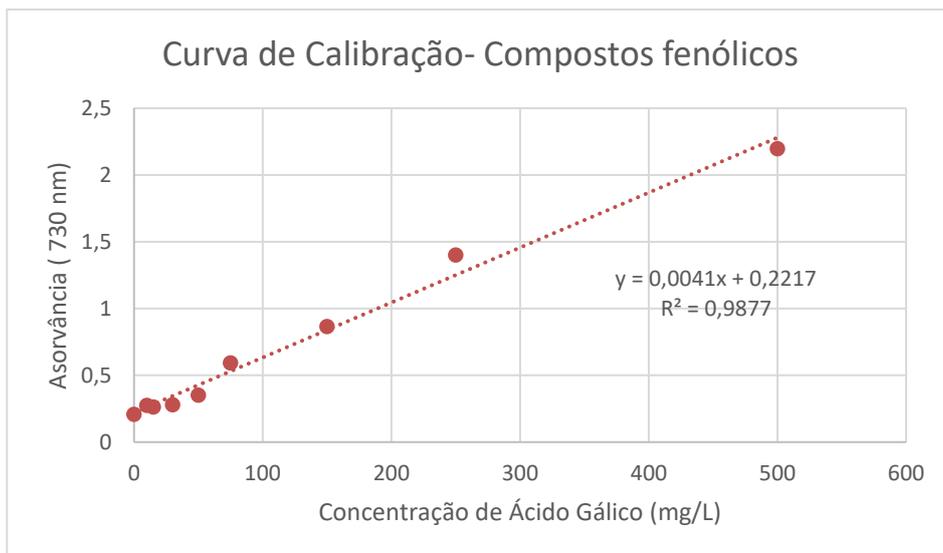


Figura 6-Curva de calibração dos compostos fenólicos.

4.1.5.2. Capacidade antioxidante

A evolução da atividade antioxidante ao longo do ensaio de conservação foi monitorizada através do método do radical DPPH, adaptado de (Kim et al., 2017). O ensaio foi realizado em duplicado adicionando a 200 µl de amostra, 800 µl de reagente DPPH 0.3M preparado em etanol. Foi preparada uma amostra controlo com água destilada. Após 10 minutos no escuro, as amostras (Fig. 6) foram lidas a uma absorvância de 517 nm. O cálculo da atividade antioxidante foi realizado de acordo com a fórmula:

$$\text{Capacidade de captação de radicais livres (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Abs Amostra}}{\text{Abs controlo}}\right) \times 100 \quad (2)$$

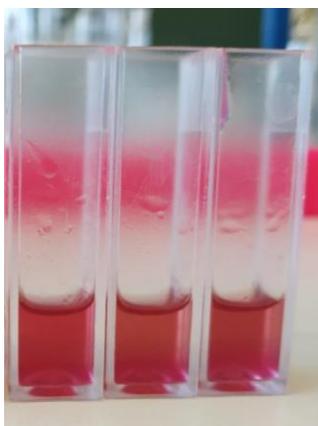


Figura 7-Aspecto das amostras de sumo de figo-da-índia da variedade “vermelha” após a incubação no escuro durante a análise da atividade antioxidante (Fonte: O autor).

4.2. Ensaio de conservação de frutos da variedade “laranja” com diferentes embalagens comerciais

4.2.1. Objetivo

O objetivo deste ensaio passa pela determinação de qual o modelo de embalagem mais indicado para a conservação dos figo-da-índia da variedade “laranja”. Como tal foi estudado a utilização de embalagens de cartão habitualmente utilizadas pela empresa, uma embalagem de plástico rígido com perfurações e um saco biodegradável de plástico transparente.

4.2.2. Material vegetal

O material vegetal objeto de estudo foram os figos-da-índia produzidos pela empresa “PepeAromas”, sediada no Vale Pereiro (38°44'19.9"N ; 7°48'52.2"W), distrito de Évora. Para o presente estudo foram colhidos 134 frutos da variedade “laranja”. A colheita ocorreu no final de Setembro de 2019. Após a sua colheita, foram transportados para o Laboratório de Tecnologia e Pós-colheita do MED/ Universidade de Évora. Uma vez no laboratório, os figos foram embalados, tendo-se colocado de parte os frutos contaminados com fungos e feridas na epiderme.

4.2.3. Delineamento e implementação do ensaio

No presente estudo foram consideradas três embalagens diferentes, sendo estas:

- (i)- Caixas de cartão, usada habitualmente pela empresa, com as dimensões 16,5 x 11 x 6 cm e com uma perfuração na tampa;
- (ii)- Caixas de plástico rígido, com as dimensões de 16,5 x 9 x 7 cm e com perfurações na tampa;
- (iii)- Sacos biodegradáveis, de PE, transparente, e flexível da marca comercial SILVEX, cuja degradação resulta em compostos orgânicos, dióxido de carbono, água, minerais, biomassa.

À semelhança do descrito para o ensaio anterior as avaliações dos frutos foram feitas com a periodicidade de 10 dias, até ao período máximo de 40 dias. Após 10, 20, 30, 40 dias os frutos foram retirados da câmara e foi realizada a análise dos parâmetros físico-químicos. (cf. 4.1.4.1). A cada saída foram retiradas 3 embalagens de cada modalidade pelo que foram analisados 9 frutos de cada modalidade em cada data de análise, logo 27 frutos por saída.

O sumo dos frutos foi armazenado a 2° C para posterior avaliação de compostos fenólicos e capacidade antioxidante (cf. 4.1.4.3). No dia 0 foram analisados 26 frutos para caracterizar o material vegetal (cf.4.1.4).

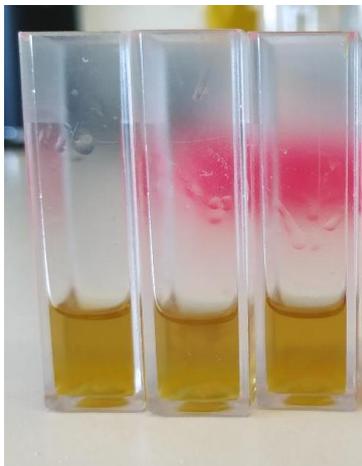


Figura 8-Aspecto das amostras de sumo do Figo-da-índia variedade “laranja” antes da leitura de absorvância, na análise dos compostos antioxidantes (Fonte: O autor)



Figura 9-Teste de textura realizado na zona equatorial do fruto (Fonte: O Autor)

4.3. Ensaio de conservação de frutos da variedade “vermelha” com diferentes embalagens comerciais

4.3.1. Objetivo

O objetivo deste ensaio passa pela determinação de qual o modelo de embalagem mais indicado para a conservação dos figo-da-índia da variedade “vermelha”. Como tal foi estudado a utilização de embalagens de cartão habitualmente utilizadas pela empresa, uma embalagem de plástico rígido com perfurações e um saco biodegradável de plástico transparente.

4.3.2. Material vegetal

O material vegetal objeto de estudo foram os figos-da-índia produzidos pela empresa “PepeAromas”. Para o presente estudo foram colhidos 134 frutos da variedade “vermelha”. A colheita ocorreu no final de Setembro de 2019. Após a sua colheita, foram transportados para o laboratório de tecnologia e pós-colheita da universidade de Évora. Uma vez no laboratório, os figos foram embalados, tendo-se colocado de parte os frutos com possíveis fungos e feridas na epiderme.

4.3.3. Delineamento e implementação do ensaio

Foram consideradas três embalagens distintas, referidas neste ensaio como modalidades (Fig. 8), sendo estas:

- (i)- Caixas de cartão, usada habitualmente pela empresa, com as dimensões 16,5 x 11 x 6 cm e com uma perfuração na tampa;
- (ii)- Caixas de plástico rígido, com as dimensões de 16,5 x 9 x 7 cm e com perfurações na tampa;
- (iii)- Sacos biodegradáveis, de PE, transparente, e flexível da marca comercial SILVEX, cuja degradação resulta em compostos orgânicos, dióxido de carbono, água, minerais, biomassa.



Figura 10- Diferentes tipos embalagens utilizadas nos estudos (Fonte: O autor).

A cada saída foram retiradas 3 embalagens de cada modalidade pelo que foram analisados 9 frutos de cada modalidade em cada data de análise, logo 27 frutos por saída. As saídas de câmara e respetivas análises foram feitas aos dias 10, 20, 30 e 40 de conservação. No final de cada um destes tempos, os frutos foram retirados da câmara foi realizada a análise dos parâmetros físico-químicos (cf. 4.1.4.1).

No final do tempo de conservação o sumo dos frutos foi armazenado a 2° C, para posterior avaliação de compostos fenólicos e capacidade antioxidante (cf. 4.1.4.3). No dia 0 foram analisados 26 frutos para caracterizar o material vegetal (cf. 4.1.4).

4.4. Ensaio de conservação cladódios

4.4.1. Objetivo

Este ensaio tem como objetivo estudar a possibilidade de conservar os cladódios da figueira-da-índia à temperatura ambiente e determinar qual o melhor tipo de embalagem para esse efeito, como tal foram utilizados dois métodos de embalagem, uma caixa de cartão aberta e sacos biodegradáveis de plástico.

4.4.2. Material vegetal

O material vegetal objeto de estudo neste ensaio foram os cladódios produzidos pela empresa “PepeAromas”. Para o presente estudo foram colhidos 90 cladódios adultos. A colheita ocorreu no início de Dezembro de 2019. Após a sua colheita, foram transportados para o Laboratório de Tecnologia e Pós-colheita da Universidade de Évora. Uma vez no laboratório, os cladódios foram divididos em dois grupos, sendo metade embalada em sacos biodegradáveis e a outra metade colocada em caixas de cartão abertas. Foram conservados à temperatura ambiente.

4.4.3. Delineamento e implementação do ensaio

Foram consideradas 2 modalidades no presente estudo, sendo estas:

- (i)- Cladódios embalados em caixas de cartão abertas.
- (ii)- Cladódios embalados em sacos biodegradáveis

Em cada dia de análise foram retiradas 2 embalagens de cada modalidade, com 3 cladódios cada, pelo que foram analisados 6 cladódios de cada modalidade em cada data de análise, logo 12 cladódios por saída.

As saídas foram realizadas com uma periodicidade de 15 dias, dada longa vida útil dos cladódios. Aos dias 10, 15, 30, 45, 60 e 75 de conservação foram retirados e analisados. Em cada um dos tempos de conservação referidos foi realizada a análise dos parâmetros físico-químicos (cf. 4.4.3). No fim destas saídas o sumo dos cladódios foi armazenado a 2° C, para posterior avaliação de compostos fenólicos e capacidade antioxidante. No dia 0 foram analisados 6 cladódios. Ao longo do tempo a temperatura e humidade relativa do ar foram sendo medidas e registadas.



Figura 11-Cladódios embalados em sacos biodegradáveis (Fonte: O autor)

4.4.4. Análise de parâmetros físico-químicos

4.4.4.1. Perda de peso dos cladódios

Este parâmetro foi determinado com auxílio duma balança digital PB1502 da Mettler Toledo (Mettler Toledo AG, Greifensee, Suíça), com uma precisão de 0.1 g e expresso em gramas. Pesaram-se os cladódios antes do início da conservação e em cada uma das saídas, comparando-se os valores. Faça-se notar que é muito frequente mesmo em literatura específica a designação de perda de peso, quando deveria ser indicada a perda de massa. A perda de massa total foi determinada relativamente à massa original de cada fruto em percentagem de perda de massa, pela equação 1.

$$\begin{aligned} \% \text{ Perda de Peso} \\ = \left(\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \right) \times 100 \end{aligned} \quad (1)$$

4.4.4.2. Cor da epiderme

A cor da epiderme dos cladódios foi determinada através da utilização de um colorímetro Cr-400 da Konica Minolta (Konica Minolta Inc., Tokyo, Japão) que nos fornece os valores das coordenadas cromáticas L*, a*, b*. Esta coordenadas cromáticas corresponde ao espaço de cores CIELAB, que desde 1976 é largamente usado para medir cores nomeadamente em alimentos. Neste espaço L * indica a claridade, a * é a coordenada cromática na qual + a * representa o vermelho e -a* o verde, no outro eixo ortogonal, + b * é amarelo e -b * é azul.

Foram realizadas duas leituras por cladódios considerando a zona equatorial dos cladódios. O instrumento foi calibrado previamente usando um padrão de referência branco com as coordenadas $Y = 86.8$, $x = - 0.3171$, $y = 0.3242$ e as leituras foram realizadas com o iluminante C, ângulo de visão de 2° e numa área de 8 mm de diâmetro. Os dados foram recolhidos com o *software* Spectra Magic™ NC

4.4.4.3 Textura

Para a avaliação das propriedades mecânicas do cladódio, efetuou-se um teste destrutivo de corte, utilizando para tal um texturómetro TA.HD.Plus (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) com uma sonda de corte (Fig. 11). A zona equatorial do cladódio foi dividida em 3 partes com 3 cm de largura (Fig. 12), cada uma destas secções foi submetida ao teste de corte. Como tal em cada cladódio efetuaram-se 3 testes. A profundidade do teste foi de 50 mm e considerou-se a velocidade de avanço da sonda de 1 mm/s. Durante a realização dos testes, os dados foram representados graficamente e guardados pelo *software* de aquisição e recolha de dados, Texture Exponent 32 versão 5.1.1.0.



Figura 12-Sonda de corte utilizada e respetiva base de corte da marca Stable Micro Systems (Fonte: O autor)



Figura 13-Zona equatorial do cladódio preparada para o teste de textura (Fonte: O autor)

4.4.5. Análise de compostos bioativos

4.4.5.1. Extração da amostra

Os cladódios foram cortados e triturados, até se obter um concentrado homogêneo. O concentrado foi filtrado utilizando uma rede de malha fina, obtendo assim o sumo do cladódio que foi conservado a 2 °C para posteriormente ser analisado.

4.4.5.2. Compostos fenólicos

Para quantificação dos compostos fenólicos totais foi utilizado o método Folin-Ciocalteu adaptado de (Sánchez-Rangel, Benavides, Heredia, Cisneros-Zevallos, & Jacobo-Velázquez, 2013) em microplaca. Em cada poço adicionaram-se 10 µl de amostra previamente diluída numa relação de 1:20 (10 µl de extrato diluído em 190 µl de água destilada), 15 µl de reagente de Folin puro, 240 µl de água destilada e 30 µl de carbonato de sódio saturado. As microplacas foram mantidas num local escuro e à temperatura ambiente durante 2 horas (Fig. 13). Foram realizadas 3 réplicas de cada amostras e as leituras foram obtidas a 730 nm num espectrofotómetro Promega, utilizando como branco na solução de 15 µl de reagente de Folin puro, 240 µl de água destilada e 30 µl de carbonato de sódio saturado.

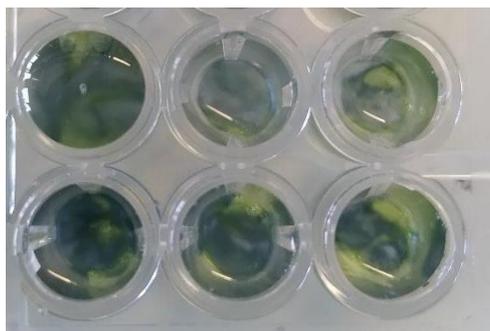


Figura 14-Aparência das amostras após terem estado no escuro durante duas 2 horas (Fonte: O autor).

O conteúdo fenólico total foi estimado a partir de uma curva padrão de ácido gálico e os resultados expressos em mg equivalente de ácido gálico por 100 g de peso fresco (mg GAE/ 100 g peso fresco). Para a realização da reta de calibração utilizou-se uma solução de ácido gálico para realizar soluções padrão com concentrações de 10.0 a 500.0 mg. Procedeu-se a colocação das soluções padrão nos poços da microplaca e a estas foram adicionadas o reagente Folin puro, água destilada e carbonato de sódio saturado nas concentrações anteriormente referidas. A reta encontra-se representada na figura 14.

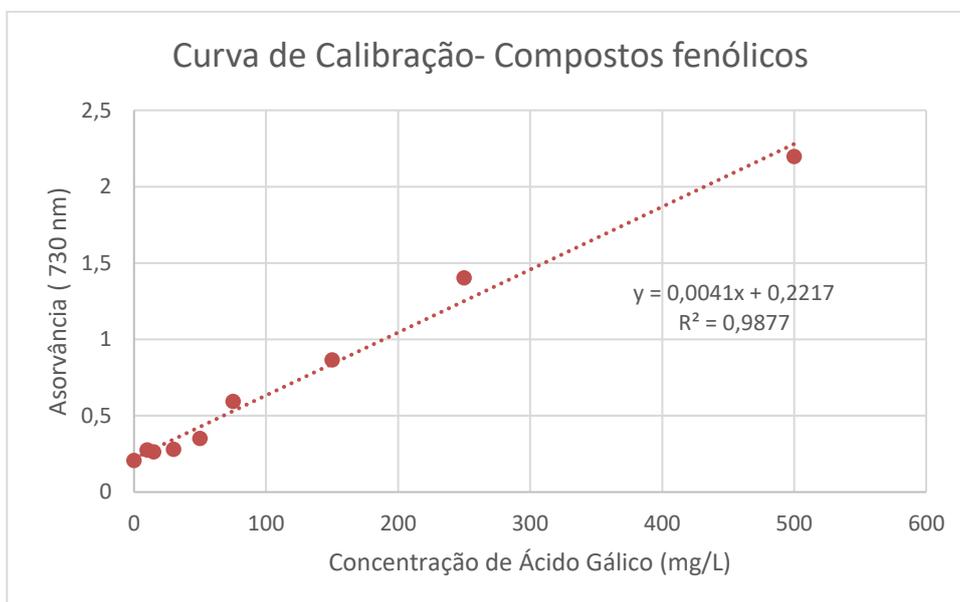


Figura 15-Curva de calibração para os compostos fenólicos.

4.4.5.3. Capacidade antioxidante

A evolução da atividade antioxidante ao longo do ensaio de conservação foi monitorizada através do método do radical DPPH, adaptado de (Kim et al., 2017). O ensaio foi realizado em duplicado adicionando a 200 µl de amostra, 800 µl de reagente DPPH 0.3M preparado em etanol. Foi preparada uma amostra controlo com água destilada. Após 10 minutos de incubação no escuro, as amostras foram lidas a uma absorvância de 517 nm. O cálculo da atividade antioxidante foi realizado de acordo com a fórmula:

$$\text{Capacidade de captação de radicais livres (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Abs Amostra}}{\text{Abs controlo}}\right) \times 100 \quad (2)$$

4.4.6. Análise a composição mineral para consumo humano

Foi realizada uma análise a composição mineral no laboratório de físico-química do Centro de Apoio Tecnológico Agro-Alimentar (CATAA) em Castelo Branco, as análises realizadas focaram-se no teor de cálcio, potássio, sódio, ferro, cobre, fósforo, manganês, magnésio, zinco, humidade. Para efeitos comparativos, fez-se a distinção entre as análises relativas aos cladódios recolhidos de figueiras-da-índia da variedade “vermelha” e aos cladódios recolhidos de figueiras-da-índia da variedade “laranja”.

4.4.7. Análise a composição nutricional para consumo animal

A análise tendo em vista o consumo animal foi realizada no Laboratório de Nutrição e Metabolismo Animal, da Universidade de Évora. Todos os testes realizados tiveram por base os protocolos do laboratório, que foram adaptados para a análise de cladódios.

4.4.7.1. Preparação da amostra

Os cladódios foram cortados em pedaços de 1,5 cm por 1,5 cm e pesados, posteriormente foram liofilizados (Fig.15) e novamente pesados. Os cladódios liofilizados foram depois moídos num crivo com malha de 1 mm.



Figura 16-Aparência dos cladódios liofilizados antes de serem moídos (Fonte: O autor).

4.4.7.2. Matéria Seca

Para a determinação de matéria seca, secaram-se os cadinhos de alumínio em estufa a 105 °C durante pelo menos 4 horas. Usaram-se cadinhos em duplicado, de forma a permitir ter duas réplicas. Posteriormente pesaram-se os cadinhos vazios (P_v) e de seguida pesou-se de forma precisa 2 g de amostra (A_m) em cada cadinho (Fig. 16). Os cadinhos foram depois novamente colocados na estufa a 105° C durante 24 horas. Após as 24 horas, retiraram-se os cadinhos da estufa, colocaram-se em excicador até que estes atingissem a temperatura ambiente. Assim que tal aconteceu foram pesados de forma a obtermos o peso dos cadinhos com a amostra (P_s). Para determinar o valor da matéria seca, utilizou-se a equação 3 e a equação 4.

$$\% \text{ Matéria seca definitiva} = 100 \times \frac{(P_s - P_v)}{P_{am}} \quad (3)$$

$$\% \text{ Matéria seca corrigida} = 100 \times \frac{(P_s - P_v)}{(P_{am} \times M_{s\text{definitiva}} (g/g))} \quad (4)$$



Figura 17-Cadinhos de alumínio com amostra moída de cladódios liofilizados (Fonte: O autor).

4.4.7.3. Cinza Total

A determinação da percentagem de cinza total foi feita na sequência da matéria seca (MS), aproveitando os cadinhos com as amostras secas, pois como estas já se encontravam desidratadas queimam mais facilmente. Como tal, após a pesagem da MS, colocaram-se as amostras no queimador onde permaneceram até ficarem escuras. Os cadinhos foram depois para a mufla a 550° C durante 3 horas. No final, a amostra adquiriu uma cor esbranquiçada (Fig. 17), tal como era esperado. Deixaram-se arrefecer os cadinhos dentro da mufla e posteriormente foram passados para a estufa a 105° C durante cerca de 1 hora. No fim do tempo de espera, colocaram-se os cadinhos no excicador e até que estes equilibrassem com a temperatura ambiente, para depois serem pesados, obtendo assim o peso do cadinho com a amostra incinerada (P_s). Com este peso e utilizando a equação 5, obtivemos a percentagem de cinza total, o que juntamente com a matéria seca obtida anteriormente torna possível a obtenção da percentagem matéria orgânica através da equação 6.

$$\% \text{ Cinza total} = 100 \times \frac{(P_s - P_v)}{P_{am}} \quad (5)$$

$$\% \text{ Matéria orgânica} = \% \text{ Matéria seca} - \% \text{ Cinza total} \quad (6)$$

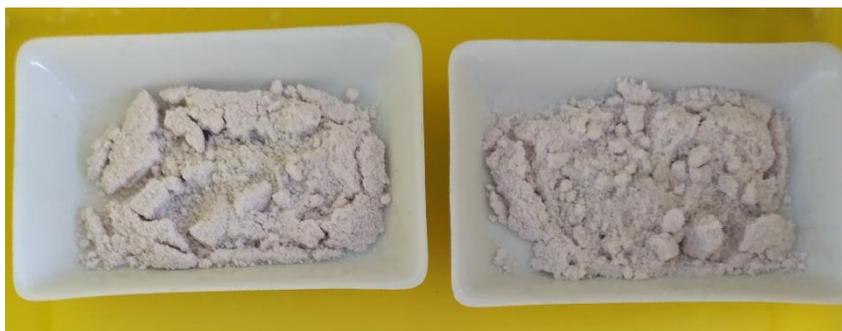


Figura 18-Cadinhos após terem sido retirados da mufla com a amostra com cor esbranquiçada (Fonte: O autor)

4.4.7.4. Proteína Bruta

De forma a determinar a proteína bruta foi utilizado o método de Dumas (AOAC, 1999), que é uma técnica de oxidação seca (combustão). As amostras foram pesadas em duplicado, tendo sido colocadas 0,12 gramas de amostra em cada folha de estanho, que são depois enroladas num formato esférico e pesadas. Posteriormente foram colocadas no analisador de nitrogénio, LECO FP-528, tendo sido inserido o número da amostra e o peso da mesma antes de se ter iniciado o teste. Após a conclusão e a obtenção dos resultados referentes à quantidade de azoto proveniente da amostra, utilizou-se a equação 7 de forma a converter a quantidade de azoto em proteína, utilizando para isso o fator de conversão (F) que no caso dos cladódios é de 6,25 (Mciteka, 2008).

$$\% \text{ Proteína Bruta} = \% \text{ Azoto total} \times F \quad (7)$$

4.4.7.5. Fibra em detergente em meio neutro (NDF)

A determinação da quantidade de fibra em detergente em meio neutro (NDF) (German Official Method, 1988), é feita após a determinação da percentagem de matéria seca. Os “fibrebags” devem estar na estufa a 105° C, durante 1 hora antes da utilização, ao fim de 1 hora foram retirados e colocados no excicador para depois serem pesados (Pv). Após a pesagem dos “fibrebags”, colocaram-se precisamente 0.3 g de amostra em cada “fibrebag” (Pam), que neste caso eram dois (Fig.18), e pesaram-se os sacos com as amostras. De seguida foram colocados espaçadores de vidro nos sacos e com uma pipeta contendo um pouco de solução NDS (Detergente em meio neutro) humedeceram-se as amostras, no reservatório do FIBRE THERM FT 12, zona vulgarmente denominada por panela, onde foi colocado 1 ml de agente anti espuma. Por fim,

colocaram-se os “fibrebags” num suporte circular vulgarmente denominado como carrossel, que depois foi colocado na panela e deu-se início ao programa. No fim do programa, retiram-se os separadores de vidro dos “fibrebags” com recurso a água quente para evitar que a amostra fique agarrada ao separador de vidro, e os sacos são depois colocados a secar na estufa de um dia para o outro.

No dia seguinte, os “fibrebags” são pesados (P_s) e procedem-se aos cálculos para a determinação da NDF, com a seguinte equação:

$$\% NDF = \frac{(P_s - P_v)}{P_{am}} \times 100 \quad (8)$$



Figura 19-Fibrebag contendo a amostra de cladódios liofilizados (Fonte: O autor).

4.4.7.6. Fibra em detergente em meio ácido (ADF + ADL)

Em alimentos vegetais, o conteúdo em ADF indica o teor de celulose e lenhina, enquanto o ADL indica o teor de lenhina por si só (AOAC, 1977). Tal como acontece para NDF, os “fibrebags” devem estar na estufa a 105° C, durante 1 hora antes de serem pesados. Quando retirados da estufa foram colocados no excicador só depois foram pesados (P_v). Após terem sido registados os pesos dos sacos, foram pesados precisamente 0,3 g de amostra (P_{am}) e colocados nos dois “fibrebags”, tendo depois sido registado o peso do saco com a amostra.

Colocaram-se os separadores de vidro nos “fibrebags” que de seguida foram

inseridos no carrocel. Contudo antes de se iniciar o programa, humedeceu-se a amostra com uma pipeta contendo um pouco de solução ADF. Após este passo, colocaram-se no carrocel no Fibretherm FT 12 e iniciou-se o programa de ADF.

Após o fim do mesmo, retiraram-se os separadores de vidro utilizando água quente para evitar que a amostra ficasse agarrada aos separadores. De seguida secaram-se os “fibrebags” em estufa, de um dia para o outro. Tendo-se pesados os sacos com as amostras (P_s) no dia seguinte. Com esta última pesagem e com a equação 9, pode-se calcular a percentagem de ADF (celulose + lenhina).

$$\% ADF (celulose + lenhina) = \frac{(P_s - P_v)}{P_{am}} \times 100 \quad (9)$$

Para determina a percentagem de ADL, colocaram-se os “fibrebags” num copo de vidro, previamente pesado, e introduziu-se ácido sulfúrico a 72% até ao nível da amostra, deixando a amostra mergulhada no ácido durante 3 horas. Depois retiraram-se os sacos, e procedeu-se à sua lavagem com água quente até que todo o ácido fosse retirado; os sacos foram depois deixados a secar de um dia para o outro. No dia seguinte foram pesados (P_c), e incinerados na mufla a 550 °C durante 3 horas em cadinhos de alumínio previamente tarados. Passadas as 3 horas, retiraram-se os sacos da mufla e colocaram-se a arrefecer, primeiro na estufa e depois o excicador à temperatura ambiente. Por fim, realizou-se a última pesagem (P_m) e procedeu-se ao cálculo para a percentagem de ADL (lenhina) com a equação 10 e calculou-se também a celulose com a equação 11.

$$\% ADL (lenhina) = \frac{(P_c - Tara\ do\ copo - P_m)}{P_{am}} \times 100 \quad (10)$$

$$Celulose = ADF (celulose + lenhina) - ADL (lenhina) \quad (11)$$

4.4.7.7. Gordura Bruta

Para determinar a percentagem de gordura bruta, introduzimos 3 pedras de ebulição em cada copo de extração, que neste caso eram dois. Os copos foram depois colocados na estufa durante 1 hora a 100 °C, onde permaneceram durante 1 hora, sendo depois retirados e deixaram-se a arrefecer no excicador. Assim que estes atingiram a temperatura ambiente pesaram-se com precisão 2 g de amostra (m_0) para um cartuxo

de extração, onde também foi colocado algodão a tapar na totalidade a amostra. Os cartuxos foram depois colocados nos seus respetivos copos, previamente pesados (m_1).

De seguida iniciamos a extração, e para isso adicionou-se 150 ml de éter de petróleo 40/60 a cada copo e esperou-se até que o cartuxo ficasse completamente embebido no solvente. Inseriram-se os copos na unidade de extração SOXTHERM e deu-se início ao programa de extração. No final retiraram-se os copos e colocaram-se na estufa durante cerca de 1 hora e 30 minutos a 100 °C.

Apos este período de tempo, os copos foram retirados da estufa e ficaram a arrefecer no excicador. Depois procedeu-se à sua pesagem numa balança analítica com 1mg de precisão. Voltaram-se a colocar os copos na estufa, durante mais 30 minutos e repetiu-se a pesagem de acordo com o procedimento anterior. Este processo foi repetido até a diferença entre duas pesagens sucessivas não diferir de 0,1% do peso inicial, obtendo assim o peso do copo de extração com as pedras de fervura e a gordura extraída da amostra (m_2). Por fim, utilizou-se a equação 12 para calcular a percentagem de gordura bruta.

$$\% \text{ Gordura bruta} = \frac{(m_2 - m_1)}{m_0} \times 100 \quad (12)$$

4.5. Potencial dos cladódios enquanto floculante natural

4.5.1. Objetivo

Este ensaio teve o propósito de avaliar o potencial dos cladódios enquanto floculante natural, bem como determinar qual o método mais eficaz. Para tal realizamos vários testes com diferentes preparações de cladódios, sendo que foram utilizados cladódios frescos, cladódios liofilizados, cladódios liofilizados em pó e extrações de mucilagem, uma realizada a quente e outra a frio. É de realçar que até a data nenhum teste havia sido feito com cladódios liofilizados e cladódios liofilizados em pó com a finalidade de ser utilizado como floculante.

4.5.2. Material de avaliação utilizado

Para realizar a leitura da turbidez foi utilizado um turbidímetro Canadawide Scientific Model 800, os resultados são apresentados em NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

Foi ainda utilizada uma lupa LEICA MZ12.5 equipada com uma camara LEICA EC3,

esta lupa fornece uma visualização a três dimensões da amostra com ampliações de 8x-100x.

4.5.3. Preparação dos cladódios

4.5.3.1. Preparação dos cladódios frescos cortados

Para a realização do teste com cladódios em fresco, estes foram cortados aproximadamente com 1,5 X 1 cm. De forma determinar que quantidade seria mais adequada para a limpeza da água prepararam-se diferentes quantidades de cladódios frescos, sendo elas 40 gramas, 60 gramas e 80 gramas.

4.5.3.2. Preparação dos cladódios liofilizados cortados

Para este teste os cladódios foram cortados em fresco em porções com aproximadamente 1,5 x 1 cm, depois foram submetidos ao processo de liofilização. Após a liofilização foi necessário entender, em primeiro lugar qual a perda de peso das palmas quando se procede a liofilização. Neste caso as palmas antes de serem liofilizadas pesavam 1124,56 gramas (1,125 kg) e após o processo de liofilização pesavam 79,4 gramas. Depois fez-se a correspondência das quantidades de palmas liofilizadas que iam ser utilizadas no ensaio com o peso das palmas em verde. Ou seja, 40 gramas de cladódios frescos equivalem a 2,824 gramas de palmas liofilizadas, 60 gramas de cladódios frescos equivalem a 4,236 gramas de palma liofilizada e 80 gramas de cladódios frescos equivalem a 5,648 gramas de palma liofilizada. Estes foram os valores de palmas liofilizadas que foram pesados para depois adicionar à solução das tinas.

4.5.3.3. Preparação dos cladódios liofilizados moídos

Para a realização deste ensaio os cladódios liofilizados foram moídos e passados num crivo com malha de 1 mm, obtendo assim um pó. Contudo antes da adição dos cladódios em pó a tina, procedeu-se a sua reidratação, adicionando 5 g de argila a 50 ml de água, o que resultou numa substância gelificada de cor verde (Fig. 19)



Figura 20-Cladódios liofilizados em pó após a reidratação adicionados a mistura de água e argila (Fonte: O autor)

4.5.4. Preparação da mucilagem

4.5.4.1. Preparação da mucilagem extraída a frio

Para realizar a extração a frio, 500 g de cladódios foram cortados em pequenos pedaços de 2 cm x 2 cm. Estes 500 g de cladódios foram colocados em 1,5 l de água fria (Fig. 20), sendo que a mistura foi deixada na bancada à temperatura ambiente durante 24 horas, no final desse tempo retiraram-se os cladódios da água, que adquiriu uma viscosidade semelhante à do gel que os cladódios contêm no seu interior.



Figura 21-Extração de mucilagem a frio (Fonte: O autor)

4.5.4.2. Preparação da mucilagem extraída com calor

De forma a extrair a mucilagem dos cladódios com calor, cortaram-se 500 g de cladódios em pedaços de aproximadamente 2 cm x 2 cm. Estes pedaços foram depois adicionados a 1 L de água dentro de um recipiente que foi colocada sobre uma placa de aquecimento para que a mistura entrasse em ebulição durante 1 hora, a 80 °C (Fig. 21). No fim, deixou se a mistura arrefecer e depois retiraram-se os cladódios da extração.



Figura 22-Extração de mucilagem com calor (Fonte: O autor)

4.5.5. Condições de teste

Foram utilizadas tinas de vidro, cada uma com aproximadamente 5 gramas de argila e 500 ml de água da torneira, de forma a proporcionar uma situação mais próxima do real. Após a adição de água e argila a cada uma das tinas, realizou-se uma agitação vigorosa durante 5 minutos com um agitador magnético, após esta agitação determinou-se o primeiro valor de turbidez. Uma das tinas serviu como controlo pelo que não lhe foi adicionada nenhuma quantidade de cladódios em nenhum dos testes realizados.

No caso do teste com os cladódios em fresco, após a determinação do primeiro valor de turbidez juntaram-se as diferentes quantidades de cladódios a cada uma das tinas (40 gramas, 60 gramas e 80 gramas), e fez-se uma nova agitação também durante 10 minutos, desta vez a uma velocidade mais baixa, de forma a promover a floculação

inicial. Após este passo, determinou-se a turbidez e as tinas foram colocadas na bancada onde permaneceram durante 1 hora sem que mais agitações fossem realizadas. A turbidez foi avaliada em intervalos de 5 em 5 minutos.

A semelhança do teste com cladódios em fresco, no teste com os cladódios liofilizados os cladódios foram adicionados à solução de água e argila após a determinação do primeiro valor de turbidez e voltou-se a agitar desta vez com menor velocidade, durante 10 minutos. Cada tina continha uma quantidade diferente de cladódios liofilizados e no fim do tempo estabelecido de agitação, determinou-se o segundo valor de turbidez. As tinas foram depois analisadas de 5 em 5 minutos, não existindo nenhuma agitação durante esta fase.

Para o teste dos cladódios liofilizados moídos, após a reidratação dos mesmos, estes foram adicionados a mistura de água e argila que a tina continha, antes da segunda agitação tal como aconteceu nos testes anteriores. Após os 10 minutos de agitação, a tina foi colocada na bancada e a leitura da turbidez foi feita de 5 em 5 minutos, sem que nenhuma agitação fosse aplicada.

Para o teste realizado com a extração de mucilagem a frio, adicionou-se 5 g da extração a uma tina contendo 500 ml de água e 5 g de argila, que tinha sido agitada previamente e agitou-se suavemente durante 10 minutos. De seguida pousou-se a tina na bancada e à semelhança do procedimento dos outros testes, realizou-se a leitura da turbidez de 5 em 5 minutos.

Por fim para o teste com a extração de mucilagem a quente e a semelhança do outro teste feito com extração de mucilagem, foram pesadas 5 gramas de extração de mucilagem e adicionadas a uma tina contendo 500 ml de água e 5 g de argila, após a adição voltou-se a agitar a mistura durante 10 minutos. No fim da agitação, colocou-se a tina na bancada e tal como foi feito nos outros testes, realizou-se a leitura da turbidez de 5 em 5 minutos.

4.6. Tratamento estatístico

O tratamento estatístico foi realizado com recurso ao *software* Statistica versão 13.0 (StatSoft, Inc., Dell, Tulsa, EUA). Efetuou-se uma análise de variâncias (ANOVA), para um nível de significância de 0.05. Foram elaborados quadros, para cada parâmetro avaliado, com os resultados obtidos na ANOVA. Foram também realizados testes de Tukey e elaborados quadros de médias e desvios-padrão, estes quadros podem ser encontrados nos anexos. Os dados obtidos da análise estatística realizada, foram organizados e tratados em Microsoft Office Excel 365.

Capítulo V

Resultados e Discussão

5. Resultados e discussão

5.1. Ensaio de conservação da variedade “vermelha”

5.1.1. Caracterização do material vegetal

5.1.1.1. Massa, dimensões dos frutos e forma

Os frutos da variedade “vermelha” pesam em média 121.01 g, sendo o valor máximo 157,89 g e o valor mínimo 96,79 g existindo por isso uma grande heterogeneidade a nível de pesos.

O comprimento médio dos figos-da-índia da variedade “vermelha” é de 7,9 cm, sendo o valor máximo de 8,9 cm e o mínimo de 6,4 cm. Quanto ao diâmetro, o valor médio é de 5,4 cm, o máximo de 5,9 cm e o mínimo 4,8 cm. Estes valores estão por isso dentro dos intervalos de valores apresentados por Duru e Turker (2005) que são respetivamente 5 cm a 10 cm para o comprimento e 4 cm a 8 cm para o diâmetro dos frutos.

Os frutos são caracterizados também pela sua forma elíptica média, e relativamente a depressão do ápice esta é moderadamente deprimida (Alves, 2011).

5.1.1.2. Cor do epicarpo

Para a avaliação da cor e das alterações ocorridas na cor dos frutos determinaram-se os valores das coordenadas cromáticas L^* , a^* , b^* . Contudo, a avaliação da cor na variedade em estudo, é difícil visto existir uma grande heterogeneidade de coloração entre frutos e até no mesmo fruto, como é possível observar na figura 22. Os valores médios observados são L^*



Figura 23-Aspecto dos figos-da-índia da variedade “vermelha” na qual é evidente a heterogeneidade dos frutos (Fonte: O autor)

45,71, a^* 18,93 e b^* 15,51. O que significa que em média os frutos têm um tom rosa claro, com algumas tonalidades laranja, visto que a coordenada L^* representa a luminosidade e quanto maior o valor mais claro é o fruto em contraste com valores negativos que significam colorações mais escuras; a^* é a coordenada vermelho/verde em que valores positivos significam frutos mais avermelhados e valores negativos frutos com tonalidades mais verdes; b^* é a coordenada amarelo/azul, onde valores positivos

estão relacionados com frutos mais amarelados.



A visualização da cor média, que se pode ver na figura 23, quando comparada com a aparência dos frutos, na figura 22, põe em destaque a dificuldade na perceção e avaliação da cor em frutos heterogéneos.

Figura 24-Aspecto da cor média dos frutos.

5.1.1.3. Textura

De forma a determinar a firmeza do epicarpo é realizado um teste de penetração no qual é medida a força máxima no ponto de rutura do epicarpo. Para a variedade “vermelha” do figo-da-índia a firmeza média do epicarpo é 9,64 N, sendo o valor máximo 11,90 N e o mínimo 7,20 N. Não existindo literatura sobre teste de penetração em figo-da-índia para determinar a firmeza do epicarpo, não é possível fazer uma comparação destes valores com outros. O gradiente, é um parâmetro relacionado com a elasticidade do epicarpo do fruto que para a variedade “vermelha” é em média de 4,90 N/mm, sendo o valor máximo obtido 5,53 N/mm e o mínimo 3,78 N/mm. A determinação da firmeza da polpa reveste-se de grande dificuldade porque a polpa do figo-da-índia é gelatinosa tendo dispersas muitas sementes com tegumento duro, sendo por isso heterogénea. Quando a sonda penetra a polpa do fruto vai encontrar zonas sem semente e zonas com semente, o que causa uma variação muito acentuada nos valores de firmeza. O valor obtido para a média da firmeza foi 1,98 N, o valor máximo foi 3,27 N e o mínimo 0,50 N.

5.1.1.4. Sólidos solúveis totais

O valor médio de sólidos solúveis totais obtidos para a variedade “vermelha” foi 12,80 °Bx, sendo o valor máximo determinado 14,75 °Bx e o valor mínimo 10,25 °Bx. Estes valores encontram-se dentro do intervalo de valores apresentado por Felker et al. (2005) de 13 a 15 °Bx para uma variedade mexicana; nesse mesmo estudo também são apresentados valores médios para variedades sicilianas e israelitas, sendo estes respetivamente 12°Bx e 12,8 °Bx. A variedade “vermelha” produzida nesta região de Portugal, tem valores ligeiramente superiores à variedade siciliana referida e idênticos aos da variedade israelita.

5.1.1.5. Acidez titulável e pH

A acidez titulável remete para a percentagem de ácido cítrico presente nos frutos, visto ser este o principal ácido orgânico presente na constituição dos figos da índia (Moßhammer, et al. 2006). O valor médio de acidez é 0,03 % de ácido cítrico, o valor máximo é 0,12 % e o valor mínimo 0,01 % de ácido cítrico; estes valores encontram-se abaixo do intervalo de valores apresentado por Moßhammer, et al. (2006) de 0,5 % a 1,1 % de ácido cítrico. Esta variedade “vermelha” produzida nestas condições edafo-climáticas, em Portugal é menos ácida que as variedades referidas nessa publicação.

O pH também foi determinado tendo-se obtido um valor médio de 6,82, um máximo de 6,97 e um valor mínimo de 6,62, não existindo por isso grande variação. Estes valores por sua vez encontram-se acima do intervalo de valores apresentado por Moßhammer, et al. (2006), que no seu artigo apresentavam um intervalo de valores de pH de 5,6 a 6,5.

5.1.1.6. Compostos fenólicos

Tal como pode ser observado na figura 24, os compostos fenólicos do figo-da-índia da variedade “vermelha” variam aproximadamente entre 195 µg/ml e 391 µg/ml, sendo assim evidente uma grande variação entre amostras. Estas são amostras compósitas, tal como já foi mencionado anteriormente (cf. 4.1.4.3.1.), logo não correspondem apenas a um fruto, mas a um conjunto aleatório de frutos. Apesar da grande diferença entre amostras é possível afirmar que o figo-da-índia da variedade “vermelha” cultivado nas condições do local referido, contem um elevado teor de compostos fenólicos, tal como observado no estudo realizado por Alves (2011) com frutos colhidos no litoral alentejano, que apresentaram valores entre os 240 µg/ml e os 320 µg/ml, ou seja o valor mínimo dos frutos do litoral alentejano é superior ao valor mínimo obtido neste estudo mas o valor máximo é inferior.

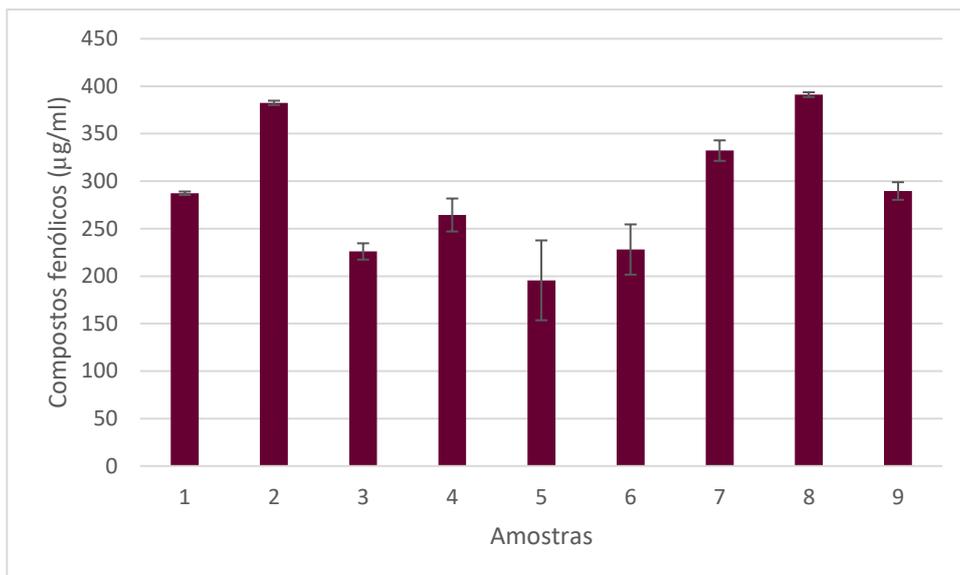


Figura 25-Gráfico representativo do teor de compostos fenólicos do figo-da-índia variedade “vermelha”. Os números de amostras representam as amostras compósitas, cada amostra corresponde a 3 frutos.

5.1.1.7. Capacidade antioxidante

Ao analisar a figura 25, é possível observar que a amostra 1 apresenta um valor muito elevado (53 %) e que a amostra 4 (5 %) apresenta valores muito baixos, e um pouco menos também a amostra 8, quando comparadas com as outras. Os valores destas amostras podem resultar de um erro laboratorial, que não se pode descartar, ou podem ser causados pela grande diversidade de estados de maturação dos frutos que foram usados para constituir cada amostra compósita, sendo justificado se os frutos que se encontravam num avançado estado de maturação constituíram a amostra 1, e no caso da amostra 4 seriam frutos que ainda não se encontravam maduros. As restantes amostras não têm grandes variações de valores entre si, entre 27% e 33%. Os valores de capacidade antioxidante do figo-da-índia pode ser comparados aos encontrados em algumas variedades de uva ou na laranja sanguínea (Aruwa, Amoo, and Kudanga, 2018; Albano et al., 2015; Butera et al., 2002).

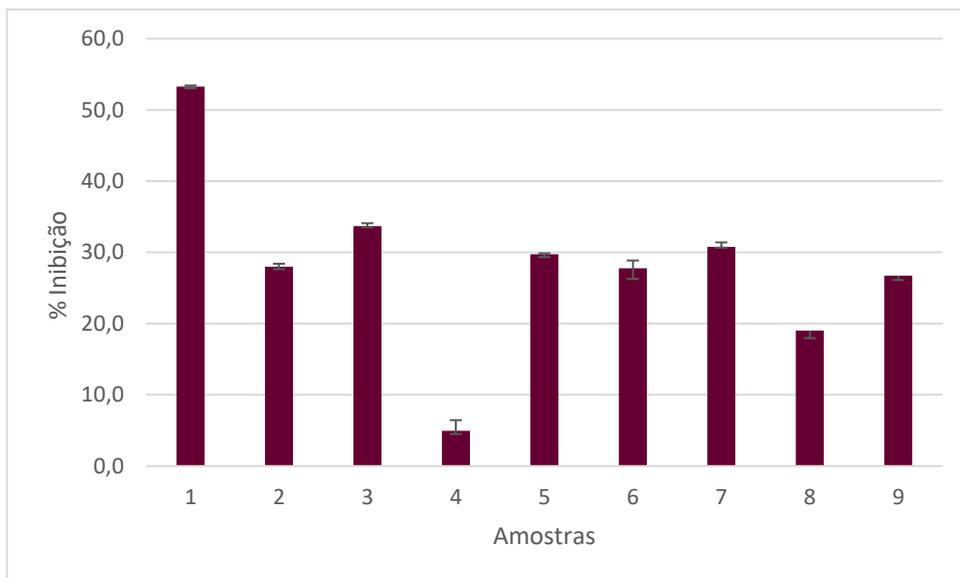


Figura 26-Gráfico representativo da capacidade antioxidante do figo-da-índia da variedade “vermelha”. Os números de amostras representam as amostras compósitas, cada amostra corresponde a 3 frutos.

5.1.1.8. Análise de compostos nutricionais

Como é possível observar na tabela 2, os figos-da-índia da variedade “vermelha” têm grandes quantidade de cálcio e magnésio, valores contudo inferiores aos indicados por Piga (2004), que mencionou no seu estudo quantidades de cálcio de 59 mg/100 g de peso fresco e para o magnésio de 98,4 mg/100 g p.f.. Os restantes parâmetros encontram-se com valores equiparáveis a outros frutos (Piga, 2004). Tal como a maçã, que apenas apresenta vestígios de zinco, manganês e cobre (Feliciano et al. 2010). A maçã apresenta valores de potássio de 100 mg/100 g p.f (peso fresco), cerca de metade dos referidos para o figo da inda, e muito próximos aos da uva que em valores de 230 a 270 mg/ 100 g p.f.. Os valores de ferro são semelhantes aos da maçã que tem valores entre 0,1 mg/100 g p.f. e 0,2 mg/100 g p.f., a uva possui valores no intervalo de 0,2-0,4 mg/100 g p.f. (Ginestra et al. 2009).

Parâmetro	Resultado
Cálcio (mg/100g)	52
Potássio (mg/100g)	202,6
Sódio (mg/100g)	<LQ
Cobre (mg/100g)	0,044
Ferro (mg/100g)	0,184
Fósforo (mg/100g)	19,07
Manganês (mg/100g)	< LQ
Magnésio (mg/100g)	38,1
Zinco (mg/100g)	0,164
Humidade (%)	86,23

Tabela 2-Resultados das análises aos compostos nutricionais apresentados em mg/100g de peso fresco (Fonte: CATAA)

5.1.2. Evolução dos frutos durante a conservação

5.1.2.1 Perda de massa dos frutos

Este parâmetro apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação, modalidade e interação, sendo que o factor que melhor explica as diferenças registadas é o factor tempo, pois $F_{\text{Tempo de conservação}} = 549,45 > F_{\text{Modalidade}} = 401,88 > F_{\text{interação}} = 67,52$. Ao observar a figura 26, constatamos que a perda de peso (%) foi superior nos frutos conservados à temperatura de 5 °C, a percentagem de peso perdido aumentando de forma gradual ao longo do tempo nas duas modalidades, contudo no fim dos 40 dias os frutos conservados a 2 °C tiveram perdas inferiores a 4 % de massa enquanto os frutos conservados a 5 °C aos 40 dias de conservação tiveram perdas superiores a 7 %. A qualidade da maioria das frutas e vegetais diminui muito rapidamente com pequenas perdas massa, em geral, uma perda de 3,0 % a 10,0 % pode tornar muitos produtos hortofrutícolas inaceitáveis para venda (Robinson et al., 1975). O valor de 5 % de perda de peso é muitas apontado como valor limite para que não haja perda evidente de qualidade (Kader, 2013).

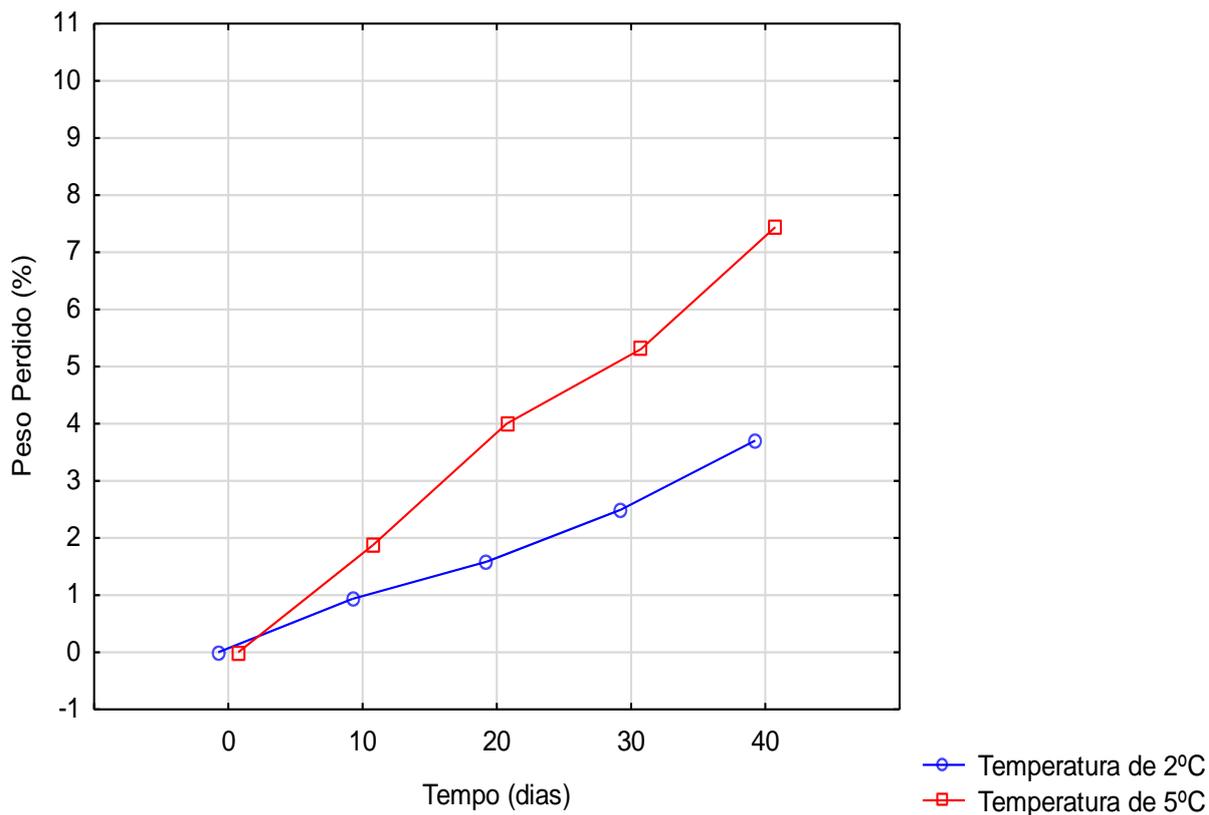


Figura 27-Evolução do Peso Perdido (%) ao longo do tempo de conservação para as duas modalidades em estudo.

Estes valores eram, contudo, expectáveis visto que Rodriguez-Félix et al. (1992) afirmam no seu estudo que as perdas de peso no figo-da-índia são inferiores a 7,7 %, nesse mesmo estudo é afirmado que estas perdas não afetam a aparência dos frutos. Corrales-García & Andrade-Rodríguez (1997) avaliaram a perda de peso de diferentes variedades mexicanas, tendo concluído que a variedade “Copena torrega” tinha perdas de 6 % e a variedade “Cristalina” tinha perdas de 2 %. Como tal os valores obtidos para as duas variedades são aceitáveis do ponto de vista de em média a perda de peso (%) a cada saída ser inferior a 7,7 %, tal como pode ser observado no quadro de médias onde também podem ser observados os resultados do teste de comparações múltiplas de Tukey HSD (Anexo 1).

5.1.2.2 Cor do epicarpo

A cor apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação em todas as coordenadas (L^* , a^* , b^*), não apresentando diferenças significativas para a modalidade e a interceção em nenhuma das coordenadas.

No caso da coordenada L^* , que indica a luminosidade observamos que existe uma diminuição nos valores nos primeiros 10 dias, ou seja, os frutos ficam com uma aparência mais escura. No dia 40 apesar de não ser significativo, existe um pequeno aumento, que se pode dever ao facto de alguns frutos apresentarem danos por frio (Chilling injury), já que muitos frutos são mais sensíveis a estas alterações depois de transcorridos algum tempo de conservação, o que pode levar a um erro de leitura. Contudo, é possível observar que os frutos perderam luminosidades ficando dessa forma mais escuros (Fig. 27).

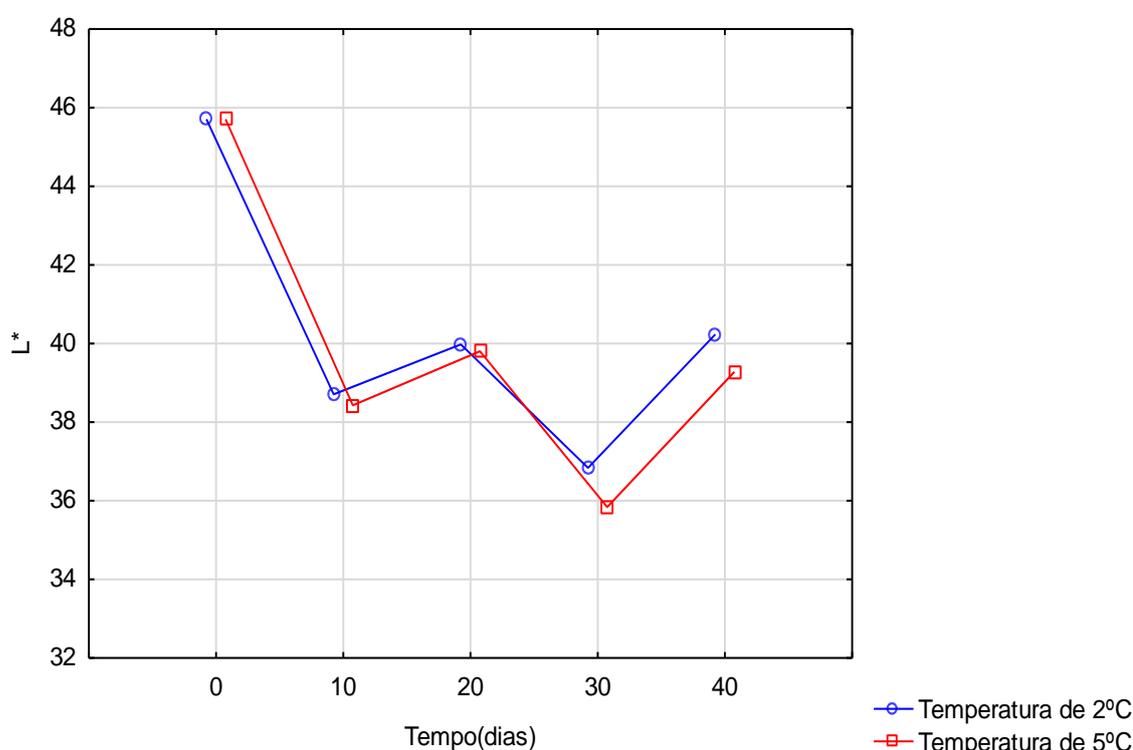


Figura 28-Evolução da cor do epicarpo, na coordenada L^* , ao longo do tempo de conservação.

A coordenada a^* , é a coordenada vermelho/verde e a semelhança do que ocorre na coordenada L^* as maiores mudanças ocorrem nos primeiros 10 dias de conservação (Fig. 28), nos quais os valores para esta coordenada aumentam. Este aumento é indicativo que os frutos ganharam uma tonalidade mais avermelhada, de seguida verifica-se uma diminuição dos valores à exceção do dia 30, que é sinalizado pelo teste de comparações múltiplas de Tukey HSD (Anexo 2) como sendo diferente dos outros devido a este aumento, que pode ser atribuído ao facto dos frutos não se encontrarem todos no mesmo estado de maturação à data de início do ensaio, bem como erros na leitura.

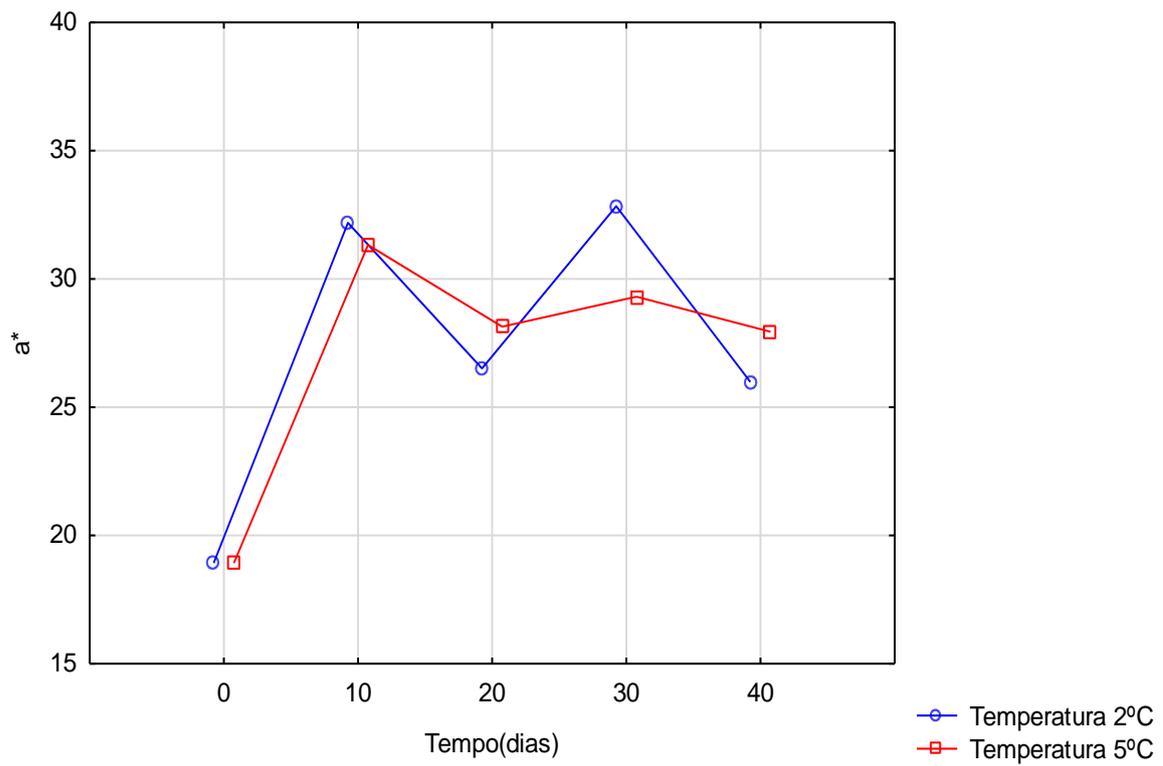


Figura 29-Evoluir da cor do epicarpo, na coordenada a*, ao longo do tempo de conservação.

Quanto a coordenada b*, que indica a variação de cor de amarelo para azul, é visível na figura 30, uma diminuição nos valores nos primeiros 10 dias, à semelhança das outras sofre as suas maiores mudanças nos primeiros 10 dias.

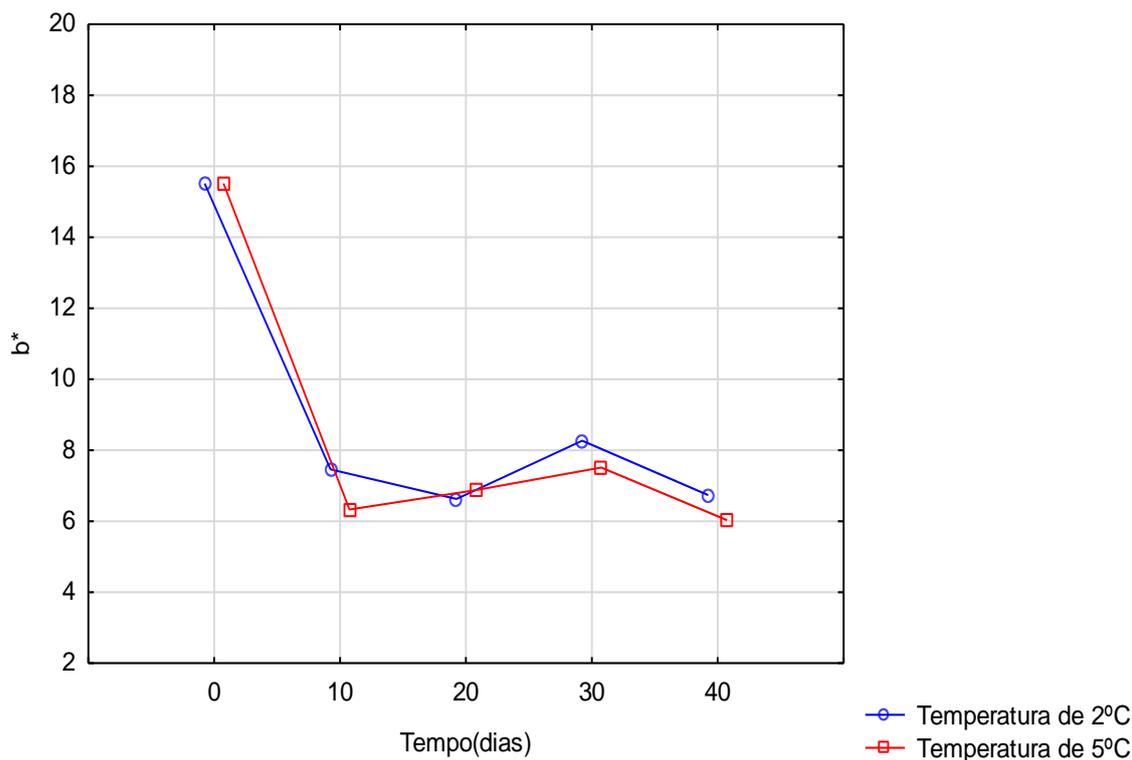


Figura 30-Valores da coordenada b* ao longo do tempo de conservação.

Os frutos conservados a 2 °C e a 5 °C apresentam relativamente à cor, comportamentos muito idênticos ao longo do tempo.

5.1.2.3 Textura

O teste de penetração usado permite a partir do gráfico força/deformação obter vários parâmetros tendo sido escolhidos a firmeza do epicarpo, gradiente e firmeza média da polpa.

5.1.2.3.1. Firmeza do epicarpo

A firmeza do epicarpo apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação, modalidade e interação. Sendo que o factor que melhor explica estas diferenças é o tempo de conservação, visto que $F_{\text{Tempo}} = 40,50 > F_{\text{Modalidade}} = 6,93 > F_{\text{interceção}} = 2,65$. Ao observar o gráfico da firmeza (Fig. 30), é possível constatar que os frutos conservados a temperatura de 2 °C sofreram maiores perdas de firmeza do que os frutos conservados a 5 °C. É também visível que a perda de firmeza nos frutos a 2 °C ao longo do tempo, é mais acentuada enquanto a evolução da firmeza dos frutos a 5 °C é mais gradual, a exceção dos primeiros 10 dias onde ocorreu uma perda acentuada de firmeza do epicarpo para estes frutos. Corrales-García & Andrade-Rodríguez (1997)

no seu estudo, avaliaram a qualidade de seis variedades de origem mexicana, ao longo do tempo de conservação a temperatura de 9 °C, sendo que para o dia 0 a firmeza variava entre os 22,56 N e os 9,81 N, e ao final de um mês os valores variavam entre 9,81 N e 2,45 N. Por comparação, e tendo em conta que as temperaturas de conservação não são iguais, estes frutos apresentam menos firmeza no dia 0, sendo, contudo, comparáveis á variedade “Copena-Torreaja” cuja firmeza era de 9,81 N; no final do tempo de conservação que foi superior a um mês, os frutos em estudo tiveram menos perdas de firmeza que as variedades mexicanas, verificaram-se variações entre os 9,64 N do dia 0 e os valores finais de 6,69 N para os frutos a 5 °C e 4,53 N para os frutos a 2 °C.

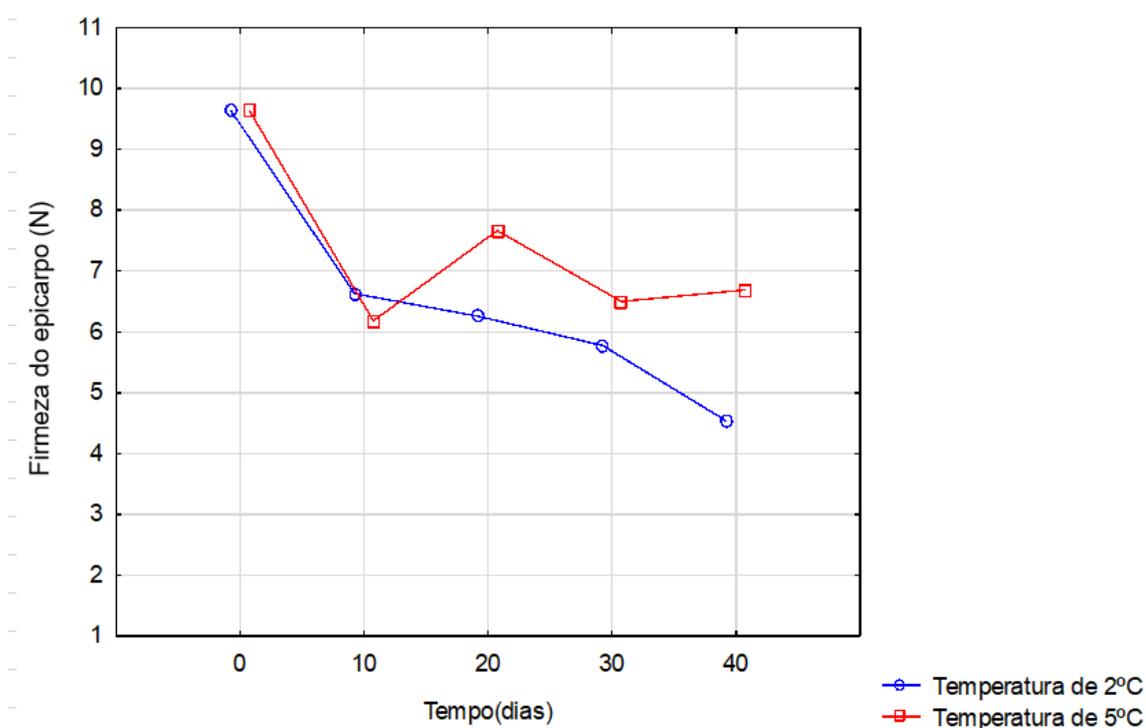


Figura 31-Evolução da firmeza do epicarpo (N) ao longo do tempo de conservação.

Através do teste de comparações múltiplas de Tukey HDS (Anexo 1), é possível confirmar que os resultados do dia 20 na modalidade de temperatura de conservação de 5 °C é significativamente diferente dos demais, o mesmo acontece para a modalidade de temperatura de conservação de 2 °C no dia 40. Verifica-se no dia 20 um aumento inesperado dos valores de firmeza para a temperatura de 5 °C, que são possíveis de observar com facilidade no gráfico (Fig. 30).

5.1.2.3.2. Gradiente

O gradiente apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação, não apresentando diferenças significativas para a modalidade ou interação. O gradiente, trata-se de um parâmetro que relaciona a força necessária para romper a epiderme e a deformação que ocorre quando desse evento, logo o gradiente é um parâmetro relacionado com a elasticidade do epicarpo. Ao longo do tempo de conservação, o gradiente diminui passando de 4,90 N no dia 0, para 2,01 N no caso dos frutos conservados a 2 °C e 2,40 N no caso dos frutos conservados a 5 °C (Fig.31). É de realçar que estatisticamente o dia 40 é significativamente diferente dos demais, facto assinalado pelo teste de comparações múltiplas de Tukey HSD (Anexo 1), pois foi o dia no qual existiu uma maior diminuição do gradiente. E apesar de as modalidades não serem estatisticamente diferentes, existem ligeiras diferenças que demonstram que os frutos conservados à temperatura de 2 °C apresentam menor elasticidade na epiderme, visto os seus valores de gradiente serem ligeiramente superiores, à exceção do dia 40, isto pode ser relacionado com o facto de os frutos conservados a esta temperatura terem perdido menos água logo as suas células mantêm-se turgidas.

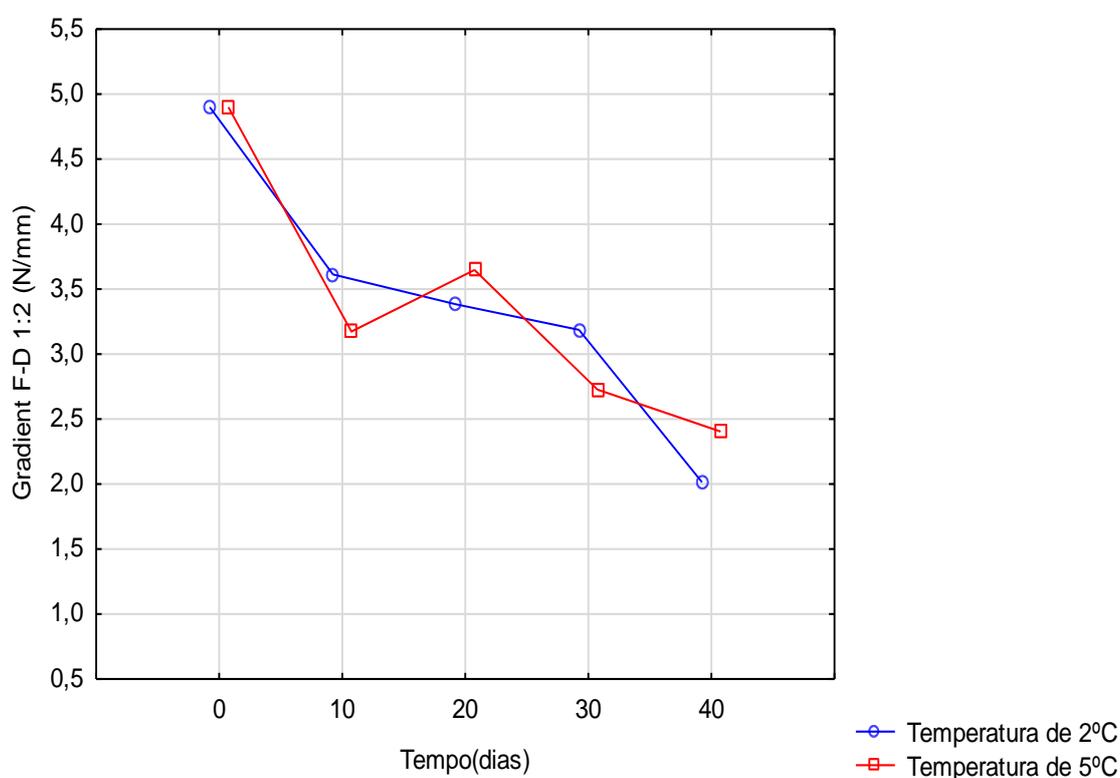


Figura 32-Evolução dos valores do Gradiente (N/m) ao longo do tempo de conservação.

5.1.2.3.3. Firmeza média da polpa

A análise de variância para este parâmetro apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o factor tempo de conservação, não existindo diferenças significativas para o outro fator nem para a sua interação. A Firmeza média da polpa é inicialmente de 1,54 N para as duas modalidades, mas ao dia 40 para os frutos conservados a 2 °C a firmeza é de 1,06 N e para os frutos conservados a 5 °C a firmeza é de 0,95 N (Fig. 32). Para esta última modalidade, no dia 20 existe um aumento inesperado, que pode ser atribuído ao facto dos frutos se encontrarem em diferentes estados de maturação no início do ensaio. Não obstante, a firmeza média da polpa, diminui ao longo do tempo de conservação, e apesar de não serem estatisticamente diferentes, os frutos conservados a 2 °C apresentam valores ligeiramente maiores de firmeza da polpa.

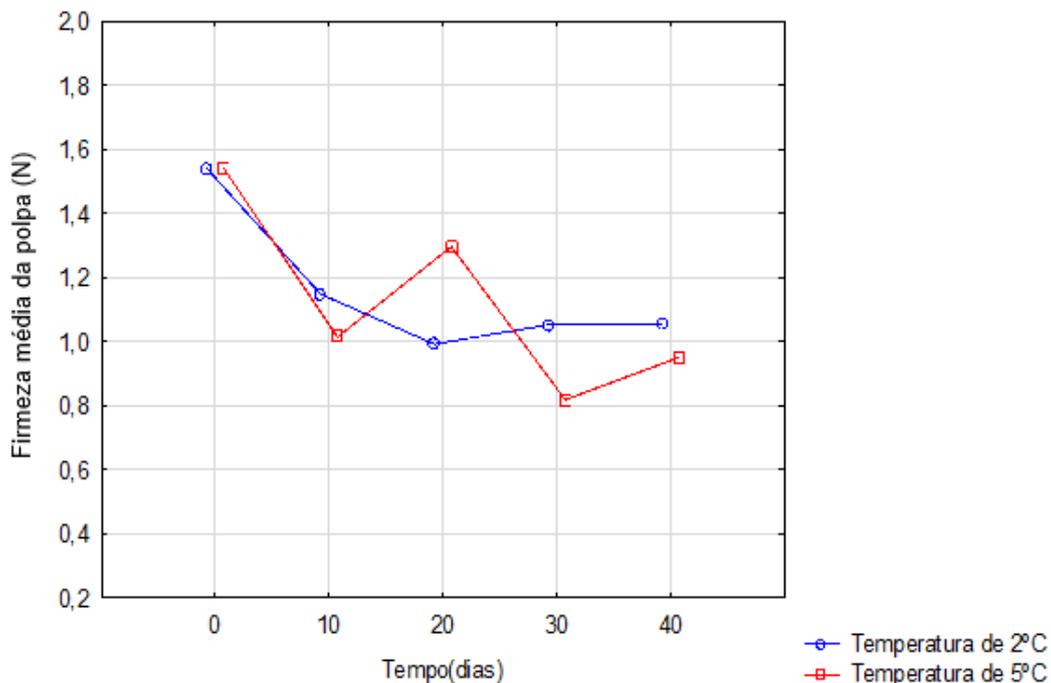


Figura 33-Evolução dos valores da firmeza média da polpa (N) ao longo do tempo de conservação.

5.1.2.3. Sólidos solúveis totais

Para os sólidos solúveis totais apenas se verificaram diferenças significativas ($p < 0,05$) para o factor tempo, sendo que ao longo do tempo os sólidos solúveis totais aumentaram até atingirem um valor máximo em ambas as modalidades e após a esse pico, os valores sofreram ligeiras diminuições (Fig.33). Apesar das modalidades não serem estatisticamente diferentes, verifica-se que os frutos que se encontravam à

temperatura de 5 °C alcançam o pico de teor em sólidos solúveis nos 10 primeiros dias, enquanto os frutos a 2 °C apenas atingem este pico após 20 dias.

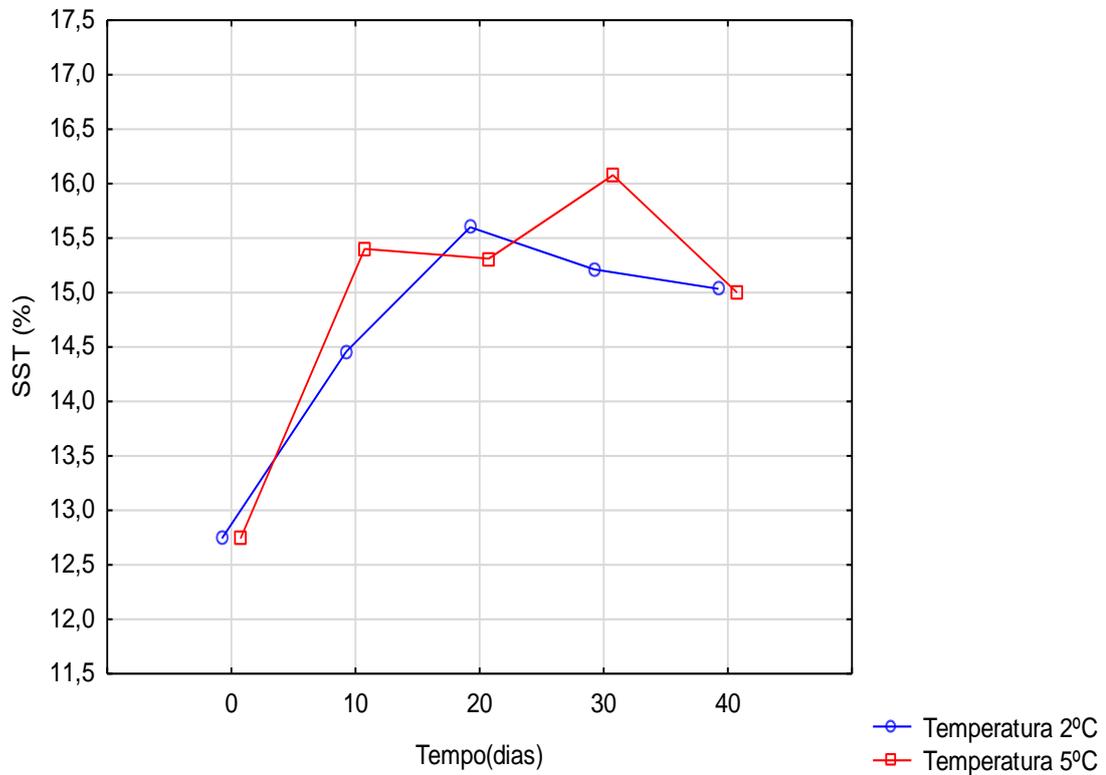


Figura 34-Valores de sólidos solúveis totais (% /°Brix) ao longo do tempo de conservação.

Como é possível observar na figura, os frutos inicialmente apresentavam valores de 12,74 °Bx, sendo que os frutos à temperatura de 2 °C atingem o valor máximo de 15,60 °Bx e ao fim de 40 dias o valor é de 15,03 °Bx; já os frutos conservados a 5 °C atingiram o valor máximo de 16,08 °Bx, tendo depois diminuído para o valor de 15 °Bx no fim do tempo de conservação. Estes valores são superiores aos apresentados por Corrales-García & Andrade-Rodríguez (1997) no seu estudo, no qual seis variedades foram conservadas à temperatura de 9 °C durante 30 dias, neste estudo as variedades inicialmente apresentavam valores na ordem de 15,3 °Brix e 13,2 °Brix e ao fim do tempo de conservação as variedades apresentavam valores de 13 °Brix e 11,8 °Brix.

5.1.2.4. Acidez titulável e pH

A acidez titulável não apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para nenhum dos fatores em estudo, e como é possível analisar através da figura 34, enquanto os frutos conservados a 2 °C apresentam uma diminuição na percentagem de ácido cítrico, os frutos conservados a 5 °C começam por ter um comportamento semelhante nos 10 primeiros dias, mas de seguida a percentagem de ácido cítrico aumenta. Não obstante, o figo-da-índia apresenta valores baixos de acidez titulável à semelhança das variedades sicilianas, sendo o seu valor inicial de 0,03 % de ácido cítrico e o valor máximo observável de 0,04 % para a modalidade de temperatura de conservação de 5 °C enquanto que as variedades sicilianas tem valores de aproximadamente 0,02 % de ácido cítrico (Gurrieri et al., 2000).

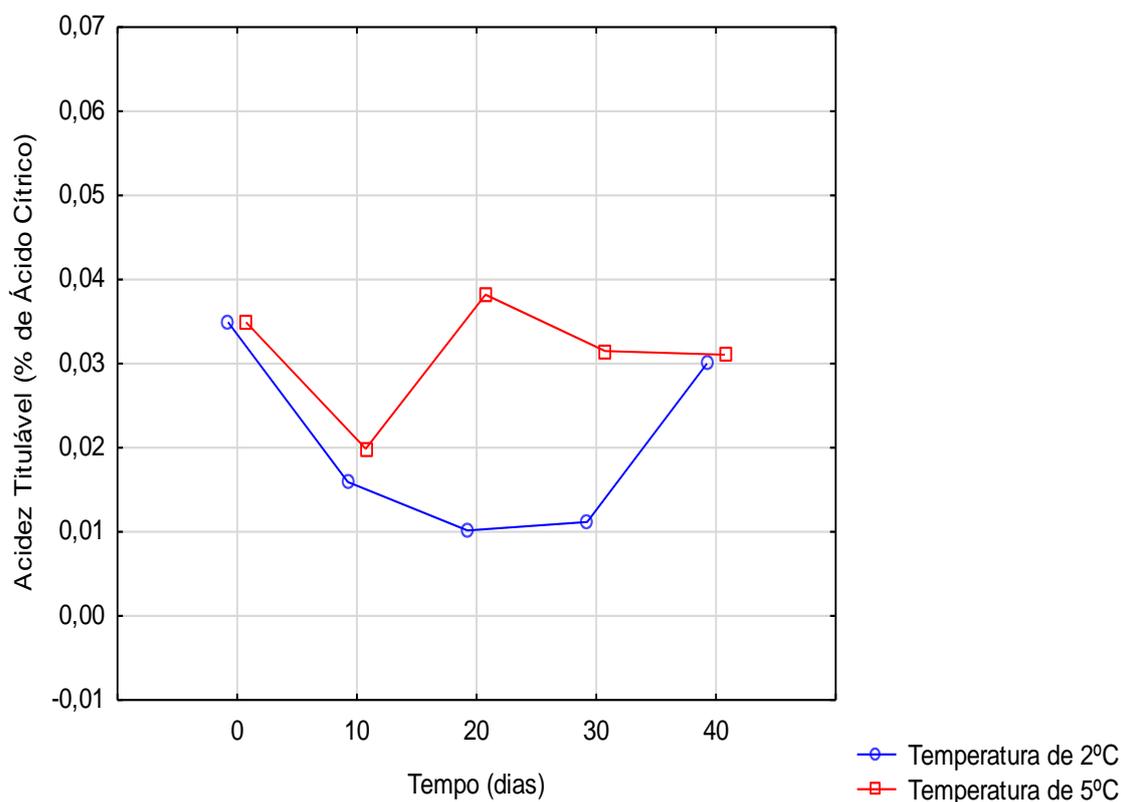


Figura 35-Valores de acidez titulável (% de ácido cítrico) ao longo do tempo de conservação.

Os valores de acidez também não se encontram totalmente concordantes com os valores de sólidos solúveis totais, visto que o esperado seria que com o aumento dos sólidos solúveis a acidez diminui-se tal como referido em diferentes estudos efetuados em batata-doce (Sausen et al., 2020), cereja (Martínez-Romero et al., 2006), tomate

(Athmaselvi et al., 2013) e laranja (Arowora et al., 2013; EL-Eleryan, 2015), contudo esta concordância apenas se verifica nos frutos conservados à temperatura de 2°C.

Para o pH, foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação, sendo que foi aumentando ao longo do tempo tendo passado de 6,82 para 7,47 e 7,19, nas modalidades de temperatura a 2 °C e 5 °C respetivamente (Fig.35). Estes valores de pH são considerados elevados quando comparados com valores obtidos de sumos de outras fruta, sendo também superiores ao pH das variedades sicilianas, que se encontram no intervalo dos 6,4 aos 6,5 (Gurrieri et al., 2000).

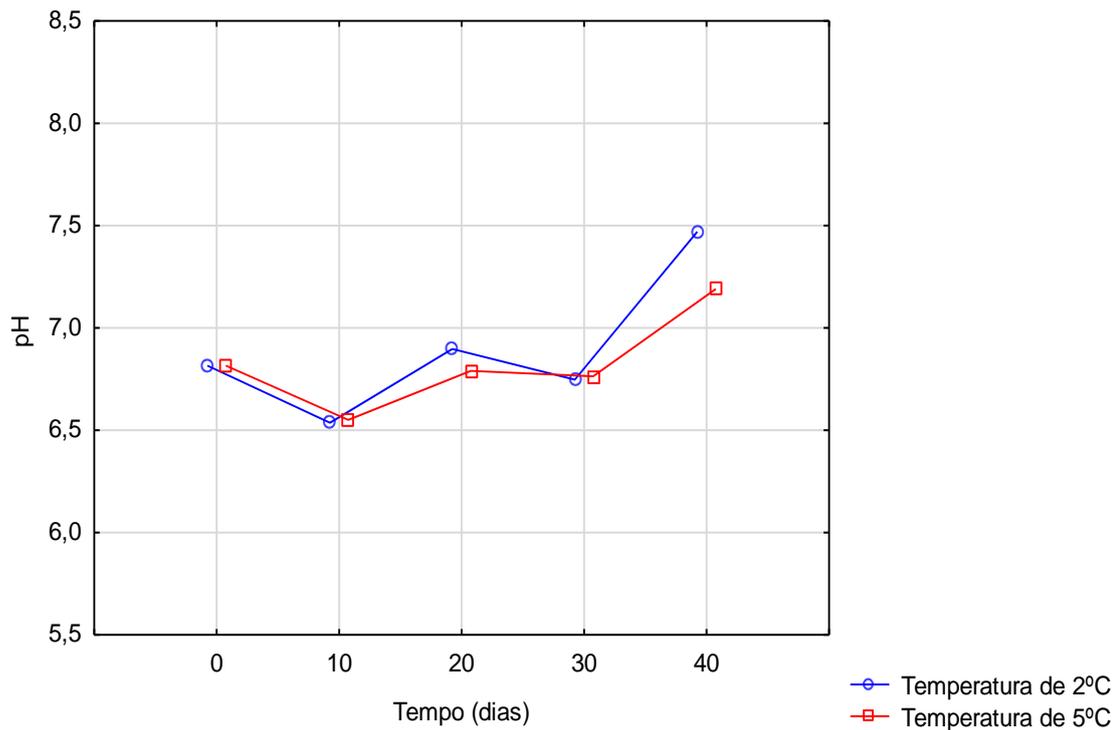


Figura 36-Valores médios de pH do sumo dos figos ao longo do tempo de conservação.

5.1.2.5. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos apresentam diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação, modalidade e interação, porém o factor tempo é o que melhor explica essas diferenças visto que $F_{\text{Tempo}} = 75,91 > F_{\text{Modalidade}} = 16,66 > F_{\text{interceção}} = 8,70$. Ao longo do tempo de conservação verifica-se um aumento nos valores de compostos fenólicos (Fig. 36), dado que no dia 0 os frutos ostentavam valores na ordem dos 288,54 $\mu\text{g/ml}$ e no dia 40 esse valor tinha aumentado para 723,11 $\mu\text{g/ml}$ no caso dos frutos conservados a 2 °C, e 796,01 $\mu\text{g/ml}$ no caso dos frutos conservados a 5 °C. Quanto às diferenças entre modalidades, é possível observar que para a temperatura de 2 °C nos 30 dias do ensaio o aumento de compostos fenólicos é superior aos valores exibidos pelos frutos conservados a 5 °C, porém no dia 40 a situação inverte-se pois existe uma diminuição nos valores dos frutos conservados a 2 °C. Esta diminuição pode ser causada por frutos terem o seu teor em compostos fenólicos a diminuir devido ao facto de terem uma ferida exposta ao ar (Artés et al., 2007) ou por os polifenóis estarem a proteger o ácido ascórbico e atividade antioxidante de oxidarem, o que leva a uma redução dos compostos fenólicos (Piga et al., 2003).

Todavia, o comportamento inicial de aumento do teor em compostos fenólicos é concordante com o que ocorreu no estudo realizados por Ochoa-Velasco & Guerrero-Beltrán (2014), no qual também se verificou um aumento dos compostos fenólicos, cuja causa foi atribuída á perda de água por parte dos frutos. Contudo, no presente estudo o maior aumento de compostos fenólicos verifica-se nos frutos conservados a 2 °C, estes por sua vez são os frutos que verificam uma menor perda de peso, logo uma menor perda de água. Aponta-se como uma possível causa de aumento dos valores dos compostos fenólicos o facto de não ter sido encontrado um protocolo que detalhasse a forma de proceder a análise dos compostos fenólicos, como tal, foi necessário adaptar e repetir o processo várias vezes, o que obrigou a muita manipulação das amostras, pelo que os resultados podem ter sido alterados. É também importante lembrar que os frutos são heterogéneos entre si, logo também pode justificar existirem algumas discrepâncias de valores.

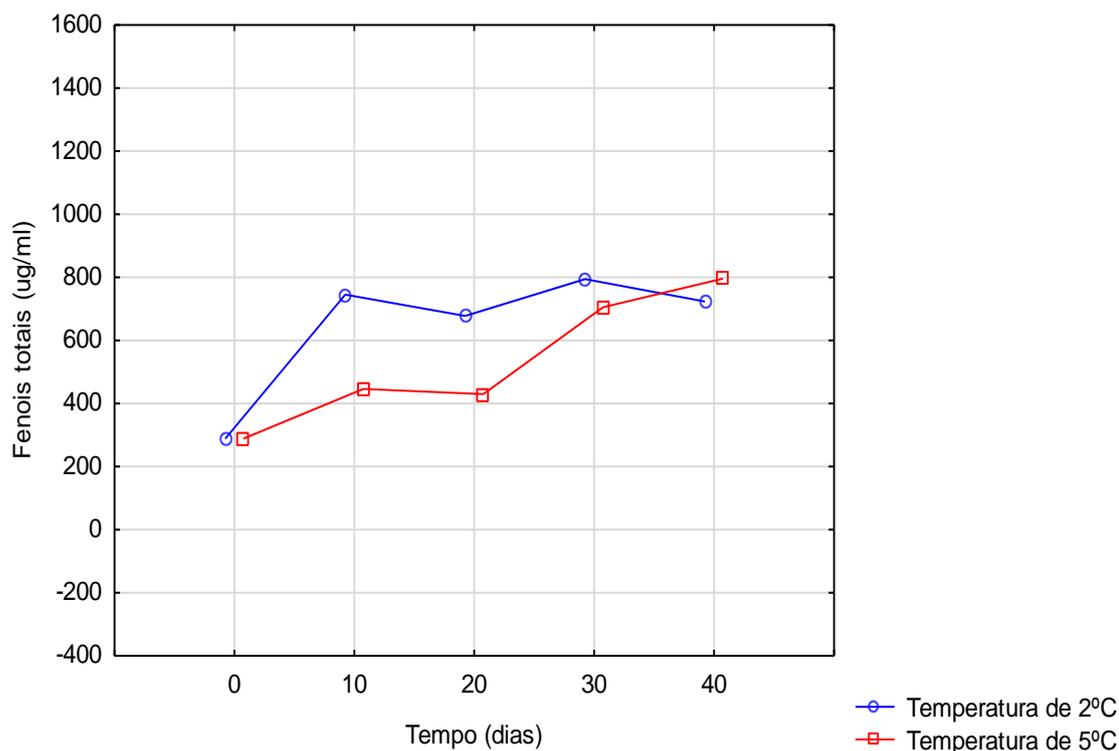


Figura 37-Valores médios de compostos fenólicos ($\mu\text{g/ml}$) ao longo do tempo de conservação.

5.1.2.6. Capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação. Ao observar a figura 37, é visível que houve um decrescer dos valores de atividade antioxidante ao longo do tempo, tendo os frutos no dia 0 apresentado valores de 28,22 % e no dia 40 3,32 % e 1,65 % para os frutos conservados a 2 °C e 5 °C respetivamente. Estes resultados foram inesperados visto que vários estudos apresentam resultados nos quais a atividade antioxidante aumenta ao longo do tempo de conservação (Ochoa-Velasco & Guerrero-Beltrán, 2014; Piga et al., 2003; Stintzing & Carle, 2005).

Não tendo encontrado nenhum estudo com resultados semelhantes, apenas se podem apontar possíveis causas para este comportamento. As amostras podem ter sofrido degradações devido ao excesso de manipulação, como já foi exposto anteriormente, ou estes figos “vermelhos” produzidos nesta região, em Portugal, reagem de forma diferente, e existirem alterações na estrutura dos polifenóis tal como estudado por Shetty et al. (1996) para os orégãos ou existir um decrescer de vitamina C e polifenóis que causou este comportamento, tal como Klimczak et al. (2007)

verificaram no caso do sumo de laranja.

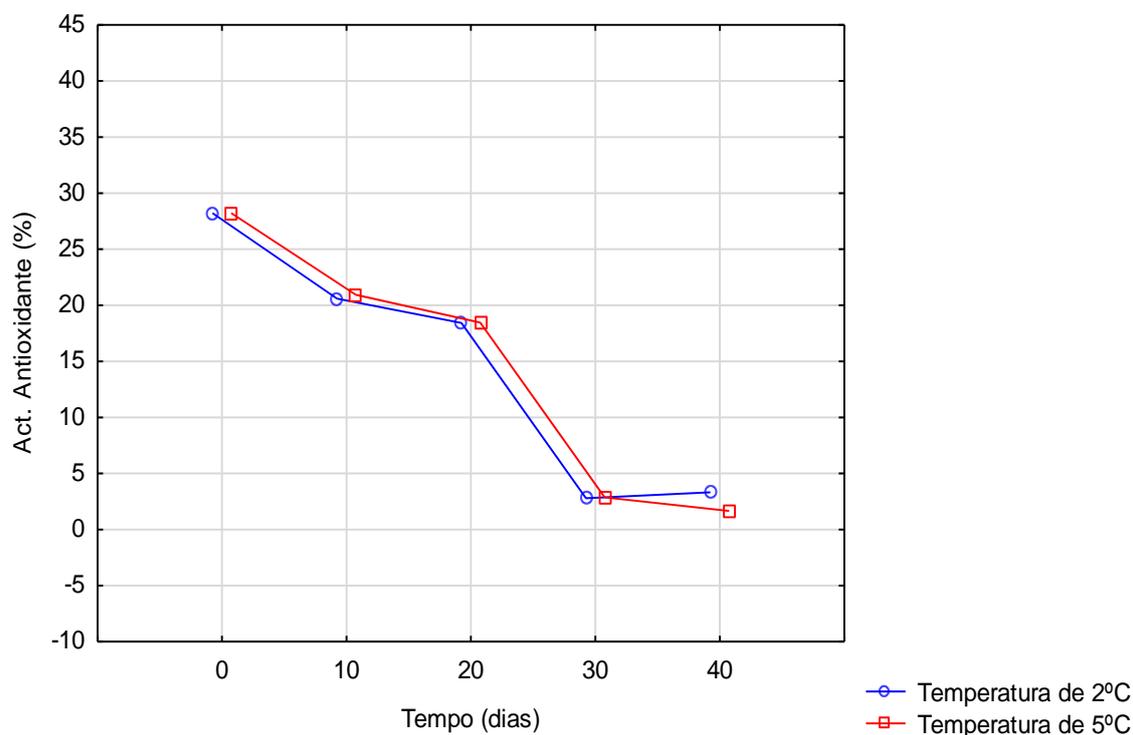


Figura 38-Valores de atividade antioxidante (%) ao longo do tempo de conservação.

5.2. Ensaio de conservação de frutos da variedade “laranja” com diferentes embalagens comerciais

5.2.1. Caracterização do Material vegetal

5.2.1.1. Massa, dimensão dos frutos e forma

Os frutos da variedade “laranja” pesam em média 119,22 g, sendo o valor máximo 144,25 g e o valor mínimo 102,65 g, existido por isso heterogeneidade a nível de pesos. A variedade “laranja” apresenta pesos ligeiramente inferiores à variedade “vermelha”, mas estes valores encontram-se dentro do intervalos de valores apresentado por Moßhammer et al. (2006), que é de 67 gramas a 216 gramas.

O comprimento médio dos figos-da-índia da variedade “laranja” é de 8,1 cm, sendo o valor máximo de 9,4 cm e o mínimo de 7,4 cm. Quanto ao diâmetro, o valor médio é de 5,3 cm, o máximo de 5,9 cm e o mínimo 4,9 cm. Estes valores estão por isso dentro dos intervalos de valores apresentados por Duru e Turker (2005) que são respetivamente 5 cm a 10 cm para o comprimento e 4 cm a 8 cm para o diâmetro dos frutos.

Os frutos são caracterizados também pela sua forma elíptica estreita sendo nesse aspecto diferentes da variedade “vermelha”, e relativamente a depressão do ápice esta é moderadamente deprimida (Alves, 2011).

5.2.1.2. Cor do epicarpo

Para a avaliação das alterações ocorridas na cor dos frutos determinaram-se os valores de L^* , a^* , b^* . A avaliação da cor na variedade em estudo, é difícil visto existir uma grande heterogeneidade de coloração entre frutos e mesmo no fruto, como é possível observar na figura 39. Em média o L^* é de 59,0, o a^* de 2,9 e o b^* de 38,5. O que significa que em média os frutos tem um tom laranja claro, com algumas tonalidades esverdeadas, visto que a coordenada L^* representa a



Figura 38-Aspecto dos figos-da-índia da variedade “laranja” na qual é evidente a heterogeneidade dos frutos

luminosidade e quanto maior o valor mais claro o fruto em contraste com valores negativos que significam colorações mais escuras, a^* é a coordenada vermelho/verde em que valores positivos significam frutos mais avermelhados e valores negativos frutos com tonalidades mais verdes e b^* é a coordenada amarelo/azul, onde valores positivos estão relacionados com frutos mais amarelados e valores negativos frutos com coloração mais azulada.



A visualização da cor média que se pode ver na figura 39, quando comparada com a aparência dos frutos, na figura 39, mostra mais uma vez a dificuldade na percepção e avaliação da cor em frutos heterogéneos

Figura 39– Aspecto da cor média dos frutos.

5.2.1.3. Textura

De forma a determinar a firmeza do epicarpo é realizado um teste de penetração no qual é medida a força máxima no ponto de rutura do epicarpo. Para a variedade “laranja” do figo-da-índia a firmeza média do epicarpo é 10,1 N, sendo o valor máximo 14,80 N e o mínimo 7,10 N. Não existindo literatura sobre teste de penetração em figo-da-índia para determinar a firmeza do epicarpo, não é possível fazer uma comparação destes valores com outros.

O gradiente, é um parâmetro relacionado com a elasticidade do epicarpo do fruto que para a variedade “laranja” é em média de 5,1 N/mm, sendo o valor máximo obtido 9,4 N/mm e o mínimo 3,8 N/mm.

A determinação da firmeza da polpa apresenta dificuldade devido à presença de sementes com tegumento duro numa polpa gelatinosa, que pode causar uma variação acentuada nos valores de firmeza. O valor obtido para a média da firmeza foi 2,0 N, o valor máximo foi 4,8 N e o mínimo 0,80 N.

5.2.1.4. Sólidos solúveis totais

O valor médio de sólidos solúveis totais obtidos para a variedade “laranja” foi de 12,0 °Bx, sendo o valor máximo determinado de 14,2 °Bx e o valor mínimo de 10,4 °Bx. Estes valores encontram-se ligeiramente abaixo do intervalo de valores apresentado por Duru & Turker (2005) de 13-14 °Bx para uma variedade turca, o INIAV (2016) por sua vez apresenta valores médios de 13 °Bx a 17 °Bx, ou seja em média a variedade “laranja” produzida em Portugal, tem valores inferiores às variedades turcas referidas e também apresenta valores inferiores a variedade “vermelha”.

5.2.1.5. Acidez titulável e pH

A acidez titulável remete para a percentagem de ácido cítrico presente nos frutos, visto ser este o principal ácido orgânico presente na constituição dos figos (Moßhammer, Stintzing, e Carle, 2006). O valor médio de acidez é de 0,02 % de ácido cítrico, o valor máximo é de 0,04 % e o valor mínimo de 0,01 % de ácido cítrico, estes valores encontram-se abaixo do intervalo de valores apresentado por Duru & Turker (2005) que era de 0,15 % a 0,25 % de ácido cítrico, pelo que esta variedade “laranja” produzida em Portugal é menos ácida que as variedades turcas referidas.

O pH também foi determinado tendo-se obtido um valor médio de 6,8, um máximo de 7,2 e um valor mínimo de 6,6, não existindo grande variação. Estes valores por sua vez encontram-se acima do intervalo de valores apresentado por Duru & Turker (2005), que no seu artigo apresentavam um intervalo de valores de pH de 5,4 a 5,75, mas estão em concordância com os valores apresentados por INIAV (2016), que era de 6,0 a 6,5.

5.2.1.6. Compostos fenólicos

Tal como pode ser observado na figura 40, os compostos fenólicos do figo-da-índia da variedade “laranja” variam aproximadamente entre 248,85 µg/ml e 355,50 µg/ml, pelo que existe uma grande variação entre amostras. Estas amostras são compósitas tal como já foi mencionado anteriormente (cf. 4.1.4.3.1), logo não correspondem apenas a um fruto, não obstante permitem ter um parecer sobre o facto que o figo-da-índia da variedade “laranja” conter um elevado teor de compostos fenólicos.

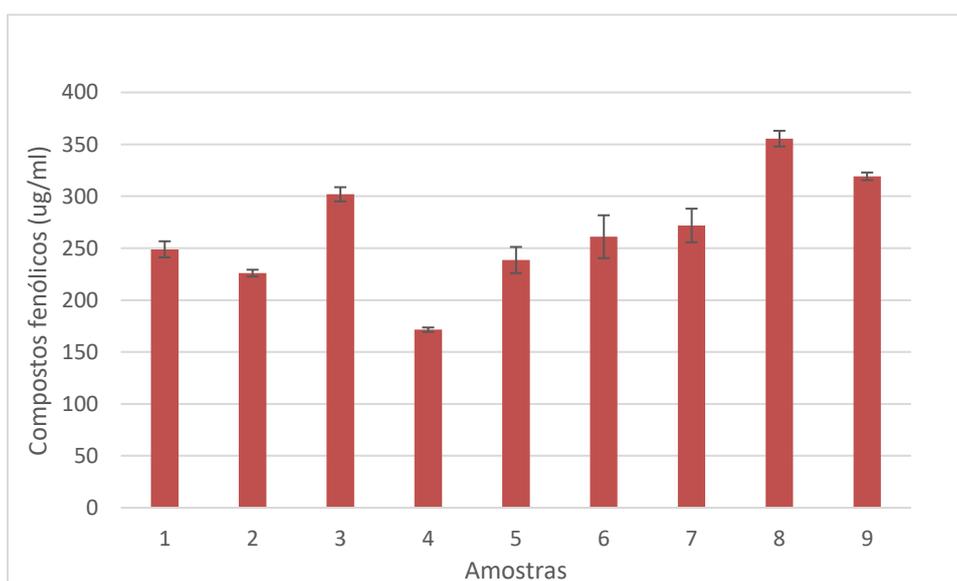


Figura 41-Gráfico representativo do teor de compostos fenólicos do figo-da-índia variedade “laranja”. Os números de amostras representam as amostras compósitas, cada amostra corresponde a 3 frutos.

5.2.1.7. Capacidade antioxidante

Ao analisar a figura 41, é possível observar que existe acentuada variação de valores. A amostra 1 e a amostra 9 com os valores de 50,8 % e 51,4 %, respectivamente, são as amostras com maior capacidade antioxidante, enquanto a amostra 4 com aproximadamente 5 % é a amostra com menor capacidade antioxidante. Estas diferenças entre valores podem ser resultado de um erro laboratorial ou serem causadas pela heterogeneidade natural dos frutos. Os valores de capacidade antioxidante do figo-da-índia podem ser comparados aos encontrados em algumas variedades de uva ou na laranja sanguínea (Aruwa, Amoo, and Kudanga, 2018).

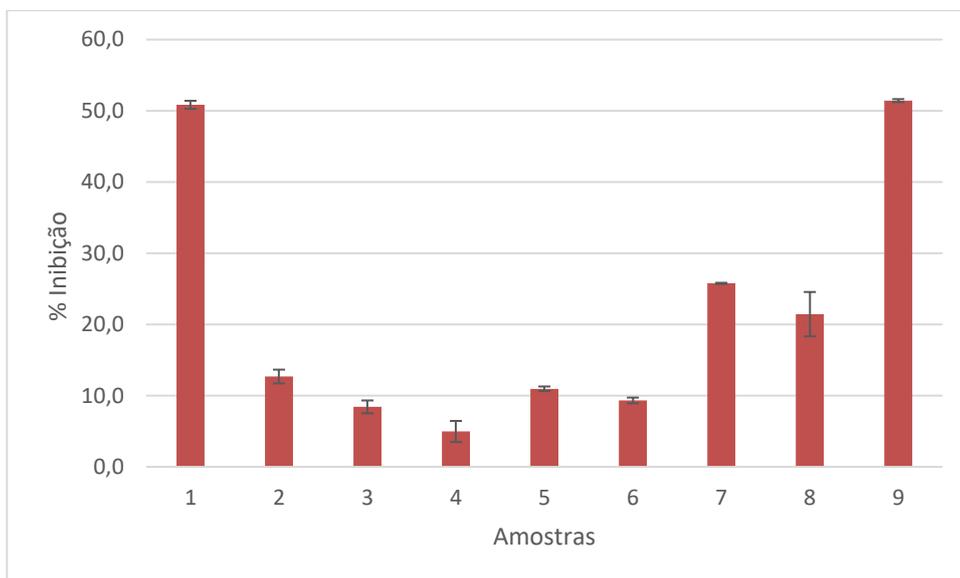


Figura 42–Gráfico representativo da capacidade antioxidante do figo-da-índia da variedade “laranja”. Os números de amostras representam as amostras compósitas, cada amostra corresponde a 3 frutos.

5.2.1.8. Análise de compostos nutricionais

Na tabela 3, encontram-se os resultados das análises nutricionais realizadas no CATAA. Como é possível observar os figos-da-índia da variedade “laranja” têm grande quantidade de cálcio e de magnésio, no entanto o valor do magnésio encontra-se inferior ao indicado por Piga (2004), que mencionou no seu estudo quantidades de magnésio de 98,4 mg/100 g p.f.; nesse mesmo estudo também mencionou valores de cálcio de 59 mg/100 g p.f., sendo que estes figos apresentam maiores quantidades de cálcio.

Parâmetro	Resultado
Cálcio (mg/100g)	65,0
Potássio (mg/100g)	182,8
Sódio (mg/100g)	<LQ
Cobre (mg/100g)	0,044
Ferro (mg/100g)	0,143
Fósforo (mg/100g)	16,77
Manganês (mg/100g)	< LQ
Magnésio (mg/100g)	37,7
Zinco (mg/100g)	0,127
Humidade (%)	84,54

Tabela 3-Resultados em mg/100 g peso fresco das análises aos compostos nutricionais dos figos da variedade “Laranja” produzidos no Alentejo, (Fonte: CATAA)

Os parâmetros com resultados “< LQ” são parâmetros cujos resultados eram residuais e não possíveis de determinar.

5.2.2. Evolução dos frutos “laranja” durante a conservação em diferentes embalagens

5.2.2.1 Perda de massa dos frutos

Este parâmetro apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação, modalidade e interação, sendo que o factor que melhor explica as diferenças registadas é o factor tempo, pois $F_{\text{Tempo de conservação}} = 305,03 > F_{\text{Modalidade}} = 68,13 > F_{\text{interação}} = 11,23$. Ao observar a figura 42, constatamos que a perda de peso (%) foi superior nos frutos embalados em caixas de cartão, e menor para os frutos embalados em sacos de plástico biodegradável. Os frutos embalados em caixas de cartão ao fim de 40 dias registavam perdas de aproximadamente 8,41 %, os frutos em caixas de plástico tinham perdas de 5,98 % e os frutos embalados em sacos de plásticos biodegradáveis tinham perdas de 4,69 %.

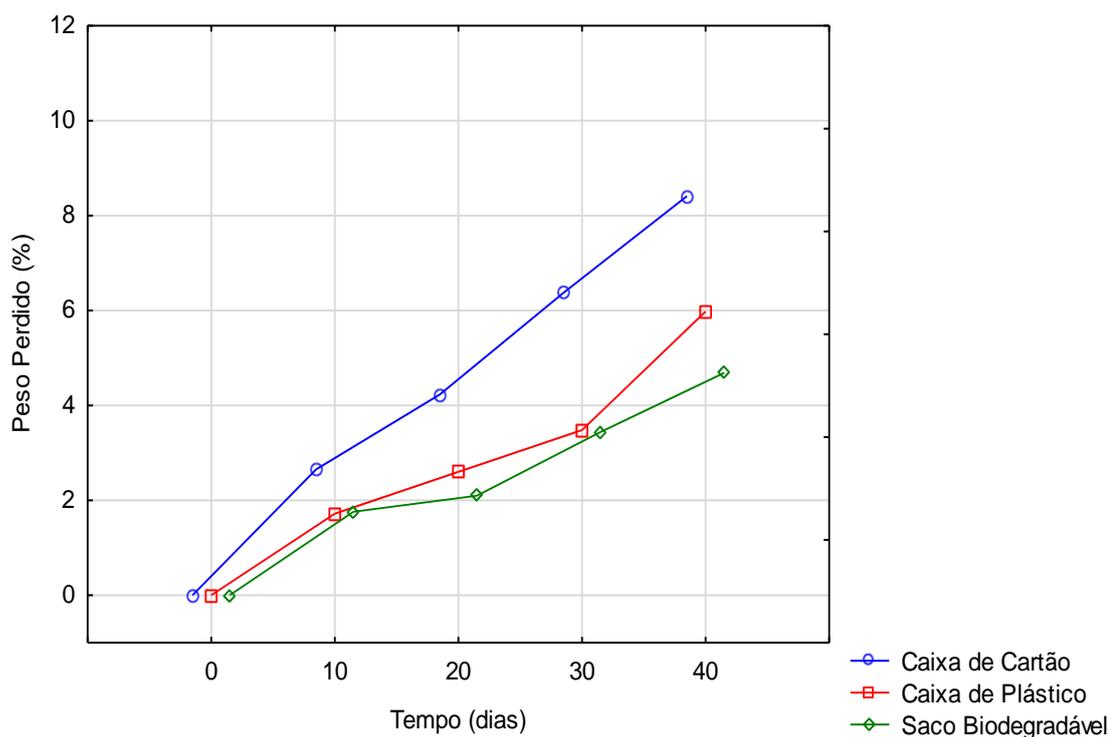


Figura 43-Evolução do Peso Perdido (%) ao longo do tempo de conservação para as modalidades em estudo.

Os frutos embalados em sacos de plástico biodegradável, obtiveram melhores resultados pois o embalagem funciona como uma barreira, impedindo a transferência de humidade para o exterior com aumento de humidade relativa no seu interior, sendo assim criada uma Atmosfera Modificada (Ochoa-Velasco & Guerrero-Beltrán, 2016). Kahramanoğlu (2020) no seu estudo apresenta valores de aproximadamente 3% de perdas, após 18 dias de conservação dos figos da Índia, sendo que estes foram envoltos em película aderente e a temperatura de conservação era de 5 °C, contudo mesmo atendendo a estas diferenças os resultados obtidos neste ensaio foram bastante bons, visto que para a modalidade com material biodegradável e caixas de plástico PET apenas foi ultrapassado o valor de 3 % após 30 dias de conservação.

5.2.2.2 Cor do epicarpo

A cor apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação em todas as coordenadas (L^* , a^* , b^*).

No caso da coordenada L^* , que indica a luminosidade, existem diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação e modalidade, sendo o factor tempo o que melhor explica estas diferenças visto que $F_{\text{Tempo}} = 24,97 > F_{\text{Modalidade}} = 4,10$. Ao observar a figura 43, verificamos que existe uma diminuição nos valores nos primeiros 10 dias, ou seja os frutos ficam com uma aparência mais escura, esta diminuição é mais acentuada para a modalidade de frutos embalados em caixas de cartão. Ao dia 20 existe um aumento nos valores para essa mesma modalidade, isto pode ser atribuído ao facto dos frutos não se encontrarem todos no mesmo nível de maturação, bem como os frutos serem naturalmente heterogéneos na sua coloração. No dia 40, existe um segundo aumento, mas que desta vez se verifica em todas as modalidades, que por sua vez se pode dever ao facto de alguns frutos apresentarem danos do frio o que pode levar a um erro de leitura. Contudo, é possível observar que os frutos em todas as modalidades perderam luminosidade ficando dessa forma mais escuros.

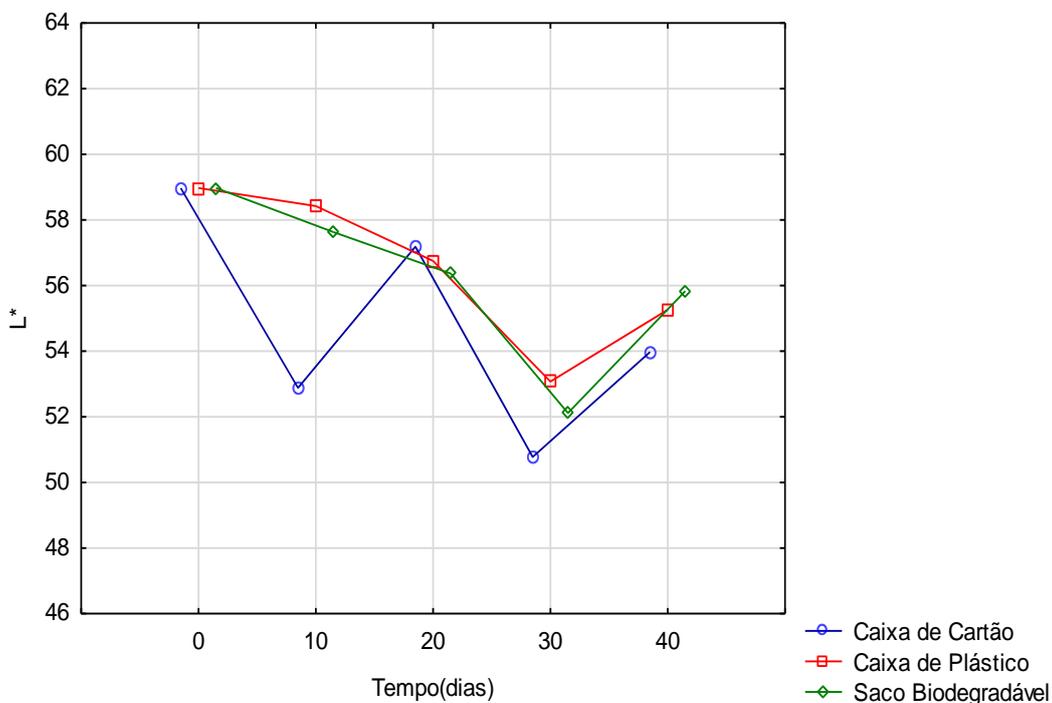


Figura 44-Evolução da cor do epicarpo, na coordenada L^* , ao longo do tempo de conservação.

A coordenada a^* , a coordenada vermelho/verde, apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo e a interação, o factor tempo é o que explica melhor estas diferenças, pois $F_{\text{Tempo}} = 43,00 > F_{\text{Interação}} = 2,80$. Para este parâmetro as maiores mudanças ocorrem nos primeiros 10 dias de conservação (Fig. 44), com este aumento dos valores desta coordenada. Este aumento é indicativo que os frutos ganharam uma tonalidade mais avermelhada, de seguida verifica-se uma diminuição dos valores no caso dos frutos embalados em caixas de cartão, enquanto que os frutos colocados em caixas de plástico apenas começam a exibir perdas de valores ao dia 20 e os frutos que em embalagem biodegradável só ao dia 30 é que começam a apresentar diminuição nos valores de a^* .

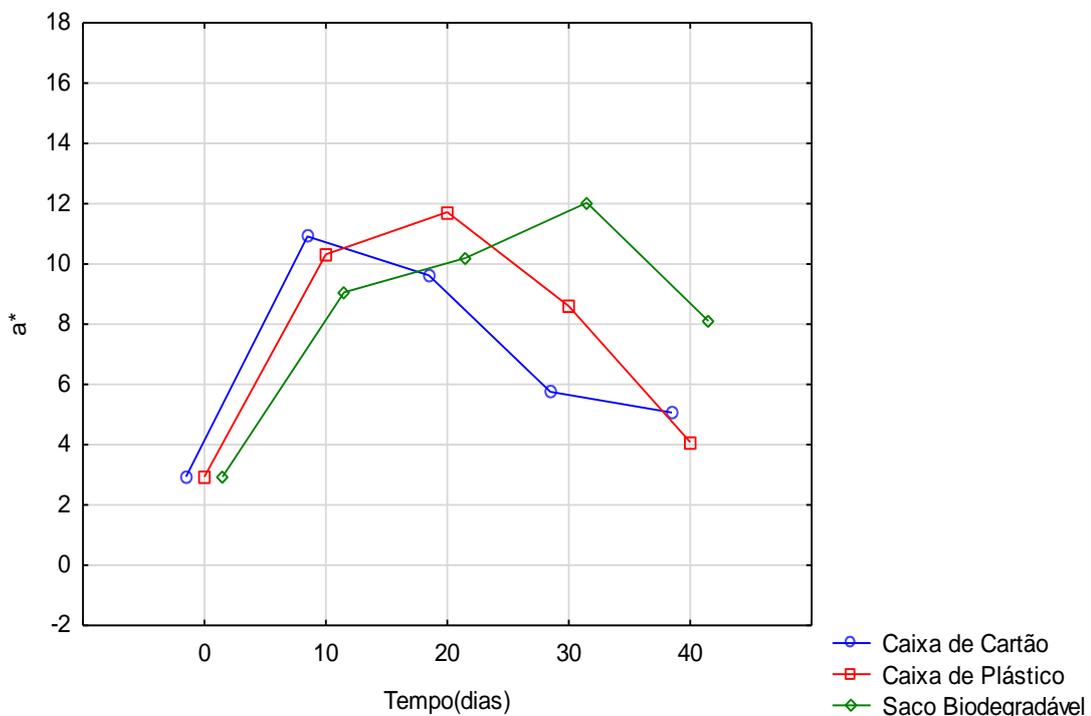


Figura 45-Evoluir da cor do epicarpo, na coordenada a^* , ao longo do tempo de conservação.

Quanto a coordenada b^* , que indica a variação de cor de amarelo para azul, a análise estatística indica que o factor tempo é o único que apresenta diferenças significativas. É visível na figura 45 uma ligeira diminuição nos valores nos primeiros 10 dias, esta diminuição significa um afastamento dos tons mais claro de amarelo. Após os 10 dias de conservação é observável que os frutos em caixas de cartão exibem um aumento nos valores nesta coordenada, mas que depois voltam a decrescer, as outras duas modalidades também têm um pico no dia 30, que depois diminui. Pelo que, no

geral os valores de b^* diminuíram, ou seja, os frutos perderam a tonalidade amarela.

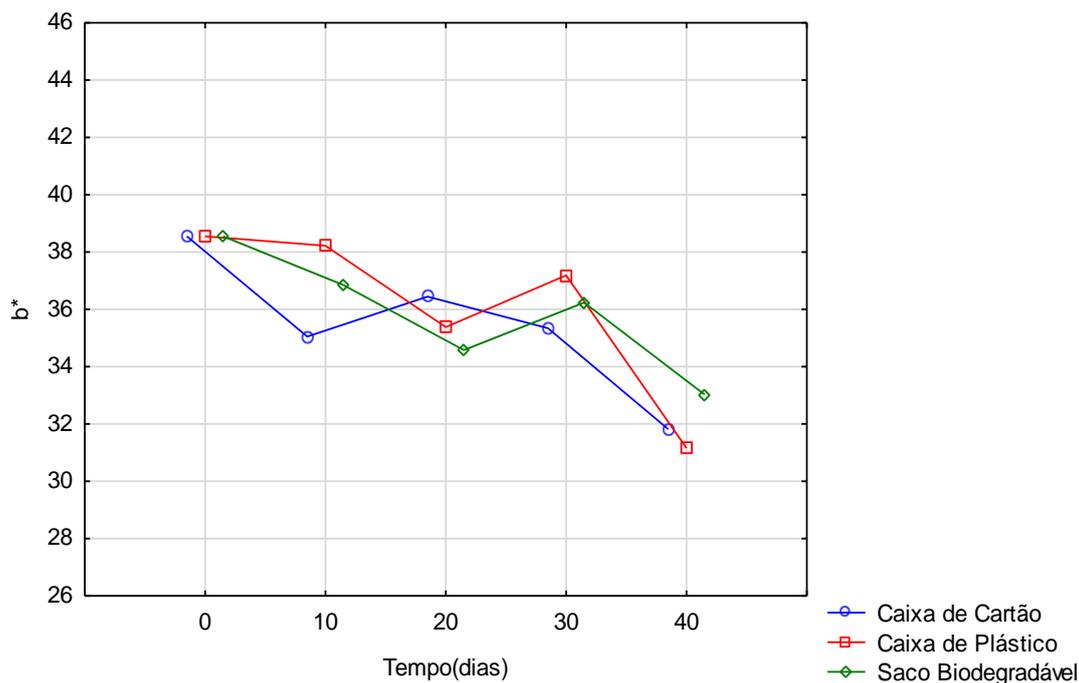


Figura 46-Valores da coordenada b^* ao longo do tempo de conservação.

Pelo analisado relativamente às coordenadas $L^*a^*b^*$, pode-se afirmar que a embalagem de material biodegradável foi a que proporcionou aos frutos embalados melhores resultados no que respeita à manutenção da cor.

5.2.2.3 Textura

5.2.2.3.1. Firmeza do epicarpo

A análise de variância para a firmeza do epicarpo apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação. Ao observar o gráfico da firmeza (Fig. 46), é possível constatar que os frutos perderam firmeza ao longo do tempo, tendo começado o ensaio com valores de 10,11 N, e terminado com valores de 4,93 N para os frutos em caixa de cartão, 3,10 N para os em caixa de plástico e 5,01 N para os que estavam em sacos biodegradáveis. Estes valores encontram-se dentro do intervalo de valores apresentado por Corrales-García & Andrade-Rodríguez (1997) no seu estudo, já anteriormente referenciado, no qual onde avaliaram variedades de origem mexicana, ao longo da conservação a 9 °C, sendo que para o dia 0 a firmeza variava entre os 22,56 N e os 9,81 N, e ao final de um mês os valores variavam entre 9,81 N e 2,45 N. É necessário realçar, contudo que os frutos de variedades mexicanas tinham valores

firmeza iniciais superiores e que tiveram maiores perdas. Para este teste, as modalidades tiveram todas um comportamento semelhante de diminuição de firmeza, mas os frutos embalados em caixas de plástico terminaram o ensaio com um menor valor de firmeza.

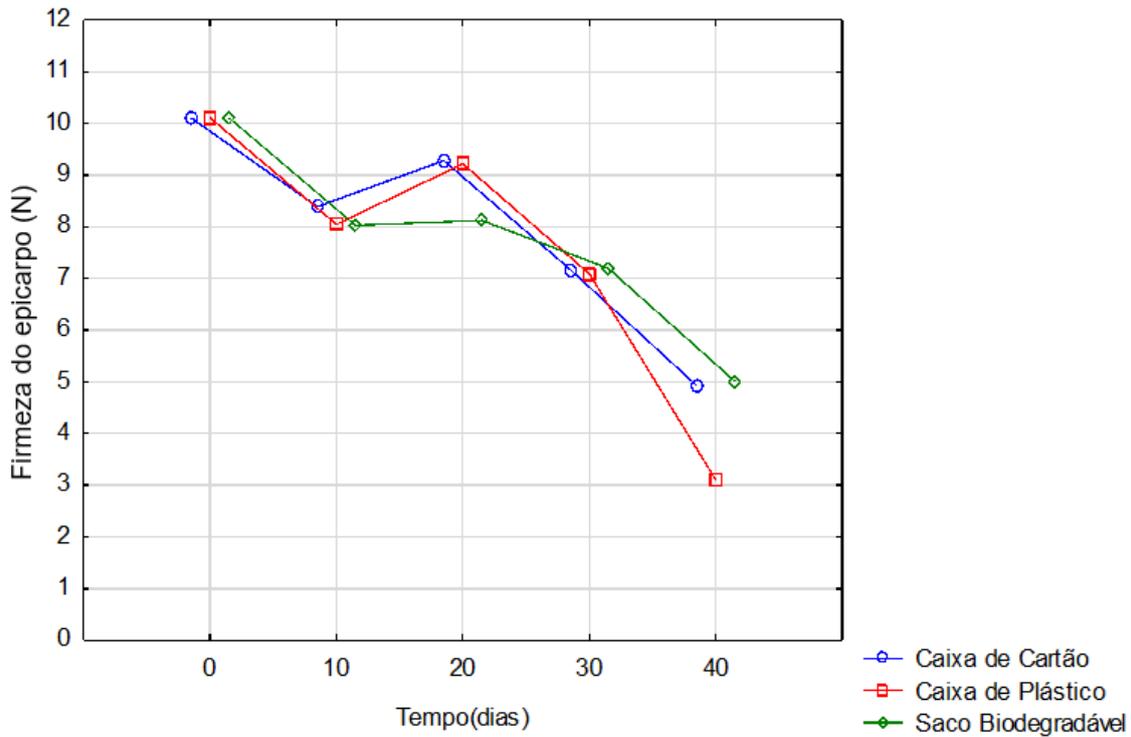


Figura 47-Evolução da firmeza do epicarpo (N) ao longo do tempo de conservação.

5.2.2.3.2. Gradiente

O gradiente apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação, não apresentando diferenças significativas para a modalidade ou interação. O gradiente é um parâmetro relacionado com a elasticidade do epicarpo. Ao longo do tempo de conservação, o gradiente diminui passando de 5,05 N/mm no dia 0, para 1,51 N no caso dos frutos conservados em caixas de cartão, 1,32 N/mm para frutos embalados e caixas de plástico e 1,73 N/mm para os frutos em sacos biodegradáveis (Fig.47). É de realçar que estatisticamente o dia 30 e o dia 40 são significativamente diferente dos demais, facto assinalado pelo teste de comparações múltiplas de Tukey HSD (Anexo 2), pois foram os dias onde existiram grandes diminuições do gradiente. Apesar das modalidades não serem estatisticamente diferentes, existem ligeiras diferenças que demonstram que os frutos conservados em sacos biodegradáveis

apresentam menor elasticidade na epiderme, visto os seus valores de gradiente serem ligeiramente superiores, isto pode ser relacionado ao facto de os frutos conservados a esta temperatura terem perdido menos água logo as suas células manterem alguma turgidez.

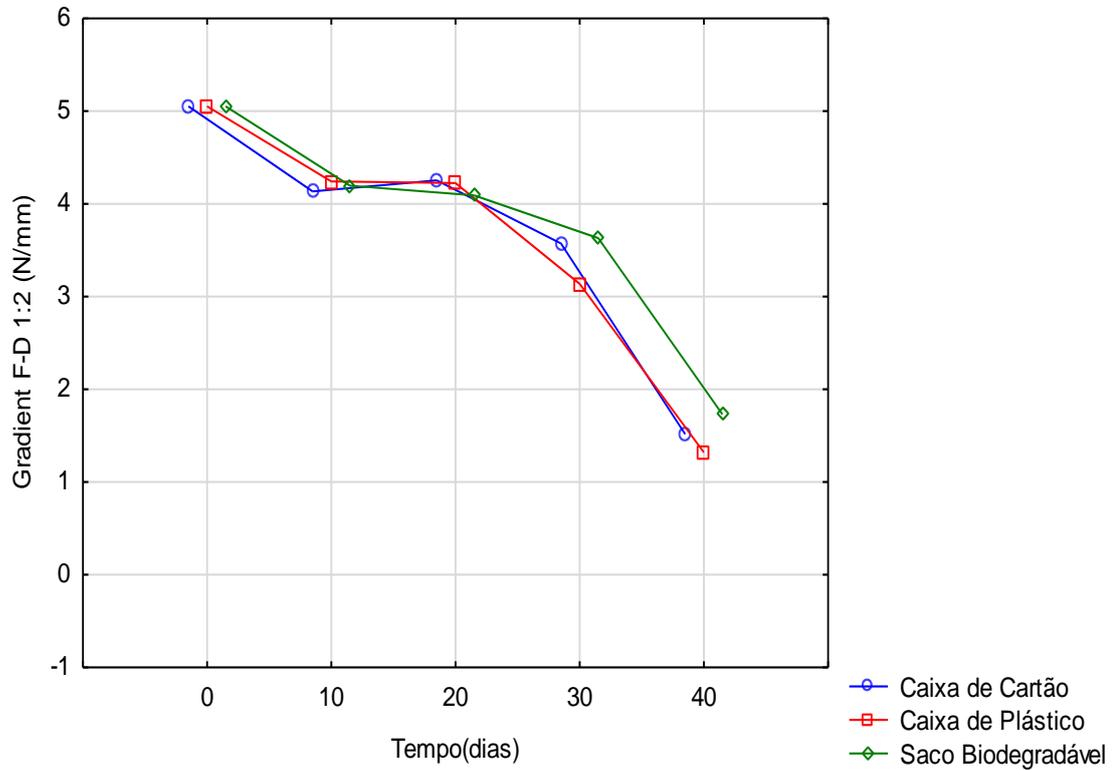


Figura 48- Evolução dos valores do Gradiente (N/mm) ao longo do tempo de conservação.

5.2.2.3.3. Firmeza média da polpa

A análise para este parâmetro apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o factor tempo de conservação, não existindo diferenças significativas para os outros fatores. A firmeza média da polpa é inicialmente de 2,03 N para todas as modalidades, mas ao dia 40 para os frutos embalados em caixas de cartão a firmeza é de 0,75 N, para os frutos em caixas de plástico a firmeza era de 0,70 N, e para os que se encontravam em embalagem biodegradável a firmeza era de 0,78 N (Fig. 48). A firmeza média da polpa diminui ao longo do tempo de conservação, e apesar de as modalidades não serem estatisticamente diferentes, os frutos embalados em sacos biodegradáveis apresentam uma maior firmeza da polpa. Através do teste de comparações múltiplas de Tukey HSD (Anexo 3), ficamos a conhecer que o dia 40 é estatisticamente diferente dos demais, facto que na figura é representado pela diminuição acentuada em todas as modalidades.

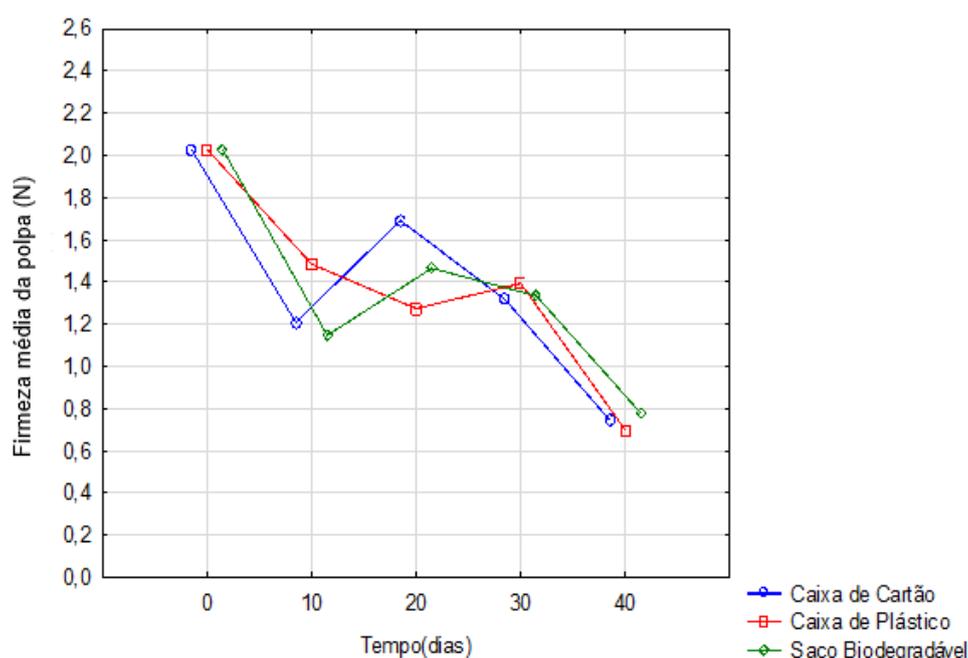


Figura 49- Evolução dos valores da firmeza média da polpa (N) ao longo do tempo de conservação.

5.2.2.3. Sólidos solúveis totais

Para os sólidos solúveis totais verificaram-se diferenças significativas ($p < 0,05$) para o factor tempo e modalidade, sendo que o tempo de conservação é o que melhor explica estas diferenças, pois $F_{\text{Tempo}} = 30,03 > F_{\text{Modalidade}} = 7,31$. Ao longo do tempo os sólidos solúveis totais aumentaram até atingirem um valor máximo em todas as

modalidades e após a obtenção desse pico, os valores sofreram ligeiras diminuições (Fig.49).

Como é possível observar na figura, os frutos inicialmente apresentam valores de 11,98 °Bx, sendo que os frutos embalados em caixas de cartão e sacos biodegradáveis atingem o valor máximo de 14,94 °Bx e 14,49 °Bx respetivamente, no dia 10 e ao fim de 40 dias os valores são de 14,34 °Bx e 13,96 °Bx, respetivamente. Por sua vez, os frutos embalados em caixas de plástico PET atingiram o valor máximo de 13,84°Brix no dia 20, tendo depois diminuído para o valor de 13,48°Brix no fim do tempo de conservação. Estes valores são superiores aos apresentados por Corrales-García & Andrade-Rodríguez (1997) no seu estudo, já que inicialmente apresentavam valores na ordem de 15,3 °Bx e 13,2 °Bx e ao fim do tempo de conservação as variedades apresentavam valores de 13 °Bx e 11,8 °Bx. Sendo também superiores aos valores apresentados por Gurrieri et al. (2000), no seu estudo no qual apresentavam um intervalo de valores de 11 °Bx a 12 °Bx, para uma variedade siciliana cujo o sumo foi congelado a -20 °C durante 2 meses. Mas o valor inicial é inferior ao valor médio apresentado por Cefola, Renna, & Pace (2014), que é de 15,2 °Bx para uma variedade de figos “laranja” produzida em Monopoli, Itália.

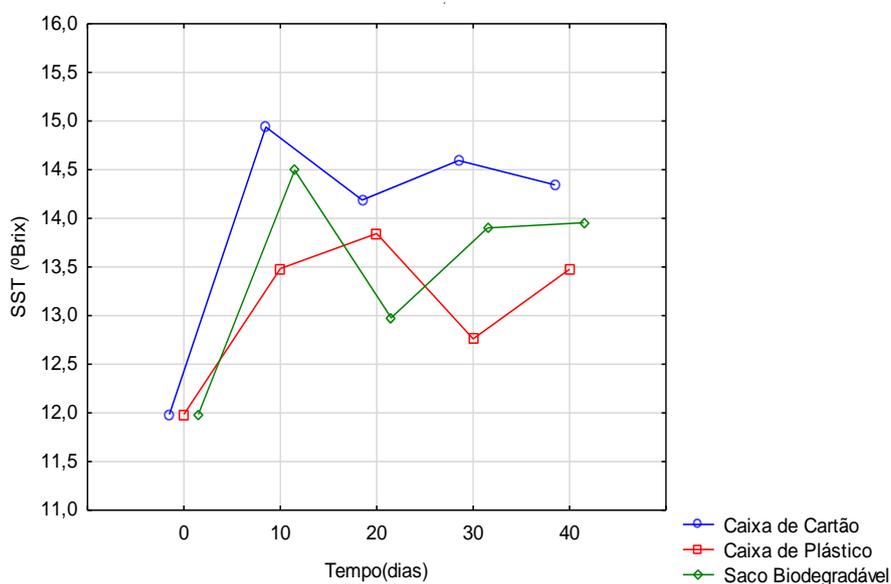


Figura 50-Valores de sólidos solúveis totais (°Brix) ao longo do tempo de conservação.

5.2.2.4. Acidez titulável e pH

A acidez titulável apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação, e como é possível analisar através da figura 50 apenas existiu um ligeiro aumento da acidez para as modalidades de embalagem em caixa de cartão e material biodegradável, enquanto os frutos conservados em caixas de plástico praticamente mantiveram o seu valor inicial de 0,02 % de ácido cítrico. No dia 40, existe uma subida dos valores que provavelmente causada por frutos contaminados com fungos, não visíveis a olho nu, pelo que devemos utilizar os valores do dia 30. Como tal, os valores finais foram de 0,03 % de ácido cítrico para os frutos embalados em caixas de cartão, 0,02 % para frutos em caixas de plástico e 0,02 % em frutos embalados em sacos biodegradáveis. Como podemos verificar através destes resultados, apesar dos frutos que se encontravam em sacos biodegradáveis terem exibido uma subida no início, a percentagem de ácido cítrico acabou por diminuir para os valores iniciais. O figo-da-índia apresenta por isso valores baixos de acidez titulável à semelhança das variedades sicilianas, sendo o seu valor inicial de 0,03 % de ácido cítrico e o valor máximo observável de 0,04 % para a modalidade de temperatura de conservação de 5 °C enquanto que as variedades sicilianas tem valores de aproximadamente 0,02 % de ácido cítrico (Gurrieri et al., 2000). Estes valores também coincidem com os do intervalo apresentado por Piga (2004) no seu artigo de revisão, frisando mais uma vez que os valores do figo-da-índia que se encontrem no intervalo de 0,05 % a 0,18 % de ácido cítrico são baixos, os valores obtidos para os figos “laranjas” produzidos em Portugal encontram-se abaixo deste intervalo.

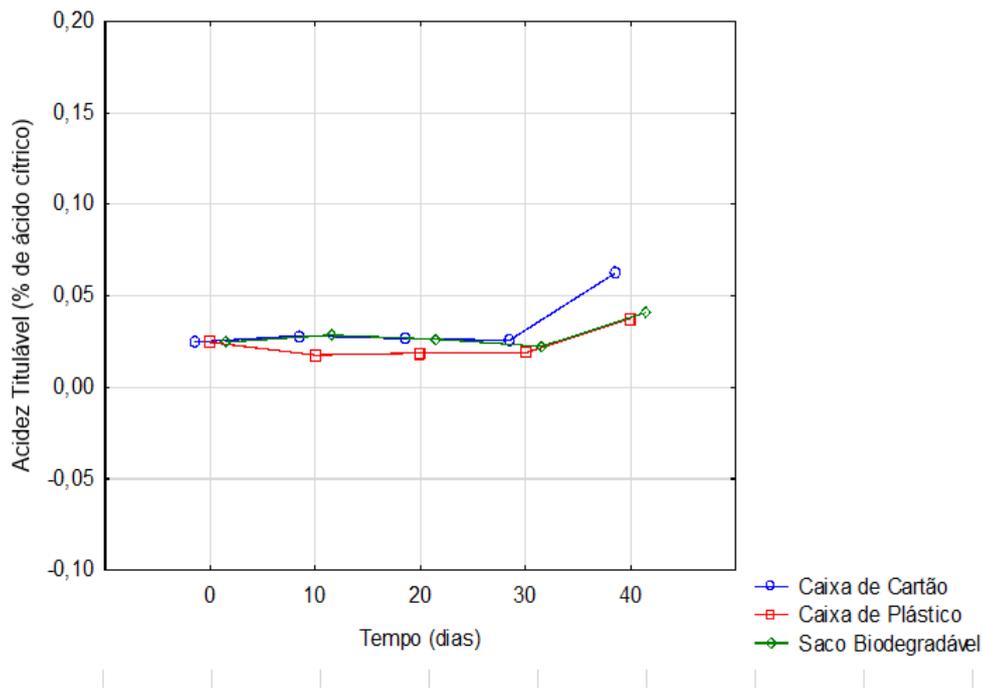


Figura 51-Valores de acidez titulável (% de ácido cítrico) ao longo do tempo de conservação.

Para o parâmetro pH, foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação e interação, porém é o factor tempo que melhor explica esta diferença, pois $F_{\text{Tempo}} = 9,74 > F_{\text{Interceção}} = 2,72$. A semelhança do que acontece na acidez titulável, o dia 30 é o que deve ser utilizado visto no dia 40 existir uma diminuição inesperada dos valores de pH causado pela presença de fungos (Fig. 51). Os valores de pH não variam muito ao longo do tempo, não esquecendo ligeiras diferenças provocadas pela heterogeneidade natural dos frutos.

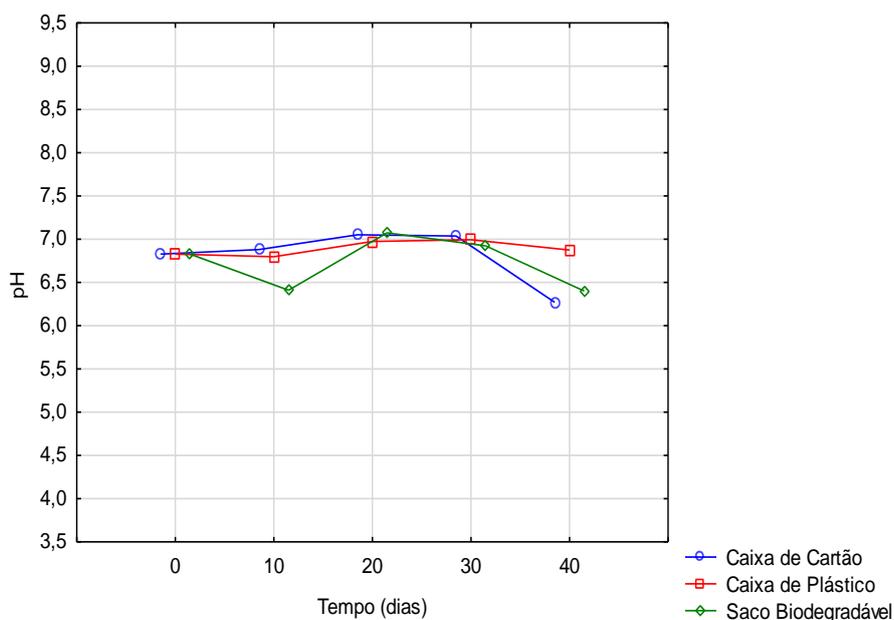


Figura 52-Valores médios de pH do sumo dos figos ao longo do tempo de conservação.

5.2.2.5. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos apresentam diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação, modalidade e interação, porém o factor tempo é o que melhor explica essas diferenças visto que $F_{\text{Tempo}} = 73,99 > F_{\text{Interação}} = 8,14 > F_{\text{Modalidade}} = 6,27$. Ao longo do tempo de conservação verifica-se um aumento nos valores de compostos fenólicos (Fig. 52). No dia 0 os frutos ostentavam valores na ordem dos $266,04 \mu\text{g/ml}$ e após 40 dias esse valor tinha aumentado para $881,60 \mu\text{g/ml}$ no caso dos frutos conservados em caixas de cartão, e $710,81 \mu\text{g/ml}$ no caso dos frutos embalados em caixas de plástico PET, e para os frutos embalados em embalagem biodegradável o valor do dia 30, visto que o valor do dia 40 foi inexplicável, como tal o valor final nesta modalidade foi de $820,41 \mu\text{g/ml}$. Comparando os valores obtidos para os frutos conservados nas diferentes embalagens, após 30 dias, considerando a dificuldade explicada anteriormente para os valores de 40 dias, é possível observar que a modalidade que apresenta uma maior subida em menos tempo é a do saco biodegradável, contudo os frutos embalados em caixas de cartão obtêm idênticos valores aos 30 dias, já os frutos conservados em caixas de plástico são os que apresentam valores mais baixos de compostos fenólicos. O comportamento inicial de aumento do teor em compostos fenólicos é concordante com o que ocorreu no estudo realizados por Ochoa-Velasco & Guerrero-Beltrán (2014), Cefola et al. (2014) e Piga et

al. (2003).

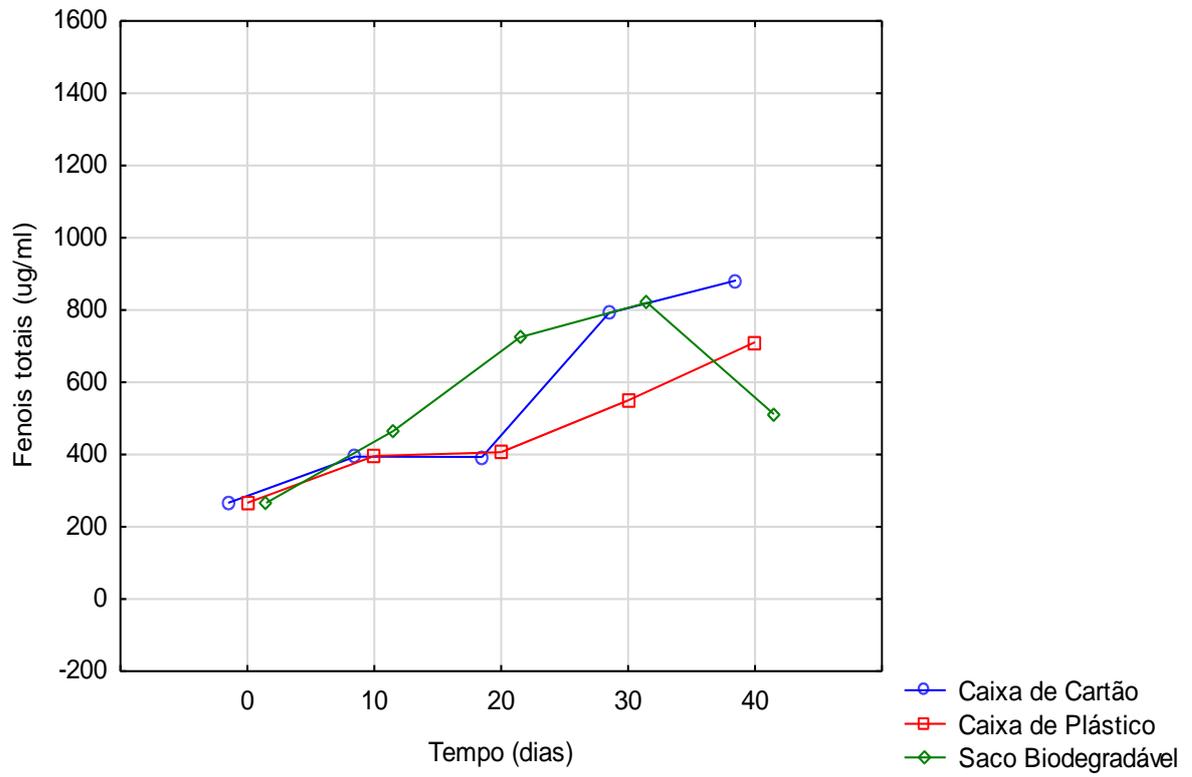


Figura 53-Valores médios de compostos fenólicos (µg/ml) ao longo do tempo de conservação.

5.2.2.6. Capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação. Ao observar a figura 53, é visível que houve um aumento dos valores de atividade antioxidante ao longo do tempo, tendo os frutos no dia 0 apresentado valores de 21,76 % e no dia 30, 73,03 %, 70,68 % e 72,82 % para as modalidades de caixa de cartão, embalagem de plástico e saco biodegradável respetivamente. O dia utilizado como referência é o dia 30 e não o dia 40, devido ao facto que o decrescer dos valores que é observável no dia 40, pode ser indicativo de que as amostras estavam danificadas ou ocorreu um erro laboratorial. Estes resultados eram os esperados, visto vários estudos apresentarem resultados semelhantes (Ochoa-Velasco & Guerrero-Beltrán, 2014; Piga et al., 2003; Stintzing & Carle, 2005; Piga et al., 2000).

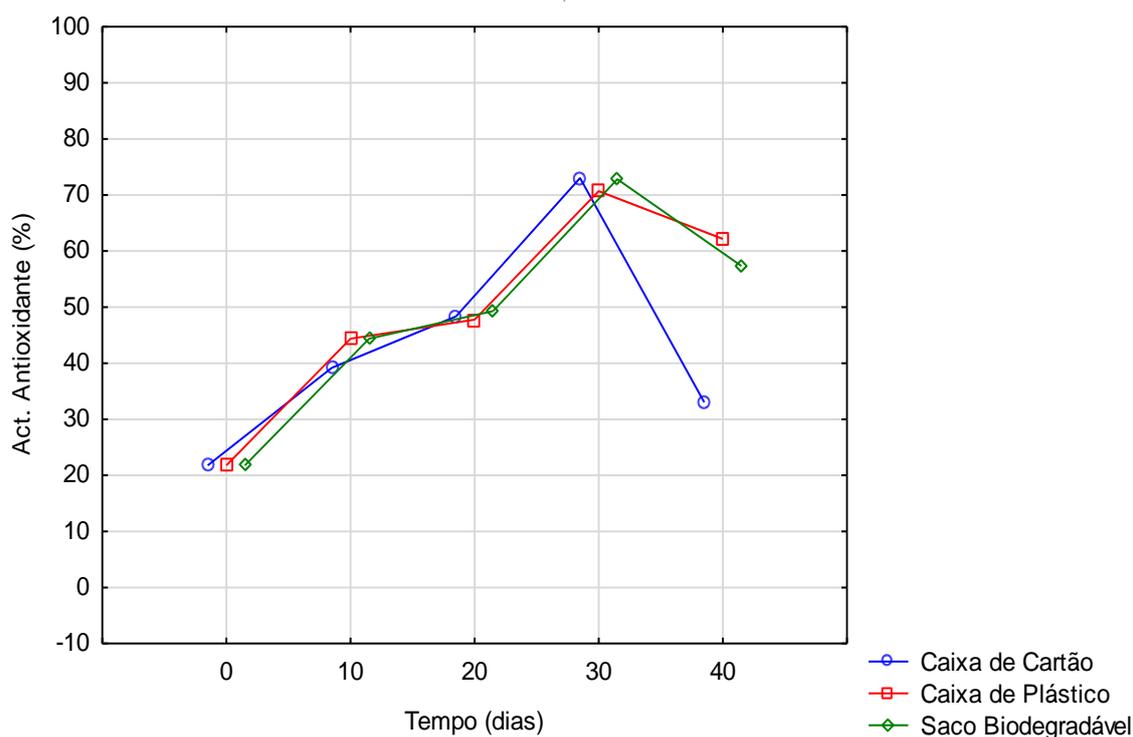


Figura 54-Valores de atividade antioxidante (%) ao longo do tempo de conservação.

5.3. Ensaio de conservação de frutos da variedade “vermelha” com diferentes embalagens comerciais

5.3.1. Caracterização do Material vegetal

A caracterização do material vegetal, referente ao figo-da-índia da variedade “vermelha” foi anteriormente realizada (cf. 5.1.1).

5.3.2. Evolução dos frutos “vermelhos” durante a conservação em diferentes embalagens

5.3.2.1 Perda de massa dos frutos

Este parâmetro apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação, modalidade e interação, sendo que o factor que melhor explica as diferenças registadas é o factor tempo, pois $F_{\text{Tempo de conservação}} = 2614,93 > F_{\text{Modalidade}} = 137,28 > F_{\text{interação}} = 24,02$. Ao observar a figura 54, constatamos que a perda de peso (%) foi superior nos frutos embalados em caixas de cartão, e menor para os frutos embalados em sacos de material biodegradável. Sendo que os frutos embalados em caixas de cartão ao fim de 40 dias registavam perdas de aproximadamente 4,78 %, os frutos em caixas de plástico tinham perdas de 4,44 % e os frutos embalados em sacos biodegradáveis tinham perdas de 3,71 %. Os frutos da variedade “vermelha” perdem por isso menos peso que os frutos da variedade “laranja”, contrariando desta forma o que foi observado por Ochoa-Velasco & Guerrero-Beltrán (2014) que no seu estudo observaram que os frutos da variedade “vermelha” por serem mais sumarentos e de textura mais frágil perdiam mais peso que os figos de variedades “laranjas” e “brancas”, podemos por isso dizer que os figos produzidos em Portugal apresentam um comportamento inverso ao descrito nesse estudo. Torna-se assim evidente a necessidade de estudar e avaliar cada variedade especificamente e não generalizar as informações publicadas.

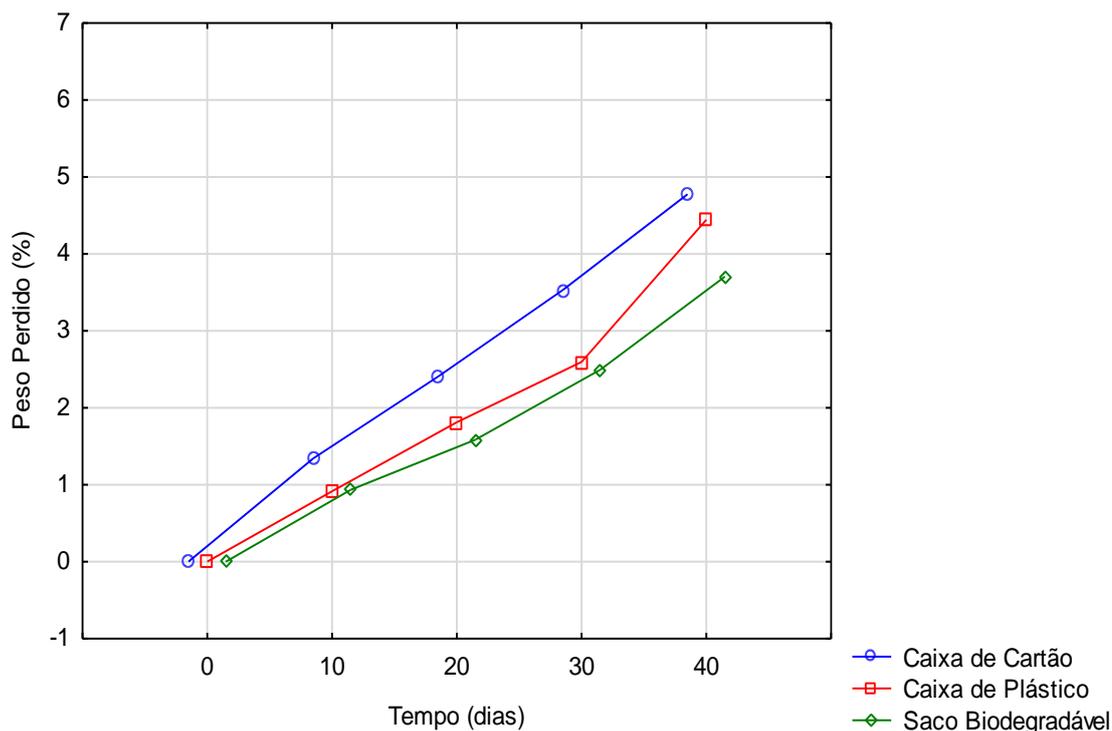


Figura 55-Evolução do Peso Perdido (%) ao longo do tempo de conservação para as modalidades em estudo.

5.3.2.2 Cor do epicarpo

A cor apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação em todas as coordenadas (L^* , a^* e b^*).

No caso da coordenada L^* , que indica a luminosidade, ao observar a figura 55, verificamos que existe uma diminuição nos valores nos primeiros 10 dias, ou seja, os frutos ficam com uma aparência mais escura. Devido ao inexplicável comportamento dos frutos após 40 dias, e da sua aparência não ser consentânea com a comercialização, opta-se pela utilização dos valores obtidos no dia 30 como referência mais correta. Contudo, é possível observar que os frutos em todas as modalidades perderam luminosidade ficando dessa forma mais escuros, e a modalidade que apresenta menor diminuição de valores foi a do saco biodegradável.

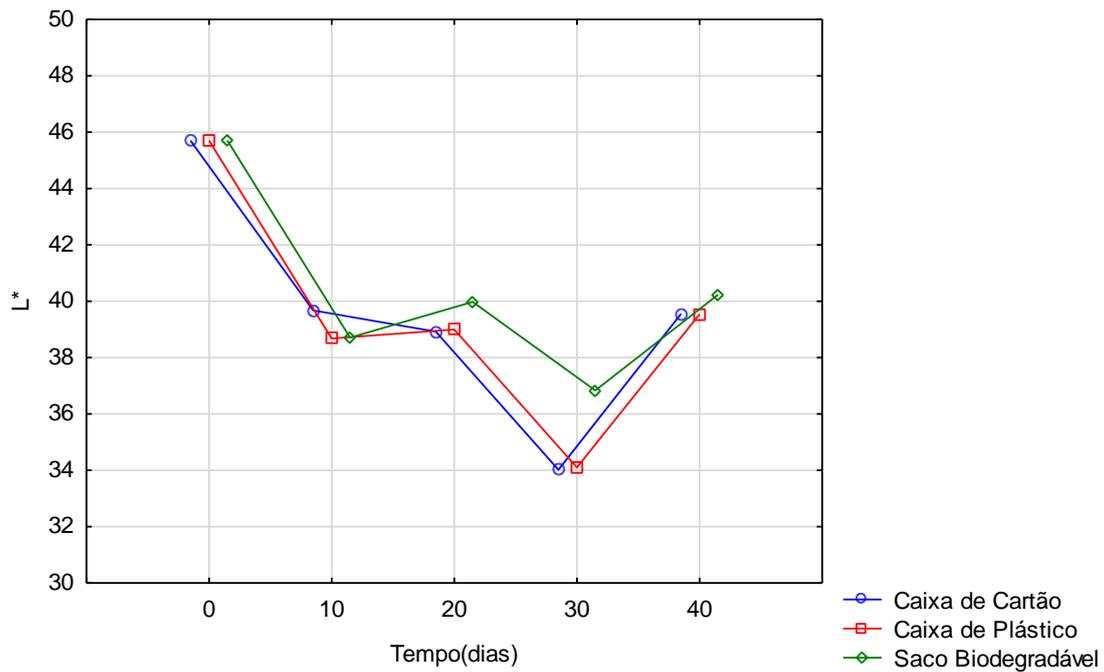


Figura 56-Evolução da cor do epicarpo, na coordenada L*, ao longo do tempo de conservação.

Na coordenada a*, a coordenada vermelho/verde, e à semelhança do que foi observado para a coordenada L* as maiores mudanças ocorrem nos primeiros 10 dias de conservação (Fig. 56), em que os valores para esta coordenada aumentam. Este aumento é indicativo que os frutos ganharam uma tonalidade mais avermelhada, no dia 40, volta a existir um segundo decréscimo dos valores, que pode ter sido causado pelo facto de os frutos já se encontrarem muito danificados.

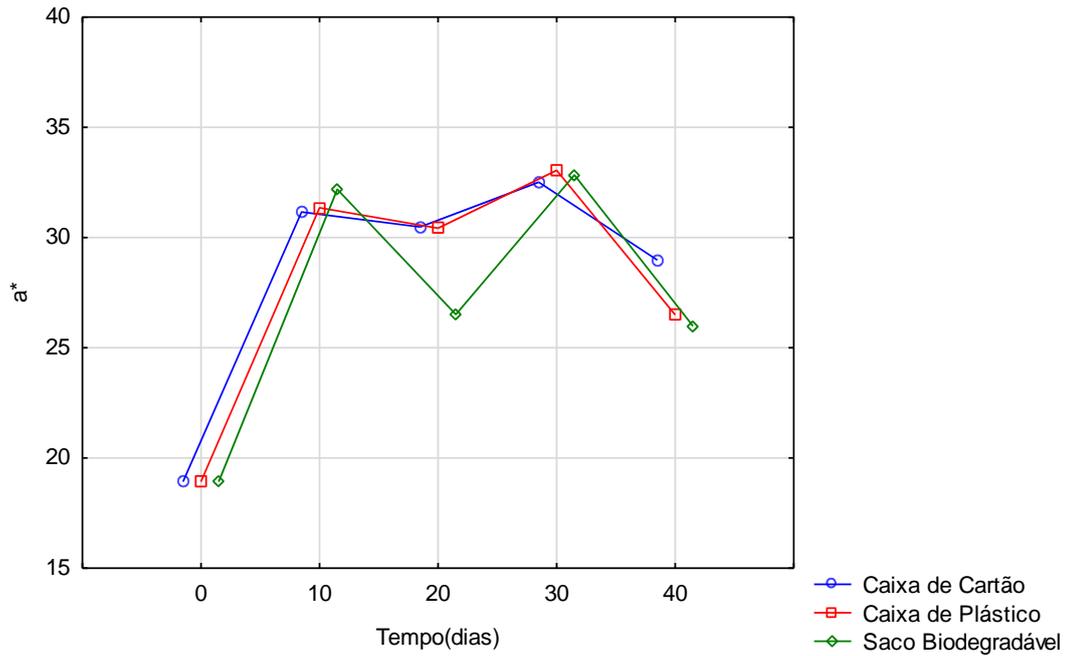


Figura 57-Evoluir da cor do epicarpo, na coordenada a*, ao longo do tempo de conservação.

Quanto a coordenada b*, que indica a variação de cor de amarelo para azul, é visível na figura 57, em geral os frutos sofrem a principal mudança na sua cor nos primeiros 10 dias, ficando com uma coloração mais escura e perdendo os tons amarelos que tinham inicialmente.

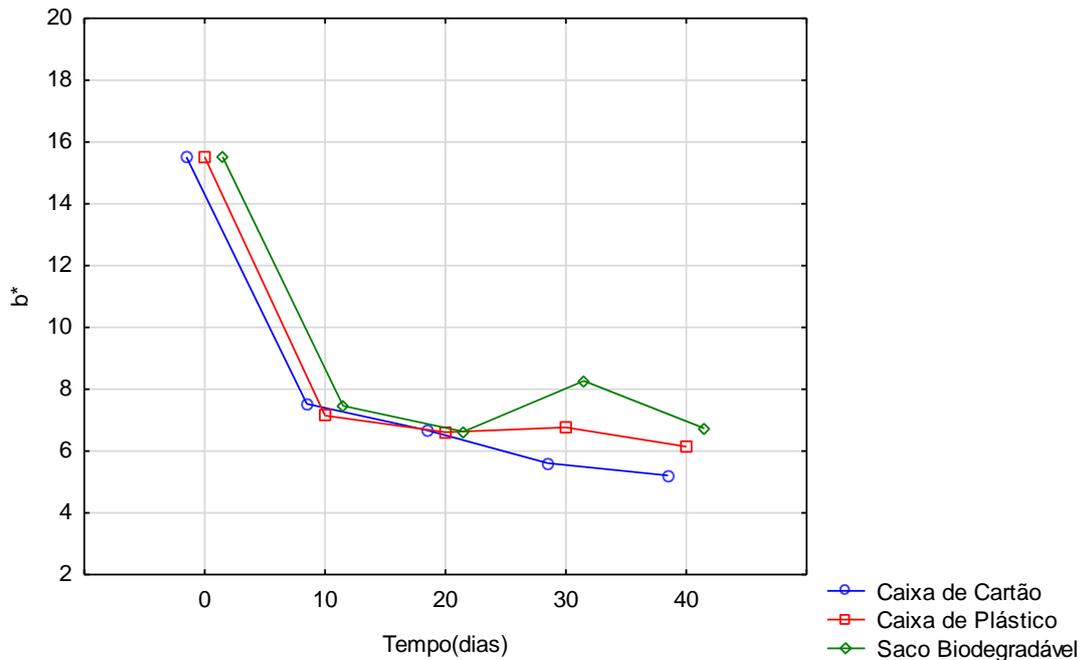


Figura 58-Valores da coordenada b* ao longo do tempo de conservação.

5.3.2.3 Textura

5.3.2.3.1. Firmeza do epicarpo

A firmeza do epicarpo apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação. Ao observar o gráfico da firmeza do epicarpo (Fig. 58), é possível constatar que os frutos perderam firmeza ao longo do tempo, tendo começado o ensaio com valores de 9,64 N, e terminado com valores de 4,49 N para os frutos em caixa de cartão, 4,24 N para os em caixa de plástico e 4,53 N para os que estavam em sacos biodegradáveis. Apesar de as modalidades não serem estatisticamente diferentes, os frutos que apresentam menor perda de firmeza foi a correspondente aos sacos de material biodegradável podemos também ver que para o dia 20 existe um pico nos valores dos frutos embalados em caixas de cartão, possivelmente consequência do facto dos frutos não se encontrarem todos no mesmo estado de maturação. Estes figos da Índia da variedade regional “vermelha” produzidos na região Alentejo, em Portugal, apresentam uma menor firmeza inicial que as variedades alofilas, como as variedades produzidas na Arabia Saudita (Adel D. Al-Qurashi, 2012), México (Corrales-garcía & Andrade-rodríguez, 1997) e Itália (Cefola et al., 2014). No caso das variedades produzidas na Arabia Saudita, o valor médio destas é de 32,4 N, algumas variedades Italianas apresentam valores também na ordem dos 34,4, e no caso das variedades mexicana os valores iniciais variam entre 22,59 N e 9,81 N, tendo uma grande diversidade de valores, o que significa que algumas variedades mexicanas têm valores próximos as estas variedades produzidas em Portugal. No estudo de conservação de Corrales-García & Andrade-Rodríguez (1997), levado a cabo com frutos de variedades mexicanas, à temperatura de 9 °C, a firmeza dos frutos diminui para 9,81 N e 2,45 N, ao longo de um mês. Estes valores são algo semelhantes aos obtidos, apesar de existirem diferenças nas condições de conservação. É, no entanto, importante realçar que os testes realizados nos artigos citados (Adel D. Al-Qurashi, 2012; Cefola et al., 2014), apesar de serem testes de penetração foram feitos com sondas diferentes, o que influencia os valores obtidos.

A variedade “vermelha” em comparação com a variedade “laranja” apresenta uma maior uniformidade de resultados ao longo das categorias, contudo também aparenta ter maiores perdas de firmeza.

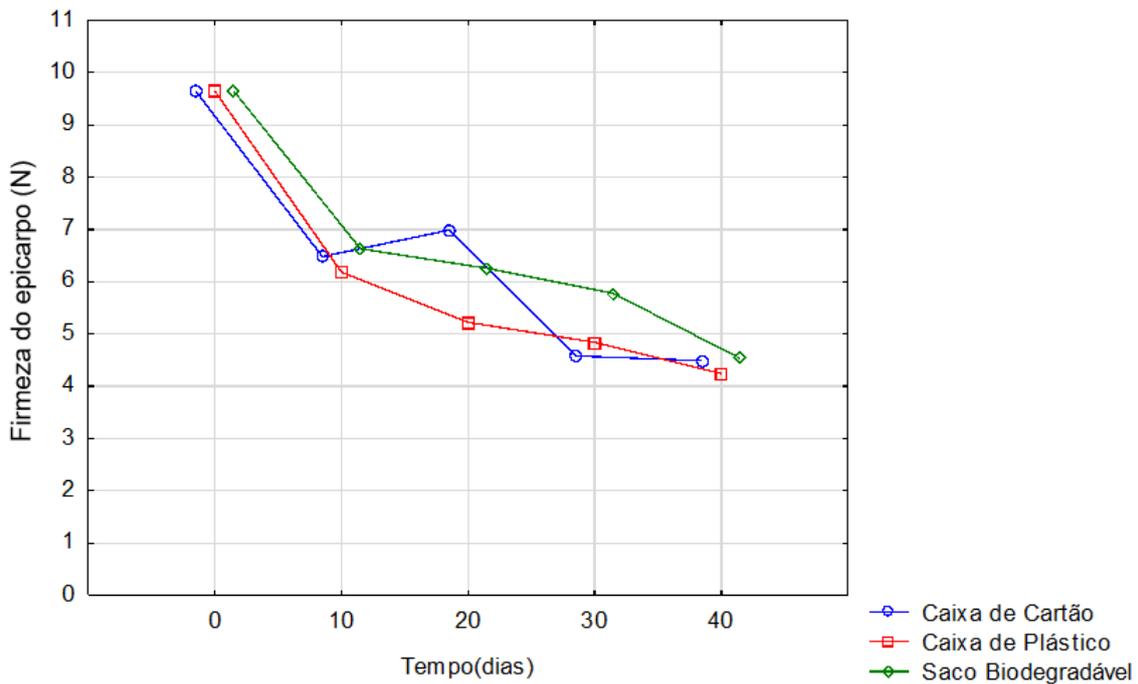


Figura 59-Evolução da firmeza do epicarpo (N) ao longo do tempo de conservação.

5.3.2.3.2. Gradiente

O gradiente apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação e modalidade, sendo o factor tempo o que melhor explica as diferenças pois $F_{\text{Tempo}} = 128,54 > F_{\text{Modalidade}} = 3,72$. Ao longo do tempo de conservação, o gradiente diminui passando de 4,9 N/mm no dia 0, para 1,60 N/mm no caso dos frutos conservados em caixas de cartão, 1,55 N/mm para frutos embalados e caixas de plástico e 2,01 N/mm para os frutos em sacos biodegradáveis (Fig.59).O material biodegradável foi por isso, o que proporcionou melhores resultados, visto ser o que mantém o maior valor de gradiente, indicando assim que os frutos sofrem pouca deformação durante o teste, portanto apresentam-se bastante turgidos. Por sua vez, a caixa de cartão e caixa de plástico não têm a mesma eficácia. Todavia, os frutos da variedade “vermelha” apresentam valores de gradiente superiores aos apresentados pela variedade “laranja”, estando por isso em concordância com o que foi também observado no teste da firmeza do epicarpo.

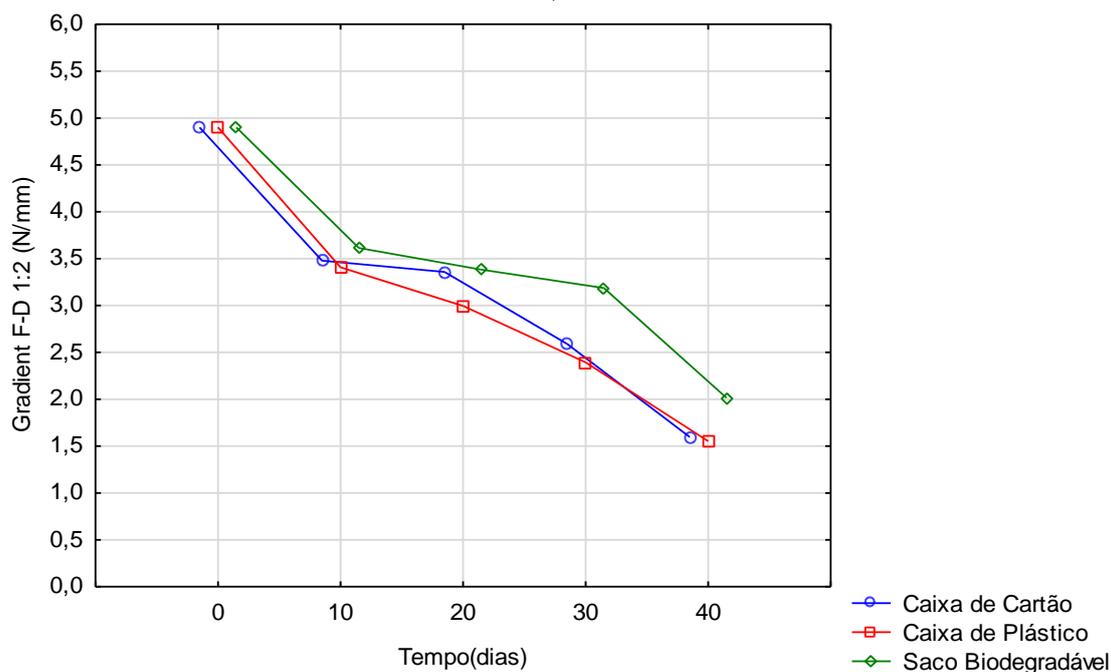


Figura 60-Evolução dos valores do Gradiente (N/mm) ao longo do tempo de conservação.

5.3.2.3.3. Firmeza média da polpa

A análise para este parâmetro apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o factor tempo de conservação, não existindo diferenças significativas para os outros fatores. A Firmeza média da polpa é inicialmente de 1,54 N para todas as modalidades, mas ao dia 40 para os frutos embalados em caixas de cartão a firmeza é de 0,77 N, para os frutos em caixas de plástico a firmeza era de 0,69 N, e para os que se encontravam em sacos de plástico biodegradáveis a firmeza era de 0,82 N (Fig. 60). Como tal, a firmeza da polpa vai diminuindo ao longo do tempo decorrido e ao contrário do observado na firmeza do epicarpo e no gradiente, neste caso a variedade “vermelha” tem valores inferiores aos da variedade “laranja”, uma explicação possível é que o fruto tem um mesocarpo mais viscoso logo menos firme (Ochoa-Velasco & Guerrero-Beltrán, 2014).

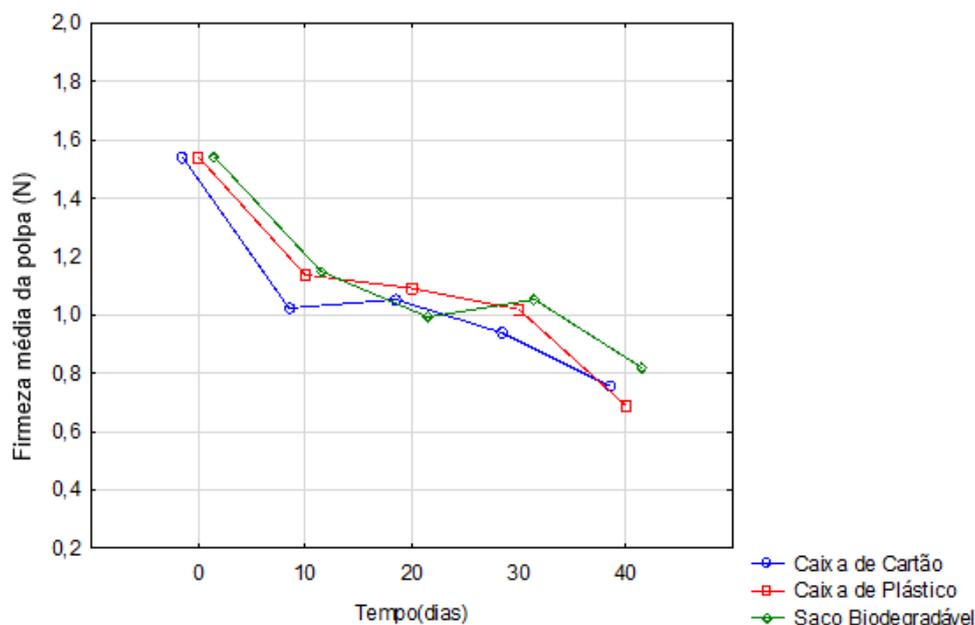


Figura 61-Evolução dos valores da firmeza média da polpa (N) ao longo do tempo de conservação.

5.3.2.3. Sólidos solúveis totais

Para os sólidos solúveis totais verificaram-se diferenças significativas ($p < 0,05$) para o factor tempo, e ao observar a figura 61 verifica-se que ao longo do tempo os sólidos solúveis totais aumentaram; os frutos inicialmente apresentavam valores de $12,8^{\circ}\text{Bx}$, sendo que os frutos embalados em caixas de cartão atingem o valor de $14,83^{\circ}\text{Bx}$ ao fim dos 40 dias, os frutos em caixas de plástico terminam o tempo do ensaio com $14,83^{\circ}\text{Bx}$ e os frutos em sacos biodegradáveis apresentam valores de $14,82^{\circ}\text{Bx}$. Os valores obtidos pela variedade “vermelha” encontram-se no intervalo de valores mencionados por Piga (2004), que é de 10 a 17°Bx .

Estes valores são superiores aos apresentados por Hernández-Pérez et al. (2005), que no estudo de 3 variedades produzidas no México, conservadas à temperatura ambiente durante 28 dias, apresentaram valores entre $12,5$ e 14°Bx , e ao longo do tempo os sólidos solúveis diminuíram, tendo terminado com valores entre os 12 e os 9°Bx . Também no estudo de Corrales-García & Andrade-Rodríguez (1997), também este sobre variedades produzidas no México, este comportamento de diminuição pode ser observado. Ou seja, estes trabalhos referem que os figos da Índia exibem um comportamento diferente dos frutos da variedade “vermelha” produzida em Portugal, que apresentam uma evidente subida dos valores de SST ao longo da conservação. Poderá ser a perda de água que se reflete nos valores de perda de peso crescentes ao

longo da conservação uma explicação para o aumento dos SST, já que estes são medidos por refratometria logo refletem a concentração dos açúcares, ou melhor da sacarose na amostra de sumo recolhida, que aumenta graças à perda de água.

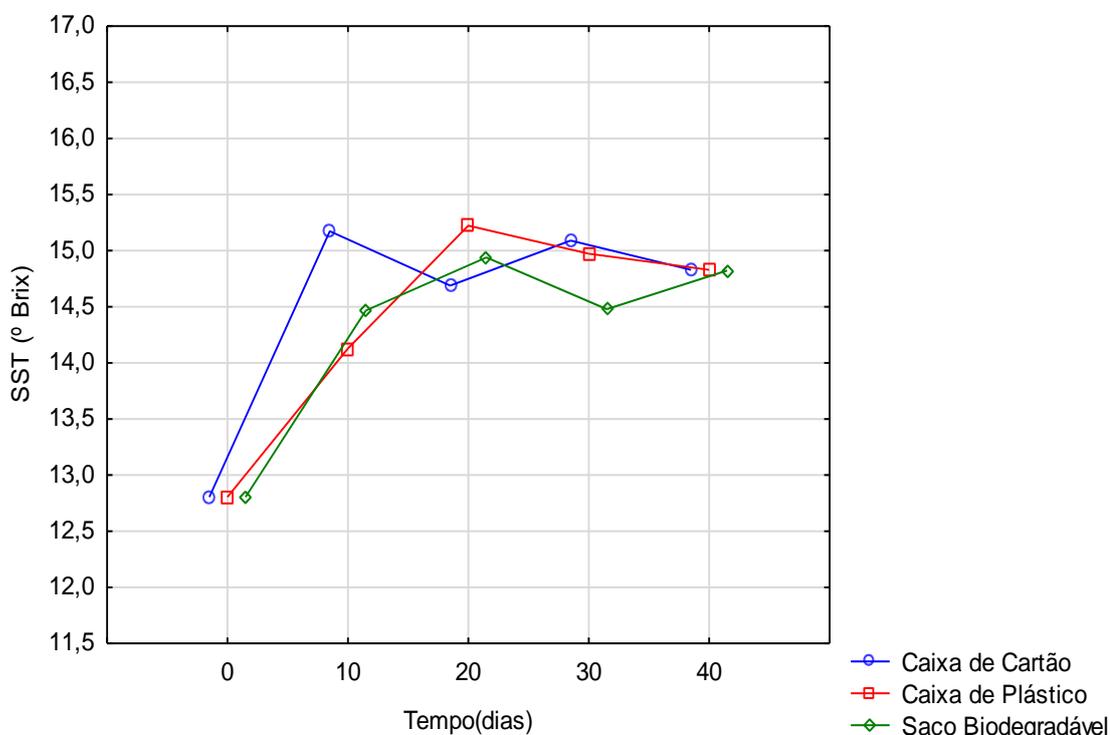


Figura 62-Valores de sólidos solúveis totais (°Brix) ao longo do tempo de conservação.

5.3.2.4. Acidez titulável e pH

A acidez titulável não apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para nenhum dos fatores. E ao observar a figura 62 é possível observar que embora inicialmente exista uma tendência no sentido decrescente, os valores voltam a subir e a igualar os valores iniciais. Ou seja, inicialmente a acidez dos frutos era de 0,03 % para todas as modalidades, depois com a diminuição todas atingiram o valor de 0,02 % de ácido cítrico e no fim dos 40 dias as modalidades voltaram a apresentar o valor de 0,03% de ácido cítrico. As variedades mexicanas estudadas por Hernández-Pérez et al. (2005) apresentam valores de acidez superiores, sendo inicialmente de 0,29 % a 0,058 % e ao fim de 28 dias de 0,18 % a 0,05 % de ácido cítrico. Mas nas variedades sicilianas, já é possível encontrar valores semelhantes, pois as variedades sicilianas têm uma acidez de aproximadamente 0,02 % de ácido cítrico. Tanto a variedade siciliana referida como a variedade “vermelha” produzida em Portugal têm valores de acidez inferiores a frutos

como a laranja (0,8%), a maçã (0,9%) e o ananás (1,1%) (Gurrieri et al., 2000).

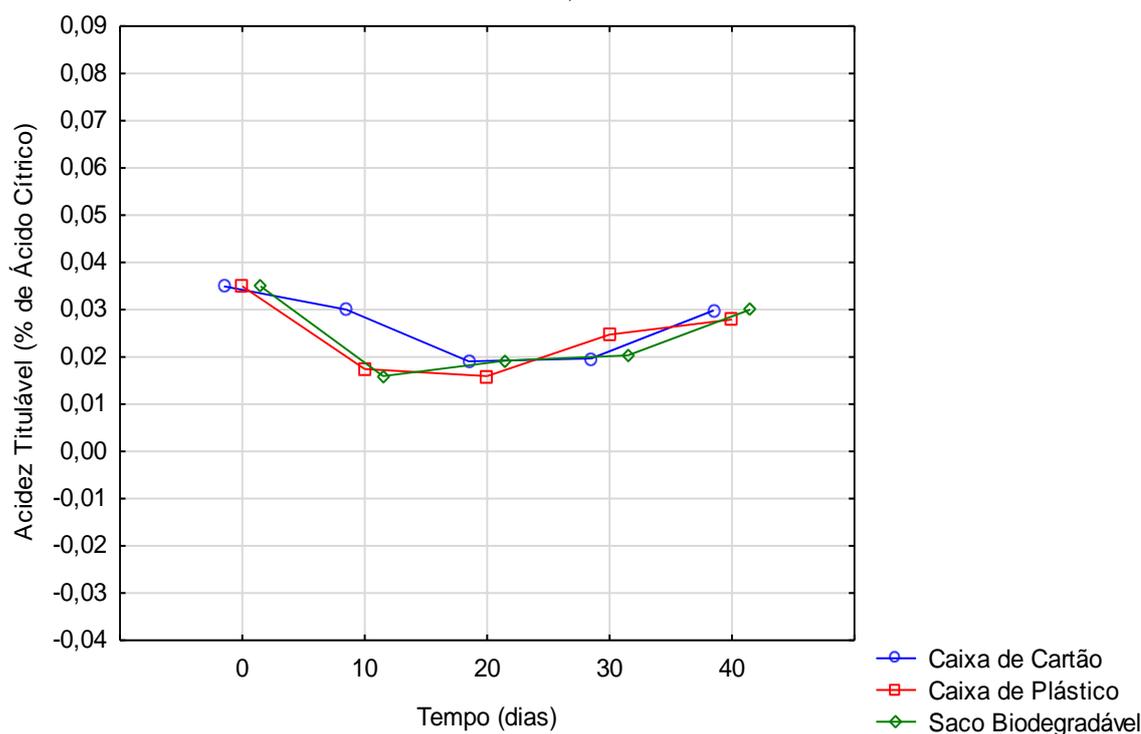


Figura 63-Valores de acidez titulável (% de ácido cítrico) ao longo do tempo de conservação.

Para o parâmetro pH, foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação, modalidade e interação, porém é o factor tempo que melhor explica esta diferença, pois $F_{\text{Tempo}} = 16,30 > F_{\text{Modalidade}} = 4,57 > F_{\text{Interação}} = 2,93$. Ao observar a figura 63, constata-se que os valores de pH aumentam ligeiramente ao longo do tempo, com a exceção das modalidade de embalagem de cartão e embalagem biodegradável no dia 40, que apresentam um maior aumento de valores, razão pela qual são estatisticamente diferentes das demais tal com assinalado pelo teste de comparações múltiplas de Tukey HSD (Anexo 4). Os frutos embalados em caixa de cartão juntamente com os frutos embalados em sacos de plástico biodegradável são os que apresentam uma maior subida nos valores de pH. Os valores obtidos que inicialmente eram de 6,82 para todas as modalidades e ao fim dos 40 dias eram de 7,52 para os frutos embalados em caixas de cartão, 6,86 para os que se encontravam em caixas de plástico e 7,47 para os que foram embalados em sacos biodegradáveis, são superiores aos mencionados em diferentes estudos. Gurrieri et al. (2000) mencionam valores de 6,4 a 6,5 para o pH de variedades sicilianas; Hernández-Pérez et al. (2005) referem valores de

5,8 a 6,6 para variedades produzidas no México e Piga (2004) apresenta valores de 5,3 a 7,1, sendo este o intervalo mais abrangente e o único onde os valores obtidos se inserem.

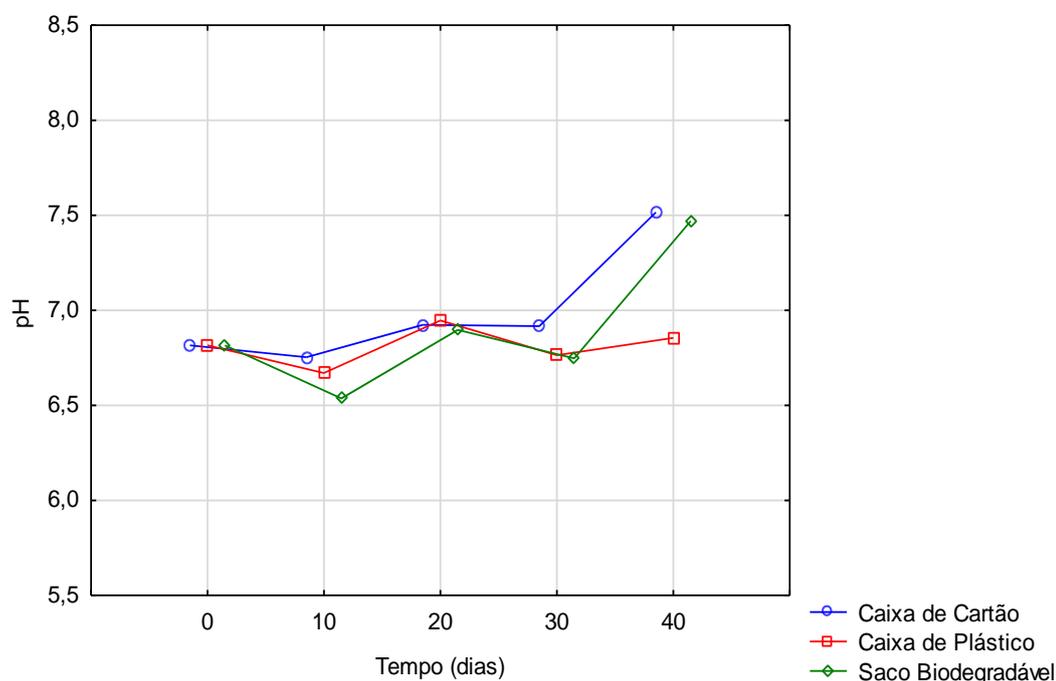


Figura 64-Valores médios de pH do sumo dos figos ao longo do tempo de conservação.

5.3.2.5. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos apresentam diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação, modalidade e interação, e o factor tempo é o que melhor explica essas diferenças visto que $F_{\text{Tempo}} = 30,38 > F_{\text{Interação}} = 11,35 > F_{\text{Modalidade}} = 2,45$. Ao longo do tempo de conservação verifica-se um aumento nos valores de compostos fenólicos (Fig. 64), dado que no dia 0 os frutos apresentavam valores na ordem dos 288,54 $\mu\text{g/ml}$ e no dia 40 esse valor tinha aumentado para 519,83 $\mu\text{g/ml}$ no caso dos frutos conservados em caixas de cartão, e 826,4 $\mu\text{g/ml}$ no caso dos frutos embalados em caixas de plástico, para os frutos embalados em sacos biodegradáveis o valor final foi de 677,89 $\mu\text{g/ml}$. Quanto as diferenças entre modalidades, é possível observar que a modalidade que apresenta uma maior subida em menos tempo é a do material biodegradável, contudo os frutos embalados em caixas de plástico obtêm maiores valores de compostos fenólicos no fim do tempo de conservação, visto que no dia 40 é observável uma subida dos valores. Os frutos conservados em caixas de cartão são os que apresentam valores mais baixos de compostos fenólicos.

O comportamento de aumento dos compostos fenólicos foi também observado

em diferentes estudos, tais como o realizado por Ochoa-Velasco & Guerrero-Beltrán (2014), contudo o valor médio inicial apresentado é superior ao valor inicial da variedade “vermelha” produzida em Portugal, visto que para a variedade “vermelha” produzida no México o valor inicial de compostos fenólicos é de 488 µg/ml. Outros estudos que exibem este mesmo comportamento de aumento dos fenóis ao longo do tempo são os realizados por Piga et al. (2003) e Cefola et al. (2014).

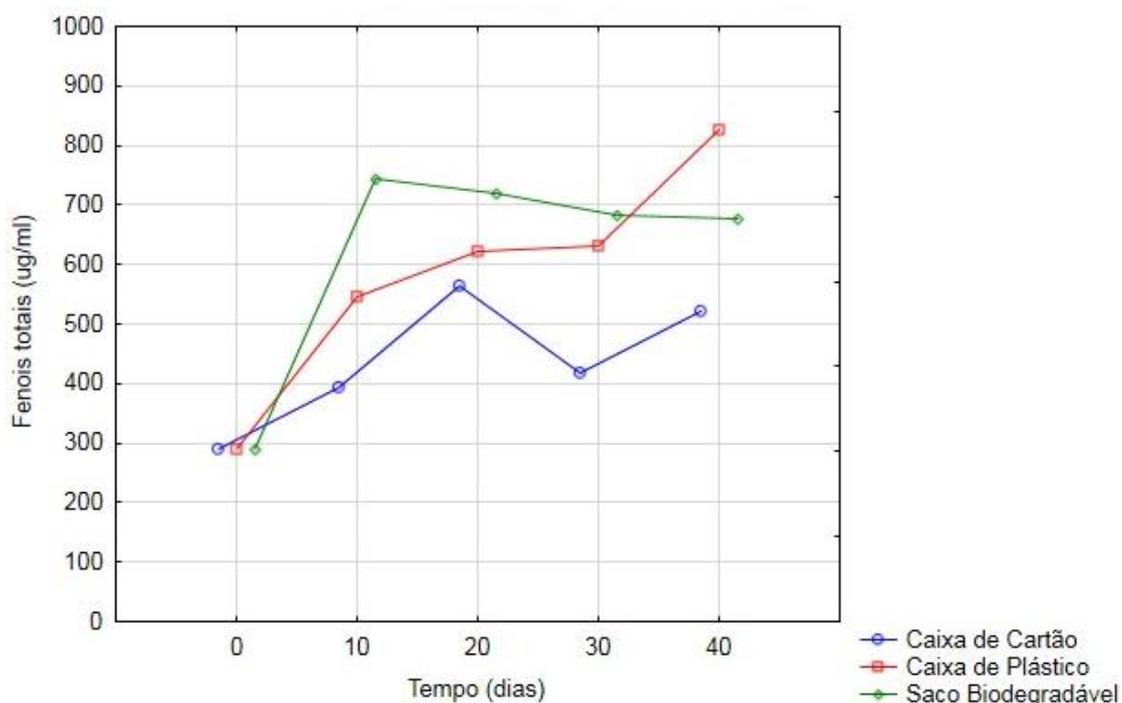


Figura 65-Valores médios de compostos fenólicos (µg/ml) ao longo do tempo de conservação.

5.3.2.6. Capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação. Ao observar a figura 65, é visível que houve uma diminuição dos valores de atividade antioxidante ao longo do tempo, tendo os frutos no dia 0 apresentado valores de 28,22 % e no dia 40, 3,8 %, 2,9 % e 3,32 % para os frutos conservados nas modalidades de embalagem caixa de cartão, caixa de plástico e saco biodegradável respectivamente. Ou seja, a semelhança do que foi observado no ensaio da variedade “vermelha” para determinar a melhor temperatura de conservação (cf. 5.1.2) e ao contrário do que acontece no ensaio da variedade “laranja” e estudos de outros autores existentes, a atividade antioxidante diminui ao longo do tempo. Esta persistência no mesmo comportamento de diminuição da atividade antioxidante,

mostra não ser provável que estes valores sejam fruto de um erro laboratorial, mas sim de um comportamento natural da variedade “vermelha” produzida em Portugal. Mais estudos deverão ser realizados de forma a compreender a razão para este comportamento inesperado.

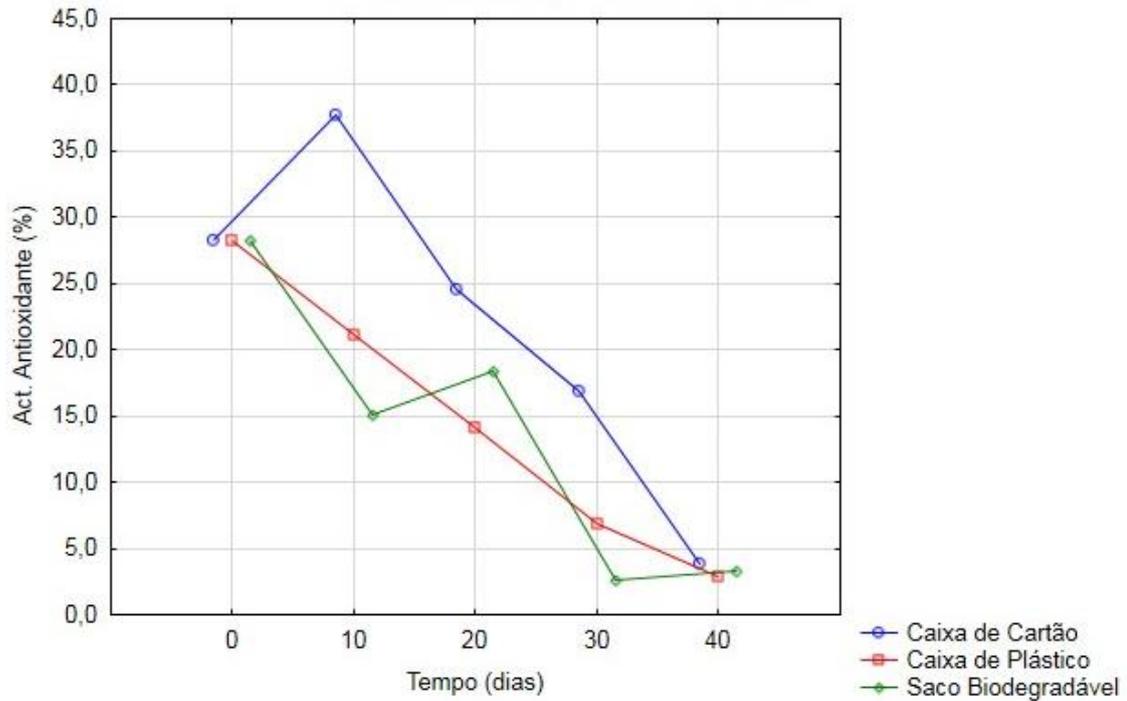


Figura 66-Valores de atividade antioxidante (%) ao longo do tempo de conservação.

5.4. Ensaio de conservação dos cladódios

Como foi previamente mencionado (cf. 4.4.3) durante o ensaio de conservação dos cladódios, foi medida a temperatura e humidade relativa do ar de forma a registar os valores que estes parâmetros apresentavam nos dias das saídas. Este registo resultou na figura 66.

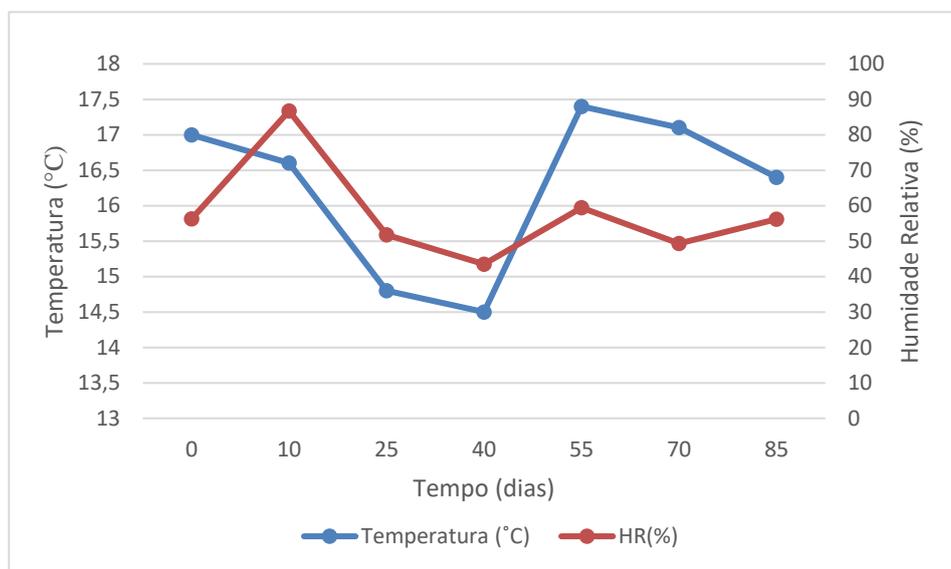


Figura 67-Valores de temperatura e humidade relativa do ar em cada saída.

5.4.1. Evolução das características físico-químicas dos cladódios durante a conservação

5.4.1.1 Perda de peso dos cladódios

Neste parâmetro existem diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação, modalidade e interação, porém é o factor tempo que melhor explica estas diferenças visto que $F_{\text{Tempo}} = 169,34 > F_{\text{Interação}} = 6,28 > F_{\text{Modalidade}} = 3,37$. Ao analisar a figura 67, verifica-se que existiu perda de peso nas duas modalidades, contudo os cladódios embalados na embalagem biodegradável perderam menos massa que os cladódios deixados na caixa aberta, ao fim dos 85 dias os cladódios que se encontravam nos sacos perderam um valor médio de 5,46 % e os cladódios que estavam nas caixas abertas perderam o valor médio de 6,04 %. Os valores máximos de peso perdido, nos dias 25 e 40, correspondem à ocorrência de menor temperatura e humidade, como é bem visível por observação da figura 67 e da figura 66.

Rodriguez-Felix and Villegas-Ochoa (1997) realizaram um estudo, no qual os cladódios são conservados a diferentes temperaturas, sendo estas de 5 °C, 10 °C e 20

°C. Contudo não foram observados aumentos nas perdas de peso dos cladódios conservados a temperaturas mais baixas, que fossem superiores às perdas observadas em cladódios conservados a temperaturas mais altas, ou seja, os cladódios nesta publicação não exibiram um comportamento semelhante ao que foi observado.

Como tal, consideramos a possibilidade de que sendo a figueira-da-índia uma planta CAM os seus estomas apenas abrem com temperatura mais baixas, ou seja, a transpiração aumenta à medida que a temperatura diminui, já que com temperaturas altas a planta apresenta os estomas fechados. Esta possibilidade é em parte apoiada pelo estudo realizado por Cantwell, Rodríguez-Felix, and Robles-Contreras (1992), visto que no seu estudo é observada uma diminuição na taxa de respiração dos cladódios conservados a 20 °C enquanto os cladódios conservados a 5 °C mantem uma taxa de respiração constante. É, no entanto, importante realçar que este estudo é realizado com variedade mexicanas, intrinsecamente diferentes destas variedades regionais portuguesas. Também o facto de ao longo do tempo de conservação a humidade relativa se encontrar entre os 90 % e os 95 %, tem grande influência no comportamento fisiológico dos cladódios e nos resultados.

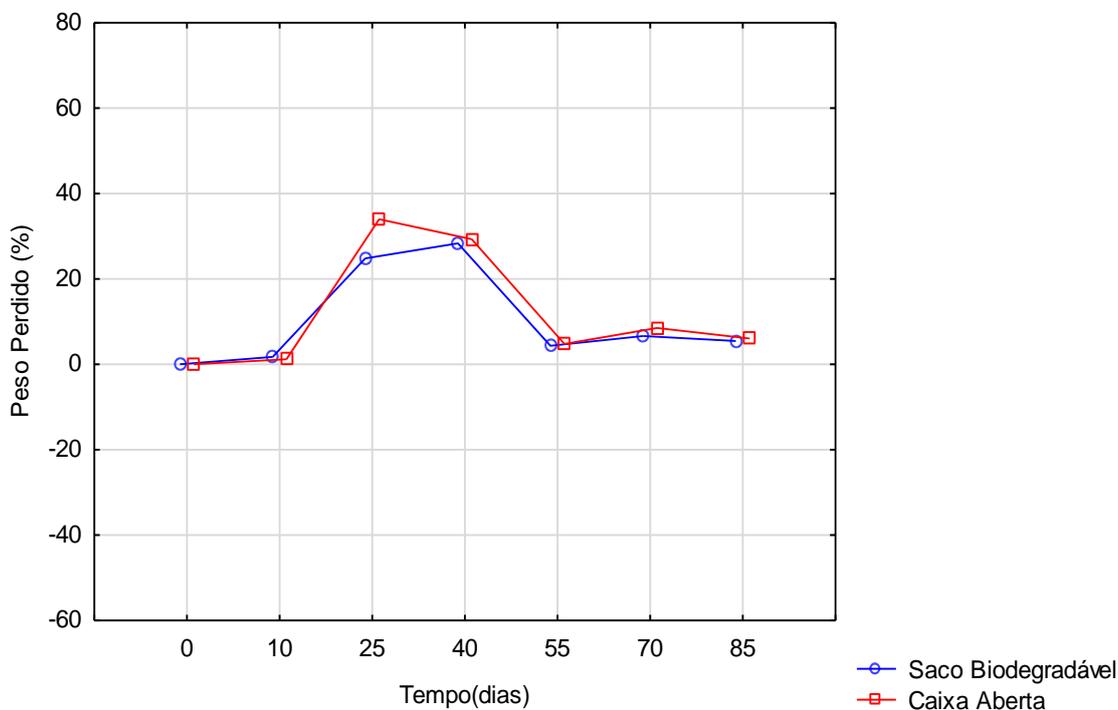


Figura 68-Valores médios de peso perdido (%) para as duas modalidades.

5.4.1.2 Cor da epiderme

Para este parâmetro verificam-se diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação em todas as coordenadas (L^* , a^* , b^*). Para a coordenada a^* , existem também diferenças significativas para a interação, contudo é o factor tempo que melhor explica essas diferenças, visto que $F_{\text{Tempo}} = 3,28 > F_{\text{Interação}} = 2,86$. À semelhança do observado nos frutos da figueira-da-índia, os cladódios também apresentam heterogeneidade entre si, este factor quando acrescentado há existência de uma película cerosa que envolve os cladódios tornam difícil a leitura da cor.

Porém, como pode ser observado nas figuras 68, 69 e 70, existiram alterações na cor dos cladódios ao longo do tempo de conservação. Inicialmente os cladódios ficaram mais escuros e com uma cor mais baça, tal como foi descrito por Cantwell et al. (1992) no seu estudo. A partir do dia 40 começaram a surgir algumas manchas de cor amarelada, isto resulta num aumento de valores da coordenada L^* (Fig 68), visto que os cladódios ficam com uma tonalidade mais clara bem como um aumento nos valores da coordenada b^* (Fig.70), que é a coordenada que representa a variação de cores azul/amarelo. A coordenada a^* (Fig.69), sofre ao longo do tempo variações de valores, mas nunca existe grande oscilação, visto que no início o valor registado foi de -10,25 para os cladódios que estavam embalados em sacos biodegradáveis e -11,95 para os cladódios colocados em caixas aberta, o valor máximo atingido para estas duas modalidades foi respetivamente de -9,59 e -12,36, e no dia 85 os valores foram de -9,99 e -9,71, respetivamente. E segundo o teste de comparações múltiplas de Tukey HSD (Anexo 5), a interação do dia 10 com a modalidade de caixa aberta, dia 55 com a modalidade saco biodegradável e dia 85 com a modalidade saco biodegradável, são estatisticamente diferentes das demais.

Algumas das variações observadas nas diferentes coordenadas, estão também relacionadas com mudanças na temperatura e humidade relativa sentida, pois a cor é influenciada por esses fatores (Cantwell et al., 1992;Rodriguez-Felix & Villegas-Ochoa, 1997).

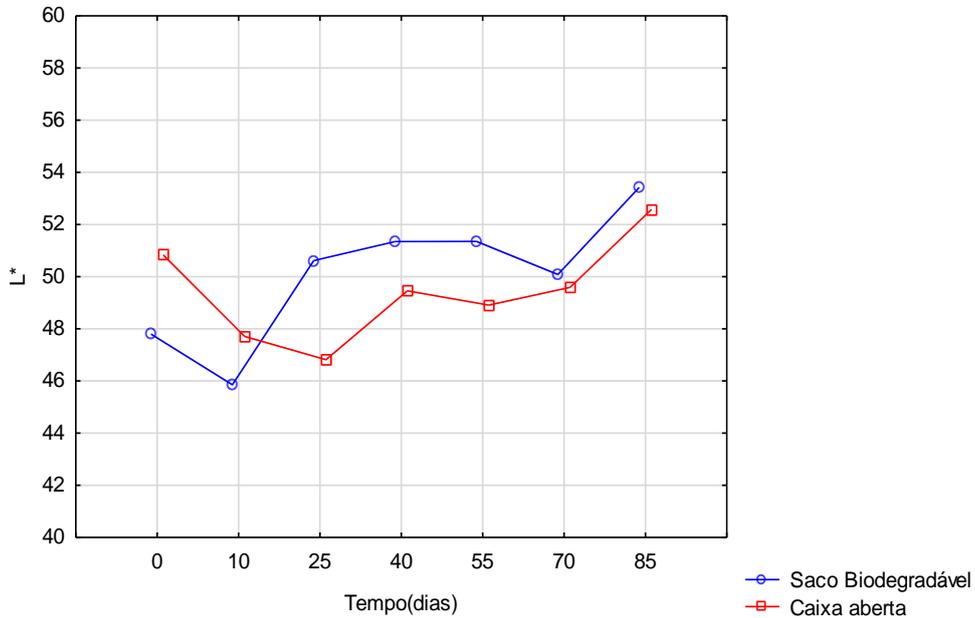


Figura 69-Valores médio da coordenada L*, para o teste de cor, durante o tempo de conservação.

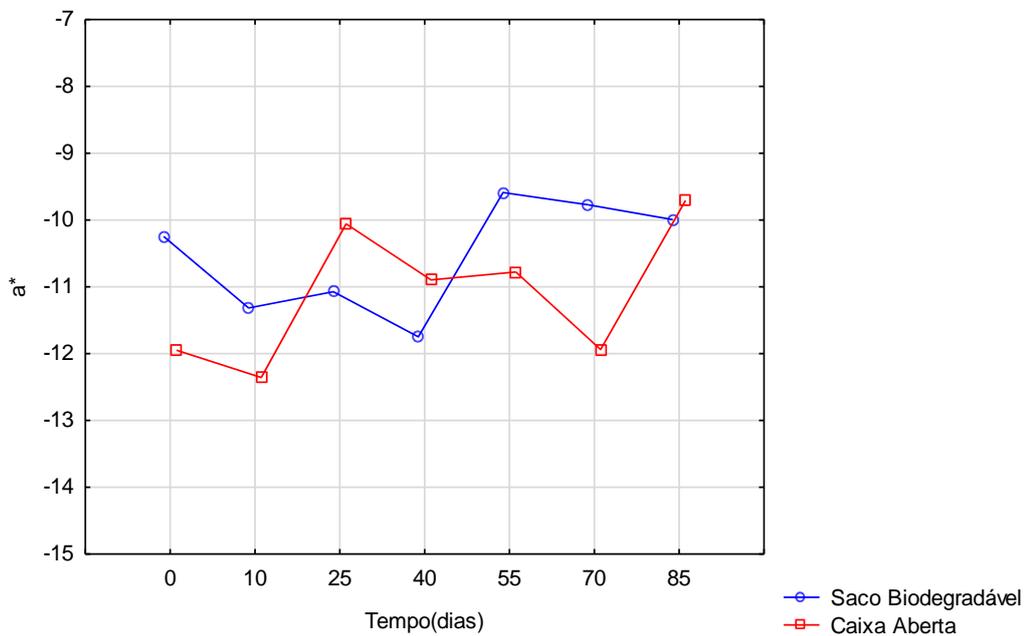


Figura 70-Valores médios da coordenada a*, durante o tempo de conservação.

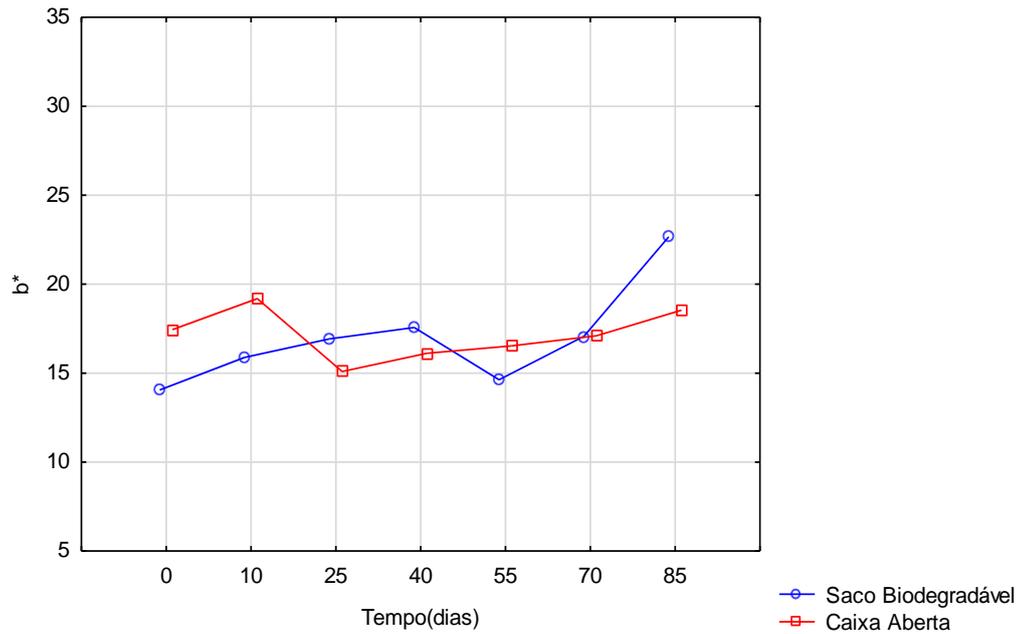


Figura 71-Valores médios da coordenada b*, durante o tempo de conservação.

5.4.1.3 Textura

Para este parâmetro existem diferenças significativas ($p < 0,05$) para o factor tempo de conservação. É importante realçar, que os cladódios são heterogêneos, e que como tal alguns têm maior espessura, maior quantidade de fibras, o que influencia os resultados, tal como pode ser observado na figura 71, onde constatamos que nos primeiros 10 dias existe um aumento da firmeza. Todavia, os resultados obtidos no caso dos cladódios em caixas abertas foi o esperado, pois existiu uma diminuição constante da firmeza. No caso dos cladódios em sacos biodegradáveis é visível que existiram variações ao longo do tempo e que não houve uma diminuição dos valores, contudo tendo em conta as razões enumeradas anteriormente é possível dizer que neste caso a firmeza ficou estável e que as oscilações observadas devem-se à heterogeneidade dos cladódios.

Os resultados obtidos para a modalidade de caixa aberta correspondem os resultados obtidos por Rees, Farrell, & Orchard (2012) que no seu estudo verificam que para cladódios sem embalagem a firmeza diminui constantemente ao longo do tempo e que os cladódios embalados, a firmeza também diminui, contudo a um menor ritmo que o observado para os cladódios sem embalagem. Estes resultados publicados não coincidem com o que foi observado neste ensaio.

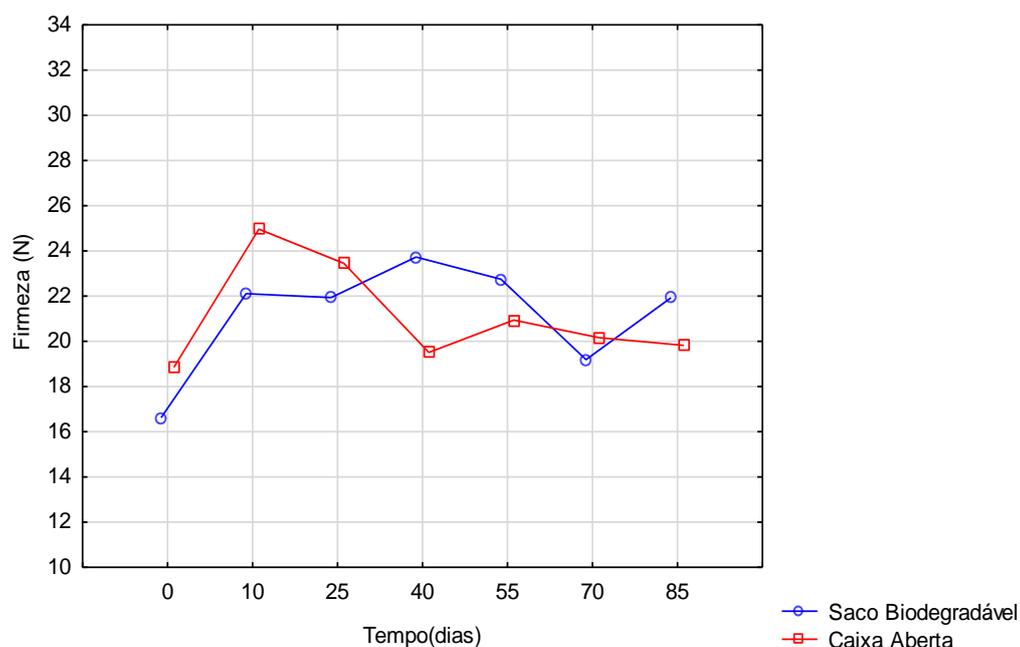


Figura 72-Valores médios da firmeza (N) dos cladódios ao longo do tempo de conservação

5.4.2. Análise de compostos bioativos

5.4.2.1. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos apresentam diferenças significativas ($p < 0,05$) para o factor tempo. Como é possível observar ao longo do tempo existe um aumento nos valores dos compostos fenólicos (Fig. 72), sendo que inicialmente os cladódios que se encontravam em sacos biodegradáveis apresentavam valores de 673,77 $\mu\text{g/ml}$ e os cladódios em caixas abertas apresentavam valores de 696,23 $\mu\text{g/ml}$; no dia 85 os cladódios apresentavam valores de 2764,85 $\mu\text{g/ml}$ e 2390,45 $\mu\text{g/ml}$, para as modalidades de saco biodegradável e caixa aberta, respetivamente.

Os compostos fenólicos apresentam valores elevados ao fim do tempo de conservação, contudo estes valores são concordantes como os apresentados nos estudos de Rocchetti et al. (2018), que apontam para uma variedade italiana valores de 2600 $\mu\text{g/ml}$ antes de conservação e De Santiago et al. (2018) apresentam valores médios

de 1700 µg/ml para uma variedade espanhola. Os valores iniciais, por sua vez são concordantes com os apresentados por Boutakiout et al. (2018) que para uma variedade produzida em Marrocos, apresenta valores de 542,70 µg/ml. Os cladódios têm por isso um maior teor de compostos fenólicos do que frutos como a maçã (296,3 µg/ml), o morango (160 µg/ml) ou a banana (90,4 µg/ml) (Boutakiout et al., 2018). É, no entanto, importante lembrar que a composição dos cladódios é influenciada por fatores edáficos no local de produção, a estação do ano e a idade da planta (Rocchetti et al., 2018), ou seja, existiram sempre diferenças na composição dos mesmos.

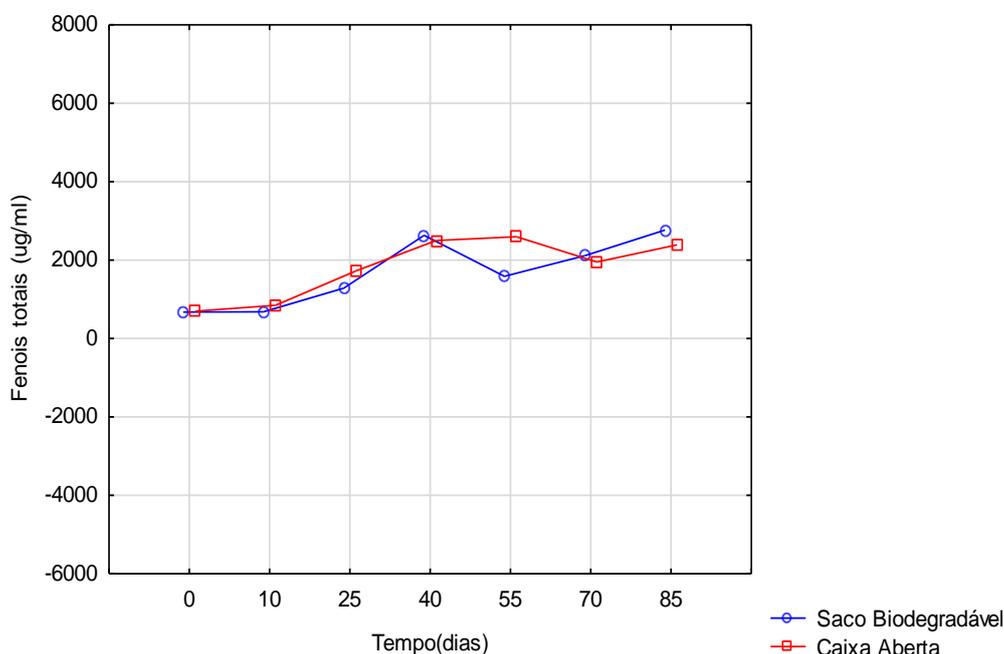


Figura 73-Valores médios dos compostos fenólicos ao longo do tempo de conservação.

5.4.2.2. Capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de conservação e interação, sendo o factor tempo o que melhor explica essas diferenças, pois $F_{\text{Tempo}} = 56,83 > F_{\text{Interação}} = 3,32$. Ao analisar a figura 73 é possível constatar que a capacidade antioxidante aumenta ao longo do tempo, tendo inicialmente apresentado valores de 8,34 % nos cladódios que se encontravam embalados em sacos biodegradáveis e 4,73 % nos cladódios que se encontravam em caixas abertas. Ao fim dos 85 dias de conservação, os valores tinham aumentado nas duas modalidades para 38,09 % e 38,43 %, respetivamente. Através do teste de comparações múltiplas de Tukey HSD (Anexo 5) é nos dada a informação que os dias 55,

70 e 85 são estatisticamente diferentes dos demais.

Apesar de já existirem alguns estudos nos quais é realizada a determinação da atividade antioxidante dos cladódios, em alguns casos os métodos são diferentes ou a forma de expressar os resultados é diferente, tornando por isso impossível a comparação visto não haver forma de converter os resultados. Contudo os valores iniciais obtidos neste estudo encontram-se próximos ao apresentado por Boutakiout et al. (2018), sendo este de 6 % para cladódios provenientes de figueiras-da-índia produzidas em Marrocos. Num estudo realizado com cladódios de seis meses de figueira-da-índia produzida na Africa do Sul, é apresentado o valor médio de 84,07 % após a conservação do amostra durante um mês (du Toit et al.,2018).

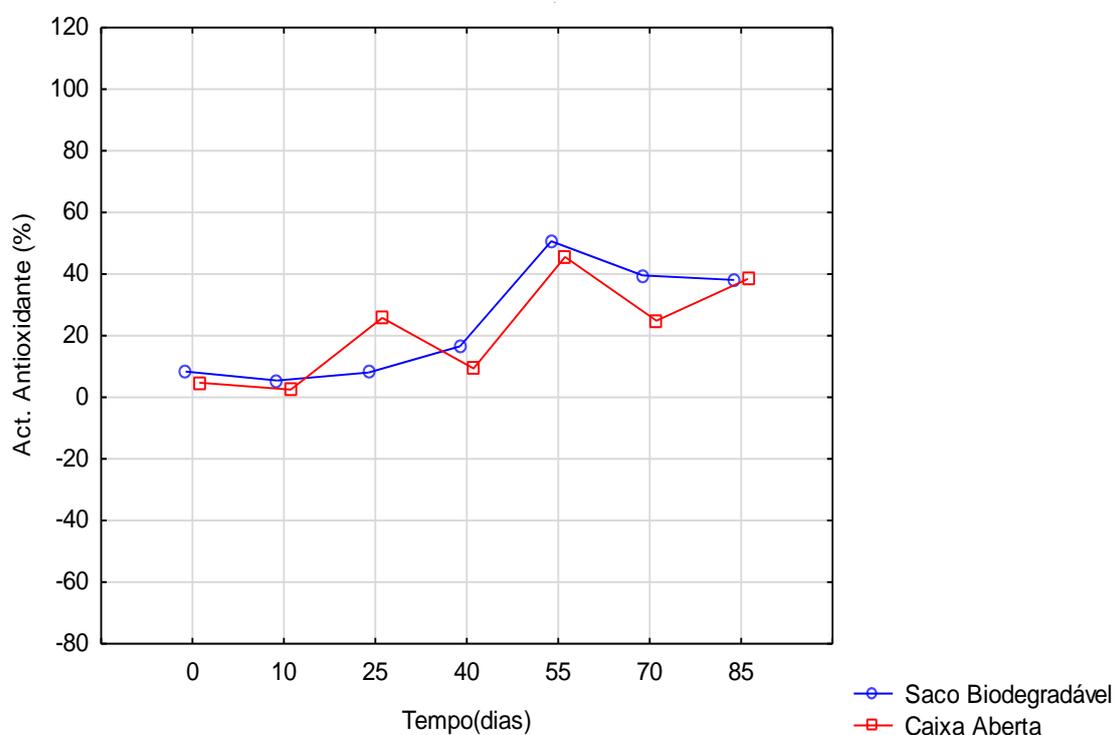


Figura 74-Valores médios da atividade antioxidante (%) ao longo do tempo de conservação.

5.4.3. Análise da composição mineral para consumo humano

Os resultados das análises da composição mineral para consumo humano podem ser observados na tabela 4, notando-se algumas diferenças entre variedades, mas em ambos os casos existem valores residuais de sódio e manganês. À semelhança do que ocorre nos frutos, os níveis de cálcio e magnésio são elevados, contudo o potássio é o mineral principal dos cladódios, como também foi reportado por Rees et al., (2012), que no seu estudo apresenta valores médios, nomeadamente a humidade, que segundo o

estudo publicado se encontra num intervalo de 88 % a 95 %, e os níveis de potássio e cálcio de 166 mg/100 g p.f. e 90 mg/100 g p.f., respetivamente e são inferiores ao obtidos no trabalho agora apresentado. Neste mesmo estudo é referido que os cladódios têm maior valor nutritivo que a alface ou o espinafre.

El-Mostafa et al. (2014), apresentam também alguns valores médios dos compostos nutricionais, sendo que os valores apresentados se encontram todos eles abaixo dos valores obtidos; a única exceção o valor do sódio, 0,3 mg/100 g p.f. e 0,04 mg/100 g p.f. e que nas análises agora realizadas tem um resultado residual.

Parâmetro	Variedade "laranja"	Variedade "vermelha"
	Resultado	Resultado
Cálcio (mg/100g)	194,8	176,6
Potássio (mg/100g)	212,6	220,4
Sódio (mg/100g)	<LQ	<LQ
Cobre (mg/100g)	0,041	0,042
Ferro (mg/100g)	0,134	0,107
Fósforo (mg/100g)	21,08	23,68
Manganês (mg/100g)	< LQ	<LQ
Magnésio (mg/100g)	90,0	71,5
Zinco (mg/100g)	0,172	0,146
Humidade (%)	94,28	94,78

Tabela 4-Resultados das análises da composição mineral em mg/ 100 g de peso fresco (Fonte: CATAA)

Os parâmetros com resultados < LQ são parâmetros cujos resultados eram residuais e não possíveis de determinar.

Os cladódios poderiam contribuir para o enriquecimento da dieta humana, especialmente em zonas áridas, tendo em conta estes valores de minerais apresentados, e os valores de vitaminas, nomeadamente vitamina C e provitamina A, que alguns estudos apontam como sendo elevados (Rodriguez-Felix, 2002;Rees et al.,2012;El-Mostafa et al., 2014;Stintzing & Carle,2005).

5.4.4. Análise da composição nutricional para consumo animal

Os resultados da análise de compostos nutricionais para consumo animal constam na tabela 5, no qual é possível observar os parâmetros que foram analisados e os seus resultados, que são por sua vez apresentados em 100 g de matéria seca (MS) e matéria fresca (MV). A matéria seca dos cladódios é de 6,31 g/100 g como pode ser observado, este valor é ligeiramente superior ao intervalo de valores apresentado por Mulas & Dessena (2019) que no seu estudo apresentaram um intervalo de 4,17 g/100 g a 6,17 g/100 g, mas inferior ao valor de 10,91 g/100 g apresentado por Mciteka (2008). O valor de matéria seca é importante pois estima-se que o gado consuma mais matéria seca sob a forma de feno do que matéria fresca (Mciteka, 2008).

O valor de cinza bruta é de 1,30 g/100 g de matéria fresca e 20,58 g/100 g de matéria seca, este valor de cinza expresso em matéria seca é concordante com o intervalo de valores apresentado por Mulas & Dessena (2019), que no seu estudo apresentam um intervalo de valores de 17,19 % a 27,73 %. Por sua vez Rocchetti et al. (2018) apresentam um valor de 0,50 g/100 g de matéria fresca para as cinzas, sendo este valor inferior ao obtido. Nefzaoui & Ben Salem (2002) referem que elevados valores de cinzas estão relacionados com altos teores de cálcio, o que no caso dos cladódios produzidos em Portugal se confirma.

Os valores de proteína bruta expressos em 100 g de matéria fresca, encontram-se abaixo dos valores apresentados por Stintzing & Carle (2005) e Rocchetti et al. (2018), pois nestes estudos os valores apresentados encontram-se entre 0,5 g/100 g e 1 g/100 g de matéria fresca. Todavia, o valor de proteína bruta expresso em matéria seca, encontra-se no intervalo de valores de 3,66 g/100 g a 8,08 g/100 g apresentado por Mciteka (2008). Este valor é, no entanto, baixo, o que significa que a probabilidade de existir crescimento microbiano é baixo, mas ao mesmo tempo os cladódios enquanto alimento principal para gado são uma fraca fonte de energia, podendo, contudo, servir como alimentação complementar.

O parâmetro ADF, como já foi mencionado trata-se na determinação da fibra em detergente em meio ácido, este valor representa o teor de celulose e lenhina do material vegetal. O valor obtido de material em fresco é inferior ao valor de 0,83 g/100 g apresentado por Rocchetti et al. (2018), o valor de 12,85 g/100g de material seco por

sua vez é inferior aos valores apresentados por Mciteka (2008) mas encontra-se dentro do intervalo de 12,62 a 20,82 g/100 g referido por Mulas & Dessena (2019). Estes valores de ADF são, contudo, inferiores aos valores encontrados em outras plantas forrageiras, como o azevém (48,3 g/100 g), o triticale (47,4 g/100 g) e a tremocilha (36,2 g/100 g) (Dentinho et al., 2010).

Os valores de NDF, ou seja de fibra determinada em detergente em meio neutro, são menores que os valores apresentados em vários estudos (Mciteka, 2008; Stintzing & Carle, 2005; Rocchetti et al., 2018; Mulas & Dessena, 2019).

Em relação aos valores de lenhina (ADL) e celulose, a primeira encontra-se com valores inferiores aos apresentados por Mulas & Dessena (2019) e Rocchetti et al. (2018) isto contudo não é uma desvantagem, visto que a lenhina é um componente indegérvel da planta pelo que interessa que os seus valores sejam baixos. A celulose, por sua vez encontra-se dentro do intervalo de valores apresentado por Mciteka (2008).

Por fim, a gordura bruta é importante que os seus valores não excedam os 8 g/100 g de forma a não comprometer a digestão da fibra (Wilson & Brigstocke, 1981), como os valores são inferiores a este limite, os cladódios não apresentam risco de causar fermentação no rúmen.

Parâmetros		Resultados
Matéria seca	g/100g	6,31
Cinza bruta	g/100g MS	20,58
	g/100g MV	1,30
Proteína bruta	g/100g MS	4,64
	g/100g MV	0,29
Ndf	g/100g MS	16,09
	g/100g MV	1,01
ADF (celulose+lenhina)	g/100g MS	12,85
	g/100g MV	0,81
ADL (lenhina)	g/100g MS	2,22
	g/100g MV	0,14
Celulose	g/100g MS	10,64
	g/100g MV	0,67
Gordura bruta	g/100g MS	1,98
	g/100g MV	0,12

Tabela 5- Resultados das análises da composição nutricional para consumo animal apresentados em 100 g de matéria seca (MS) e matéria fresca (MV)

5.6. Potencial dos cladódios enquanto floculante natural

5.6.1. Cladódios frescos cortados

Existe uma importante melhoria na turbidez da água em todos os casos, muito notória quando comparada com o controlo, que era facilmente visualizada no decorrer das experiências e também evidente ao observar o gráfico (Fig. 74). Também se observa que, das quantidades testadas, a que resultou num maior decréscimo da turbidez foi a de 60 gramas de cladódios.

Verifica-se que a cinética deste fenómeno é diferente para as distintas modalidades, sendo possível observar que em todos os casos (à exceção do controlo), ocorreu uma diminuição acentuada dos valores da turbidez nos primeiros 10 minutos do teste. A modalidade na qual foram adicionadas 60 g de cladódios apresenta o decréscimo mais rápido, atingindo o valor de 20 NTU após 10 minutos, logo um decréscimo de cerca de 100 NTU. No mesmo período de tempo as modalidades que continham 40 g e 80 g de cladódios atingiram os valores de 64 NTU, 63 NTU respetivamente, logo apresentaram um decréscimo de cerca de 80 NTU. Decorridos 20 minutos, as tinas que continham 40 g e 80 g encontravam-se com valores de turbidez próximos dos 30 NTU, e ambos continuaram a diminuir até aos 45 minutos de teste. Foi evidente que a tina com 60 g de cladódios obteve os melhores resultados, como já foi mencionado, tendo obtido valores próximos de turbidez muito próximos de zero, e visualmente uma completa transparência da água. Também Zang et al. (2006) utilizaram cladódios frescos moídos para realizar tratamentos a água, e nesse estudo verificaram uma diminuição da turbidez de 104 NTU para 5 NTU, valores similares aos obtidos neste teste com cladódios frescos cortados. Nos trabalhos realizados por Fedala et al. (2015) foi referido que o sobrenadante estava límpido após cerca de 30 minutos.

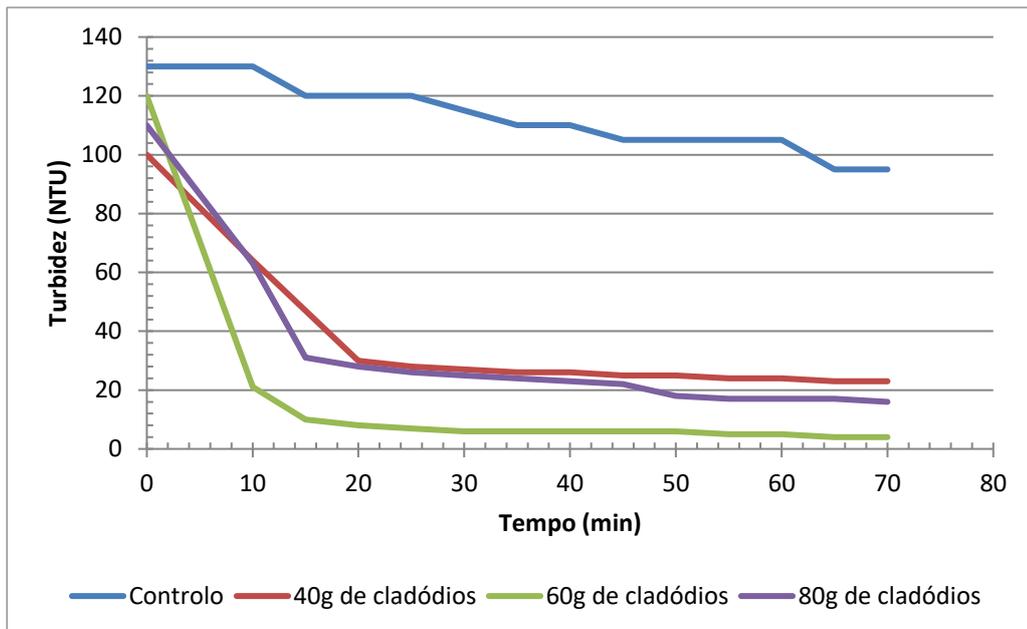


Figura 75-Gráfico da evolução da turbidez da água durante os testes com cladódios frescos cortados.

Nas fotos capturadas com a lupa, com ampliação de 25, do teste realizado com 60g de cladódios (Fig. 75), é possível observar a evolução da quantidade de partículas em suspensão e as dimensões das mesmas sabendo que os coagulantes causam floculação durante tratamento de água por neutralização de carga, após o qual os flocos caem por gravidade deixando um sobrenadante com turbidez reduzida (Fedala et al. 2015).

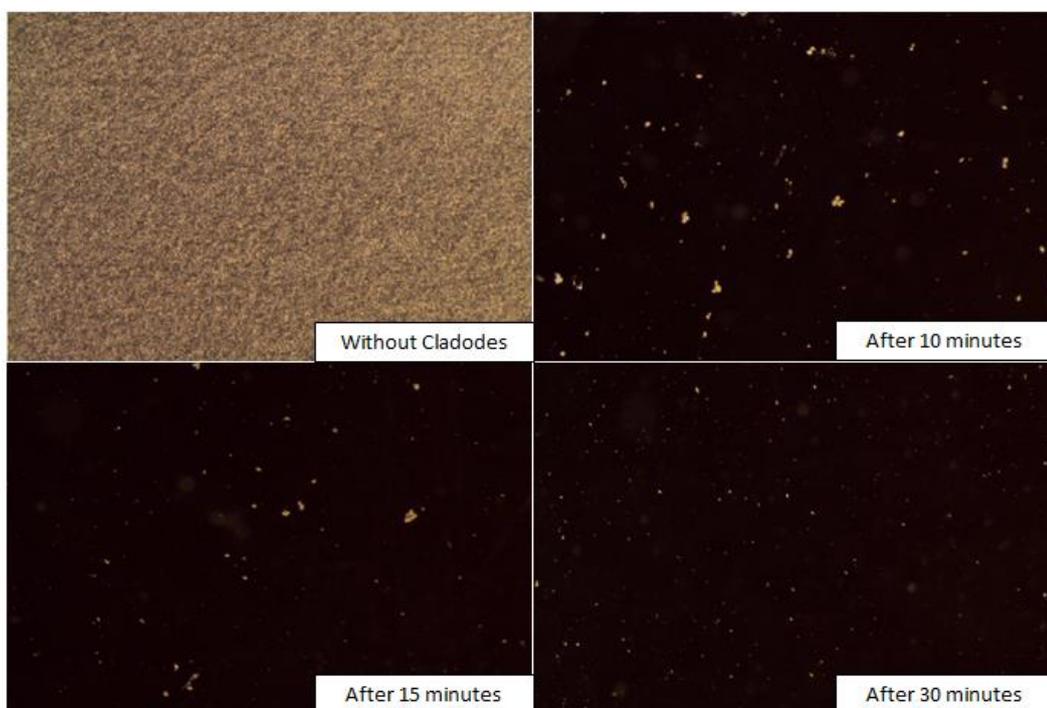


Figura 76-Fotos da evolução da quantidade de partículas em suspensão durante o teste com 60g de cladódios- ampliação: 25x (Fonte: O autor)

Na primeira foto pode-se observar a solução sem adição de cladódios, com uma grande quantidade de partículas. Após transcorrerem 10 minutos da adição dos cladódios já é possível observar uma grande diferença no número de partículas, que vão diminuindo até que após 30 minutos, quando os valores de turbidez já se encontravam estabilizados e muito baixos observamos que o número de partículas era muito diminuto bem como as suas dimensões.

Assim pode-se afirmar que entre as várias modalidades testadas, 20, 60 e 80 g de cladódios frescos, a que apresenta melhores resultados no que se refere à velocidade e ao resultado final é dos 60 g.

No estudo realizado por Zang et al. (2006), chegaram à conclusão de que a dose ideal de cladódios é de 60 mg/L, muito inferior à que foi utilizada neste estudo. Esta diferença entre as quantidades usadas para as doses ideais neste e no trabalho referido, pode ser atribuída à diferente preparação dos cladódios, que proporcionam diferenças acentuadas na superfície de contacto, sugerindo que à semelhança das reações químicas quanto maior a superfície de contato do reagente sólido, mais rápida será a reação, mas também à alcalinidade e temperatura da água, visto que estes são fatores apontados pelos autores como influenciadores da eficácia do processo.

5.6.2. Cladódios liofilizados cortados

Os cladódios liofilizados quando são colocados na água sofrem um processo de reidratação antes do processo de floculação começar, vão absorver água e assim a quantidade de argila mantém-se inalterada, mas a quantidade de água diminui, pelo que se nota um ligeiro aumento inicial nos valores da turbidez, tal como é possível ser observado no gráfico (Fig. 76). Este processo de reidratação ocorre durante os primeiros 10 minutos do teste, após este tempo é possível observar uma redução na turbidez da água. No caso da tina que continha 2,824 g de cladódios, existe um período inicial de estabilização e só depois aos 25 minutos é que se inicia a diminuição dos valores de turbidez. Tal ocorre devido a quantidade reduzida de cladódios adicionados à mistura de água e argila.

Ao contrário do que ocorreu no teste com cladódios em fresco, nos cladódios liofilizados é aparente que uma maior quantidade de cladódios resulta numa mais rápida

diminuição da turbidez, tal como observamos no caso da adição de 5,648 g de cladódios. Neste caso o aumento inicial de turbidez é menor ao observado no caso da tina que continha 4,236 g de cladódios e começam-se a notar os efeitos da floculação ligeiramente mais cedo, todavia no fim do teste, a partir dos 30 minutos, é possível notar que a diferença entre o valor final da tina com 4,236 g e a tina com 5,648 g de cladódios é mínima, pelo que ambas as quantidades resultam no mesmo decréscimo de turbidez, mas uma maior quantidade de cladódios tem um efeito mais rápido.

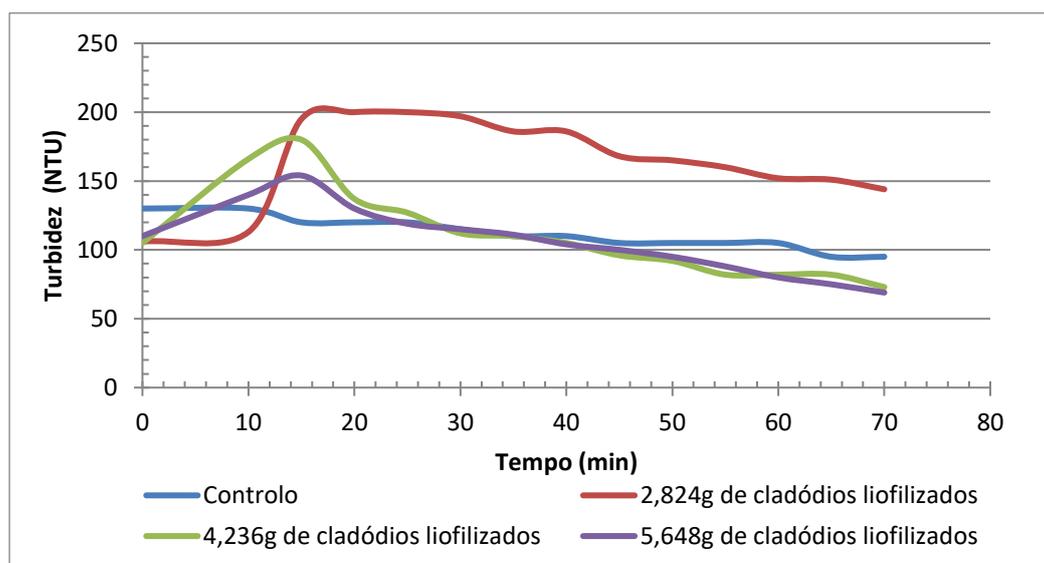


Figura 77-Gráfico representativo da evolução dos valores de turbidez no ensaio com cladódios cortados liofilizados.

É de realçar o facto da modalidade com menor quantidade de cladódios, com 2,824 g correspondente a 40 g de cladódios frescos, apresentar valores superiores aos do controlo, porque muito embora tenha havido uma diminuição de turbidez a partir dos 20 minutos de teste, esta não compensa a subida de quase 100 NTU iniciais.

Os valores finais alcançados em todas as distintas doses deste ensaio foram sempre superiores aos obtidos com cladódios frescos, e aos indicados em bibliografia para diferentes aplicações (Zhang et al., 2006; Abid et al., 2009;

No caso concreto de Abid et al. (2009), foi utilizado o sumo dos cladódios, desta mesma espécie, para eliminar metais pesados em efluentes industriais, e a turbidez diminuiu de 100 NTU para 2 NTU

Nas fotos (Fig. 77) obtidas do teste com 5,648 g de cladódios liofilizados, que corresponde a 80 g de cladódios frescos, aos 10 minutos já se observavam menos

partículas em suspensão e a quantidade continuou a diminuir ao longo do teste, pelo que na foto correspondente ao fim do teste, aos 70 minutos, vimos que existem menor número de partículas e de menores dimensões, do que as observadas na foto correspondente aos 30 minutos.

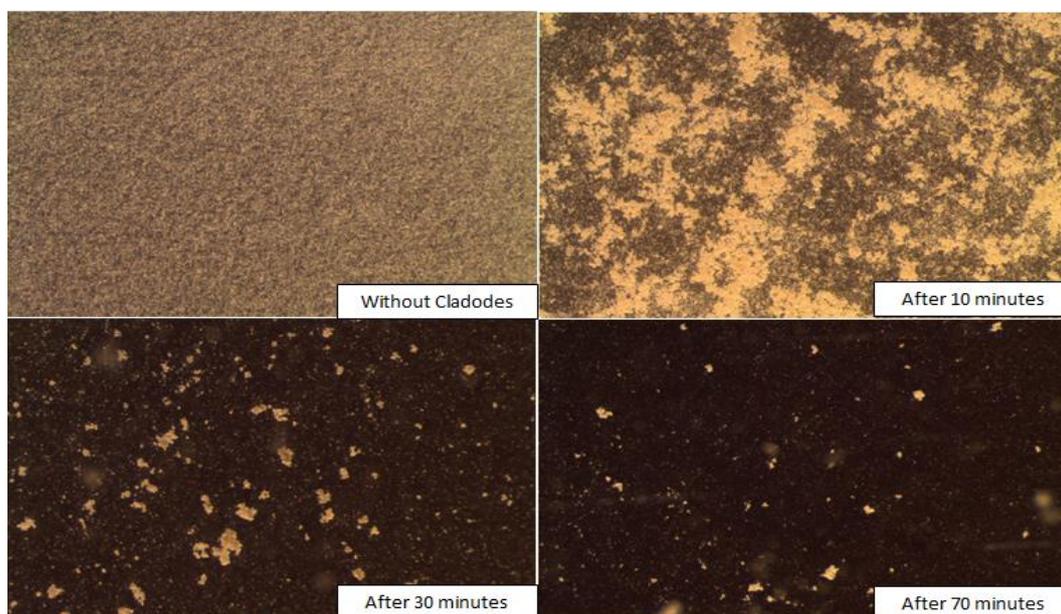


Figura 78-Evolução da quantidade de partículas em suspensão ao longo do teste com as 5,648g de cladódios liofilizados (Fonte: O autor).

5.6.3. Cladódios liofilizados moídos

Os cladódios liofilizados moídos obtiveram melhores resultados que os cladódios liofilizados cortados, como pode ser observado no gráfico (Fig. 78). O pó dos cladódios moídos ao ser reidratado antes de ser colocado na mistura de água e argila, não causa o aumento na turbidez que foi observado no teste com os cladódios liofilizados cortados e tem uma reação mais rápida, tendo chegado aos 50 NTU aos 20 minutos bem como é mais eficaz visto ter atingindo o valor mínimo de 40 NTU.

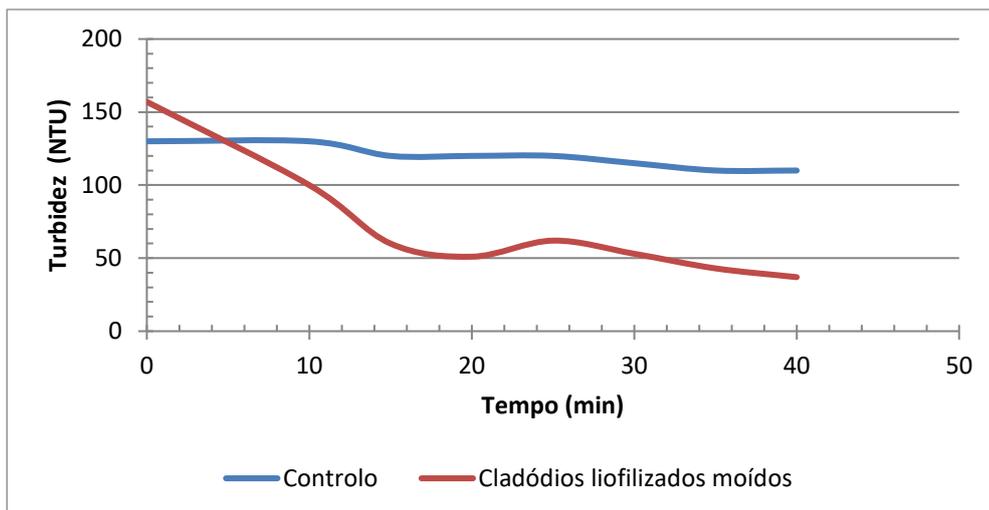


Figura 79-Gráfico de evolução da turbidez no teste com cladódios liofilizados moídos.

As fotos obtidas com recurso a lupa (Fig. 79), mostram que a quantidade de partículas e as suas dimensões são menores que nas fotos obtidas no teste com cladódios liofilizados cortados, os cladódios em pó aparentam conseguir causar a floculação de partículas de dimensões inferiores às que são floculadas pelos cladódios cortados, como pode ser visto na foto relativa aos 40 minutos na qual as partículas são de dimensões inferiores às observadas na foto final do teste com cladódios liofilizados cortados. Contudo os cladódios liofilizados moídos causam o aparecimento de agregados de mucilagem e argila que se mantêm em suspensão na água e que são difíceis de remover, tal como pode ser visto na figura 80.

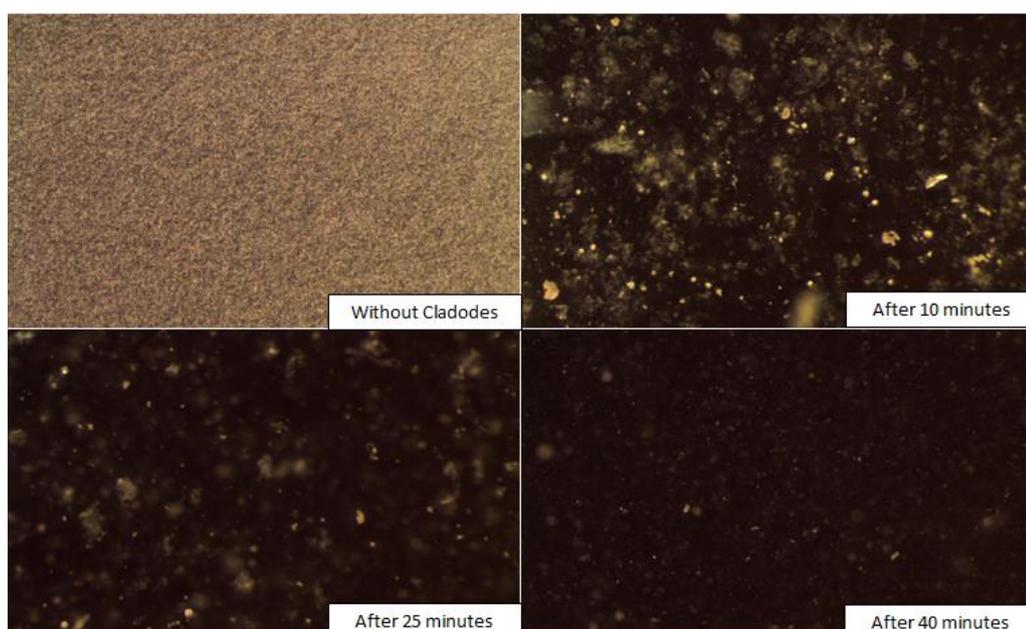


Figura 80-Evolução da quantidade de partículas ao longo do teste- ampliação: 25x (Fonte: O autor).



Figura 81-Agregados de mucilagem e argila em suspensão na amostra retirada da tina (Fonte: O autor).

5.6.4. Mucilagem extraída a frio

O teste com recurso à mucilagem extraída a frio obteve melhores resultados que o teste com os cladódios liofilizados cortados, isto porque aos 30 minutos a turbidez encontrava-se próxima dos 50 NTU (Fig. 81) enquanto no caso dos cladódios liofilizados cortados era superior a 100 NTU para todas as quantidades de cladódios. O teste de cladódios liofilizados em pó obteve melhores resultados que este da mucilagem extraída a frio, contudo é importante realçar que a extração da mucilagem é um processo mais simples e mais rápido que a liofilização dos cladódios, como se pode ver na descrição dos métodos no capítulo IV (cf. 4.5). A mucilagem pode também ser armazenada durante algum tempo, sem que se verifique o aparecimento de fungos.

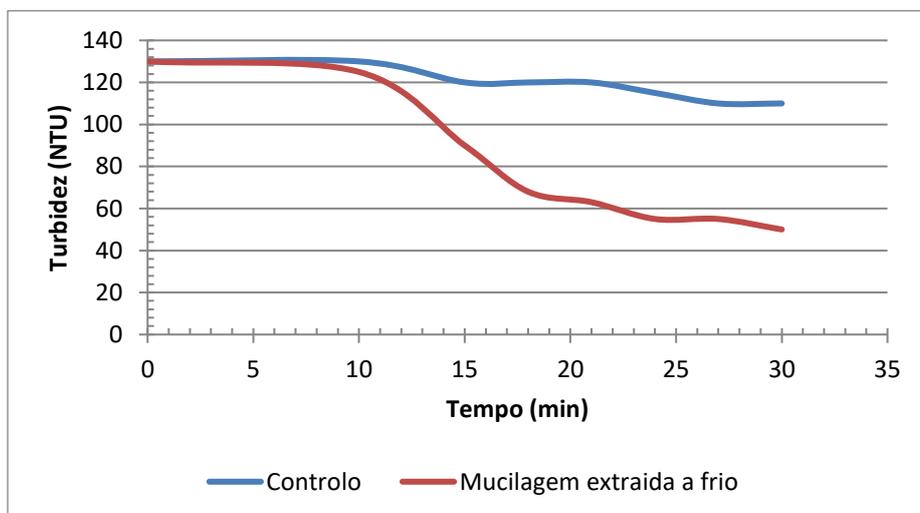


Figura 82-Gráfico da evolução dos valores de turbidez (NTU) ao longo do teste de floculação com mucilagem extraída a frio.

As fotos que se encontram na figura 82, comprovam que a mucilagem extraída a frio não é tão eficiente como os cladódios liofilizados moídos e os cladódios cortados em fresco pois não diminui tanto a quantidade de partículas, mas é sem dúvida mais eficiente que os cladódios liofilizados cortados.

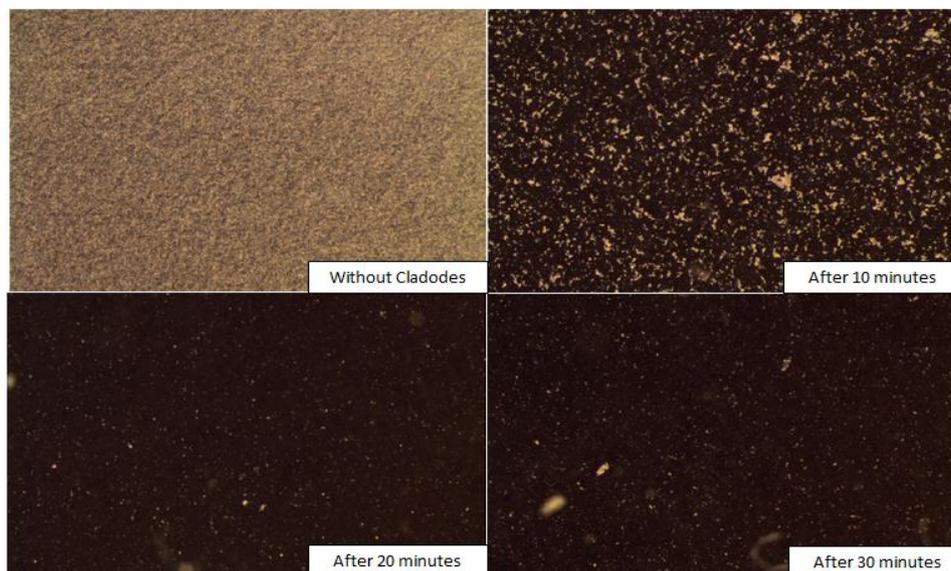


Figura 83-Evolução da quantidade de partículas ao longo do teste com recurso a mucilagem extraída a frio- ampliação: 25x (Fonte: O autor).

5.6.5. Mucilagem extraída com calor

Tal como pode ser observado na figura 83, a mucilagem extraída com calor obteve melhores resultados que todos os outros testes à exceção dos cladódios cortados em fresco. Pode-se exemplificar com os valores obtidos após 25 minutos, tendo sido observados valores de turbidez de 20 NTU nesta modalidade com mucilagem extraída com calor, quanto no teste com a mucilagem extraída a frio era de 55 NTU, no teste com cladódios liofilizados cortados e moídos era de 119 NTU e 62 NTU respetivamente. Só no teste com os cladódios cortados a fresco é que o valor é muito inferior, visto ser de 7 NTU.

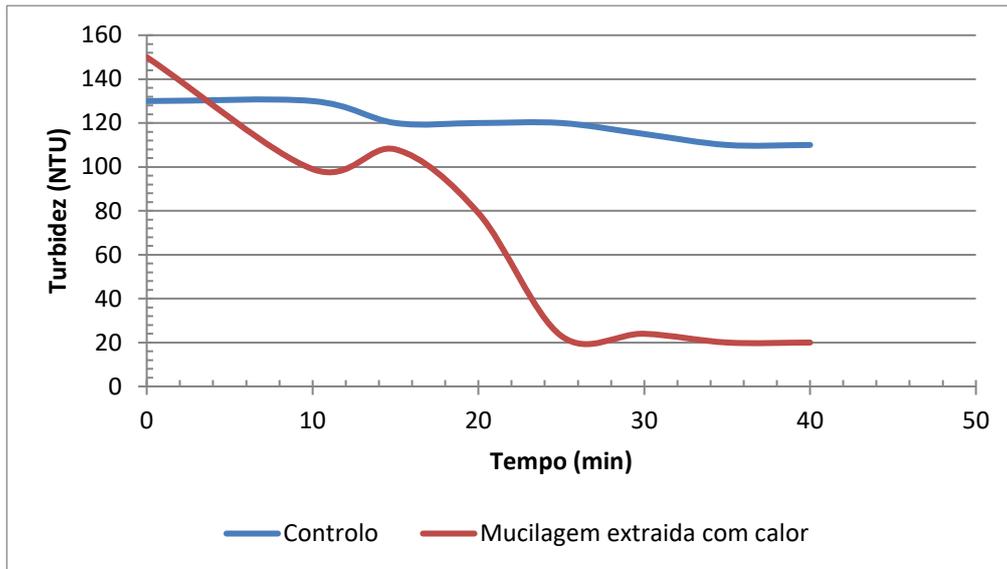


Figura 84-Gráfico de evolução da turbidez (NTU) ao longo do teste de floculação com mucilagem extraída a quente.

Nas fotos encontradas na figura 84, é possível ver que a quantidade de partículas diminuiu desde o início do teste até ao fim, e que tal como aconteceu com testes com os cladódios liofilizados moídos a mucilagem causou a floculação de partículas de dimensões mais pequenas, algo que não se verifica no caso dos cladódios cortados em fresco. Contudo e também à semelhança do que ocorreu nos testes com os cladódios liofilizados moídos, na última foto podemos observar agregados de mucilagem e argila em suspensão. É por isso possível que esta seja a razão pela qual este teste não obteve melhores resultados, visto que a mucilagem em suspensão vai interferir com as leituras da turbidez.

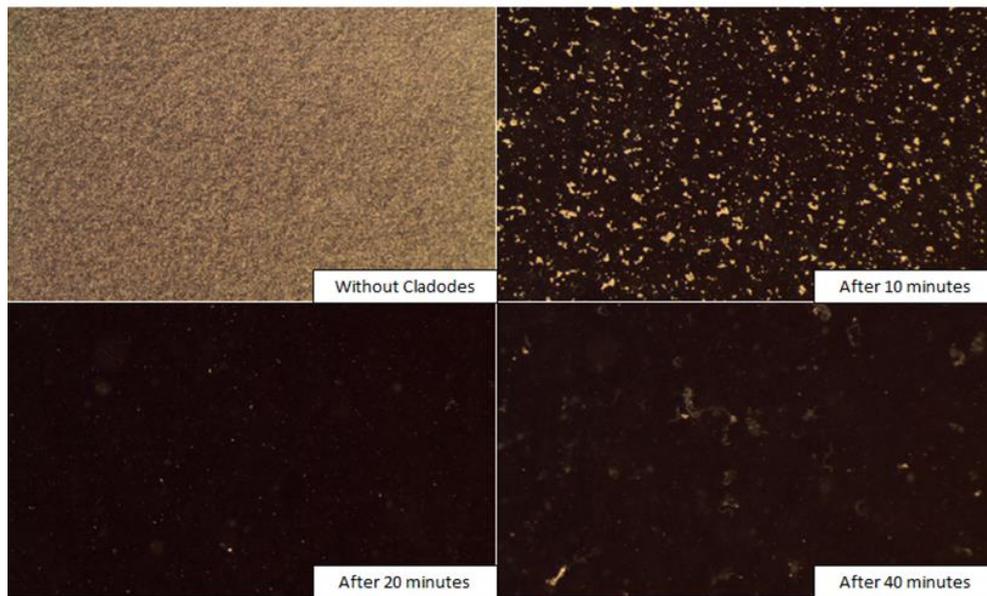


Figura 85-Evolução da quantidade de partículas ao longo do teste realizado com mucilagem extraída a quente- ampliação: 25x (Fonte: O autor).

No caso da mucilagem extraída com calor o seu armazenamento é possível tal como acontece com a mucilagem extraída a frio, porém observou-se que não é possível armazená-la durante tanto tempo porque se verificava o aparecimento de fungos na camada superficial da mucilagem, tal como pode ser observado na figura 85.



Figura 86-Mucilagem extraída com calor contaminada com fungos após armazenamento (Fonte: O autor).

Capítulo VI

Conclusões

6. Conclusões

Os frutos sofrem várias alterações físico-químicas, bioquímicas e microbianas após a colheita e ao longo do período de conservação. Nos figos-da-índia, tal como nos outros frutos não climatéricos o processo de maturação não continua após a colheita, existindo apenas a redução do período de vida útil devido ao aumento dos processos metabólicos e sendo necessário que a colheita seja realizada num estado de maturação avançado, que permita uma boa qualidade de consumo.

Estas duas variedades regionais em estudo, “vermelha” e “laranja”, apresentavam frutos com forma, valores de massa (121,01 g e 119,22 g respetivamente) e de calibre, próximos aos valores referidos para outras variedades. Já os valores de SST (12,80 °Bx) e acidez (0,03 % de ácido cítrico) apresentavam-se ligeiramente inferiores aos habitualmente indicados em bibliografia. Os valores de polifenóis totais foram próximos aos indicados para outras variedades nacionais, com 195 µg/ml a 391 µg/ml para a variedade “vermelha” e 248,85 µg/ml a 355,50 µg/ml para “laranja”. Já os valores obtidos para os antioxidantes totais, em ambas as variedades exibiam valores muito dispares o que leva a sugerir mais estudos sobre este assunto.

Os figos-da-índia da variedade “vermelha” apresentavam valores de cálcio, magnésio e potássio elevados o que lhes confere um interesse alimentar de salientar. Os outros elementos quantificados foram muito próximos aos de alguns outros frutos.

A textura dos frutos é um dos atributos que muito influi na avaliação da qualidade, não existindo até ao momento valores de referência para os frutos de *Opuntia ficus-indica*, pelo que se salientam os valores de firmeza do epicarpo obtidos com sonda cilíndrica de 2 mm de base plana, de 9,64 N para a variedade “vermelha” e 10,2 N para a “laranja”.

Nos ensaios de conservação dos frutos o comportamento dos figos-da-índia da variedade “vermelha” não correspondeu por completo ao que era descrito em outros estudos, enquanto os frutos da variedade “laranja” exibiram um comportamento próximo ao descrito. O ensaio realizado com os figos-da-índia da variedade “vermelha”, conservados a duas temperaturas diferentes, demonstrou que a melhor temperatura de conservação é a de 2 °C, com menor perda de peso, as características qualitativas dos

frutos também se mantiveram estáveis, verificou-se menos aparecimento de fungos como a *Botrytis spp.* e *Penicillium spp.*, e os “danos por frio” também não foram excessivos, ao contrário do que é descrito por vários autores para outras variedades. As avaliações da acidez titulável e da atividade antioxidante foram muito diferentes do que é habitualmente observado, pelo que se propõe nesta variedade um estudo mais detalhado para identificação de polifenóis e da sua capacidade antioxidante.

Quanto ao ensaio de conservação com recurso a diferentes embalagens, utilizando figos da variedade “laranja” foi possível concluir que a melhor embalagem para a conservação nestas condições de temperatura e humidade relativa foi a embalagem biodegradável, que melhor manteve a qualidade dos frutos. Os frutos conservados com esta embalagem exibiram menor perda de peso e menos ocorrência de contaminações por fungos. Note-se que alguns frutos apresentavam danos que não eram visíveis, mas que ao danificarem a superfície dos frutos tornaram-se porta de entrada para fungos. Sugere-se que futuramente seja testada a utilização de películas edíveis que evitem este aspeto negativo referido.

Os figos-da-índia da variedade “vermelha” quando comparados com os figos da variedade “laranja”, demonstravam maior capacidade de conservação, pois perdiam menos peso e apresentavam menor incidência de contaminação por fungos.

Os figos-da-índia são possíveis de conservar à temperatura de 2 °C, com uma humidade relativa de 90% durante 30 dias utilizando embalagem flexível biodegradável.

O mesmo aconteceu no ensaio com os figos-da-índia da variedade “vermelha”, onde mais uma vez o saco biodegradável apresentou os melhores resultados. Os figos embalados no saco biodegradável apresentavam melhor aparência que os restantes frutos conservados nas outras embalagens, caixa de cartão aberta, usada pela empresa que forneceu os figos da Índia, e caixa de PET rígida muito frequente no comércio de frutos. As caixas de cartão foram as embalagens com pior desempenho, nas quais os frutos apresentavam grandes perdas de peso, existiam mais casos de contaminações por fungos e apresentavam mais danos pelo frio que os figos embalados nas outras embalagens.

O ensaio de conservação de cladódios por sua vez demonstrou que é possível conservar cladódios à temperatura ambiente durante um longo período de tempo, sendo 85 dias um período de tempo excessivo, porque alguns cladódios já apresentavam

uma cor um pouco alterada, provavelmente pela degradação de clorofilas; por outro lado estes também mostravam acentuada perda de turgescência. Assim é aconselhável reduzir o tempo de conservação relativamente a este período de 85 dias estudado, para 55 a 70 dias, dependendo um pouco das características iniciais dos cladódios. Cladódios com maior espessura aparentam melhor capacidade de conservação. Neste ensaio testaram-se duas modalidades, sendo uma caixa aberta ao ar exterior e a outra o uso de embalagem flexível de material biodegradável, e não se verificaram diferenças entre as modalidades, à exceção dos resultados obtidos em relação a massa perdida, tendo os cladódios que se encontravam nos sacos biodegradáveis apresentado menores valores.

Os cladódios revelam ainda potencial para atuarem como floculante, no tratamento de águas, sendo que entre todas as modalidades testadas as mais eficazes foram os cladódios cortados em fresco e a mucilagem extraída a quente, com valores de turbidez de 7 NTU e 20 NTU respetivamente, decorridos 25 minutos de teste. A modalidade aplicação de cladódios frescos apresentava a facilidade de não ser necessária qualquer tipo e preparação prévia, e de se saber que a existência e produção deste material vegetal pode ser viabilizada em zonas áridas de baixos recursos onde a limpeza de águas poderá ser de grande interesse. Note-se que o uso de cladódios liofilizados em pedaços ou em pó tinha como objetivo a facilidade de transporte e armazenamento, contudo os resultados de turbidez não foram satisfatórios.

Outra forma de utilização dos cladódios é como alimento quer para humanos quer para o gado, contudo caso se utilize como alimento para o gado apenas deve ser um alimento suplementar pois tem baixos níveis de energia.

Em suma, a figueira-da-índia é uma cultura com diversas vertentes de exploração, sendo possível a sua valorização através do aproveitamento de todas as partes da planta, frutos, cladódios, sementes, flores com a apresentação de diferentes produtos. Futuros trabalhos devem ser realizados, de forma a melhor compreender as diferenças entre as duas variedades, nomeadamente os aspetos químicos, e numa perspetiva de esclarecimento sobre o comportamento observado dos antioxidantes na variedade “vermelha”. A constituição química das várias partes dos frutos é muito variável. No que respeita à presença de ácidos orgânicos o Ácido Málico foi encontrado na polpa e na casca de todas as variedades avaliadas no estudo realizado por Graça Miguel et al. (2018) enquanto os outros ácidos glutárico, succínico e pirúvico foram

encontrados apenas em algumas cultivares e nem sempre na polpa e na pele. Como tal, este tema requer uma investigação mais aprofundada, no que respeita à identificação e quantificação de compostos antioxidantes nestas variedades regionais “vermelha” e “laranja”.

É também importante aprofundar o estudo sobre o potencial dos cladódios enquanto floculante natural, nomeadamente em que circunstâncias reais poderiam ser utilizados, quais os resíduos da utilização dos cladódios na água e formas de os eliminar.

Note-se que este trabalho sobre o efeito dos cladódios na limpeza da água e as medições da turbidez da água serviu de base a uma apresentação feita no MIT, e numa sessão na Universidade de Harvard, ambas sujeitas a confidencialidade.

Outro aspeto interessante, passa pela continuação e aprofundamento do potencial dos cladódios como alimento a incluir na dieta alimentar humana, justificado pelos valores nutricionais apresentados, e pelo conhecimento de que alguns países já o fazem como alimento confeccionado de acordo com receitas culinárias antigas, mas também na nova gastronomia. Saber como deveria ser confeccionado, realizar análises sensoriais de forma a perceber qual a perceção dos consumidores sobre esses novos produtos, seriam temas a estudar.

A realização de um ensaio de conservação de sumo de figo-da-índia sujeitos a altas pressões hidrostáticas, estava previsto. Não foi realizado porque as medidas de combate à Pandemia Covid-19 impediram a deslocação ao “Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura” (CICYTEX), em Espanha, onde se realizaria o tratamento de pressão. Tinha sido realizado um ensaio prévio com resultados muito promissores, e previa-se maior duração do ensaio e avaliação sensorial, para além de dar continuidades à avaliação de cor e análises microbiológicas. Realça-se que esta utilização de altas pressões em sumo figo-da-Índia e em polpa, permite alargar a vida útil e para além do consumo direto como sumo, possibilitaria outras utilizações em produtos processados, outra vertente para valorizar a cultura.

Capítulo VII

Referências Bibliográfica

7. Referências Bibliográficas

- Abid, a, Zouhri, a, & Kholtei, a I. S. (2009). Valorisation d ' un nouveau bio flocculant (extrait de cactus) dans le traitement physico-chimique des rejets liquides chargés en cuivre , en zinc et en matière en suspension. *Revue*, 12, 321–330.
- Adel D. Al-Qurashi. (2012). Effect of pre-storage salicylic acid, calcium chloride and 2,4-dichlorophenoxyacetic acid dipping on chilling injury and quality of 'Taify' cactus pear fruit during cold storage. *African Journal of Biotechnology*, 11(24), 6501–6509. <https://doi.org/10.5897/ajb11.4158>
- Albano, C., Negro, C., Tommasi, N., Gerardi, C., Mita, G., Miceli, A., de Bellis, L., & Blando, F. (2015). Betalains, phenols and antioxidant capacity in cactus pear [Opuntia ficus-indica (L.) mill.] fruits from Apulia (South Italy) genotypes. *Antioxidants*, 4(2), 269–280. <https://doi.org/10.3390/antiox4020269>
- Alves, J. (2011). *Perspectivas de utilização da figueira-da-índia no Alentejo : caracterização de Opuntia sp . no Litoral Alentejano e na Tapada da Ajuda e estudo da instalação de um pomar*. 2–13.
- Amaral, G., Bushee, J., Cordani, U. G., KAWASHITA, K., Reynolds, J. H., ALMEIDA, F. F. M. D. E., de Almeida, F. F. M., Hasui, Y., de Brito Neves, B. B., Fuck, R. A., Oldenzaal, Z., Guida, A., Tchalenko, J. S., Peacock, D. C. P., Sanderson, D. J., Rotevatn, A., Nixon, C. W., Rotevatn, A., Sanderson, D. J., ... Junho, M. do C. B. (2013). Post-harvest Technology of Horticultural Crops. In *Journal of Petrology* (Vol. 369, Issue 1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ammar, I., Ben Salem, M., Harrabi, B., Mzid, M., Bardaa, S., Sahnoun, Z., Attia, H., & Ennouri, M. (2018). Anti-inflammatory activity and phenolic composition of prickly pear (Opuntia ficus-indica) flowers. *Industrial Crops and Products*, 112(July 2017), 313–319. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.12.028>
- Andreu-Coll, L., Cano-Lamadrid, M., Noguera-Artiaga, L., Lipan, L., Carbonell-Barrachina, Á. A., Rocamora-Montiel, B., Legua, P., Hernández, F., & López-Lluch, D. (2020). Economic estimation of cactus pear production and its feasibility in Spain. *Trends in Food Science and Technology*, 103(April), 379–385. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.003>
- AOAC. (1977). *Fiber (Acid Detergent) and Lignin (H2SO4) in Animal Feed*.
- AOAC. (1999). Method 988.05,988.06,988.97. In *Official Methods of Analysis* (pp. 13–18).
- Arowora, K. A., Williams, J. ., Adetunji, C. O., Afolayan, S. S., Olaleye, O. O., Ogundele, B. A., Fawole, O. B., & Adetunji, J. B. (2013). Effects of Aloe Vera Coatings on Quality Characteristics of Oranges Stored Under Cold Storage. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 3(1), 039–047. <https://doi.org/10.15580/gjas.2013.1.110112192>
- Artes, F., Gomez, P. A., & Artes-Hernandez, F. (2007). Physical, physiological and

- microbial deterioration of minimally fresh processed fruits and vegetables. *Food Science and Technology International*, 13(3), 177–188. <https://doi.org/10.1177/1082013207079610>
- Aruwa, C. E., Amoo, S. O., & Kudanga, T. (2018). Opuntia (Cactaceae) plant compounds, biological activities and prospects – A comprehensive review. *Food Research International*, 112(June), 328–344. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.047>
- Atta-Aly M, Brecht J.K., Huber D.J. (2000) Ethylene feedback mechanisms in tomato and strawberry fruit tissues in relation to fruit ripening and climacteric patterns. *Postharvest Biol Tech.* 20:151–162
- Athmaselvi, K. A., Kumar, C., Balasubramanian, M., & Roy, I. (2014). Thermal, Structural, and Physical Properties of Freeze Dried Tropical Fruit Powder. *Journal of Food Processing*, 2014, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2014/524705>
- Batista, A. M., Mustafa, A. F., McAllister, T., Wang, Y., Soita, H., & McKinnon, J. J. (2003). Effects of variety on chemical composition, in situ nutrient disappearance and in vitro gas production of spineless cacti. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(5), 440–445. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1393>
- Ben Hmamou, D., Salghi, R., Bazzi, L., Hammouti, B., Al-Deyab, S. S., Bammou, L., Bazzi, L., & Bouyanzer, A. (2012). Prickly pear seed oil extract: A novel green inhibitor for mild steel corrosion in 1 M HCl Solution. *International Journal of Electrochemical Science*, 7(2), 1303–1318.
- Benavides, J., Heredia, J. B., Cisneros-, L., & S, J. C. (2013). *Analytical Methods The Folin – Ciocalteu assay revisited : improvement of its specificity for total phenolic content determination.* 5, 5990–5999. <https://doi.org/10.1039/c3ay41125g>
- Berraaouan, A., Abderrahim, Z., Hassane, M., Abdelkhaleq, L., Mohammed, A., & Mohamed, B. (2015). Evaluation of protective effect of cactus pear seed oil (Opuntia ficus-indica L. MILL.) against alloxan-induced diabetes in mice. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 8(7), 532–537. <https://doi.org/10.1016/j.apjtm.2015.06.013>
- Betatache, H., Aouabed, A., Drouiche, N., & Lounici, H. (2014). Conditioning of sewage sludge by prickly pear cactus (Opuntia ficus Indica) juice. *Ecological Engineering*, 70, 465–469. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.06.031>
- Biale J.B. (1964) Growth, maturation and senescence in fruits. *Science*. 146:880–888
- Bouaouine, O., Bourven, I., Khalil, F., Bressollier, P., & Baudu, M. (2019). Identification and role of Opuntia ficus indica constituents in the flocculation mechanism of colloidal solutions. *Separation and Purification Technology*, 209(May 2018), 892–899. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.09.036>
- Boutakiout, A., Elothmani, D., Hanine, H., Mahrouz, M., Le Meurlay, D., Hmid, I., & Ennahli, S. (2018). Effects of different harvesting seasons on antioxidant activity and phenolic content of prickly pear cladode juice. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(4), 471–480. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.11.005>

- Bratby, J. (2006). Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment. In *Water* 21 (Issue AUG.). <https://doi.org/10.2166/9781780407500>
- Butera, D., Tesoriere, L., Di Gaudio, F., Bongiorno, A., Allegra, M., Pintaudi, A. M., Kohen, R., & Livrea, M. A. (2002). Antioxidant activities of sicilian prickly pear (*Opuntia ficus indica*) fruit extracts and reducing properties of its betalains: Betanin and indicaxanthin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(23), 6895–6901. <https://doi.org/10.1021/jf025696p>
- Cantwell, J. (1995). The globalisation of technology: what remains of the product cycle model? *Cambridge Journal of Economics*, 155–174. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.cje.a035301>
- Cantwell, M., Rodríguez-Felix, A., & Robles-Contreras, F. (1992). Postharvest physiology of prickly pear cactus stems. *Scientia Horticulturae*, 50(1–2), 1–9. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(05\)80003-2](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(05)80003-2)
- Cefola, M., Renna, M., & Pace, B. (2014). Marketability of ready-to-eat cactus pear as affected by temperature and modified atmosphere. *Journal of Food Science and Technology*, 51(1), 25–33. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0470-5>
- Choumane, F. Z., Benguella, B., Maachou, B., & Saadi, N. (2017). Valorisation of a bioflocculant and hydroxyapatites as coagulation-flocculation adjuvants in wastewater treatment of the steppe in the wilaya of Saida (Algeria). *Ecological Engineering*, 107, 152–159. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.07.013>
- Corrales-garcía, J., & Andrade-rodríguez, J. (1997). *Response of Six Cultivars of Tuna Fruits To Cold Storage*. 160–168.
- Cuningham, J. H., Milligan, G. and Trevisan L. (2001). *Minerals in Australian fruits and vegetables- a comparison of levels between the 1980s and 2000, Food Standards, Australia and New Zealand*. 10–16.
- Dentinho, M., Batista, J., Jorge, H., Bessa, R., & Moreira, O. (2010). *Composição Química e Valor Nutritivo de Alimentos para Animais*. INIAV. <http://www.inia.pt/gca/index.php?id=1451>
- Dias, C. R. M. (2015). *Caracterização de Forragens da ilha Terceira através da Espectroscopia NIR*.
- du Toit, A., de Wit, M., Osthoff, G., & Hugo, A. (2018). Antioxidant properties of fresh and processed cactus pear cladodes from selected *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta* cultivars. *South African Journal of Botany*, 118, 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.06.014>
- Duru, B., & Turker, N. (2005). Changes in Physical Properties and Chemical Composition of Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica*) During Maturation. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, March 2005, 22–33. <https://pdfs.semanticscholar.org/b333/c34466c2dae119786a3be3ecdb30944ebc1f.pdf>
- El-Eleryan, E. E. (2015). Effect of Chitosan and Green Tea on the quality of Washington Navel Orange During Cold Storage. *American Journal of Plant Physiology*, 10(1), 43–

- El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vamecq, J., El Kebbjaj, M. S., Latruffe, N., Lizard, G., Nasser, B., & Cherkaoui-Malki, M. (2014). Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. *Molecules*, *19*(9), 14879–14901. <https://doi.org/10.3390/molecules190914879>
- Ennouri, M., Evelyne, B., Laurence, M., & Hamadi, A. (2005). Fatty acid composition and rheological behaviour of prickly pear seed oils. *Food Chemistry*, *93*(3), 431–437. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.020>
- Feliciano, R. P., Antunes, C., Ramos, A., Serra, A. T., Figueira, M. E., Duarte, C. M. M., Carvalho, A. de, & Bronze, M. R. (2010). Characterization of traditional and exotic apple varieties from Portugal. Part 1 - Nutritional, phytochemical and sensory evaluation. *Journal of Functional Foods*, *2*(1), 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2009.12.004>
- Felker, P., Rodriguez, S. D. C., Casoliba, R. M., Filippini, R., Medina, D., & Zapata, R. (2005). Comparison of *Opuntia ficus indica* varieties of Mexican and Argentine origin for fruit yield and quality in Argentina. *Journal of Arid Environments*, *60*(3), 405–422. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.06.003>
- Garcia, S. D. S. (2014). *Boas práticas de segurança e saúde no trabalho na cultura e colheita da Opuntia ficus-indica*.
- Ginestra, G., Parker, M. L., Bennett, R. N., Robertson, J., Mandalari, G., Narbad, A., Lo Curto, R. B., Bisignano, G., Faulds, C. B., & Waldron, K. W. (2009). Anatomical, chemical, and biochemical characterization of cladodes from prickly pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *57*(21), 10323–10330. <https://doi.org/10.1021/jf9022096>
- Goldschmidt E.E., Huberman M., Goren R. (1993) Probing the role of endogenous ethylene in degreening of citrus-fruit with ethylene antagonists. *J Plant Growth Regul* *12*:325–329
- Graça Miguel, M., Gago, C., Valente, R., Guerreiro, A., Antunes, D., Manhita, A., & Barrocas-Dias, C. (2018). Qualitative evaluation of fruits from different *Opuntia ficus-indica* ecotypes/cultivars harvested in South Portugal. *Journal of Food Biochemistry*, *42*(6), 1–11. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12652>
- Gurrieri, S., Miceli, L., Maria Lanza, C., Tomaselli, F., Bonomo, R. P., & Rizzarelli, E. (2000). Chemical characterization of sicilian prickly pear (*Opuntia ficus indica*) and perspectives for the storage of its juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *48*(11), 5424–5431. <https://doi.org/10.1021/jf9907844>
- Hernández-Pérez, T., Carrillo-López, A., Guevara-Lara, F., Cruz-Hernández, A., & Paredes-López, O. (2005). Biochemical and nutritional characterization of three prickly pear species with different ripening behavior. *Plant Foods for Human Nutrition*, *60*(4), 195–200. <https://doi.org/10.1007/s11130-005-8618-y>
- Howe, E. S. (1965). Towards Understanding the Efficacy and Mechanism of *Opuntia* spp.

as a Natural Coagulant for Potential Application in Water Treatment. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 4(6), 498–509. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(65\)80049-4](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(65)80049-4)

- INIAV. (2016). *A cultura da Figueira-da-índia e a valorização agroindustrial do fruto*.
- International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV) (ed) Explanatory notes on the definition of variety. UPOV Convention, Council 44th Ordinary Session. October 21, 2010 Geneva
- Kader, A. A. (2013). Postharvest Technology of Horticultural Crops - An Overview from Farm to Fork. *Journal of Applied Sciences and Technology*, 1(1), 1–8.
- Kahramanoğlu, İ. (2020). Preserving postharvest storage quality of fresh loquat fruits by using different bio-materials. *Journal of Food Science and Technology*, 57(8), 3004–3012. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04333-5>
- Klimczak, I., Małecka, M., Szlachta, M., & Gliszczyńska-Świgło, A. (2007). Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3–4), 313–322. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.02.012>
- Li, A. N., Li, S., Zhang, Y. J., Xu, X. R., Chen, Y. M., & Li, H. Bin. (2014). Resources and biological activities of natural polyphenols. *Nutrients*, 6(12), 6020–6047. <https://doi.org/10.3390/nu6126020>
- López-Castañeda, J., Corrales-García, J., Terrazas-Salgado, T., & Colinas-León, T. (2010). Effect of vapor heat treatments on weight loss reduction and epicuticular changes in six varieties of cactus pear fruit (*Opuntia* spp.). *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 12, 37–47.
- López, A. D. (1995). Review: Use of the fruits and stems of the prickly pear cactus *Opuntia*(spp.) into human food. *Food Science and Technology International*, 1, 65–74.
- Lucas de Lucca. (2019). Avaliação do desempenho do cacto da espécie *Opuntia ficus-indica* como coagulante no tratamento de água. In *Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Federal de Santa Catarina*.
- Martínez-Romero, D., Albuquerque, N., Valverde, J. M., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D., & Serrano, M. (2006). Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: A new edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 39(1), 93–100. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.09.006>
- Martins, S. C. C. (2011). Avaliação do potencial biológico de *Opuntia ficus-indica* (Figueira da Índia). *Memberfiles.Freewebs.Com*, 1–54. <http://scholar.google.comhttps://bdigital.ufp.pt/handle/10284/2286>
- Mciteka, H. (2008). *Fermentation characteristics and nutritional value of opuntia ficus-indica var . Fusicaulis cladode silage by Hugh Mciteka Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree MAGISTER SCIENTIAE AGRICULTURAE In the Faculty of Natural and Ag. November, 113.*

- McMurchie E.J., McGlasson W.B., Eaks I.L. (1972) Treatment of fruit with propylene gives information about biogenesis of ethylene. *Nature* 237:235–236
- Morga, J. A., Bolaños, E. N. A., & Silva, E. M. (2006). Effect of controlled atmosphere on the preservation of minimally processed cactus pears. *Acta Horticulturae*, 728(2003), 211–216.
- Morgan, C. A., Herman, N., White, P. A., & Vesey, G. (2006). Preservation of micro-organisms by drying; A review. *Journal of Microbiological Methods*, 66(2), 183–193. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2006.02.017>
- Moßhammer, M. R., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2006). Cactus pear fruits (*Opuntia* spp.): A review of processing technologies and current uses. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 8(July), 1–25.
- Mulas, M., & Dessena, L. (2019). Quantitative and qualitative analysis of cladodes from new selections of *Opuntia ficus-indica*. *Acta Horticulturae*, 1247, 155–161. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1247.22>
- Nefzaoui, A., Inglese, P., & Belay, T. (2010). Improved utilization of cactus pear for food, feed, soil and water conservation and other products in Africa. In *Proceedings of International Workshop held in Mekelle, Ethiopia* (Issue 12).
- Nunes, C. N., & Emond, J.-P. (2007). Relationship between Weight Loss and Visual Quality of Fruits and Vegetables. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 120(May), 235–245. <http://www.envirotainer.com>
- Ochoa-Velasco, C. E., & Guerrero-Beltrán, J. Á. (2014). Postharvest quality of peeled prickly pear fruit treated with acetic acid and chitosan. *Postharvest Biology and Technology*, 92, 139–145. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.01.023>
- Ochoa-Velasco, C. E., & Guerrero-Beltrán, J. Á. (2016). The effects of modified atmospheres on prickly pear (*Opuntia albicarpa*) stored at different temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, 111, 314–321. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.09.028>
- Of, A., & Chemists, O. A. (1990). Preparation of Sample. In *Official Methods of Analysis* (15th ed.).
- Oliveira, E. A., Junqueira, S. F., & Mascarenhas, R. J. (2011). Caracterização físico-química e nutricional do fruto da palma (*Opuntia ficus indica* L. Mill) Cultivada No Sertão Do Sub-Médio São Francisco. *Holos*, 3, 113. <https://doi.org/10.15628/holos.2011.517>
- Palevitch, D., Earon, G., & Levin, I. (1993). Treatment of Benign Prostatic Hypertrophy with *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants* (*Echimidine Content of Commercial Comfrey Boraginaceae*), September 2014, 45–49. <https://doi.org/10.1300/J044v02n01>
- Paul, V., Pandey, R., Srivastava, G.C. (2012). The fading distinctions between classical patterns of ripening in climacteric and non-climacteric fruit and the ubiquity of ethylene—An overview. *J Food Sci Technol.* 49(1):1–21 <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0293-4>

- Park, E. H., Kahng, J. H., & Paek, E. A. (1998). Studies on the pharmacological actions of cactus: Identification of its anti-inflammatory effect. *Archives of Pharmacal Research*, 21(1), 30–34. <https://doi.org/10.1007/BF03216749>
- Pereira, E. M., Costa, F. B. da, Formiga, A. dos S., Sales, G. N. B., Albuquerque, J. R. T. de, Rocha, T. C. da, Farias, V. F. de S., & Souza, P. A. de. (2018). Physiology and Postharvest Quality of Palm Sprouts (*Opuntia ficus-indica*) Harvested at Different Times. *Journal of Experimental Agriculture International*, 26(3), 1–8. <https://doi.org/10.9734/jelai/2018/44248>
- Piga, A., D’Aquino, S., Agabbio, M., Emonti, G., & Farris, G. A. (2000). Influence of Storage Temperature on Shelf-life of Minimally Processed Cactus Pear Fruits. *LWT - Food Science and Technology*, 33(1), 15–20. <https://doi.org/10.1006/fstl.1999.0604>
- Piga, A., Del Caro, A., Pinna, I., & Agabbio, M. (2003). Changes in ascorbic acid, polyphenol content and antioxidant activity in minimally processed cactus pear fruits. *LWT - Food Science and Technology*, 36(2), 257–262. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(02\)00227-X](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(02)00227-X)
- Piga, Antonio. (2004). Cactus pear: A fruit of nutraceutical and functional importance. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 6(June), 9–22.
- Pinto, P. M. Z., & Morais, A. M. M. B. de. (2000). Boas Práticas para a Conservação de Produtos Hortofrutícolas. *AESBUB - Associação Para a Escola Superior de Biotecnologia Da Universidade Católica*, 33. http://www.esac.pt/noronha/manuais/boas_praticas_horto_spiral.pdf
- Portugal, A. dos J. A. de. (2017). *Manual Boas Práticas para Culturas Emergentes A cultura do Figo-da.índia*.
- Prado, S. de P. T., Abud, A. S., Pires, M. H., & Pansarin, E. R. (2010). Aplicação da análise microscópica na investigação de espinhos de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Figo da Índia) presentes em alimento. *Revista Do Instituto Adolfo Lutz*, 69(4), 580–583.
- Rachdi, R., Srarfi, F., & Shimi, N. S. (2017). Cactus *Opuntia* as natural flocculant for urban wastewater treatment. *Water Science and Technology*, 76(7), 1875–1883. <https://doi.org/10.2166/wst.2017.370>
- Rees, D., Farrell, G., & Orchard, J. (2012). Prickly Pear Fruit and Cladodes. In *Crop Post-Harvest: Science and Technology: Perishables* (pp. 264–285). <https://doi.org/10.1002/9781444354652>
- Retamal, N., Durán, J. M., & Fernández, J. (1987). Seasonal variations of chemical composition in prickly pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) miller). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 38(4), 303–311. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740380403>
- Rocchetti, G., Pellizzoni, M., Montesano, D., & Lucini, L. (2018). Italian *Opuntia ficus-indica* cladodes as rich source of bioactive compounds with health-promoting properties. *Foods*, 7(2). <https://doi.org/10.3390/foods7020024>
- Rodriguez-Felix, A., & Villegas-Ochoa, M. A. (1997). Quality of cactus stems (*Opuntia ficus-indica*) during low-temperature storage. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 2(1992), 142–151.

- Rodriguez-Felix, Armida. (2002). Postharvest physiology and technology of cactus pear fruits and cactus leaves. *Acta Horticulturae*, 581, 191–199. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.581.18>
- Rodriguez-Felix, Armida, & Cantwell, M. (1988). Developmental changes in composition and quality of prickly pear cactus cladodes (nopalitos). *Plant Foods for Human Nutrition*, 38(1), 83–93. <https://doi.org/10.1007/BF01092314>
- Rodríguez-Félix, A., González-Salas, M.I. (1992). Effects of postharvest treatments on the quality of tuna during storage. *Proc. 3rd Annual Texas Prickly Pear Conference. Texas Prickly Pear Council*, 9–21.
- Sapata, M. M., Ferreira, A., & Oliveira, M. M. (2018). Cladódios de figueira-da-índia para a indústria alimentar. *Vida Rural*, 30–33.
- Sausen, D. C., Brum, J. C. M., Koscheck, M. J., Cecatto, A. P., & Schmidt, C. M. (2020). Conservação de batata doce minimamente processada com o uso de antioxidantes. In *As Vicissitudes Da pesquisa e da Teoria nas Ciências Agrárias* (pp. 62–70). <https://doi.org/10.22533>
- Schirra, M., D’Hallewin, G., Inglese, P., & La Mantia, T. (1999). Epicuticular changes and storage potential of cactus pear [*Opuntia ficus-indica* Miller (L.)] fruit following gibberellic acid preharvest sprays and postharvest heat treatment. *Postharvest Biology and Technology*, 17(2), 79–88. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(99\)00043-5](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(99)00043-5)
- Schirra, Mario, Inglese, P., & La Mantia, T. (1999). Quality of cactus pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] fruit in relation to ripening time, CaCl₂ pre-harvest sprays and storage conditions. *Scientia Horticulturae*, 81(4), 425–436. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(99\)00027-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(99)00027-8)
- Segantini, D. M., Torres, L. M., Boliani, A. C., & Leonel, S. (2007). *Fenologia da figueira-da-índia em selvíria*
- Semedo, A. (2012). *Compostos bioativos de Opuntia ficus indica*. 140.
- Shetty, K., Curtis, O. F., & Levin, R. E. (1996). Specific interaction of mucoid strains of *Pseudomonas* spp. with oregano (*Origanum vulgare*) clones and the relationship to prevention of hyperhydricity in tissue culture. *Journal of Plant Physiology*, 149(5), 605–611. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(96\)80341-5](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(96)80341-5)
- Silva, M. A., Pereira, P., Vicente, F., Ramalho, R., & Costa, H. S. (2017). _ *Figo-da-Índia (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.): análise comparativa da atividade biológica da polpa e casca*. 22–25.
- Stintzing, F. C., & Carle, R. (2005). Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. *Molecular Nutrition and Food Research*, 49(2), 175–194. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200400071>
- Tucker, G.A. (1993). Introduction. In: G. Seymour, J. Talor and G. Tucker (eds.). *Biochemistry of Fruit Ripening*, pp. 1-51. Chapman & Hall, London.
- Turesson G.(1992). The genotypical response of the plant species to the habitat.

Hereditas, 211–340. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1922.tb02734.x>.

Zegbe, J. A., & Mena-Covarrubias, J. (2010). Postharvest changes in weight loss and quality of cactus pear fruit undergoing reproductive bud thinning. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 12(June), 1–11.

Zhang, J., Zhang, F., Luo, Y., & Yang, H. (2006). A preliminary study on cactus as coagulant in water treatment. *Process Biochemistry*, 41(3), 730–733. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2005.08.016>

Capítulo VIII

Anexos

8. Anexos

Anexo 1- Ensaio de conservação da variedade “vermelha”

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)
Tempo (dias)	0	45,71±2,57 a	72,81 (0,000)
	10	38,57±2,56 b	
	20	39,89±1,98 b	
	30	36,34±2,20 c	
	40	39,76±1,94 b	
Modalidade	Temperatura de 2°C	41,78±4,26	1,06 (0,306)
	Temperatura de 5°C	41,43±4,44	
Tempo (dias)*Modalidade	0	Temperatura de 2°C	0,23 (0,919)
	0	Temperatura de 5°C	
	10	Temperatura de 2°C	
	10	Temperatura de 5°C	
	20	Temperatura de 2°C	
	20	Temperatura de 5°C	
	30	Temperatura de 2°C	
	30	Temperatura de 5°C	
	40	Temperatura de 2°C	
	40	Temperatura de 5°C	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HSD, médias e desvio-padrão para a coordenada L*, letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Teste de comparações múltiplas de Tukey HSD, médias e desvio-padrão para a coordenada a*, letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)
Tempo (dias)	0	15,51±3,47 a	69,99 (0,000)
	10	6,89±2,34 b	
	20	6,75±1,97 b	
	30	7,89±2,29 b	
	40	6,38±1,77 b	
Modalidade	Temperatura de 2°C	10,73±4,94	0,72 (0,398)
	Temperatura de 5°C	10,39±5,19	
Tempo (dias)*Modalidade	0	Temperatura de 2°C	0,23 (0,922)
	0	Temperatura de 5°C	
	10	Temperatura de 2°C	
	10	Temperatura de 5°C	
	20	Temperatura de 2°C	
	20	Temperatura de 5°C	
	30	Temperatura de 2°C	
	30	Temperatura de 5°C	
	40	Temperatura de 2°C	
	40	Temperatura de 5°C	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a coordenada b*, letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)
Tempo (dias)	0	0±0 a	549,45 (0,000)
	10	1,4±0,56 b	
	20	3,04±1,33 c	
	30	3,9±1,58 d	
	40	5,57±2,11 e	
Modalidade	Temperatura de 2°C	1,23±1,41 a	401,88 (0,000)
	Temperatura de 5°C	2,66±2,85 b	
Tempo (dias)*Modalidade	0	Temperatura de 2°C	67,52 (0,000)
	0	Temperatura de 5°C	
	10	Temperatura de 2°C	
	10	Temperatura de 5°C	
	20	Temperatura de 2°C	
	20	Temperatura de 5°C	
	30	Temperatura de 2°C	
	30	Temperatura de 5°C	
	40	Temperatura de 2°C	
	40	Temperatura de 5°C	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para o Peso perdido (%), letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	9,64±1,22 a	40,50 (0,000)	
	10	6,41±1,27 b		
	20	6,96±1,51 b		
	30	6,14±0,95 b		
	40	5,61±2,78 b		
Modalidade	Temperatura de 2°C	7,41±2,5 a	6,93 (0,010)	
	Temperatura de 5°C	7,97±2,04 b		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Temperatura de 2°C	9,64±1,23 a	2,65 (0,037)
	0	Temperatura de 5°C	9,64±1,23 a	
	10	Temperatura de 2°C	6,63±1,24 bc	
	10	Temperatura de 5°C	6,18±1,32 bc	
	20	Temperatura de 2°C	6,25±1,32 bc	
	20	Temperatura de 5°C	7,66±1,41 c	
	30	Temperatura de 2°C	5,77±0,9 bc	
	30	Temperatura de 5°C	6,5±0,89 bc	
	40	Temperatura de 2°C	4,53±2,84 b	
	40	Temperatura de 5°C	6,69±2,33 bc	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a firmeza do epicarpo (N) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	4,9±0,46 a	71,58 (0,000)	
	10	3,39±0,68 b		
	20	3,52±0,69 b		
	30	2,96±0,54 b		
	40	2,21±1,12 c		
Modalidade	Temperatura de 2°C	3,83±1,26	0,14 (0,706)	
	Temperatura de 5°C	3,79±1,16		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Temperatura de 2°C	4,9±0,46	1,58 (0,184)
	0	Temperatura de 5°C	4,9±0,46	
	10	Temperatura de 2°C	3,61±0,69	
	10	Temperatura de 5°C	3,17±0,62	
	20	Temperatura de 2°C	3,38±0,8	
	20	Temperatura de 5°C	3,65±0,59	
	30	Temperatura de 2°C	3,19±0,56	
	30	Temperatura de 5°C	2,73±0,43	
	40	Temperatura de 2°C	2,01±1,35	
	40	Temperatura de 5°C	2,4±0,87	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para o gradiente (N/mm) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	1,54±0,61 a	7,39 (0,000)	
	10	1,08±0,25 b		
	20	1,15±0,34 b		
	30	0,94±0,32 b		
	40	1±0,69 b		
Modalidade	Temperatura de 2°C	1,26±0,57	0,11 (0,742)	
	Temperatura de 5°C	1,24±0,57		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Temperatura de 2°C	1,54±0,62	0,71 (0,583)
	0	Temperatura de 5°C	1,54±0,62	
	10	Temperatura de 2°C	1,15±0,3	
	10	Temperatura de 5°C	1,02±0,17	
	20	Temperatura de 2°C	0,99±0,3	
	20	Temperatura de 5°C	1,3±0,33	
	30	Temperatura de 2°C	1,05±0,29	
	30	Temperatura de 5°C	0,82±0,32	
	40	Temperatura de 2°C	1,06±0,78	
	40	Temperatura de 5°C	0,95±0,62	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a firmeza da polpa (N) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	12,74±1,15 a	31,64 (0,000)	
	10	14,93±1,2 b		
	20	15,46±0,65 b		
	30	15,64±1,14 b		
	40	15,02±1,96 b		
Modalidade	Temperatura de 2°C	14,1±1,67	1,47 (0,228)	
	Temperatura de 5°C	14,31±1,87		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Temperatura de 2°C	12,74±1,16	1,01 (0,405)
	0	Temperatura de 5°C	12,74±1,16	
	10	Temperatura de 2°C	14,46±1,33	
	10	Temperatura de 5°C	15,4±0,88	
	20	Temperatura de 2°C	15,6±0,47	
	20	Temperatura de 5°C	15,31±0,8	
	30	Temperatura de 2°C	15,21±1,5	
	30	Temperatura de 5°C	16,08±0,33	
	40	Temperatura de 2°C	15,03±1,34	
	40	Temperatura de 5°C	15±2,52	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para os sólidos solúveis totais (°Brix) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)
Tempo (dias)	0	0,03±0,03	0,41 (0,802)
	10	0,02±0,01	
	20	0,02±0,02	
	30	0,02±0,01	
	40	0,03 ±0	
Modalidade	Temperatura de 2°C	0,03±0,03	0,81 (0,376)
	Temperatura de 5°C	0,03±0,02	
Tempo (dias)*Modalidade	0	Temperatura de 2°C	0,28 (0,90)
	0	Temperatura de 5°C	
	10	Temperatura de 2°C	
	10	Temperatura de 5°C	
	20	Temperatura de 2°C	
	20	Temperatura de 5°C	
	30	Temperatura de 2°C	
	30	Temperatura de 5°C	
	40	Temperatura de 2°C	
	40	Temperatura de 5°C	

Quadro de médias e desvio-padrão para a acidez titulável (% de ácido cítrico).

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)
Tempo (dias)	0	6,82±0,13 a	18,35 (0,000)
	10	6,54±0,2 b	
	20	6,84±0,14 a	
	30	6,76±0,13 ab	
	40	7,33±0,26 c	
Modalidade	Temperatura de 2°C	6,87±0,3	1,60 (0,215)
	Temperatura de 5°C	6,82±0,24	
Tempo (dias)*Modalidade	0	Temperatura de 2°C	0,98 (0,432)
	0	Temperatura de 5°C	
	10	Temperatura de 2°C	
	10	Temperatura de 5°C	
	20	Temperatura de 2°C	
	20	Temperatura de 5°C	
	30	Temperatura de 2°C	
	30	Temperatura de 5°C	
	40	Temperatura de 2°C	
	40	Temperatura de 5°C	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HSD, médias e desvio-padrão para o pH letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	288,54±66,91 a	75,941 (0,000)	
	10	595,57±166,9 bc		
	20	553,62±152,5 b		
	30	735,11±70,67 cd		
	40	759,56±89,81 d		
Modalidade	Temperatura de 2°C	508,39±234,85 a	16,66 (0,000)	
	Temperatura de 5°C	452,28±210,1 b		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Temperatura de 2°C	288,54±68,97 a	8,70 (0,000)
	0	Temperatura de 5°C	288,54±68,97 a	
	10	Temperatura de 2°C	745,08±9,15 b	
	10	Temperatura de 5°C	446,06±49,93 c	
	20	Temperatura de 2°C	677,5±57,78 b	
	20	Temperatura de 5°C	429,72±70,89 ac	
	30	Temperatura de 2°C	794,49±0 b	
	30	Temperatura de 5°C	705,42±68,56 b	
	40	Temperatura de 2°C	723,11±88,35 b	
	40	Temperatura de 5°C	796,01±91,52 b	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para os compostos fenólicos (ug/ml) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	28,22±12,34 a	9,76 (0,000)	
	10	20,8±2,8 ab		
	20	18,44±0,03 ab		
	30	2,82±0,23 b		
	40	2,32±1,56 b		
Modalidade	Temperatura de 2°C	19,33±14,46	0,00 (0,96)	
	Temperatura de 5°C	19,22±14,41		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Temperatura de 2°C	28,22±12,72	0,01 (0,999)
	0	Temperatura de 5°C	28,22±12,72	
	10	Temperatura de 2°C	20,59±0,85	
	10	Temperatura de 5°C	20,93±3,9	
	20	Temperatura de 2°C	18,42±0	
	20	Temperatura de 5°C	18,45±0	
	30	Temperatura de 2°C	2,78±0,24	
	30	Temperatura de 5°C	2,86±0,28	
	40	Temperatura de 2°C	3,32±0,41	
	40	Temperatura de 5°C	1,65±1,76	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a atividade antioxidante (%) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Anexo 2- Ensaio de conservação de frutos da variedade “laranja” com diferentes embalagens comerciais

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	58,97 ± 2,83 a	24,97 (0,00)	
	10	56,31±5,01 b		
	20	56,77±2,57 b		
	30	51,99±3,58 c		
	40	55,02±3,28 b		
Modalidade	Caixa de Cartão	55,91±4,54 a	4,10 (0,02)	
	Caixa de Plástico	57,18±3,99 a		
	Saco Biodegradável	56,95±3,75 a		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	58,97±2,88	1,72 (0,097)
	0	Caixa de Plástico	58,97±2,88	
	0	Saco Biodegradável	58,97±2,88	
	10	Caixa de Cartão	52,88±4,83	
	10	Caixa de plástico	58,43±5,26	
	10	Saco Biodegradável	57,63±3,23	
	20	Caixa de Cartão	57,18±2,55	
	20	Caixa de Plástico	56,75±3,03	
	20	Saco Biodegradável	56,37±2,34	
	30	Caixa de Cartão	50,77±3,88	
	30	Caixa de Plástico	53,07±3,43	
	30	Saco Biodegradável	52,11±3,44	
	40	Caixa de Cartão	53,97±3,16	
	40	Caixa de Plástico	55,26±3,35	
	40	Saco Biodegradável	55,83±3,43	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a coordenada L* letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	2,94± 2,28 a	42,9975 (0,000)	
	10	10,10± 3,26 b		
	20	10,51±4,29 b		
	30	8,80±4,18 b		
	40	5,75±4,67 c		
Modalidade	Caixa de Cartão	5,78±4,30	3,00 (0,052)	
	Caixa de Plástico	6,27±4,80		
	Saco Biodegradável	6,95±5,05		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	2,94±2,41 a	2,8080 (0,0056)
	0	Caixa de Plástico	2,94±2,41 a	
	0	Saco Biodegradável	2,94±2,41 a	
	10	Caixa de Cartão	10,92±3,81 bc	
	10	Caixa de plástico	10,32±2,38 bcd	
	10	Saco Biodegradável	9,06±3,50 bcde	
	20	Caixa de Cartão	9,62±4,47 bcd	
	20	Caixa de Plástico	11,72±4,34 c	
	20	Saco Biodegradável	10,19±4,30 bcd	
	30	Caixa de Cartão	5,76±2,12 abde	
	30	Caixa de Plástico	8,60±3,84 bcde	
	30	Saco Biodegradável	12,03±3,89 c	
	40	Caixa de Cartão	5,07±3,31 ade	
	40	Caixa de Plástico	4,09±4,38 ae	
	40	Saco Biodegradável	8,10± 5,55 bcde	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a coordenada a* letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	38,55± 3,10 a	15,28 (0,000)	
	10	36,70±4,85 ab		
	20	35,46±3,61 b		
	30	36,26±3,96 ab		
	40	31,99±4,50 c		
Modalidade	Caixa de Cartão	36,29±4,14	0,39 (0,679)	
	Caixa de Plástico	36,77±4,77		
	Saco Biodegradável	36,59±4,23		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	38,55±3,14	0,72 (0,671)
	0	Caixa de Plástico	38,55±3,14	
	0	Saco Biodegradável	38,55±3,14	
	10	Caixa de Cartão	35,05±3,74	
	10	Caixa de plástico	38,22±6,73	
	10	Saco Biodegradável	36,85±3,41	
	20	Caixa de Cartão	36,44±3,21	
	20	Caixa de Plástico	35,38±3,83	
	20	Saco Biodegradável	34,58±3,92	
	30	Caixa de Cartão	35,34±3,38	
	30	Caixa de Plástico	37,19±3,74	
	30	Saco Biodegradável	36,24±4,85	
	40	Caixa de Cartão	31,81±4,67	
40	Caixa de Plástico	31,16±4,30		
40	Saco Biodegradável	33,03± 4,84		

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a coordenada b* letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	0±0a	305,03 (0,000)	
	10	2,04±0,51 b		
	20	2,98±1,09 c		
	30	4,43±1,56 d		
	40	6,30±1,85 e		
Modalidade	Caixa de Cartão	2,83±3,09 a	68,13 (0,000)	
	Caixa de Plástico	1,97±2,22 b		
	Saco Biodegradável	1,56±1,68 c		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	0±0 a	11,23 (0,000)
	0	Caixa de Plástico	0±0 a	
	0	Saco Biodegradável	0±0 a	
	10	Caixa de Cartão	2,65±0,37 bc	
	10	Caixa de plástico	1,72±0,14 b	
	10	Saco Biodegradável	1,76±0,18 b	
	20	Caixa de Cartão	4,23±0,90 d	
	20	Caixa de Plástico	2,60±0,45 bc	
	20	Saco Biodegradável	2,10± 0,12 b	
	30	Caixa de Cartão	6,37±0,27 e	
	30	Caixa de Plástico	3,48±1,10 cd	
	30	Saco Biodegradável	3,44±0,15 cd	
	40	Caixa de Cartão	8,41±1,16 f	
40	Caixa de Plástico	5,98±1,53 e		
40	Saco Biodegradável	4,69±0,37 dg		

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para o Peso perdido (%) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	10,11±1,35 a	69,79 (0,000)	
	10	8,15±1,32 bc		
	20	8,87±1,33 b		
	30	7,15±2,09 c		
	40	4,35±2,19 d		
Modalidade	Caixa de Cartão	8,56±2,44	1,09 (0,339)	
	Caixa de Plástico	8,22±2,90		
	Saco Biodegradável	8,36±2,25		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	10,11±1,37	1,25 (0,271)
	0	Caixa de Plástico	10,11±1,37	
	0	Saco Biodegradável	10,11±1,37	
	10	Caixa de Cartão	8,39±1,78	
	10	Caixa de plástico	8,04±1,17	
	10	Saco Biodegradável	8,03±1,00	
	20	Caixa de Cartão	9,23±1,18	
	20	Caixa de Plástico	9,22±1,54	
	20	Saco Biodegradável	8,13±1,03	
	30	Caixa de Cartão	7,17±2,59	
	30	Caixa de Plástico	7,09±2,41	
	30	Saco Biodegradável	7,2±1,31	
	40	Caixa de Cartão	4,93±1,71	
	40	Caixa de Plástico	3,1±2,28	
40	Saco Biodegradável	5,01±2,19		

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a firmeza do epicarpo (N) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	5,05±1,09 a	80,94 (0,000)	
	10	4,19±0,52 b		
	20	4,19±0,60 b		
	30	3,45±0,77 c		
	40	1,52±0,83 d		
Modalidade	Caixa de Cartão	4,07±1,47	0,37 (0,693)	
	Caixa de Plástico	3,99±1,57		
	Saco Biodegradável	4,1±1,40		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	5,05±1,10	0,29 (0,969)
	0	Caixa de Plástico	5,05±1,10	
	0	Saco Biodegradável	5,05±1,10	
	10	Caixa de Cartão	4,13±0,63	
	10	Caixa de plástico	4,24±0,37	
	10	Saco Biodegradável	4,2±0,57	
	20	Caixa de Cartão	4,25±0,79	
	20	Caixa de Plástico	4,22±0,40	
	20	Saco Biodegradável	4,09±0,60	
	30	Caixa de Cartão	3,57±0,66	
	30	Caixa de Plástico	3,14±0,92	
	30	Saco Biodegradável	3,63±0,69	
	40	Caixa de Cartão	1,51±0,64	
	40	Caixa de Plástico	1,32±1,11	
40	Saco Biodegradável	1,73±0,72		

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para o gradiente (N/mm) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	2,03±0,73 a	26,59 (0,000)	
	10	1,28 ±0,37 b		
	20	1,48 ±0,56 b		
	30	1,35± 0,52 b		
	40	0,74± 0,41 c		
Modalidade	Caixa de Cartão	1,57± 0,78	0,08 (0,921)	
	Caixa de Plástico	1,56± 0,76		
	Saco Biodegradável	1,54± 0,70		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	2,03 ±0,74	0,48 (0,873)
	0	Caixa de Plástico	2,03± 0,74	
	0	Saco Biodegradável	2,03± 0,74	
	10	Caixa de Cartão	1,21± 0,33	
	10	Caixa de plástico	1,49± 0,48	
	10	Saco Biodegradável	1,15± 0,15	
	20	Caixa de Cartão	1,69± 0,81	
	20	Caixa de Plástico	1,27± 0,37	
	20	Saco Biodegradável	1,47±0,35	
	30	Caixa de Cartão	1,32±0,53	
	30	Caixa de Plástico	1,39±0,66	
	30	Saco Biodegradável	1,33±0,40	
	40	Caixa de Cartão	0,75±0,51	
	40	Caixa de Plástico	0,70±0,41	
40	Saco Biodegradável	0,78±0,34		

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a firmeza da polpa (N) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	11,98±1,10 a	30,03 (0,000)	
	10	14,31±10,6 b		
	20	13,67±1,41 b		
	30	13,75±1,45 b		
	40	13,93±1,46 b		
Modalidade	Caixa de Cartão	13,45±1,64 a	7,31 (0,001)	
	Caixa de Plástico	12,8±1,43 b		
	Saco Biodegradável	13,06±1,60 ab		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	11,98±1,12	1,92 (0,059)
	0	Caixa de Plástico	11,98±1,12	
	0	Saco Biodegradável	11,98±1,12	
	10	Caixa de Cartão	14,94±0,82	
	10	Caixa de plástico	13,48±1,15	
	10	Saco Biodegradável	14,49±0,64	
	20	Caixa de Cartão	14,19±1,33	
	20	Caixa de Plástico	13,84±0,96	
	20	Saco Biodegradável	12,98±1,70	
	30	Caixa de Cartão	14,59±1,07	
	30	Caixa de Plástico	12,76±1,23	
	30	Saco Biodegradável	13,9±1,48	
	40	Caixa de Cartão	14,34±0,76	
	40	Caixa de Plástico	13,48±1,88	
40	Saco Biodegradável	13,96±1,55		

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para os sólidos solúveis totais (°Brix) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	0,03±0,01 a	3,53 (0,013)	
	10	0,03±0,01 a		
	20	0,02± 0,01 a		
	30	0,02±0,01 a		
	40	0,04±0,01 a		
Modalidade	Caixa de Cartão	0,03±0,01	1,73 (0,189)	
	Caixa de Plástico	0,02±0,01		
	Saco Biodegradável	0,03±0,01		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	0,02±0,01	0,46 (0,877)
	0	Caixa de Plástico	0,02±0,01	
	0	Saco Biodegradável	0,02±0,01	
	10	Caixa de Cartão	0,03±0,02	
	10	Caixa de plástico	0,02±0,01	
	10	Saco Biodegradável	0,03±0,02	
	20	Caixa de Cartão	0,03±0,02	
	20	Caixa de Plástico	0,02±0,01	
	20	Saco Biodegradável	0,03±0,02	
	30	Caixa de Cartão	0,03±0,01	
	30	Caixa de Plástico	0,02±0,02	
	30	Saco Biodegradável	0,02±0,01	
	40	Caixa de Cartão	0,04±0,01	
	40	Caixa de Plástico	0,04±0,01	
	40	Saco Biodegradável	0,04± 0,00	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a acidez titulável (% de ácido cítrico) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	6,83±0,20 ab	9,74 (0,000)	
	10	6,70±0,27 bc		
	20	7,03±0,17 a		
	30	6,97±0,17 a		
	40	6,51±0,34 c		
Modalidade	Caixa de Cartão	6,83±0,29	3,10 (0,055)	
	Caixa de Plástico	6,87±0,16		
	Saco Biodegradável	6,75±0,32		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	6,83±0,20 abc	2,72 (0,015)
	0	Caixa de Plástico	6,83±0,20 abc	
	0	Saco Biodegradável	6,83±0,20 abc	
	10	Caixa de Cartão	6,88±0,28 abcd	
	10	Caixa de plástico	6,80±0,11 abcd	
	10	Saco Biodegradável	6,41±0,09 ad	
	20	Caixa de Cartão	7,05±0,26 c	
	20	Caixa de Plástico	6,97±0,08 bc	
	20	Saco Biodegradável	7,07± 0,18 c	
	30	Caixa de Cartão	7,02±0,01 c	
	30	Caixa de Plástico	6,99±0,12 bc	
	30	Saco Biodegradável	6,92±0,27 abc	
	40	Caixa de Cartão	6,27±0,08 d	
	40	Caixa de Plástico	6,87±0,04 abcd	
	40	Saco Biodegradável	6,21±0 abd	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para o pH letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	266,04±52,37 a	73,99 (0,000)	
	10	418,25±56,88 b		
	20	508,10±174,42 b		
	30	711,72±181,42 c		
	40	702,71±186,04 c		
Modalidade	Caixa de Cartão	426,44±229,92 ab	6,27 (0,004)	
	Caixa de Plástico	408,71±189,32 a		
	Saco Biodegradável	472,38±229,66 b		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	266,04±54,51 a	8,14 (0,000)
	0	Caixa de Plástico	266,04±54,51 a	
	0	Saco Biodegradável	266,04±54,51 a	
	10	Caixa de Cartão	393,99±46,32 ab	
	10	Caixa de plástico	395,89±42,53 ab	
	10	Saco Biodegradável	464,85±64,01 b	
	20	Caixa de Cartão	393,21±14,91 ab	
	20	Caixa de Plástico	406,39±34,40 ab	
	20	Saco Biodegradável	724,70±120,81 cd	
	30	Caixa de Cartão	791,63±61,80 cd	
	30	Caixa de Plástico	549,77±223,20 bc	
	30	Saco Biodegradável	820,41±4,88 d	
	40	Caixa de Cartão	881,60±10,31 d	
40	Caixa de Plástico	710,81±187,43 cd		
40	Saco Biodegradável	511,65±9,84 bc		

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para os compostos fenólicos (ug/ml) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	21,76±17,17 a	27,89 (0,000)	
	10	42,63±4,99 b		
	20	48,46±2,70 b		
	30	72,07±4,14 c		
	40	52,45±14,13 c		
Modalidade	Caixa de Cartão	35,28±20,79	1,20 (0,309)	
	Caixa de Plástico	41,46±22,65		
	Saco Biodegradável	40,49±22,63		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	21,76±17,87	0,69 (0,698)
	0	Caixa de Plástico	21,76±17,87	
	0	Saco Biodegradável	21,76±17,87	
	10	Caixa de Cartão	39,16±7,56	
	10	Caixa de plástico	44,36±1,74	
	10	Saco Biodegradável	44,37±3,54	
	20	Caixa de Cartão	48,33±4,67	
	20	Caixa de Plástico	47,76±0,94	
	20	Saco Biodegradável	49,28±2,18	
	30	Caixa de Cartão	73,03±1,37	
	30	Caixa de Plástico	70,68±7,29	
	30	Saco Biodegradável	72,82±1,06	
	40	Caixa de Cartão	33,02±1,36	
40	Caixa de Plástico	62,15±7,42		
40	Saco Biodegradável	57,33±0,78		

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a atividade antioxidante (%) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Anexo 3- Ensaio de conservação de frutos da variedade “vermelha” com diferentes embalagens comerciais

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	45,71±2,56 a	132,75 (0,000)	
	10	39,02±2,48 b		
	20	39,3±1,7 b		
	30	34,98±2,42 c		
	40	39,78±2 b		
Modalidade	Caixa de Cartão	41,26±4,78	2,11 (0,000)	
	Caixa de Plástico	41,13±4,75		
	Saco Biodegradável	41,78±4,26		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	45,71±2,59	1,07 (0,000)
	0	Caixa de Plástico	45,71±2,59	
	0	Saco Biodegradável	45,71±2,59	
	10	Caixa de Cartão	39,67±2,81	
	10	Caixa de plástico	38,68±1,38	
	10	Saco Biodegradável	38,71±3,08	
	20	Caixa de Cartão	38,92±1,56	
	20	Caixa de Plástico	39±1,51	
	20	Saco Biodegradável	39,98±1,98	
	30	Caixa de Cartão	34,02±1,85	
	30	Caixa de Plástico	34,1±1,82	
	30	Saco Biodegradável	36,84±2,55	
	40	Caixa de Cartão	39,56±2,08	
	40	Caixa de Plástico	39,54±2,31	
	40	Saco Biodegradável	40,24±1,71	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a coordenada L* letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	18,96±3,62 a	80,11 (0,00)	
	10	31,57±4,13 bc		
	20	29,14±5,43 cd		
	30	32,8±5,03 c		
	40	27,15±4,78 d		
Modalidade	Caixa de Cartão	25,81±6,99	0,87 (0,420)	
	Caixa de Plástico	25,55±7,34		
	Saco Biodegradável	25±7,49		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	18,93±3,67	0,80 (0,604)
	0	Caixa de Plástico	18,93±3,67	
	0	Saco Biodegradável	18,93±3,67	
	10	Caixa de Cartão	31,16±3,16	
	10	Caixa de plástico	31,35±5,06	
	10	Saco Biodegradável	32,19±4,39	
	20	Caixa de Cartão	30,48±4,43	
	20	Caixa de Plástico	30,42±4,39	
	20	Saco Biodegradável	26,51±6,74	
	30	Caixa de Cartão	32,51±4,37	
	30	Caixa de Plástico	33,05±4,88	
	30	Saco Biodegradável	32,84±6,25	
	40	Caixa de Cartão	28,98±3,01	
	40	Caixa de Plástico	26,5±5,33	
	40	Saco Biodegradável	25,99±5,56	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a coordenada a* letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	15,51±3,46 a	123,25 (0,000)	
	10	7,38±2,13 b		
	20	6,63±1,24 b		
	30	6,88±2,13 b		
	40	6,03±1,61 b		
Modalidade	Caixa de Cartão	10,14±5,28	1,22 (0,297)	
	Caixa de Plástico	10,38±5,1		
	Saco Biodegradável	10,73±4,94		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	15,51±3,5	0,57 (0,0804)
	0	Caixa de Plástico	15,51±3,5	
	0	Saco Biodegradável	15,51±3,5	
	10	Caixa de Cartão	7,52±1,73	
	10	Caixa de plástico	7,14±2,17	
	10	Saco Biodegradável	7,46±2,65	
	20	Caixa de Cartão	6,67±1,31	
	20	Caixa de Plástico	6,61±1,42	
	20	Saco Biodegradável	6,63±1,14	
	30	Caixa de Cartão	5,61±1,44	
	30	Caixa de Plástico	6,76±1,3	
	30	Saco Biodegradável	8,27±2,64	
	40	Caixa de Cartão	5,21±1,26	
40	Caixa de Plástico	6,14±1,73		
40	Saco Biodegradável	6,73±1,59		

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a coordenada b* letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	0±0 a	2614,93 (0,000)	
	10	1,06±0,26 b		
	20	1,98±0,38 c		
	30	2,76±0,49 d		
	40	4,22±0,51 e		
Modalidade	Caixa de Cartão	1,47±1,71 b	137,28 (0,000)	
	Caixa de Plástico	1±1,47 a		
	Saco Biodegradável	1±1,4 a		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	1,24±0 a	24,02 (0,000)
	0	Caixa de Plástico	0±0 a	
	0	Saco Biodegradável	0±0 a	
	10	Caixa de Cartão	1,34±0,22 b	
	10	Caixa de plástico	0,92±0,2 c	
	10	Saco Biodegradável	0,94±0,14 c	
	20	Caixa de Cartão	2,41±0,07 e	
	20	Caixa de Plástico	1,81±0,11 d	
	20	Saco Biodegradável	1,56±0,15 bd	
	30	Caixa de Cartão	3,53±0,31 f	
	30	Caixa de Plástico	2,6±0,13 e	
	30	Saco Biodegradável	2,5±0,2 e	
	40	Caixa de Cartão	4,78±0,18 g	
40	Caixa de Plástico	4,44±0,01 g		
40	Saco Biodegradável	3,71±0,14 f		

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para o Peso perdido (%) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	9,65±1,21 a	80,25 (0,00)	
	10	6,43±1,17 b		
	20	6,15±1,68 bc		
	30	5,06±1,76 cd		
	40	4,42±2,55 d		
Modalidade	Caixa de Cartão	7,32±2,57	1,57 (0,211)	
	Caixa de Plástico	7,02±2,94		
	Saco Biodegradável	7,41±2,50		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	9,64±1,23	0,83 (0,578)
	0	Caixa de Plástico	9,64±1,23	
	0	Saco Biodegradável	9,64±1,23	
	10	Caixa de Cartão	6,48±0,59	
	10	Caixa de plástico	6,18±1,56	
	10	Saco Biodegradável	6,63±1,24	
	20	Caixa de Cartão	6,99±1,76	
	20	Caixa de Plástico	5,22±1,59	
	20	Saco Biodegradável	6,25±1,32	
	30	Caixa de Cartão	4,58±2,15	
	30	Caixa de Plástico	4,84±1,92	
	30	Saco Biodegradável	5,77±0,90	
	40	Caixa de Cartão	4,49±1,20	
40	Caixa de Plástico	4,24±3,41		
40	Saco Biodegradável	4,53±2,84		

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a firmeza do epicarpo (N) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	4,9±0,45 a	128,54 (0,000)	
	10	3,5±0,55 b		
	20	3,25±0,78 b		
	30	2,72±0,88 c		
	40	1,72±1,05 d		
Modalidade	Caixa de Cartão	3,65±1,32 a	3,72 (0,026)	
	Caixa de Plástico	3,56±1,48 a		
	Saco Biodegradável	3,83±1,26 a		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	4,9±0,46	0,77 (0,631)
	0	Caixa de Plástico	4,9±0,46	
	0	Saco Biodegradável	4,9±0,46	
	10	Caixa de Cartão	3,48±0,36	
	10	Caixa de plástico	3,41±0,61	
	10	Saco Biodegradável	3,61±0,69	
	20	Caixa de Cartão	3,36±0,69	
	20	Caixa de Plástico	3±0,88	
	20	Saco Biodegradável	3,38±0,8	
	30	Caixa de Cartão	2,59±0,76	
	30	Caixa de Plástico	2,39±1,11	
	30	Saco Biodegradável	3,19±0,56	
	40	Caixa de Cartão	1,6±0,52	
40	Caixa de Plástico	1,55±1,17		
40	Saco Biodegradável	2,01±1,35		

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para o gradiente (N/mm) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	1,54±0,61 a	16,52 (0,000)	
	10	1,1±0,31 b		
	20	1,05±0,35 b		
	30	1±0,3 b		
	40	0,75±0,37 b		
Modalidade	Caixa de Cartão	1,19±0,56	0,13 (0,875)	
	Caixa de Plástico	1,22±0,57		
	Saco Biodegradável	1,25±0,53		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	1,54±0,62	0,12 (0,999)
	0	Caixa de Plástico	1,54±0,62	
	0	Saco Biodegradável	1,54±0,62	
	10	Caixa de Cartão	1,02±0,25	
	10	Caixa de plástico	1,14±0,39	
	10	Saco Biodegradável	1,15±0,3	
	20	Caixa de Cartão	1,05±0,29	
	20	Caixa de Plástico	1±0,48	
	20	Saco Biodegradável	1,09±0,3	
	30	Caixa de Cartão	0,94±0,33	
	30	Caixa de Plástico	1,02±0,3	
	30	Saco Biodegradável	1,05±0,29	
	40	Caixa de Cartão	0,77±0,44	
	40	Caixa de Plástico	0,69±0,36	
	40	Saco Biodegradável	0,82±0,33	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a firmeza da polpa (N) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	12,8±1,13 a	35,51 (0,000)	
	10	14,59±1,38 b		
	20	14,95±0,87 b		
	30	14,85±0,8 b		
	40	14,83±1,3 b		
Modalidade	Caixa de Cartão	14,05±1,56	0,47 (0,628)	
	Caixa de Plástico	13,96±1,47		
	Saco Biodegradável	13,89±1,46		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	12,8±1,15	0,73 (0,664)
	0	Caixa de Plástico	12,8±1,15	
	0	Saco Biodegradável	12,8±1,15	
	10	Caixa de Cartão	15,17±0,79	
	10	Caixa de plástico	14,13±1,82	
	10	Saco Biodegradável	14,47±1,28	
	20	Caixa de Cartão	14,69±1,35	
	20	Caixa de Plástico	15,22±0,46	
	20	Saco Biodegradável	14,94±0,51	
	30	Caixa de Cartão	15,09±0,6	
	30	Caixa de Plástico	14,97±0,28	
	30	Saco Biodegradável	14,48±1,18	
	40	Caixa de Cartão	14,83±1,71	
	40	Caixa de Plástico	14,83±0,78	
	40	Saco Biodegradável	14,82±1,4	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para os sólidos solúveis totais (°Brix) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	0,03±0,03	1,07 (0,384)	
	10	0,02±0,01		
	20	0,02±0,01		
	30	0,02±0,01		
	40	0,03±0		
Modalidade	Caixa de Cartão	0,03±0,02	0,05 (0,953)	
	Caixa de Plástico	0,03±0,03		
	Saco Biodegradável	0,03±0,02		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	0,03±0,03	0,07 (1)
	0	Caixa de Plástico	0,03±0,03	
	0	Saco Biodegradável	0,03±0,03	
	10	Caixa de Cartão	0,03±0,02	
	10	Caixa de plástico	0,02±0,01	
	10	Saco Biodegradável	0,02±0,01	
	20	Caixa de Cartão	0,02±0,02	
	20	Caixa de Plástico	0,02±0,02	
	20	Saco Biodegradável	0,02±0,02	
	30	Caixa de Cartão	0,02±0,02	
	30	Caixa de Plástico	0,02±0,01	
	30	Saco Biodegradável	0,02±0,02	
	40	Caixa de Cartão	0,03±0	
	40	Caixa de Plástico	0,03±0	
40	Saco Biodegradável	0,03±0		

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a acidez titulável (% de ácido cítrico) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	6,82±0,13 ab	16,30 (0,000)	
	10	6,65±0,17 a		
	20	6,92±0,12 b		
	30	6,8±0,23 ab		
	40	7,31±0,33 c		
Modalidade	Caixa de Cartão	6,91±0,25 a	4,57 (0,015)	
	Caixa de Plástico	6,81±0,19 a		
	Saco Biodegradável	6,87±0,3 a		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	6,82±0,14 a	2,93 (0,010)
	0	Caixa de Plástico	6,82±0,14 a	
	0	Saco Biodegradável	6,82±0,14 a	
	10	Caixa de Cartão	6,75±0,19 a	
	10	Caixa de plástico	6,67±0,21 a	
	10	Saco Biodegradável	6,54±0,1 a	
	20	Caixa de Cartão	6,92±0,14 a	
	20	Caixa de Plástico	6,95±0,14 a	
	20	Saco Biodegradável	6,9±0,15 a	
	30	Caixa de Cartão	6,92±0,14 a	
	30	Caixa de Plástico	6,76±0,38 a	
	30	Saco Biodegradável	6,75±0,16 a	
	40	Caixa de Cartão	7,52±0,05 b	
	40	Caixa de Plástico	6,86±0,047 a	
40	Saco Biodegradável	7,47±0,18 b		

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para o pH letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	288,54±66,27 a	30,38 (0,000)	
	10	561,36±189,32 b		
	20	635,72±135,77 b		
	30	654,16±215,21 b		
	40	674,71±149,29 b		
Modalidade	Caixa de Cartão	388,26±146,7 a	11,35 (0,000)	
	Caixa de Plástico	482,26±229,85 b		
	Saco Biodegradável	511,33±228,03 b		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	288,54±68,97 a	2,545 (0,027)
	0	Caixa de Plástico	288,54±68,97 a	
	0	Saco Biodegradável	288,54±68,97 a	
	10	Caixa de Cartão	394,64±49,08 ab	
	10	Caixa de plástico	544,37±219,37 abcd	
	10	Saco Biodegradável	745,08±9,15 cd	
	20	Caixa de Cartão	564,75±170,75 bcd	
	20	Caixa de Plástico	622,78±138,67 bcd	
	20	Saco Biodegradável	716,92±83,59 bcd	
	30	Caixa de Cartão	416,86±202,5 abc	
	30	Caixa de Plástico	631,39±234,96 bcd	
	30	Saco Biodegradável	684,25±155,89 bcd	
	40	Caixa de Cartão	519,83±74,62 abcd	
	40	Caixa de Plástico	826,4±92,27 d	
40	Saco Biodegradável	677,89±57,8 bcd		

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para os compostos fenólicos ($\mu\text{g/ml}$) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Média ± Desvio padrão	F(p)	
Tempo (dias)	0	28,22±12,23 a	9,70 (0,000)	
	10	24,65±12,66 a		
	20	19,06±5,26 ab		
	30	9,57±7,45 b		
	40	3,34±0,49 b		
Modalidade	Caixa de Cartão	25,01±13,73	2,07 (0,140)	
	Caixa de Plástico	19,88±13,72		
	Saco Biodegradável	19,39±14,39		
Tempo (dias)*Modalidade	0	Caixa de Cartão	28,22±12,72	0,81 (0,597)
	0	Caixa de Plástico	28,22±12,72	
	0	Saco Biodegradável	28,22±12,72	
	10	Caixa de Cartão	37,71±9	
	10	Caixa de plástico	21,13±7,68	
	10	Saco Biodegradável	15,11±9,5	
	20	Caixa de Cartão	24,62±0	
	20	Caixa de Plástico	14,15±0	
	20	Saco Biodegradável	18,42±0	
	30	Caixa de Cartão	16,93±6,09	
	30	Caixa de Plástico	6,83±4,08	
	30	Saco Biodegradável	2,64±0,03	
	40	Caixa de Cartão	3,8±0,26	
	40	Caixa de Plástico	2,9±0,39	
40	Saco Biodegradável	3,32±0,41		

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a atividade antioxidante (%) letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Anexo 4- Ensaio de conservação dos cladódios

Parâmetros		Media ± Desvio Padrão	F(p)
Tempo (dias)	0	49,31±3,3 ab	3,93 (0,002)
	10	46,78±1,84 a	
	25	48,72±3,15 a	
	40	50,4±2,65 ab	
	55	50,13±4,73 ab	
	70	49,83±4 ab	
Modalidade	Saco Biodegradável	50,07±3,8	0,83 (0,365)
	Caixa aberta	49,41±3,57	
Tempo (dias)*Modalidade	0 Saco Biodegradável	47,8±3,74	1,60 (0,159)
	0 Caixa aberta	50,8±2,09	
	10 Saco Biodegradável	45,86±1,12	
	10 Caixa aberta	47,71±2,04	
	25 Saco Biodegradável	50,62±2,86	
	25 Caixa aberta	46,82±2,23	
	40 Saco Biodegradável	51,35±1,54	
	40 Caixa aberta	49,46±3,3	
	55 Saco Biodegradável	51,35±3,59	
	55 Caixa aberta	48,91±5,73	
	70 Saco Biodegradável	50,08±4,38	
	70 Caixa aberta	49,59±3,98	
	85 Saco Biodegradável	53,42±3,88	
	85 Caixa aberta	52,58±2,24	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a coordenada L*, letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Media ± Desvio Padrão	F(p)
Tempo (dias)	0	-11,1±1,53 ab	3,28 (0,007)
	10	-11,84±1,13 b	
	25	-10,57±1,43 ab	
	40	-11,32±1,47 ab	
	55	-10,18±1,01 a	
	70	-10,86±1,67 ab	
Modalidade	Saco Biodegradável	-10,53±1,54	3,95 (0,051)
	Caixa aberta	-11,1±1,43	
Tempo (dias)*Modalidade	0 Saco Biodegradável	-10,25±1,76 ab	2,86 (0,015)
	0 Caixa aberta	-11,95±0,54 ab	
	10 Saco Biodegradável	-11,32±1,17 ab	
	10 Caixa aberta	-12,36±0,89 a	
	25 Saco Biodegradável	-11,07±1,57 ab	
	25 Caixa aberta	-10,06±1,2 ab	
	40 Saco Biodegradável	-11,75±1,65 ab	
	40 Caixa aberta	-10,9±1,27 ab	
	55 Saco Biodegradável	-9,59±0,88 b	
	55 Caixa aberta	-10,78±0,78 ab	
	70 Saco Biodegradável	-9,77±1,47 ab	
	70 Caixa aberta	-11,94±1,08 ab	
	85 Saco Biodegradável	-9,99±1,34 ab	
	85 Caixa aberta	-9,71±1,84 b	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a coordenada a*, letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Media ± Desvio Padrão	F(p)
Tempo (dias)	0	15,75±3,05 a	2,39 (0,037)
	10	17,53±2,64 ab	
	25	16,01±2,96 ab	
	40	16,84±3,93 ab	
	55	15,58±2,34 a	
	70	17,08±4,44 ab	
	85	20,6±6,51 b	
Modalidade	Saco Biodegradável	16,97±5,21	0,04 (0,835)
	Caixa aberta	17,14±2,64	
Tempo (dias)*Modalidade	0 Saco Biodegradável	14,05±3,37	1,62 (0,155)
	0 Caixa aberta	17,45±1,48	
	10 Saco Biodegradável	15,88±2,1	
	10 Caixa aberta	19,19±2,1	
	25 Saco Biodegradável	16,92±3,46	
	25 Caixa aberta	15,09±2,3	
	40 Saco Biodegradável	17,56±5,11	
	40 Caixa aberta	16,12±2,58	
	55 Saco Biodegradável	14,63±1,92	
	55 Caixa aberta	16,53±2,49	
	70 Saco Biodegradável	17,07±5,95	
	70 Caixa aberta	17,1±2,81	
	85 Saco Biodegradável	22,66±8,52	
	85 Caixa aberta	18,54±3,23	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a coordenada b*, letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Media ± Desvio Padrão	F(p)
Tempo (dias)	0	17,73±2,65 a	2,48 (0,031)
	10	23,41±2,97 b	
	25	22,69±5,15 ab	
	40	21,42±3,98 ab	
	55	21,84±5,58 ab	
	70	19,67±4,36 ab	
	85	20,87±3,86 ab	
Modalidade	Saco Biodegradável	21,12±4,27	0,01 (0,931)
	Caixa aberta	21±4,64	
Tempo (dias)*Modalidade	0 Saco Biodegradável	16,62±2,69	1,11 (0,367)
	0 Caixa aberta	18,85±2,29	
	10 Saco Biodegradável	22,11±2,64	
	10 Caixa aberta	24,96±2,79	
	25 Saco Biodegradável	21,93±2,81	
	25 Caixa aberta	23,45±7	
	40 Saco Biodegradável	23,73±2,97	
	40 Caixa aberta	19,5±3,85	
	55 Saco Biodegradável	22,74±6,06	
	55 Caixa aberta	20,94±5,47	
	70 Saco Biodegradável	19,19±5,74	
	70 Caixa aberta	20,16±2,87	
	85 Saco Biodegradável	21,93±2,32	
	85 Caixa aberta	19,82±4,98	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a Firmeza (N), letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Media ± Desvio Padrão	F(p)
Tempo (dias)	0	0±0 a	169,34 (0,000)
	10	1,46±0,32 ab	
	25	29,4±5,3 d	
	40	28,99±3,13 d	
	55	4,56±0,48 bc	
	70	7,58±2,91 c	
	85	5,75±0,7 bc	
Modalidade	Saco Biodegradável	8,8±10,1 a	6,28 (0,026)
	Caixa aberta	11,97±13,38 b	
Tempo (dias)*Modalidade	0 Saco Biodegradável	0±0 a	3,37 (0,031)
	0 Caixa aberta	0±0 a	
	10 Saco Biodegradável	1,74±0,04 ab	
	10 Caixa aberta	1,19±0,03 ab	
	25 Saco Biodegradável	24,82±0,14 c	
	25 Caixa aberta	33,98±0,59 cd	
	40 Saco Biodegradável	28,34±0 cd	
	40 Caixa aberta	29,32±4,35 cd	
	55 Saco Biodegradável	4,35±0,38 ab	
	55 Caixa aberta	4,77±0,61 ab	
	70 Saco Biodegradável	6,64±1,18 ab	
	70 Caixa aberta	8,51±4,54 b	
	85 Saco Biodegradável	5,46±0,6 ab	
	85 Caixa aberta	6,04±0,88 ab	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para o peso perdido (%), letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Media ± Desvio Padrão	F(p)
Tempo (dias)	0	685±176,55 a	20,53 (0,000)
	10	764,89±348,72 ab	
	25	1502,39±368,99 bc	
	40	2564,57±93,85 d	
	55	2091,32±714,76 cd	
	70	2030,06±249,4 cd	
	85	2640,05±272,4 d	
Modalidade	Saco Biodegradável	1603,47±859,98	1,04 (0,334)
	Caixa aberta	1629,06±779,87	
Tempo (dias)*Modalidade	0 Saco Biodegradável	673,77±266,13	1,36 (0,325)
	0 Caixa aberta	696,23±148,94	
	10 Saco Biodegradável	680,45±93,72	
	10 Caixa aberta	849,34572,28	
	25 Saco Biodegradável	1283,72113,74	
	25 Caixa aberta	1721,05±451,97	
	40 Saco Biodegradável	2630,93±0	
	40 Caixa aberta	2498,21±0	
	55 Saco Biodegradável	1585,9±0	
	55 Caixa aberta	2596,73±0	
	70 Saco Biodegradável	2109,63±290,92	
	70 Caixa aberta	1950,48±276,84	
	85 Saco Biodegradável	2764,85±234,43	
	85 Caixa aberta	2390,45±0	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para os compostos fenólicos (µg/ml), letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Parâmetros		Media ± Desvio Padrão	F(p)
Tempo (dias)	0	6,54±4,06 a	56,83 (0,000)
	10	3,95±2,16 a	
	25	16,92±12,52 a	
	40	14,16±5,38 a	
	55	48,1±4,19 b	
	70	32,22±9,89 c	
	85	38,2 ±2,9 bc	
Modalidade	Saco Biodegradável	25,02±18,02	1,43 (0,260)
	Caixa aberta	20,8±17,42	
Tempo (dias)*Modalidade	0 Saco Biodegradável	8,34±2,62 abc	3,32 (0,046)
	0 Caixa aberta	4,73±5,44 ac	
	10 Saco Biodegradável	5,42±2,29 ac	
	10 Caixa aberta	2,48±0,16 a	
	25 Saco Biodegradável	8,07±0 abc	
	25 Caixa aberta	25,78±0 bcdeg	
	40 Saco Biodegradável	16,55±4,85 abce	
	40 Caixa aberta	9,36±0 g	
	55 Saco Biodegradável	50,65±2,98 dfg	
	55 Caixa aberta	45,55±4,23 abc	
	70 Saco Biodegradável	39,57±1,8 fg	
	70 Caixa aberta	24,87±8,62 bde	
	85 Saco Biodegradável	38,09±4,1 dfg	
	85 Caixa aberta	38,43±0 defg	

Teste de comparações múltiplas de Tukey HDS, médias e desvio-padrão para a atividade antioxidante (%), letras distintas indicam diferenças segundo o teste de Tukey HSD para um nível de significância de 0.05.

Anexo 5- Abstract submetido para o V Encontro de Estudantes de Doutoramento em Ambiente e Agricultura

Increasing shelf life of *Opuntia ficus-indica* L. fruits using different packaging materials

Sofia Trindade¹, Maria Inês Rouxinol² & Ana Cristina Agulheiro-Santos³

- 1) Mestrado de Engenharia Agronómica, Universidade de Évora
- 2) MED – Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento, Doutoramento em Bioquímica, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94, 7006-554 Évora, Portugal
- 3) MED – Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento, Departamento de Fitotecnia, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94, 7002-554 Évora, Portugal.

Email: m41741@alunos.uevora.pt

The concern over climate change, the necessity of natural products and health-promoting foods, gave relevance to the *Opuntia ficus indica*, prickly pear cactus, as an effective food product. This crop requires very low levels of water and is adaptable to poor soils so the economic viability of this culture could play an important role in depressed areas. The prickly pear is a nonclimateric fruit and highly perishable; usually there is a loss of about 70% in the twenty days following the harvest, so it's important to extend their shelf life. Nowadays consumers look for environmentally friendly products and packaging; according to a survey done by a consumer association DECO, 46% of Portuguese consumers prefer biodegradable plastic. The objective of this study was to evaluate the evolution of the prickly pears for a large period of time, using different packaging materials and simultaneously assess their behaviour using a biodegradable packaging. The fruits used were of the regional "orange" variety, produced by "PepeAromas"© in Alentejo region, and they were stored at 2° C, 90% R.H. using three different types of packaging materials, the commercially used cardboard box with an opening on the top, a rigid PET (Polyethylene Terephthalate) box that is normally used in the storage and sale of small fruits and a biodegradable plastic flexible bag from SILVEX®. This trial had the duration of forty days, and every ten days, three packages of each type were taken out of the cold chamber and the fruit quality was evaluated through several tests. The prickly pear juice was also frozen for later analyses on phenolic content and antioxidant activity. Overall, this study showed that the "orange" variety prickly pear fruits can be stored at 2°C for the maximum period of thirty days and the biodegradable plastic bag is the best, maintaining the fruit quality throughout that period of time. The fruits stored into the cardboard box exhibited the worst behaviour, showing great weight loss, more cases of fruit contamination by fungus such as *Botrytis spp.* and *Penicillium Spp.* and the fruits displayed worse appearance than those maintained in the biodegradable bag.

Anexo 6- Artigo a aguardar publicação na revista JEE-Journal of Ecological Engineering

Evaluation of the Potential of *Opuntia Ficus-Indica* Cladodes as a Natural Flocculant for Wastewater Treatment through Simple Procedures

Sofia Trindade¹⁾, Maria Inês Rouxinol ²⁾, João Nabais ³⁾ & Ana Cristina Agulheiro-Santos ⁴⁾

1) Master student, University of Évora.

2) PhD student, MED – Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development & University of Évora.

3) Professor, Department of Chemistry, University of Évora.

4) Professor, Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development & University of Évora.

Corresponding author's e-mail: acsantos@uevora.pt

MED – Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development & Departamento de Fitotecnia, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94, 7006-554 Évora, Portugal.

Abstract

Nowadays there is a search for new alternatives to replace harsh and expensive chemical methods to wastewater treatments. The common methods include the usage of chemicals that negatively affect the environment and the human health. The cladodes of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill have a great potential for use in innovative, cheap, renewable and eco-friendly water treatment due to their flocculant properties. In this work, different water treatments including fresh cladodes, lyophilized cladodes and the material obtained through mucilage extraction were tested. The turbidity of the water was measured, and it was concluded that the use of 60 g of small pieces of fresh cut cladodes was the method with the best results, reaching 4 NTU of turbidity. It confirmed the ability of *O. ficus-indica* (L.) Mill cladodes to promote the flocculation of clay in water, enabling to turn the unused material waste into a useful raw material.

Keywords: turbidity, wastewater treatments, flocculation, lyophilization, mucilage extractions.

Introduction

The *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill cactus, known as prickly pear cactus, is a xerophyte plant widespread worldwide, growing in arid and semi-arid zones. This plant shows a high ecological adaptability and can thrive in very diverse places with high temperatures, as extreme as 65°C, with low water availability, which are very adverse conditions for many of the cultivated plants (Davis et al. 2019). The largest *Opuntia* genus is characterized by the Crassulacean Acid Metabolism (CAM), the plasticity of its plants being a major characteristic, exhibiting a high-water use efficiency, and the ability to store considerable quantities of water, which allows the plant to survive harsh environmental conditions, namely in arid areas. This metabolic pathway allows an adaptation to environmental conditions, an efficient hormone response activity, and a dramatic adaptation to circadian cue, resulting mainly in nocturnal CO₂ fixation and

daytime CO₂ re-assimilation that allows photosynthetic carbon fixation under the conditions of limited water availability (Davis et al. 2019; Cushman & Borland 2002). The *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill is also adapted to soils classified as poor, with the values of pH near the neutrality, 6–7.5, but with a proper drainage, usual in sandy soils (Duarte and Paull, 2015). According to Arba et al. (2017) *O. ficus-indica* (L.) Mill is the cactus species with the highest degree of domestication and with the highest productivity values. Andreu-Coll et al. (2020) state that cactus pear cultivation could be a tool to mitigate climate change in arid regions, but could be also employed for rural development in European arid regions, like Mediterranean regions, e.g. Italy. Considering the rising concern for the declining water resources and climate changes, the culture of the *O. ficus-indica* (L.) Mill has been gaining relevance as an effective food production opportunity, in semi arid and arid regions. The composition of cladodes changes with the climatic conditions at the cultivation site, the season and the age of the plant (Stintzing & Carle 2005), but their mucilage always contains galacturonic acid and different quantities of l-arabinose, d-galactose, l-rhamnose, and d-xylose (Shlomo-Trachtenberg & Mayer 1980), in addition to dietary fiber and mineral elements, Ca²⁺ and K⁺ responsible for the gelatinous properties (Sepúlveda et al. 2007). Beyond its use as food, this composition attributes a potential role as a natural flocculant to the cladodes and their mucilage. According to The United Nations World Water Development Report (2017) the vast majority of wastewater is neither collected nor treated. According to Miller et al. (2008) this mix of monomer sugars presented in the prickly pear cactus cladodes enhances the removal of turbidity. The more commonly used methods for wastewater treatment are coagulation/flocculation and these are employed when the deposition ratio is too slow to be considered effective. They are based on removing particles in suspension by destabilization and formation of larger and heavier flocs to ease deposition (Rachdi et al. 2017). Cladodes have the ability to flocculate the suspended particles in water, so they can reduce the use of the toxic aluminium sulfate in wastewater treatment (Bouaouine et al. 2019; Choumane et al. 2017; Choque-Quispe et al. 2020; Deshmukh & Hedao 2019; Fedala et al. 2015; Fox et al. 2012; Miller et al. 2008; Rachdi et al. 2017). In addition to this physical cleaning role, and according to Deshmukh & Hedao (2019), the microbiological load of water also decreases because the removal of fine suspended particles attracts as well as holds bacteria and viruses to their surface. Fox et al. (2012) reported that in the communities in the developing world, it is necessary to improve the accessible technologies to clean water, pointing out the arsenic removal from drinking water. As reported many years ago by Kirchmer et al. (1975), the results with the usage of mucilage were similar to those obtained with some synthetic polymers.

Although vegetable flocculants have already been tested in the past, they have been abandoned; however, some researchers state a bright future of their large-scale application (Zhang et al. 2006). Nowadays there is a new growing interest in restoring these methods, since the materials used are natural, biodegradable, can be easily found or produced and do not harm the environment or threaten the human health (Rachdi et al. 2017; Choumane et al. 2017). These raw materials are well adapted in underdeveloped countries, often with scarce availability of clean water. An adult plant of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill has an average production of 250 cladodes, leading to 625 kg per plant, making this natural product vastly abundant (Andreu-Coll et al. 2020). The orchards of prickly pear cactus produce large quantities of cladodes; most of them

are pruned and wasted. Developing different uses for the cladodes will create value, potential to raise farmer's income and economic viability of this culture from a circular economy perspective, but also from a water-saving perspective, and adaptation to very poor soils, comparing to other crops.

In this exploratory research work, different methods to use cladodes as flocculant in the process of cleaning the water with clay, reducing the turbidity, were tested, including fresh cladodes, lyophilized cladodes and the material obtained through different mucilage extractions methods. There is a new interest in finding affordable and environmentally non-aggressive wastewater treatments to reduce or even end, the use of chemicals that have adverse effects on human health, for more sustainable treatment of wastewater in developed countries where the pernicious effect of aluminum is already known and in undeveloped countries that often fight against water scarcity. This research seeks the most effective and simple methods for using prickly pear cladodes, or their mucilage, to treat wastewater.

Materials and methods

Preparation of fresh cladodes samples

The cladodes tested in this study were harvested in a plantation of autochthonous varieties in Alentejo, south of Portugal, Latitude: 38.74000562683715

Longitude: -7.815030812780606 that is conducted in organic production system.

For sample preparation, the fresh adult cladodes were cut into small pieces of 1.5 cm by 1 cm. This raw material was used for further preparation of another different modality.

Preparation of lyophilized cladodes

Small pieces of cladodes underwent the lyophilisation process. Two kinds of samples were obtained: one constituted of small lyophilized pieces and another obtained through the lyophilization of cladodes and posterior grinding into a powder, so that it could also be used in the test. The lyophilized cladodes are easy to transport and store, allowing a long period of use.

Cladodes mucilage extractions

Two kinds of mucilage extraction were performed, a heat extraction and a cold one. For the heat extraction, 500 g of cut cladodes were set into a glass bowl with 1 L of tap water, and then was placed on a hot plate, so that the mixture of cladodes and water could boil for 1 h at 80°C. After that process, the recipient was left to cool and then the content was coarsely filtered.

For the cold extraction, the same number of cut cladodes was used but the extraction was performed with 1.5 L of cold water. The water and the cladodes were added to a bowl and set aside for 24 hours, at the end of that period the contents of the recipient were filtered.

Test Conditions

The test was carried out using glass bowls filled with 500 ml of tap water and 5 g of clay; a magnetic stirrer was used in two different stirring speeds. Firstly, the clay was mixed in the water in high speed for 5 min to ensure that the contents of the bowl were mixed properly. Subsequently, the water turbidity was analyzed for the first time. Then, the cladodes were added to the mixture before a new and slower stirring speed has been

applied for 10 min, and afterwards the turbidity was measured once again. At the end of this process, the glass bowls were set aside with the turbidity being monitored strictly every 5 minutes and photos were taken using a stereo microscope.

In the test with the fresh cladodes, the three different quantities tested were 40 g, 60 g and 80 g; while in the test with the lyophilized cladodes, the quantities were calculated to be the equivalent of the fresh ones used previously. Therefore, the corresponding values obtained for lyophilized cladodes were 2.824 g, 4.236 g and 5.648 g, respectively. These tests lasted for 1-hour, after the second stirring was complete.

The use of lyophilized powder required a previous step that consisted of rehydrating the powder, through the addition of 5 g of the powder to 50 ml of water, so that a rehydration could occur. That substance obtained has been added to the mixture of water and clay just before the second stirring. In both, the heat and cold extractions, the quantity added to their borosilicate glass bowl was 5 g. For the control proposes, one identical glass bowl was left with only the mixture of water and clay and monitored.

Specific equipment

Turbidity was analyzed using a turbidimeter (Canadawide Scientific Model 800), the results were expressed in NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

The stereo microscope used was a LEICA MZ12.5 equipped with a LEICA EC3 camera. This stereo microscope provides a three-dimensional visualization of the sample with low magnification ranges from 8x-100x.

Results

Pieces of fresh cladodes

A marked increase in water transparency was noticeable in all the cases, which fresh cladodes were included, when compared with control. It was clear that there was a more intense decrease of turbidity in the water containing 60 g of fresh cladodes (Fig.1). The turbidity values in the bowl that contain 40 g of cladodes decrease in a gradual way until a stable point. The quantity of cladodes might have a limit regarding their flocculation capacity. The bowl containing 80 g of cladodes, exhibited a decreasing in the water turbidity, but comparing with the one with 60 g, it was evident that this change stopped sooner. This might mean that using too many cladodes can cause saturation of the water with mucilage. On the other hand, the modality with 40 g of cladodes never reached the same low values as the other two modalities, 60 g and 80 g. Therefore, there should have an optimum level of mucilage to obtain the best results in decreasing the values of turbidity.

In all the methods tested, there was a great decreasing in turbidity during the first 5 minutes of the test. The bowl containing 60 g of cladodes had the fastest decreasing in turbidity levels, reaching the value of 20 NTU after 10 minutes of test, the first baseline. The bowl containing 40 g of cladodes reached the first baseline also at 10 minutes, but with a higher turbidity level, 60 NTU. The bowl containing 80 g of cladodes seemed to reach the first baseline later, approximately 30 NTU. There was a second decrease of the turbidity observed, but not as drastic as the first one. For about 20 minutes after the beginning of the test, the bowls with 40 g and 80 g of cladodes had turbidity levels near 30 NTU, and showed a slight decrease until the 45 minutes. The bowl containing 60 g of cladodes had the most satisfactory behavior, with an earlier and constant decreasing during the test, reaching the values close to 0 NTU. The control modality after one hour

remains with values higher than 100 NTU.

In the photos concerning the modality with the 60 g of fresh cladodes (Fig. 6-1,2,3), an evolution in the amount and size of particles in suspension can be observed that reduces as flocculation occurs. In the first photo without cladodes (Fig. 6- Control) there is a large quantity of particles in suspension; however, 10 minutes after the cladodes were added (Fig. 6-1) there was a very noticeable difference in the number of particles and after 30 minutes (Fig. 6-3) when the water turbidity reached a point of stabilization, the particles in suspension were smaller and much less.

Lyophilized cladodes: small portions and powder

The first step observed in this experiment was the hydration process of the lyophilized powder that caused an initial increase in the values of turbidity (Fig. 2), before the start of the flocculation process. As a result of this process, there was a decrease of the water volume inside the bowl, so there was an increase in the values of the turbidity since all the previous water to clay ratios were disturbed. The hydration process extends for the first 15 minutes of the experiment; afterwards, it was possible to observe a reduction in the turbidity. Although the bowl contained 2,824 g of cladodes, after 25 min., when the values of turbidity start to diminish, they never reached the values below 140 NTU, higher than the control sample. At the end of the experiment, it was clear that there was a small difference between the results from the glass bowl with the 5.648 g and the one with 4.236 g. When compared to the results obtained with the fresh cladodes, it was also clear that the lyophilized cladodes were not as efficient as the fresh ones. The lyophilization process itself, can cause some damages on the molecular structures, implying a loss of compounds responsible for the flocculation ability. The cell wall is likely to be damaged in the process, since it is in essence a dehydration process, meaning that water is removed from the cells. According to Morgan et al. (2006), this hypothesis is valid since one of the conclusions they stated was that lyophilization causes loss of cell viability.

The photos of the experiment were taken, including the bowl containing 80 g of lyophilized cladodes (Fig. 6-4,5,6), enabling to see an interesting appearance of the mixture after 10 minutes (Fig. 6-4), and at the end of the test there were fewer particles in suspension and, once again, the particles still left in suspension were smaller. This difference in the size of the particles is noticeable, comparing the photo taken after 30 minutes (Fig. 6-5) with the one at the end of the test (Fig. 6-6).

The use of lyophilized powder reached much better results (minimum 40 NTU) of turbidity and faster (50 NTU after 20 minutes) than the small pieces of lyophilized cladodes (higher than 120 NTU after 20 minutes). From a practical point of view, this modality of lyophilized powder presents the advantage of large storage time and easy transportation; however, the final use is difficult because the powder will form clusters of mucilage and clay that will remain in the suspension in the water, making their removal harder.

The photos (Fig. 6-7,8,9) prove that the quantity of particles in the suspensions after the addition of the lyophilized powder is lesser than those in the previous photos with 80 g of lyophilized pieces of cladodes. The powder also appears to be able to cause the flocculation of smaller particles, unlike the fresh cut cladodes and the lyophilized cut cladodes. However, it is possible to see threads of the previously mentioned clusters of mucilage and clay in suspension, especially in the last two photos.

Mucilage obtained by heat extraction

It is possible to observe that using mucilage obtained by heat extraction, after 25 minutes the turbidity has reached a value of 20 NTU. This value was only overpassed by the result obtained using 60 g of fresh cladodes (Fig. 4). This test had a shorter duration (40 minutes) because after 25 minutes the value of turbidity remained stable.

The modality of using mucilage obtained by heat extraction presented good results, proving to be faster and more efficient than the other methods of extraction tested.

The photos taken during this test (Fig. 6-10,11,12), showed the reduction in the number of particles in suspension, mainly the large particles and only remained fewer particles of smaller dimensions, just like happened in the test with the lyophilized powder. However, it is possible to see, especially in the last photo (Fig. 6-12) that parts of the mucilage remain in suspension in the water, similarly to what happened with the clusters of mucilage and clay in the test with the powder. This mucilage in suspension could be the reason why the results obtain in this test were not as good (minimum 20 NTU) as those obtained with the fresh cladodes (minimum 4 NTU).

Mucilage extracted by cold extraction

The results obtained (Fig. 5) with the use of the mucilage extracted using the method of cold extraction was of 50 NTU of turbidity, after 30 minutes, while the result of modality with the mucilage of heat extraction at the same time was of 24 NTU. However, the simplicity of this cold mucilage extraction method must be emphasized. Moreover, this mucilage can be easy stored with good characteristics for long time which seems to be an added value and was noticeable during this study.

The observation of the photos (Fig.6-13,14,15) could testify that the cold extraction of the mucilage does not show as much improvement in the water turbidity as the mucilage obtained trough heat extraction, as it was previously stated, highlighting the fact that the mucilage obtained by heat extraction was more efficient, faster and achieved lower values.

Discussion

Underlining the fact that we managed to obtain a turbidity of 20 NTU with the mucilage obtained by heat extraction, and by using fresh cladodes the values of turbidity were much lower, 5 NTU, seems to be very promising results when compared to results the reported by Rachdi et al. (2017) who tested pure cladode juice and the results obtained were not satisfactory. However, in the same work, the usage of juice with aluminium sulfate induced good results in removing wastewater residues. During that experiment, it was necessary to add 1.0 g/ L of aluminium sulphate to the fresh cladode juice to obtain a value of 20,5 NTU.

Batatache et al. (2014) used an Algerian variety of *O. ficus-indica* (L.) Mill juice as a natural flocculant for sewage sludge, and they found that the optimum dosage was 0.4 g kg⁻¹ of dry matter, and 2.5 NTU of turbidity was the minumum value reached, very similar to the results obtained with different polyelectrolytes: Chimfloc C4346, a cationic polymer, Sedipur NF 102, a non-ionic polymer and Sedipu AF 400, an anionic polymer, and inorganic conditioners, FeCl₃ and Al₂(SO₄)₃.

The best results obtained by Zhang et al. (2006) were similar to those we obtained using pieces of fresh cladodes. The work published by that team using milled and sieved

cladodes as raw coagulate to treat surface water, observed a decrease from 104 NTU to less than 5 NTU. The authors also reached to the conclusion that there is an optimum dosage of cladodes, according to their results it was around 60 mg/L, a quite smaller dose than we have used. This difference can be attributed to the preparation of the cladodes, but also to the water alkalinity and temperature since in their study they found that these parameters can influence the results obtained.

Other studies have shown that in order to achieve higher effectiveness, the natural polymers such as the cladodes of the *Opuntia* cactus can be used in conjunction with metal coagulants (Bratby 2016).

It must be emphasized that the chemical composition of cladodes varies considerably among cultivars, age of the cladode, climate (temperature and rainfall) and soil conditions (Mounir et al. 2020); thus, it is necessary to test each raw material itself. We consider the results obtained in this research work valid for these regional variety and these particular edafo-climatic conditions.

Regarding our visual observations during the experiments and the photos made with the stereo microscope, we can conclude that the lyophilized powder of cladodes and both mucilage extractions appear to have the ability to cause the flocculation of particles of smaller dimensions, unlike the fresh and lyophilized cut cladodes which seem to be unable to cause the flocculation of smaller particles. Nevertheless, the powder and mucilage by both extraction methods were difficult to remove from the water after the conclusion of the test and they all leave traces of mucilage in suspension in the water.

Conclusion

This work aimed to quantify the capability of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill cladodes to act as a natural flocculant. Moreover the best method and quantity to promote flocculation were chosen thus decreasing turbidity in water with clay. The turbidity of the water was measured, which allowed us to reach the conclusion that the use of 60 g of small pieces of fresh cut cladodes was the method with the best results, reaching 4 NTU, to remove the clay impurities from the water, in this controlled environment and using this variety produced under this specific climatic condition. It should be emphasized that this method only requires preparation of the material, by cutting it into small portions. The results obtained with this method were closely followed by those of mucilage got by heat extraction method that reached 20 NTU. All the methods tested confirmed the observation of other authors, about the ability of *O. ficus-indica* (L.) Mill cladodes to promote the flocculation of clay in water and to contribute to the water treatment process. It is advisable to make this method available to clean water in a sustainable way, especially in the countries that produce prickly pear, being possible to turn this waste into a useful raw material.

Acknowledgments

The authors thanks to PepeAromas, a local producer from Portugal, Alentejo, that supplied the cladodes for this research.

References

1. Andreu-Coll, L., Cano-Lamadrid, M., Noguera-Artiaga, L., Lipan, L., Carbonell-Barrachina, Á.A., Rocamora-Montiel, B., Legua, P., Hernández, F., López-Lluch, D., 2020. Economic estimation of cactus pear production and its feasibility in Spain. Trends

- Food Science & Technology, 103 (September 2020), 379-385.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.003>
2. Betatache, H., Aouabed, A., Drouiche, N., Lounici, H., 2014. Conditioning of sewage sludge by prickly pear cactus (*Opuntia ficus Indica*) juice. Ecological Engineering, 70, 465–469. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.06.031>
 3. Bouaouine, O., Bourven, I., Khalil, F., Bressollier, P., Baudu, M., 2019. Identification and role of *Opuntia ficus indica* constituents in the flocculation mechanism of colloidal solutions. Separation and Purification Technology, 209 (July 2018), 892–899. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.09.036>
 4. Bratby, J., 2016. *Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment*. 3rd edition. IWA Publishing. ISBN electronic: 9781780407500
<https://doi.org/10.2166/9781780407500>
 5. Choumane, F.Z., Benguella, B., Maachou, B., Saadi, N., 2017. Valorisation of a bioflocculant and hydroxyapatites as coagulation-flocculation adjuvants in wastewater treatment of the steppe in the wilaya of Saida (Algeria). Ecological Engineering, 107, 152–159. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.07.013>
 6. Choque-Quispe, D., Ramos-Pacheco, B. S., Ligarda-Samanez, C.A., Barboza-Palomino, G.I., Kari-Ferro, A., Taïpe-Pardo, F., Choque-Quispe, Y., 2020. Heavy metal removal by biopolymers-based formulations with native potato starch/nopal mucilage. Revista Facultad de Ingeniería Universidad De Antioquia.
<https://doi.org/10.17533/udea.redin.20201112>
 7. Cushman, J.C, Borland, A.M., 2002. Induction of Crassulacean acid metabolism by water limitation. Plant Cell Environ., (Feb 2002) 25(2), 295-310. doi: 10.1046/j.0016-8025.2001.00760.x.PMID: 11841671
 8. Davis, S.D., Simpson, J., Gil-Vega, K.C., Niechayev, N.A., Tongerlo, E., Castano, N.H., Dever, L.V., Búrquez, A., 2019. Undervalued potential of crassulacean acid metabolism for current and future agricultural production. Journal of Experimental Botany, 70(22), 6521–6537. <https://doi:10.1093/jxb/erz223>
 9. Deshmukh, S.O., Hedao, M.N., 2019. Wastewater Treatment Using Bio-Coagulant as *Cactus Opuntia Ficus Indica*. 2nd International Conference on New Frontiers in Chemical, Energy and Environmental Engineering (INCEEE-2019) 15-16 Feb 2019, NIT Warangal, India.
 10. Duarte, O., Paull, R.E., 2015. Exotic fruits and nuts of the new world. Chapter 2 In: *Calophyllaceae, Clusiaceae and Cactaceae*. CABI, Wallingford, United Kingdom.
 11. Fox, D.I., Pichler, T., Yeh, D.H., Alcantar, N.A., 2012. Removing Heavy Metals in Water: The Interaction of Cactus Mucilage and Arsenate. Environmental Science & Technology, 46 (8), 4553-4559. <https://doi: 10.1021/es2021999>
 12. Kirchmer, C.J., Arboleda, J.V, Castro, M.L., 1975. Polimeros naturales y su aplicacion como ayudantes de floculacion. Serie Documentos Tecnicos, 2, Centro Panamerica Ingenieria y Ciencias del Ambiente, Lima, Peru.
 13. Miller, S.M., Fugate, E.J., Craver, V.O., Smith, J.A., Zimmerman, J.B., 2008. Toward understanding the efficacy and mechanism of *Opuntia* spp. as a natural coagulant for potential application in water treatment. Environmental Science & Technology, 42(12), 4274-4279. doi: 10.1021/es7025054. PMID: 18605544.
 14. Mounir, B., Younesa, E.G., Asmaaa, M., Abdeljalila Z., Abdellaha, A., 2020. Physico-chemical changes in cladodes of *Opuntia ficus-indica* as a function of the growth stage

- and harvesting areas. *Journal of Plant Physiology.*, 251 (August 2020), 153196.
<https://doi.org/10.1016/j.jplph.2020.153196>
15. Morgan, C.A., Herman, N., White, P.A., Vesey, G., 2006. Preservation of micro-organisms by drying; A review. *Journal of Microbiological Methods*, 66(2), 183–193.
<https://doi.org/10.1016/j.mimet.2006.02.017>
 16. Rachdi, R., Srarfi, F., Shimi, N.S., 2017. *Cactus Opuntia* as natural flocculant for urban wastewater treatment. *Water Science and Technology*, 76(7), 1875–1883.
<https://doi.org/10.2166/wst.2017.370>
 17. Stintzing, F.C., Carle, R., 2005. Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. *Molecular Nutrition and Food Research.*, 49(2), 175–194. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200400071>
 18. Sepúlveda, C., Sáenz, E., Aliaga, Aceituno, C., 2007. Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. *Journal of Arid Environments*, 68, 534-545.
<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.08.001>
 19. Shlomo Trachtenberg, A. Mayer M., 1980. Biophysical properties of *Opuntia ficus-indica* mucilage. *Phytochemistry*, 21(12), 2835-2843 [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(80\)85052-7](https://doi.org/10.1016/0031-9422(80)85052-7)
 20. WWAP - United Nations World Water Assessment Programme, 2017. The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource. Paris, UNESCO. SBN 978-92-3-100201-
 21. Zhang, J., Zhang, F., Luo, Y., Yang, H., 2006. A preliminary study on cactus as coagulant in water treatment. *Process Biochemistry*, 41(3), 730–733.
<https://doi.org/10.1016/j.procbio.2005.08.016>