

Estudo do desempenho de filmes biodegradáveis numa cultura de ciclo curto - Escarola (*Cichorium endivia L.*)

Mariana de Alvarenga Vieira Dias

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente

Orientadores: Doutora Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte

Júri:

Presidente: Doutora Ana Cristina Ferreira da Cunha Queda, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais: - Doutora Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte, Professora Catedrática do(a) Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, orientadora;
- Doutora Maria Margarida da Costa Ferreira Correia de Oliveira., Professora Adjunta do(a) Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Santarém

Agradecimentos

Este espaço é dedicado àqueles que, de alguma forma, contribuíram para que esta dissertação fosse realizada. Não sendo viável nomeá-los a todos, há no entanto alguns a quem não posso deixar de manifestar o meu apreço e agradecimento sincero.

À minha família, em especial aos meus Pais, um enorme obrigado por acreditarem sempre em mim e naquilo que faço e por todos os ensinamentos de vida. À minha tia M^a Joana Alvarenga, por me ter disponibilizado a sua habitação em Lisboa durante a realização do meu percurso académico superior. Espero que esta etapa, que agora termino, possa, de alguma forma, retribuir e compensar todo o carinho, apoio e dedicação que, constantemente, me oferecem. A eles, dedico todo este trabalho.

À minha orientadora Professora Doutora Elizabeth D'Almeida Duarte pela disponibilidade manifestada para orientar este trabalho, pela preciosa ajuda na definição do objeto de estudo, pela exigência, método e rigor, pela revisão crítica do texto, pelos oportunos conselhos, acessibilidade, e simpatia demonstradas, pela confiança que sempre me concedeu e pelo permanente estímulo que, por vezes, se tornaram decisivos em determinados momentos da elaboração desta tese.

À Vitacress, aos seus colaboradores em particular à Eng.^a Clárisse Boto, o meu mais sincero agradecimento por me terem aberto as portas da Quinta dos Cativos e por todo o acompanhamento ao longo deste trabalho. Sem ela não seria possível a realização desta dissertação.

Agradeço à Empresa Silvex – Indústria de Plásticos e Papéis SA, na pessoa Eng.^o Carlos Rodrigues.

Gostaria de agradecer à Valorfito, pelo financiamento através da Bolsa Valorfito Armando Murta para a realização desta tese. Não só me incentivou pelo reconhecimento como ajudou este projeto a tornar-se realidade.

Ao Artur Saraiva, por todos os conselhos e ajuda preciosa ao longo destes últimos meses.

A todos os colegas, amigos, e namorado João Borges, que fizeram parte do meu percurso académico e que me ajudaram e incentivaram a completar este ciclo tão importante para mim.

Resumo

Na presente dissertação, pretendeu-se avaliar e comparar o desempenho dos filmes de cobertura biodegradáveis relativamente aos convencionais de polietileno. Para esse efeito foram testados três plásticos distintos: Polietileno (PE) e dois biodegradáveis “Short Cycle” (SC) e “Salads” (S) desenvolvidos a partir de Mater-Bi™.

Foi monitorizado um ciclo da cultura de Escarola (*Cichorium endivia L.*) fazendo-se um acompanhamento tanto a nível da produção, como do impacto dos diferentes filmes a nível da humidade e da temperatura do solo. O trabalho experimental foi complementado com a realização de análises ao solo e ao material vegetal recolhido ao longo do ensaio de campo.

Os resultados comprovaram a adaptabilidade dos plásticos biodegradáveis às condições edafoclimáticas a que foi sujeito, verificando-se uma diferença significativa na produtividade das plantas cobertas com o filme biodegradável designado por “S” em relação às outras duas modalidades (PE e SC).

Tendo em conta que até à data não há estudos de biodegradação realizados em solos da região do Alentejo em Portugal, foi também importante verificar a taxa de biodegradabilidade destes novos filmes biodegradáveis, seguindo a norma DIN EN ISO 17556.

Através dos resultados obtidos neste trabalho pode-se concluir que os filmes biodegradáveis parecem ser uma boa solução para a substituição do PE, contudo a pesquisa e desenvolvimento destes novos “mulch” biodegradáveis deve-se continuar a realizar.

Palavras-chave: Filmes de cobertura, polietileno, filmes biodegradáveis, Escarola, sustentabilidade

Abstract

In this dissertation, the aim was to evaluate and compare the performance of biodegradable mulch relatively to conventional polyethylene. For this purpose three different “mulches” were tested: polyethylene (PE) and two biodegradable "Short Cycle" (SC) and "Salads" (S) developed from the Mater-Bi™ matrix.

Escarole (*Cichorium endivia L.*) crop cycle was monitored along the experimental study implemented at real scale.

The monitoring plan was developed to evaluate the crop productivity and the impact of the different “mulches” in terms of moisture and soil temperature.

The results achieved during this study showed the adaptability of biodegradable plastics to the soil and weather conditions, checking a significant difference in productivity of plants covered with plastic S relative to the other two modes (PE and SC).

Given that to date there is no biodegradation studies in the Alentejo region of Portugal soils, it was also important to check the level of biodegradability of these new plastic films following the norm DIN EN ISO 17556.

The results obtained in this work can be concluded that biodegradable plastics seem like a good solution to replace the PE, yet research and development of these new plastics should continue to hold.

Keywords: soil mulch, polyethylene, biodegradable mulch film, Escarole, sustainability

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
Índice	iv
Índice de Figuras	vii
Índice de Quadros	viii
Lista de Abreviaturas.....	ix
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento e oportunidade do tema.....	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Estrutura da dissertação.....	3
CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 A introdução dos plásticos na agricultura.....	4
2.1.1 Características dos materiais plásticos utilizados em horticultura	5
2.1.1.1 <i>Leveza</i>	5
2.1.1.2 <i>Durabilidade e envelhecimento</i>	5
2.1.1.3 <i>Resistência mecânica</i>	5
2.1.1.4 <i>Resistência ao frio e ao calor</i>	6
2.1.1.5 <i>Resistência aos agentes químicos e fisiológicos</i>	6
2.1.1.6 <i>Permeabilidade aos gases. Impermeabilidade aos líquidos</i>	6
2.1.1.7 <i>Isolamento térmico</i>	6
2.1.2 Vantagens da utilização de plásticos em horticultura	7
2.1.3 Limitações da utilização de plásticos em horticultura	8
2.2 Alternativas ao mulch de polietileno (degradáveis)	10
2.2.1 Plásticos foto-degradáveis e oxo-degradáveis	10
2.2.2 Plásticos biodegradáveis	12
2.2.2.1 <i>Matéria-prima Mater-Bi</i>	13
2.3 Biodegradação.....	14
2.4 A cultura: ESCAROLA	15
2.4.1 Utilizações e Composição.....	15
2.4.2 Morfologia	16
2.4.3 Preferências edafoclimáticas	16
2.4.4 Cultura	17
2.4.5 Colheita.....	17

CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ENSAIO	18
3.1 A empresa	18
3.2 Localização do ensaio	18
3.3 Caracterização do clima.....	19
CAPITULO 4 - MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1 Análise de solo.....	21
4.2 Delineamento experimental.....	23
4.2.1 Monitorização da humidade e temperatura do solo	24
4.2.2 Técnicas culturais	25
4.2.3 Preparação do terreno e aplicação da cobertura de solo	25
4.2.4 Plantação e material vegetal.....	26
4.2.5 Rega	27
4.2.6 Fertilização	27
4.2.8 Acompanhamento das plantas	28
4.2.9 Colheita.....	28
4.3 Permeabilidade dos filmes plásticos.....	29
4.4 Biodegradação.....	30
4.4.1 Equipamento (UMIC Lab)	30
4.4.2 Princípio.....	32
4.4.2.1 <i>Cálculo da percentagem de biodegradação através do CO₂ libertado</i>	<i>32</i>
4.4.2.1.1 Quantidade teórica de dióxido de carbono libertado (ThCO ₂) pelo material de teste.....	32
4.4.2.1.2 Percentagem de biodegradação	33
4.4.3 Procedimento.....	33
4.4.3.1 <i>Preparação do material a ser testado (Plástico Biodegradável “Short Cycle”)</i>	<i>33</i>
4.4.3.3 <i>Arranque e execução do teste</i>	<i>35</i>
4.5 Tratamento Estatístico	35
CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5.1 Resultados do Solo	36
5.1.1 Análises de solo.....	36
5.1.2 Temperatura do solo.....	37
5.1.3 Humidade do solo.....	39
5.2 Resultados da Plantação.....	41
5.2.1 Monitorização de pragas e doenças	41
5.2.2 Acompanhamento das plantas	41
5.2.3 Análises às plantas.....	42

5.1.2	Registo do peso das escarolas recolhidas e respetiva produção	45
5.2	Resultados da Permeabilidade	45
5.3	Resultados da Biodegradação	46
CAPITULO 6 - CONCLUSÕES		49
BIBLIOGRAFIA.....		51

Índice de Figuras

Figura 3.1 Localização da empresa Vitacress no mapa de Portugal continental	19
Figura 3.2 Temperaturas mínimas, médias e máximas do ar, Beja	20
Figura 3.3 Valores médios de precipitação mensal, Beja.....	20
Figura 4.1 Esquema representativo do ensaio de campo	24
Figura 4.2 Sistema de aquisição de dados	25
Figura 4.3 Operações de preparação de solo	26
Figura 4.4 Filme biodegradável SC a ser colocado manualmente	26
Figura 4.5 Adaptação dos camalhões á largura do filme biodegradável SC	26
Figura 4.6 Ensaio preparado com as Escarolas.....	27
Figura 4.7 Pormenor do ensaio	27
Figura 4.8 Escarola no dia em que foi colhida (28 Abril) (SC).....	28
Figura 4.9 Pormenor da vista de frente e trás da Escarola (28 Abril) (SC)	28
Figura 4.10 Preparação do ensaio de permeabilidade.....	30
Figura 4.11 Recipientes no exsiccador (Ensaio de Permeabilidade)	30
Figura 4.12 Visão geral do interior do UMIC Lab	31
Figura 4.13 Visão geral do exterior do UMIC Lab	31
Figura 4.14 Esquema do sistema para medir a quantidade de CO ₂ libertado.....	32
Figura 4.15 Lavagem do filme biodegradavel SC.....	33
Figura 4.16 Corte do filme biodegradável SC em pequenos fragmentos	33
Figura 4.17 Adição de água e homogeneização do solo Ervidel.....	34
Figura 4.18 Adição de água e homogeneização do solo Odemira.....	34
Figura 5.1 Representação gráfica das temperaturas diárias registadas nas sondas do solo a 20 cm de profundidade (Março)	37
Figura 5.2 Representação gráfica das temperaturas diárias registadas nas sondas do solo a 20 cm de profundidade (Abril)	38
Figura 5.3 Representação gráfica dos valores de humidade registados pelas sondas do solo a 20 cm de profundidade (Março)	39
Figura 5.4 Representação gráfica dos valores de humidade registados pelas sondas do solo a 20 cm de profundidade (Abril)	40
Figura 5.5 Produção de CO ₂ das 4 modalidades de ensaio	48
Figura 5.6 % Biodegradação do plástico nos 2 tipos de solo	48

Índice de Quadros

Quadro 2.1 Rendimento energético de diversos materiais.	9
Quadro 2.2 Polímeros para filmes disponíveis comercialmente ou sob investigação	13
Quadro 2.3 Composição média das folhas de escarola.	15
Quadro 2.4 Temperaturas cardinais para a cultura da escarola	16
Quadro 2.5 Exportação total de nutrientes pela cultura da escarola	17
Quadro 4.1 Parâmetros e métodos utilizados na análise de solos.....	22
Quadro 4.2 Principais características dos filmes de cobertura.....	23
Quadro 4.3 Parâmetros e métodos utilizados na análise de Escarolas	29
Quadro 4.4 Distribuição do solo e do plástico biodegradável pelos frascos de teste	35
Quadro 5.1 Boletim de análises dos solos	36
Quadro 5.2 Máxima, minimia, média e desvio padrão da temperatura do solo.....	38
Quadro 5.3 Máxima, minimia, média e desvio padrão da humidade do solo	40
Quadro 5.4 Calendário dos tratamentos fitofarmacêuticos efetuados	41
Quadro 5.5 Registo fotográfico do crescimento das plantas durante o ensaio de campo	42
Quadro 5.6 Resultados da análise ao Fe, K, Na, Mg, Ca e P	43
Quadro 5.7 Resultados dos parâmetros azoto total e proteína bruta	43
Quadro 5.8 Resultados dos parâmetros FB, NDF e ADF.....	41
Quadro 5.9 Resultados análise b-carotenos	45
Quadro 5.10 Resultados da produção.....	45
Quadro 5.11 Permeabilidade dos plásticos.....	46
Quadro 5.12 Resultados da % de biodegradação nos 2 tipos de solo	49

Lista de Abreviaturas

PE	Polietileno
S	Salads
SC	Short Cycle
C₂H₄	Etileno
PEHD	Polietileno de alta densidade
PEBD	Polietileno de baixa densidade
T	Tempo
UV	Ultra Violeta
ASTM	Sociedade Americana de Testes e Materiais
ISO	Organização Internacional de Normalização
Csa	Clima mesotérmico húmido com estação quente e seca no verão
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
ISA	Instituto Superior de Agronomia
ThCO₂	Dióxido de Carbono Teórico
MS	Matéria Seca
FB	Fibra Bruta
NDF	Fibra em detergente neutro
ADF	Fibra em detergente ácido

1.1 Enquadramento e oportunidade do tema

Os objetivos das diferentes práticas agrícolas têm sofrido profundas alterações ao longo do tempo. A par da mudança de pensamento que torna consensual a importância da preservação da água e do ambiente, os produtores agrícolas tem sido confrontados, ao longo dos últimos anos, com a necessidade de inovar, de introduzir novas técnicas de produção, de utilizar novas tecnologias, a fim de melhorar a sua competitividade não comprometendo a sustentabilidade da atividade.

Um uso extensivo e em constante expansão de filmes plásticos na agricultura, principalmente, os de polietileno (PE) e, particularmente, em horticultura protegida (“*mulching*”, túneis baixos, estufas) tem sido referido nas últimas décadas à escala global. O mercado de plásticos utilizados para esses fins na Europa envolve centenas de milhares de hectares e milhares de toneladas de filmes plásticos por ano (Briassoulis, 2005).

Mais de 6 milhões de toneladas de materiais plásticos são consumidos na agricultura todos os anos, mais de 10% são filmes de plástico para cobertura do solo (Costa *et al.*, 2014).

Este aumento é devido a benefícios como: o aumento da temperatura do solo, a redução de ervas daninhas, a conservação da humidade, a redução de determinadas pragas de insetos, o rendimento das culturas ser mais elevado, e a utilização da água e dos nutrientes no solo ser mais eficiente (Kasirajan & Ngouajio, 2012)

A crescente utilização de plásticos na agricultura permitiu aos agricultores aumentar a sua produção agrícola e minimizar a dependência da sua produção relativamente às condições climáticas (Briassoulis, 2007).

Apesar de todas estas vantagens, existem várias limitações sobre o uso de filmes plásticos nomeadamente os custos de remoção, a eliminação dos plásticos utilizados e sobretudo as questões de índole ambiental. A utilização de PE na cobertura do solo traz consigo problemas ambientais que vão desde a produção da matéria-prima, à base de combustíveis fósseis, à posterior recolha e tratamento dos resíduos no final do ciclo cultural. A maior parte dos filmes plásticos utilizados encontram-se muitas vezes sujos e molhados, o que os torna difíceis de reciclar; por conseguinte, a maior parte destes resíduos proveniente desta atividade agrícola tem como destino final o aterro sanitário. Para resolver este problema, o uso de filmes plásticos biodegradáveis parece ser uma solução promissora uma vez que estes se

podem biodegradar no solo; portanto, os custos de remoção e eliminação serão minimizados, e assim, a quantidade de resíduos que acaba em aterros sanitários também pode ser evitado (Kijchavengkul et al., 2008).

Nos últimos anos, a utilização de películas biodegradáveis à base de amido têm sido introduzidas como uma alternativa às coberturas convencionais. Estes materiais podem ser incorporados no solo no fim do período de colheita e sofrem um processo de biodegradação através do consórcio microbiano do solo (Moreno & Moreno, 2008).

1.2 Objetivos

A presente dissertação teve como principal objetivo estudar o desempenho de filmes biodegradáveis numa cultura de ciclo curto, neste caso a Escarola (*Cichorium endivia L.*) em ambiente real.

Já existem alguns estudos com plásticos biodegradáveis na cobertura do solo em várias culturas. Porém em Portugal, foi a primeira vez que foi testado plástico biodegradável na cultura de Escarola em solos Alentejanos.

Após o ensaio de campo foi fundamental, através da utilização de um equipamento adequado, testar a biodegradabilidade do mulch utilizado. Só com este teste é que ficámos a saber se o plástico biodegradável cumpria realmente com o seu requisito que é a diminuição do impacto ambiental quando comparado com os plásticos de cobertura convencionais.

Pretendeu-se avaliar o desempenho dos filmes biodegradáveis comparativamente ao convencional PE no que diz respeito à humidade e temperatura do solo, à presença de infestantes, às possíveis diferenças na produção e sobretudo na qualidade da cultura. Para tal, foi monitorizado um ciclo cultural de Escarola.

Este estudo teve os seguintes objetivos específicos:

- Monitorização dos parâmetros humidade e temperatura do solo;
- Caracterização das Escarolas colhidas no final do ensaio
- Caracterização analítica dos dois tipos de solos com texturas distintas utilizados no ensaio de biodegradação realizado à escala laboratorial
- Determinação da permeabilidade de dois filmes de cobertura utilizados (PE e SC)

1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação é constituída por 6 capítulos.

O capítulo 1 dedica-se ao enquadramento e oportunidade do tema, aos objetivos gerais e específicos que se pretendem alcançar e à estrutura das diferentes fases do trabalho a desenvolver.

O capítulo 2 inclui a pesquisa bibliográfica, onde se aborda a introdução dos plásticos na agricultura bem como as suas características, vantagens e limitações. Surge também o aparecimento dos plásticos degradáveis (foto, oxo e bio), e, por fim, temos uma sucinta descrição da cultura em teste, a escarola (*Cichorium endivia* L.)

O capítulo 3 apresenta a caracterização e localização da empresa (Vitacress) onde foi realizado o ensaio de campo. Este capítulo também inclui uma breve descrição do clima naquela região.

O capítulo 4 inclui os materiais e a metodologia aplicada na elaboração do presente trabalho.

O capítulo 5 refere-se à apresentação e discussão dos resultados alcançados; quer das análises e monitorização do solo, como das análises realizadas á Escarola após colheita, mas, sobretudo do teste para a determinação da taxa de biodegradação dos mulch objeto de estudo.

O capítulo 6 inclui uma síntese das principais conclusões do trabalho.

2.1 A introdução dos plásticos na agricultura

O termo “plasticultura” é definido como a utilização de plásticos na agricultura quer na produção vegetal quer na produção animal (Kijchavengkul et al., 2008).

A palavra plástica vem da palavra grega "plastikos", que significa "capaz de ser moldado em diferentes formas " (Agrobiofilm, 2013).

Estes materiais começaram a ser utilizados para a proteção de vegetais e melhoramento de técnicas culturais, para embalagem, conservação e armazenamento de culturas, para resolverem problemas de hidráulica e ainda na construção de edifícios e maquinaria agrícola. (Semedo, 1978).

Foram os Estados Unidos o país pioneiro na utilização de plásticos agrícolas, quando o Prof. Emmert iniciou os ensaios de campo em 1945. (Semedo, 1978). E foi a partir dos anos 1950 que se começaram a utilizar plásticos para cobertura de solo, também chamados de “*mulch*”. (Lamon, 2005).

Os plásticos que se utilizam atualmente são feitos através de materiais extraídos quer do petróleo, quer do carvão ou do gás natural, tais como o carbono, silício, hidrogénio, azoto, oxigénio e cloro. (Kasirajan & Ngouajio, 2012).

Dividem-se em 2 grupos os plásticos utilizados em horticultura: os materiais rígidos ou semirrígidos e os filmes, nos quais o mais utilizado é o PE.

Polietileno (PE)

Segundo (Semedo, 1978), os polietilenos são materiais plásticos utilizados na agricultura sob a forma de filmes, e raramente em chapas, tubos ou redes. Resultam da polimerização do etileno (C_2H_4), e, se o fabrico se processa a baixa pressão e temperatura, origina-se um polietileno de alta densidade (PEHD). Se, por outro lado o fabrico é efetuado a uma pressão e temperatura muito elevadas, obtém-se o polietileno chamado de baixa densidade (PEBD). Esta matéria semifinal que é apresentada sob a forma de granulado, é que será, posteriormente, transformada em tubagem por extrusão, ou em filme por extrusão-insuflação. Este sistema de transformação do polietileno tem a vantagem de permitir a obtenção fácil de filmes com diferentes larguras flexibilizando a sua aplicação para diferentes tipos de cultura de acordo com as práticas culturais.

Um “*mulch*” ideal deve ser flexível, suficientemente rígido para não se degradar ao longo do ciclo cultural e de fácil manuseamento na operação de remoção após a colheita. O filme de PE mais utilizado na cobertura do solo principal é o PEBD (Kasirajan & Ngouajio, 2012).

2.1.1 Características dos materiais plásticos utilizados em horticultura

Das características dos plásticos destacam-se a leveza, a durabilidade e envelhecimento, a resistência mecânica, resistência ao frio, ao calor, aos agentes químicos e aos agentes fisiológicos, a permeabilidade aos gases e a impermeabilidade aos líquidos e o isolamento térmico.

2.1.1.1 Leveza

Esta característica é fundamental uma vez que quanto mais leve for este material, mais fácil será em termos de transporte e manuseamento e, conseqüentemente o custo também será menor.

Também se este for utilizado nas coberturas, as respectivas estruturas que a sustentam poderão ser mais leves, facilitando também a sua construção.

2.1.1.2 Durabilidade e envelhecimento

Segundo uma convenção internacional (Semedo, 1978) a durabilidade de um determinado filme é o tempo ao fim do qual as características mecânicas do filme estão a 50% das que este possuía no início da aplicação.

O envelhecimento ou degradação dos plásticos poderá ser mais rápido quando existe forte insolação, ou mais lento, pela adição à matéria-prima, de estabilizantes ou adjuvantes anti-UV. Ao longo do tempo tem-se tentado com sucesso aumentar a durabilidade dos filmes de PE.

Os filmes negros conseguem ter uma durabilidade superior aos transparentes por refletirem quase na totalidade as radiações UV.

2.1.1.3 Resistência mecânica

A resistência mecânica dos materiais plásticos varia não só pelo seu modo de fabrico, como também pela composição da matéria-prima inicial.

Esta é uma característica que também tem sido melhorada ao longo do tempo.

2.1.1.4 *Resistência ao frio e ao calor*

Sabe-se que os filmes de cobertura incrementam a temperatura uma vez que a energia proveniente do Sol atravessa o plástico de cobertura aquecendo o solo através da conservação da energia térmica latente devido ao efeito de estufa (Ramakrishna *et al.*, 2006).

Uma observação importante, é que nos filmes negros ou fumados, por estes absorverem mais energia solar, dilatam durante o dia e contraem durante a noite e por isso não devem ser utilizados sob tensão para se reduzir o risco de se rasgarem.

2.1.1.5 *Resistência aos agentes químicos e fisiológicos*

Em relação aos agentes químicos, por norma os materiais plásticos não são atacados pelos produtos químicos utilizados na agricultura.

Pelo contrário, relativamente aos agentes fisiológicos, estes podem ser perigosos mediante os adjuvantes que forem adicionados á matéria de base, especialmente se o seu destino for embalagens de produtos alimentares.

2.1.1.6 *Permeabilidade aos gases. Impermeabilidade aos líquidos*

Os filmes de cobertura previnem a evaporação da água do solo e retêm a humidade nele contida. Os filmes de cobertura retardam de maneira efetiva a perda de humidade do solo. Como resultado, o solo mantém-se com um teor de água mais elevado e uniforme reduzindo a frequência de irrigação. (Ramakrishna *et al.*, 2006)

Qualquer plástico utilizado na agricultura é considerado praticamente impermeável aos líquidos.

2.1.1.7 *Isolamento térmico*

O isolamento térmico dos materiais plásticos usados na horticultura depende essencialmente de 2 fatores: perdas de calor por convecção-condução, que acontecem através das respetivas coberturas quer durante o dia, quer durante a noite; e perdas de calor relacionadas com a radiação infravermelha.

2.1.2 Vantagens da utilização de plásticos em horticultura

A utilização de filmes plásticos para cobertura de solo em culturas agrícolas apresenta diversas vantagens, como por exemplo: uma maior produção, maior precocidade e um controlo mais eficiente das infestantes (Green *et al.*, 2003).

Os filmes plásticos são agora utilizados em todo o mundo para proteger as culturas de condições desfavoráveis de crescimento, tais como a presença de insetos, pássaros e condições meteorológicas severas (Kasirajan & Ngouajio, 2012).

Os plásticos começaram a ser utilizados em regiões frias, com o principal objetivo de proteção contra as amplitudes térmicas. Atendendo aos avanços tecnológicos alcançados nas últimas décadas, os plásticos são utilizados em todo o tipo de climas, solos e estações devido aos inúmeros benefícios, para além da temperatura do solo melhorada (Kasirajan & Ngouajio, 2012)

As coberturas de plástico alteram o microclima da cultura, alterando o balanço energético do solo, de modo a diminuir a sua perda de água (Tarara, 2000). Propriedades do plástico como a refletividade e absorvância, e a sua interação com a radiação solar tem um efeito direto sobre a temperatura do solo sob o “*mulch*” (Schales & Sheldrake 1963).

Temperaturas mais elevadas do solo aumentam a disponibilidade de nutrientes, conseqüentemente há uma melhoria na absorção de nutrientes pelas raízes, que faz aumentar a atividade dos microrganismos do solo, e, simultaneamente acelera a germinação e crescimento das plantas (Tindall *et al.*, 1991)

A maioria das referências bibliográficas sobre coberturas de plástico mostra que um dos principais benefícios associados á utilização de plásticos de cobertura é o aumento da temperatura na zona radicular. O filme plástico é uma barreira de prevenção para a evaporação da água do solo e canaliza o excesso de chuva longe da zona de raiz mantendo assim a humidade em níveis mais estáveis (McCraw & Motes 1991).

O mulch protege o solo da erosão hídrica e eólica e de possíveis danos causados pelo granizo (Kasirajan & Ngouajio, 2012).

Os benefícios da utilização de filmes de polietileno na produção de culturas são bem documentados e incluem um maior crescimento da raiz e uma melhor captação de nutrientes, a maturação precoce e um maior rendimento de frutos. Melhorou também a qualidade dos frutos e houve uma menor incidência de doenças virais do que nas plantas cultivadas sem cobertura. (Kasirajan & Ngouajio, 2012). Segundo estes autores, com a utilização do mulch reduz-se o aparecimento de plantas daninhas de 64% para 98% durante o seu período de crescimento.

A cobertura do solo tem também impactos positivos na compactação do solo, permanecendo mais solto, friável e bem arejado. Nestas condições as raízes têm melhor acesso ao oxigénio e a atividade microbiana é melhorada (Graci *et al.*, 2008).

2.1.3 Limitações da utilização de plásticos em horticultura

Uma das maiores limitações da contínua utilização de plásticos em horticultura está relacionada com o destino dos resíduos plásticos e com o seu impacto ambiental amplamente conhecido como negativo (Agrobiofilm, 2013).

O aumento substancial da produção e a baixa biodegradabilidade dos polímeros comerciais, particularmente dos plásticos utilizados na agricultura e indústria de embalagens, chamou a atenção pública para um potencial problema de acumulação que gera poluição ambiental e que pode persistir durante séculos (Albertsson *et al.* 1987).

O baixo preço dos materiais plásticos não incentiva a sua recuperação e reciclagem, no entanto, devido às grandes quantidades de plástico envolvidas, os investigadores começaram a desenvolver filmes plásticos que se autodestruíssem por modificações químicas adequadas. (De Carsalade, 1986)

Os resíduos plásticos podem ser eliminados através de deposição em aterro, incineração ou reciclagem. Devido á sua persistência no meio ambiente, várias comunidades são agora mais sensíveis ao impacto da descarga dos plásticos no meio ambiente, também pelos efeitos sobre a vida selvagem e sobre a qualidade estética das cidades e florestas. (Kasirajan & Ngouajio, 2012)

Materiais plásticos descartados de forma inadequada são uma fonte significativa de poluição ambiental comprometendo a qualidade de vida das populações. Além disso, a queima de plásticos produz conhecidos poluentes orgânicos persistentes como furanos e dioxinas (Jayasekara *et al.*, 2005).

As dioxinas são conhecidas como desreguladores endócrinos e substâncias cancerígenas (Levitan & Barro, 2003). Além das dioxinas e outros compostos refratários, a exposição a partículas finas (diâmetro <2,5 mm) provenientes da queima a céu aberto tem sido associado a muitos efeitos na saúde pública tais como aumento do risco de acidente vascular cerebral, ataques de asma, diminuição da função pulmonar, doenças respiratórias, e morte prematura (Hong *et al.*, 2002).

Embora a reciclagem seja uma opção, os filmes de polietileno utilizados em horticultura estão contaminados com sujidade e detritos para serem reciclados diretamente a partir do campo, o que acontece é que filmes plásticos com mais de 5%

de contaminantes em peso não são aceites para reciclagem. Na realidade, os contaminantes como por exemplo pesticidas, fertilizantes, partículas de solo, detritos e vegetação húmida presentes nos plásticos agrícolas podem ser de até 40-50% do seu peso. (Hussain & Hamid, 2003)

As tentativas de reciclagem do filme plástico têm sido prejudicadas devido às suas dificuldades práticas e aos custos elevados. (Olsen & Gounder 2001).

Em alternativa, estes filmes poderiam ser incinerados para produzir calor ou eletricidade uma vez que estes contêm quase tanto potencial de energia por unidade de peso como o combustível (Quadro 2.1).

Quadro 2.1 Rendimento energético de diversos materiais (Adapatado de Kasirajan & Ngouajio, 2012)

MATERIAIS	CALOR ESPECIFICO DE COMBUSTÃO (kJ/kg)
Combustível	48613.4
Polietileno	46287.4
Polipropileno	46171.1
Poliestireno	41402.8
Pneus	30238.0
Madeira de pinho	22329.6
Madeira de carvalho	19305.8
Jornal	18608.0
Têxteis	16049.4
Resíduos sólidos urbanos (RSU)	10467.0
Resíduos de jardim	6978.0
Desperdício de comida	6047.6

A desvantagem desta situação é o custo do investimento inicial, uma vez que um incinerador com turbinas a vapor, geradores, e um purificador do sistema, para reduzir as emissões poluentes tem um custo muito elevado (Lamont, 2005).

Muitos operadores de aterros rejeitam filme plástico para ser depositados devido ao seu elevado nível de contaminação. Uma das principais críticas de deposição em aterro é o facto de que os resíduos nos aterros, incluindo plásticos, ou não se degradem ou se degradem a uma taxa muito baixa. (Kasirajan & Ngouajio, 2012)

2.2 Alternativas ao mulch de polietileno (degradáveis)

Vários investigadores em todo o mundo estão interessados no desenvolvimento da área dos biopolímeros. Em 1990, o governo alemão publicou um convite para a investigação e desenvolvimento de termoplásticos biodegradáveis. Por esta razão, muitos engenheiros de materiais alemães têm centrado o seu trabalho sobre o meio ambiente e plásticos biodegradáveis estáveis (Kasirajan & Ngouajio (2012).

A Universidade de Queen Mary em Londres, Inglaterra tem um departamento de plástico, que trabalha ativamente no desenvolvimento de bio compostos (Hogg 2001).

Vários materiais têm sido criados por estes investigadores, incluindo a linha Bayer BAK que foi introduzido em 1996. Novamont, uma empresa italiana, introduziu a linha Mater-Bi por razões semelhantes (Kasirajan & Ngouajio, 2012).

Uma solução alternativa para reduzir os resíduos de “mulches” de PE é desenvolver coberturas fotodegradáveis ou biodegradáveis.

2.2.1 Plásticos foto-degradáveis e oxo-degradáveis

Os plásticos foto-degradáveis são aqueles em que as reações químicas de degradação ocorrem pela ação da radiação solar (Agrobiofilm, 2013).

Os filmes fotodegradáveis foram testados de forma intermitente durante mais de 20 anos. Os resultados têm sido variáveis, com muitos filmes a degradarem-se prematuramente (Greer & Dole 2003). Além disso, tem sido questionada a capacidade de degradação das coberturas de solo fotodegradáveis em CO₂ e H₂O que são fabricadas com ingredientes á base de petróleo. (Zhang *et al.*, 2008).

Produtos fotodegradáveis mais recentes têm mostrado características de degradação mais satisfatórias quando testados em diferentes regiões dos EUA. Três grandes produtos comerciais foram: *Plastigone*, produto ativado por radiação UV, com o tempo controlado para a degradação do plástico e *Biolan*, uma cobertura para solos agrícolas concebido para se foto degradar de acordo com uma predeterminada programação, em partículas inofensivas, que, em seguida, se biodegradam em CO₂ (Lamont & Marr, 1990).

Um dos problemas associados a estes plásticos é a sua contínua utilização de recursos não renováveis e a sua incapacidade de se decompor totalmente no solo em CO₂ e H₂O, devido á ausência de luz (Agrobiofilm, 2013).

Normalmente, o tempo de vida útil dos filmes plásticos, excede a duração dos ciclos culturais, e geralmente, acaba por ser deixado no solo depois de ser retirada a cultura. Embora a parte exposta à luz sofra foto-degradação o que contribui para a

decomposição do plástico foto degradável de cobertura, o resto do material é simplesmente quebrado em pedaços durante a preparação do solo para um novo ciclo cultural, sendo alguns fragmentos enterrados e os remanescentes ficam na superfície do solo. Os pedaços que ficam enterrados são os mais difíceis de se decompor uma vez que são menos afetados pela luz e altas temperaturas, originando a acumulação de poluentes no solo com sérios problemas cuja repercussão ambiental não foi ainda completamente avaliada. (Gonzalez *et al*, 2002).

Foram também desenvolvidos e utilizados na agricultura, filmes foto-degradáveis contendo amido. Estes são capazes de elevar a temperatura, preservar a humidade e aumentar o rendimento comparando com filmes de PE, e pode ser degradado ambientalmente após a sua utilização. As coberturas de plástico foto-degradável têm sido eficazes, mas provaram ser pouco fiáveis, bem como dispendiosas na sua utilização (Greer & Dole 2003).

Os materiais foto degradantes consistem geralmente em polietileno com aditivos que aumentam a sua degradação em função da luz solar. No entanto, a degradação é inibida por culturas que cobrem a cobertura de solo quando crescem, porque a exposição à luz ultravioleta é reduzida ou evitada. A degradação é também mais lenta em áreas que recebam menos radiação solar (Greer & Dole 2003).

Os plásticos oxo-degradáveis são produzidos a partir de polímeros baseados em petróleo, como o polietileno, ao qual são adicionados aditivos (normalmente sais metálicos). Estes comportam-se de modo semelhante aos materiais foto-degradáveis, isto é, a parte enterrada não sofre degradação uma vez que precisam de ser expostos ao calor e/ou radiação (Kasirajan & Ngouajio, 2012).

A degradação de plásticos oxo-degradáveis ocorre através de um processo químico denominado por degradação oxidativa onde as moléculas são quebradas em fragmentos mais curtos, por ação do oxigénio, luz UV e/ou calor (Agrobiofilm, 2013).

A fragmentação dos plásticos oxo-degradáveis é fruto de uma reação química e não de um processo de biodegradação, deste modo os fragmentos resultantes permanecerão no ambiente. Este tipo de plásticos aparenta ser a pior solução do ponto de vista ambiental uma vez que o PE convencional não sofre alterações e pode ser retirado do meio ambiente, enquanto os fragmentos microscópicos de plásticos oxo-degradáveis são impossíveis de controlar e recolher (Agrobiofilm, 2013).

Uma alternativa aos plásticos fotodegradáveis pode ser a utilização de películas biodegradáveis, feitos de amido de milho e outros polímeros biodegradáveis uma vez que estes são fragmentados pela ação de humidade e de microrganismos, e decompõem-se completamente em CO₂ e H₂O. (Kasirajan & Ngouajio, 2012).

2.2.2 Plásticos biodegradáveis

Um método alternativo adequado para a eliminação de filmes plásticos é a utilização de materiais biodegradáveis.

No final da sua vida, os materiais biodegradáveis podem ser incorporados diretamente no solo, onde a microflora os transforma em dióxido de carbono ou metano, água e biomassa. Uma vez que estes materiais não produzem resíduos que requerem a sua eliminação, podem representar uma alternativa ecológica sustentável aos filmes de PEBD (Kapanen *et al.*, 2008).

Hoje em dia, uma grande variedade de polímeros sintéticos á base de petróleo são produzidos em todo o mundo (cerca de 140 milhões de toneladas/ano), e grandes quantidades destes polímeros são introduzidos no ecossistema como resíduos de produtos industriais (Shimao, 2001). A utilização de mulch foto-degradável, durante os anos 1970 e 1980, chamado erroneamente de mulch degradável, desanimou a utilização e aplicação de novos mulches biodegradáveis, uma vez que eram muito caros e a sua fragmentação era imprevisível. Além disso, a sua utilização aumentou os custos de controlo de plantas daninhas e os custos de remoção por se quebrar prematuramente no campo. Um material verdadeiramente biodegradável deve ser destruído ou pelos microrganismos do solo, ou serem bio assimilados ou mineralizados (Kasirajan & Ngouajio, 2012).

Os plásticos biodegradáveis têm aberto o caminho para novas estratégias de gestão resíduos, uma vez que estes materiais são concebidos para se degradarem sob condições ambientais estratégicas ou nas instalações de tratamentos municipais. Com propriedades materiais semelhantes aos plásticos convencionais, os plásticos biodegradáveis têm sido desenvolvidos ao longo dos últimos anos. Têm sido feitos esforços para se desenvolver produtos plásticos ambientalmente compatíveis, incorporando polímeros renováveis como alternativa a produtos químicos derivados do petróleo. Os polímeros renováveis são relativamente baratos, ambientalmente amigáveis e naturalmente biodegradáveis. Particularmente, material vegetal renovável derivado de subprodutos de culturas, ou os seus resíduos processados industrialmente, oferecem uma boa fonte de fibra para aplicações. (Kasirajan & Ngouajio, 2012).

Atualmente, o plástico biodegradável representa apenas uma pequena parte do mercado, em comparação com o material de petroquímica convencional. Alguns polímeros que se encontram comercialmente disponíveis, e atualmente em investigação encontram-se no Quadro 2.2.

Quadro 2.2 Polímeros para filmes disponíveis comercialmente ou sob investigação (adaptado de Kasirajan & Ngouajio, 2012)

TIPOS DE <i>MULCH</i> PLÁSTICO	ESTADO	BIODEGRADÁVEL
POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PDBD)	Disponível comercialmente	Não
POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE LINEAR (PDBDL)	Disponível comercialmente	Não
ESPUMA VINÍLICA ACETINADA (EVA)	Disponível comercialmente	Não
MISTURAS DE PDBD COM PDBDL COM EVA	Disponível comercialmente	Não
ÁCIDO POLILÁCTICO (APL)	Sob investigação	Sim
COPOLÍMEROS POLIHIDROXIBUTIRATO (PHB)	Sob investigação	Sim
COPOLÍMERO DE POLICAPROLACTONA (PCL) E AMIDO	Sob investigação	Sim
POLÍMERO À BASE DE AMIDO	Sob investigação	Sim
ÓLEO VEGETAL REVESTIDO DE PAPEL KRAFT	Sob investigação	Sim

O amido tem sido amplamente usado como matéria-prima em produção de filmes devido ao aumento dos preços e à diminuição de disponibilidade de resinas que são usadas para formar as películas convencionais (Kasirajan & Ngouajio, 2012).

O amido é um polímero natural que pode facilmente ser fundido em películas por um processo chamado gelatinização. Estes plásticos foram concebidos de modo a, após um período de campo, a combinação entre a exposição à luz UV e a atividade microbiana provoque a destruição do filme de cobertura de solo (Feuilloley *et al.*, 2005).

O amido também é útil na produção de filmes agrícolas uma vez que se degrada em produtos inofensivos quando é colocado em contacto com os microrganismos do solo. Segundo Kasirajan & Ngouajio (2012), o alto teor de amilose no amido é conhecido por formar películas resistentes e flexíveis devido às suas propriedades de gelificação fortes e à sua estrutura de polímero linear helicoidal.

2.2.2.1 *Matéria-prima Mater-Bi*

No início da década de noventa do século XX, foram introduzidos no mercado dos plásticos, polímeros biodegradáveis. Estes oferecem uma alternativa promissora para polímeros tradicionais não-biodegradáveis quando a reciclagem não é económica ou praticável (Kasirajan & Ngouajio, 2012).

Os bioplásticos são materiais cujas propriedades e características de utilização são muito semelhantes aos dos plásticos convencionais, mas, ao mesmo tempo, são biodegradáveis e compostáveis de acordo com a norma europeia UNI EN 13432, a referência mais importante para os fabricantes de materiais técnicos, autoridades públicas, certificadoras e consumidores (<http://www.novamont.com>).

O material utilizado no presente ensaio de campo foi o mulch fornecido pela Silvex, produzido pelo consórcio AGROBIOFILM, com a matéria-prima Mater-Bi[®], patente da Novamont.

Quimicamente, a matéria-prima Mater-Bi[®], é um co-poliéster alifático/aromático com matriz de amido (Agrobiofilm, 2013).

2.3 Biodegradação

A Sociedade Americana de Testes e Materiais (ASTM) e a Organização Internacional de Normalização (ISO) definiram o termo degradação como "um processo irreversível que conduz a uma alteração significativa da estrutura de um material, caracterizado por uma perda das propriedades (por exemplo, integridade, peso molecular, estrutura ou resistência mecânica) e / ou fragmentação. "

A biodegradação é um processo de degradação resultante da ação de microrganismos que ocorrem naturalmente, tais como bactérias, fungos, e algas (Kasirajan & Ngouajio, 2012).

De acordo com a norma ASTM D-5488-94d a biodegradação é definida como "processo que é capaz de decompor materiais em dióxido de carbono, metano, água, compostos inorgânicos, ou biomassa, em que o mecanismo predominante é a ação enzimática de microrganismos, que pode ser medido por testes convencionais, num período específico de tempo, refletindo as condições existentes. A biodegradação pode ocorrer em diferentes níveis estruturais, isto é, molecular, macromolecular, macroscópica e microscópica dependendo do mecanismo (Singh & Sharma, 2007).

2.4 A cultura: ESCAROLA

Segundo Domingos Almeida (2006), a escarola (*Cichorium endivia* L.) é uma espécie afim da chicória (*Cichorium intybus*). Admite-se que surgiu de um cruzamento entre *C. punctinom* x *C. intybus*.

Possivelmente esta espécie é originária do Mediterrâneo, no entanto há quem defenda que tenha surgido na Índia. A escarola terá sido utilizada no Egito, Grécia e Itália. Primeiro surgiram os tipos de folhas largas, e só depois, a partir do séc. XIII surgiram os tipos de folhas estreitas e frisadas. Esta cultura permaneceu na região mediterrânica durante séculos, apenas chegando ao Reino Unido por volta do séc. XVI.

2.4.1 Utilizações e Composição

Normalmente, as folhas da escarola são consumidas cruas, em saladas.

Em comparação com a alface, esta cultivar tem um sabor amargo, estimulante de apetite. Em relação á anterior, o valor nutritivo da escarola é maior do que o da alface no que se refere ao fósforo, sódio, potássio, fibra e β -carotenos percussores da pró-vitamina A (Almeida, 2006).

No Quadro 2.3, apresenta-se a composição média das folhas de escarola.

Quadro 2.3 Composição média das folhas de escarola. Valores expressos por % de MS (Adaptado de Almeida, 2006)

Proteína (%)	0,08
Fibra (%)	0,19
K (%)	5,23
Ca (%)	0,87
P (%)	0,47
Mg (%)	0,25
Na (%)	0,37
Fe (%)	0,01
Vitamina A (%)	0,039

A escarola é produzida principalmente na Europa e América do Norte numa escala relativamente pequena. Os principais produtores desta cultivar são a Itália, França, Bélgica, Espanha, Holanda e EUA.

2.4.2 Morfologia

Morfológica e fisiologicamente, a escarola é semelhante á alface em vários aspetos. As folhas têm diversas formas, dependendo da cultivar, e a espécie é de ciclo anual. Predominantemente, a polinização é autogâmica.

Existem dois tipos de Escarola: Escarola Lisa ou Escarola Frisada. É uma cultivar com folhas estreitas e bastante recortadas. Comparativamente á Escarola Lisa, a roseta é menos densa e o diâmetro superior. Possui menos folhas branqueadas e tem um sabor mais amargo. (Almeida, 2006).

2.4.3 Preferências edafoclimáticas

A escarola é uma cultura de estação fresca, com preferências edafoclimáticas semelhantes ás da alface. É mais tolerante às temperaturas elevadas do que a alface. Quando exposta a baixas temperaturas, pode ocorrer espigamento precoce na Primavera.

Esta cultura tem preferência por solos de texturas ligeiras ou médias. O pH ótimo situa-se entre 6 e 7, mas a escarola tolera a acidez melhor do que a alface (Almeida, 2006).

No Quadro 2.4 pode visualizar-se as temperaturas cardinais para a cultura em teste.

Quadro 2.4 Temperaturas cardinais para a cultura da escarola (fonte: Almeida, 2006)

Parâmetro	Temperatura (°C)
Germinação	
Mínima	3-5
Ótima	15-20
Máxima	25-30
Vegetação	
Mínima	6
Ótima	15-20
Máxima	30

2.4.4 Cultura

A preparação do terreno, a instalação da cultura e as técnicas utilizadas para a condução da cultura da escarola, tanto ao ar livre como em estufa, são semelhantes às da alface. Segundo a bibliografia, o ciclo cultural tem uma duração entre 80 a 120 dias (Almeida, 2006).

As exportações de nutrientes pela cultura apresentam-se sistematizadas no Quadro 2.5.

Quadro 2.5 Exportação total de nutrientes pela cultura da escarola (Adaptado de Almeida, 2006)

Produtividade (t/ha)	N (kg.ha ⁻¹)	P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹)	K ₂ O (kg.ha ⁻¹)	CaO (kg.ha ⁻¹)	MgO (kg.ha ⁻¹)
10	17,8	8	45,4	8,2	3,2

Legenda: N= Azoto, P₂O₅= Pentóxido de Fósforo, K₂O=Óxido de Potássio, CaO= Óxido de Cálcio, MgO= Óxido de Magnésio

A escarola é sensível ao défice hídrico por possuir um pequeno sistema radicular. Os períodos de stresse hídrico podem originar o desenvolvimento de necrose marginal e espigamento precoce.

A escarola pode ser cultivada ao ar livre ou em estufa, utilizando as cultivares adequadas á climatologia do local e á estação do ano.

No que diz respeito a doenças e pragas, também verificamos nesta cultura os mesmos sintomas que a alface (Almeida, 2006).

2.4.5 Colheita

Normalmente, a colheita é realizada quando as plantas atingem 200 a 300g. A escarola é cortada manualmente e são removidas as folhas exteriores envelhecidas.

Sabe-se que em 2001, na Itália, a Escarola atingiu uma produção de 21 t/ha (<http://francescofiume.altervista.org>). As folhas exteriores, verde-escuras e não branqueadas, são amargas. As folhas interiores, mais claras, têm um sabor mais suave (Almeida, 2006).

CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ENSAIO

3.1 A empresa

A Vitacress é uma empresa especializada na produção, exploração, lavagem e embalagem de muitas variedades de vegetais, tais como o agrião, rúcula, ervas aromáticas frescas, saladas de folhas tenras, entre outros. Surgiu em Inglaterra e iniciou a sua produção em Portugal nos anos 80. Revelou-se desde então um caso de sucesso, tendo criado, em 1986, uma grande exploração em Odemira, no Alentejo que hoje é a sede do grupo Vitacress Portugal.

A Vitacress Portugal explora cerca de 250 hectares de terrenos agrícolas (incluindo túneis e estufas) e emprega cerca de 300 colaboradores. São mecanizadas e controladas todas as fases do processo produtivo, desde a sementeira à colheita, bem como a fileira do produtor ao consumidor. São privilegiados os métodos de cultivo biológico e não se aplicam químicos, mas apenas fertilizantes não poluentes.

A experiência dos agricultores é, também, aproveitada e valorizada. Depois de embalados diretamente pelos trabalhadores, os produtos são disponibilizados em espaços comerciais, prontos a consumir em fresco.

Para além dos vegetais, a empresa também desenvolve, produz e comercializa, obedecendo aos mesmos critérios de produção, sopas, saladas e batatas (www.vitacress.pt).

3.2 Localização do ensaio

O ensaio decorreu nos terrenos da Quinta dos Cativos (37°34'46.7"N, 8°39'44.4"W), situada na Boavista dos Pinheiros, concelho de Odemira, distrito de Beja (Figura 3.1), propriedade da empresa Vitacress, entre os meses de Março e Abril de 2015.



Figura 3.1 Localização da empresa Vitacress no mapa de Portugal continental

3.3 Caracterização do clima

A região do Baixo Alentejo, mais propriamente Odemira, possui um clima mediterrânico, com um período seco de 80 a 100 dias, durante o Verão, em que a temperatura média varia entre os 23°C e os 29°C. No Inverno, as temperaturas são amenas. Existem algumas diferenças climáticas entre o litoral e o interior do concelho.

Segundo a classificação de Köppen o clima é classificado como mesotérmico húmido com estação quente e seca no Verão (Csa) (Instituto Português do Mar e da Atmosfera – IPMA, 2015).

Nas Figuras 3.2 e 3.3 pode-se observar a variação da temperatura e da precipitação da região de Beja. A temperatura mais alta que foi registada foi 45,4°C no mês de Agosto e a temperatura mínima foi 3,2°C registada nos meses de Fevereiro e Março.

As temperaturas médias do mês mais quente (Agosto) e dos meses mais frios (Janeiro e Fevereiro) são, respetivamente, de 24,8°C e 10,8°C e 13,4°C.

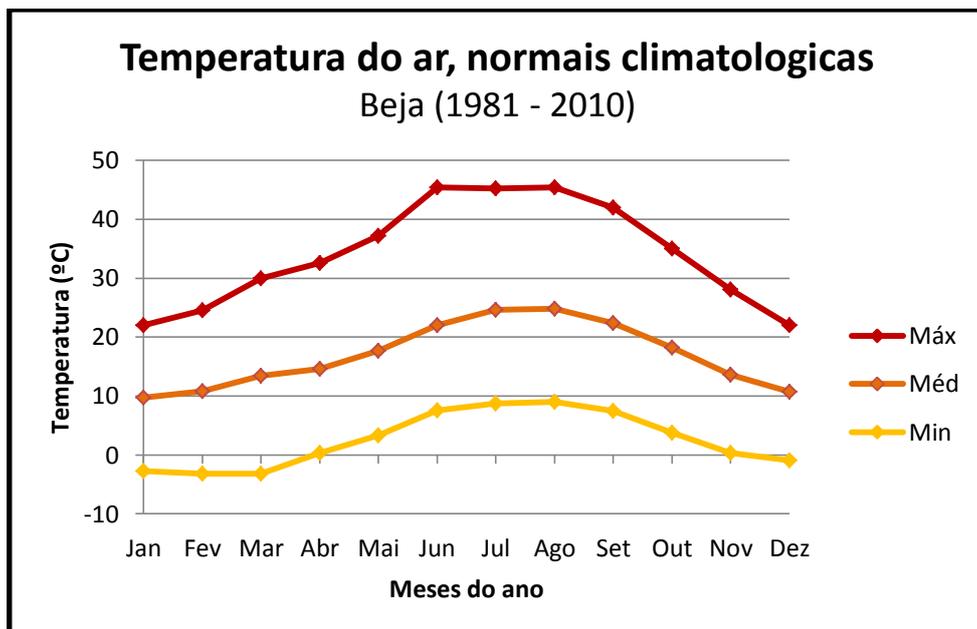


Figura 3.2 Temperaturas mínimas, médias e máximas do ar, Beja

(Fonte: Instituto de Meteorologia de Portugal - <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/002/>)

Relativamente á precipitação média anual desta região é de cerca de 46,5 mm. O valor máximo e mínimo absoluto ocorreram nos meses de Novembro e Julho com os valores de 111,3 mm e 16,9 mm respetivamente.

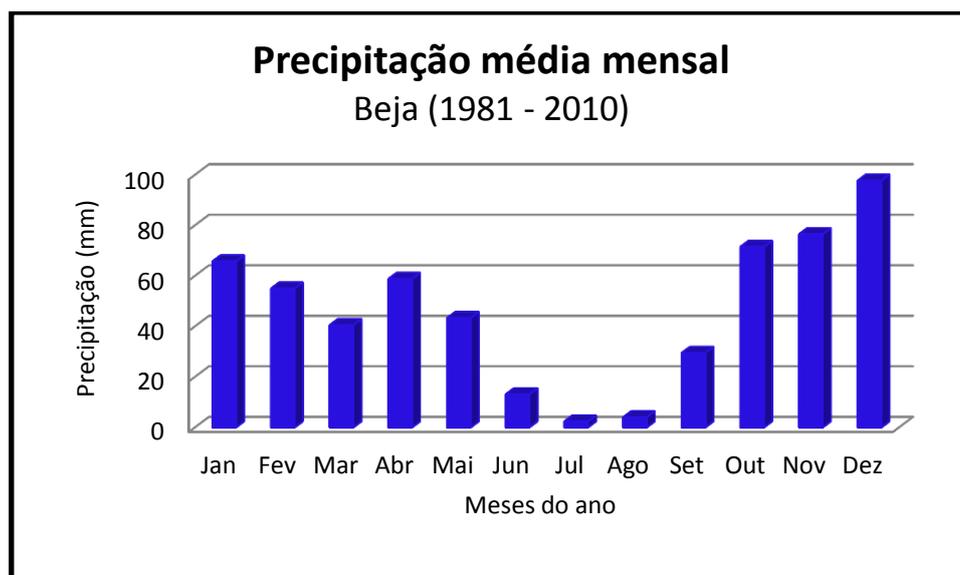


Figura 3.3 Valores médios da precipitação mensal, Beja

(Fonte: Instituto de Meteorologia de Portugal - (<http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/002/>))

CAPITULO 4 - MATERIAL E MÉTODOS

Neste ensaio, o tipo de escarola utilizada foi a Escarola Frisada. Procedeu-se á monitorização de um ciclo cultural, à realização de análises químicas ao solo bem como aos exemplares da plantação colhida no final do ensaio de campo.

Relativamente aos plásticos utilizados foi fundamental testar a sua permeabilidade bem como a sua taxa de biodegradação no solo, em ambiente controlado.

4.1 Análise de solo

Antes da instalação do ensaio procedeu-se à colheita de 2 amostras de solo para a realização de análises de rotina.

As amostras recolhidas são representativas do local do ensaio realizado em Odemira, e por isso passou-se a designar por “Solo Odemira”, um solo com textura arenosa grosseira.

Para a realização do ensaio de biodegradação, e uma vez que as características do solo estão diretamente relacionadas com a capacidade de biodegradação, optou-se por comparar o solo do local dos ensaios de campo com um solo de características diferentes, tendo-se para isso selecionado e recolhido solo de campos agrícolas de Ervidel (“Solo Ervidel”), situado no concelho de Aljustrel (Beja). Este segundo solo foi escolhido por se localizar numa região favorável á produção hortícola e por estar incluído no perímetro de rega da barragem do Alqueva, região esta onde tem vindo a crescer a atividade agrícola.

Para a realização das análises, as amostras de solos recolhidas foram secas e posteriormente crivadas em crivos com uma malha de 2 mm tendo sido analisados os seguintes parâmetros: pH, condutividade, teor de matéria orgânica, carbonatos, fósforo extraível e potássio extraível (Quadro 4.1).

Quadro 4.1 Parâmetros e métodos utilizados na análise de solos

Parâmetro	Unidades	Solo Odemira	Solo Ervidel
		Método	
pH (H ₂ O) (1:2,5)		Potenciometria	
Fósforo extraível (P ₂ O ₅)	(mg/kg)	Extração Égner-Rhiem, EAM VIS/UV	
Potássio extraível (K ₂ O)	(mg/kg)	Extração Égner-Rhiem, fotometria de chama	
Carbono Total	(%)	Combustão, detecção de CO ₂ por IV	
Condutividade elétrica (1:2)	(mS/cm)	Condutivimetria	
Calcário total (CaCO ₃)	(%)	Digestão ácida, detecção de CO ₂ por IV	

O pH mede a acidez e a alcalinidade, medindo a concentração de iões de Hidrogénio (H⁺) e de iões Hidróxidos (OH⁻) presentes no solo.

O fósforo é um elemento essencial para o crescimento, interferindo nos processos energéticos da planta, induzindo a absorção de água e nutrientes do solo. As deficiências de fósforo apresentam um tom arroxeadado das folhas mais velhas enquanto relativamente ao seu excesso não existe sintomatologia.

O Potássio é um nutriente mineral essencial para plantas. A sua importância deve-se á importante ativação enzimática, uso eficiente da água, fotossíntese, transporte de açúcares, água e movimento de nutrientes, síntese de proteínas, formação de amido e sobretudo, á qualidade da cultura.

Um dos principais indicadores da qualidade do solo é o seu conteúdo em carbono orgânico, pois promove inúmeras funções químicas, físicas e biológicas que atuam nos sistemas agrícolas e ambientais.

A matéria orgânica do solo desempenha um papel fundamental na manutenção das funções do solo, dada a sua influência na estrutura e estabilidade do solo, retenção de água, biodiversidade e como fonte de nutrientes para as plantas. O teor de matéria orgânica resultou da determinação do teor de carbono total, através da seguinte expressão (Verlengia & Gargantini, 1968):

$$\text{Matéria orgânica}(\%) = \text{Carbono total} (\%) \times 1,724$$

A condutividade do solo é uma excelente indicação da presença de sais nutritivos, é uma medida do percurso da condução elétrica e é uma medida indireta, que indica a quantidade de iões presentes numa solução.

4.2 Delineamento experimental

Neste ensaio, o tipo de escarola utilizada foi a Escarola Frisada (*Cichorium endívia* var. *crispa*; fr. chicorée frisée; ing endive) também denominada por Chicória Frisada.

O ensaio foi instalado ao ar livre entre o dia 5 de Março e 28 de Abril de 2015. Foi conduzido em três modalidades diferentes de coberturas de solo: Polietileno (PE), usado tradicionalmente, com 140 cm de largura, e dois plásticos biodegradáveis denominados “*Short Cycle (SC)*” e “*Salads (S)*” com 110 cm de largura.

O delineamento experimental foi em blocos causalizados, com as 3 modalidades (PE, SC e S), correspondentes aos 3 tipos de plástico de cobertura de solo.

De acordo com a análise do Quadro 4.2 é possível verificar que os filmes biodegradáveis apresentam uma espessura menor do que o PE tal como é habitual neste tipo de filmes (Agrobiofilm, 2013). A largura dos filmes biodegradáveis utilizados foi inferior ao PE devido à indisponibilidade temporária da medida pretendida, não tendo sido alterado o espaçamento entre plantas.

Relativamente aos dois filmes biodegradáveis, o que diferencia as duas soluções são o momento da produção pois o S corresponde á produção antes da estabilização da produção, filme este que é desperdiçado e não comercializado, enquanto o SC corresponde á produção já estabilizada, verificada pelo controlo de qualidade e comercializada.

Quadro 4.2 Principais características dos filmes de cobertura

	Polietileno	Short Cycle	Salads
Tipo de plástico	Convencional	Biodegradável	Biodegradável
Fornecedor	-	Silvex	Silvex
Fabricante	-	Silvex	Silvex
Composição	-	Mater-Bi [®]	Mater-Bi [®]
Cor	Negro	Negro	Negro
Espessura (µm)	27,5	15	15
Largura (m)	1,40	1,10	1,10
Densidade	-	1,27	1,27

Os plásticos biodegradáveis foram fornecidos pela empresa Silvex, e o plástico convencional foi o habitualmente utilizado pela Vitacress.

Na Figura 4.1 Ilustra-se através de um esquema o delineamento do ensaio experimental onde a distribuição dos filmes plásticos utilizados foi feita de forma aleatória, dentro da área de ensaio.

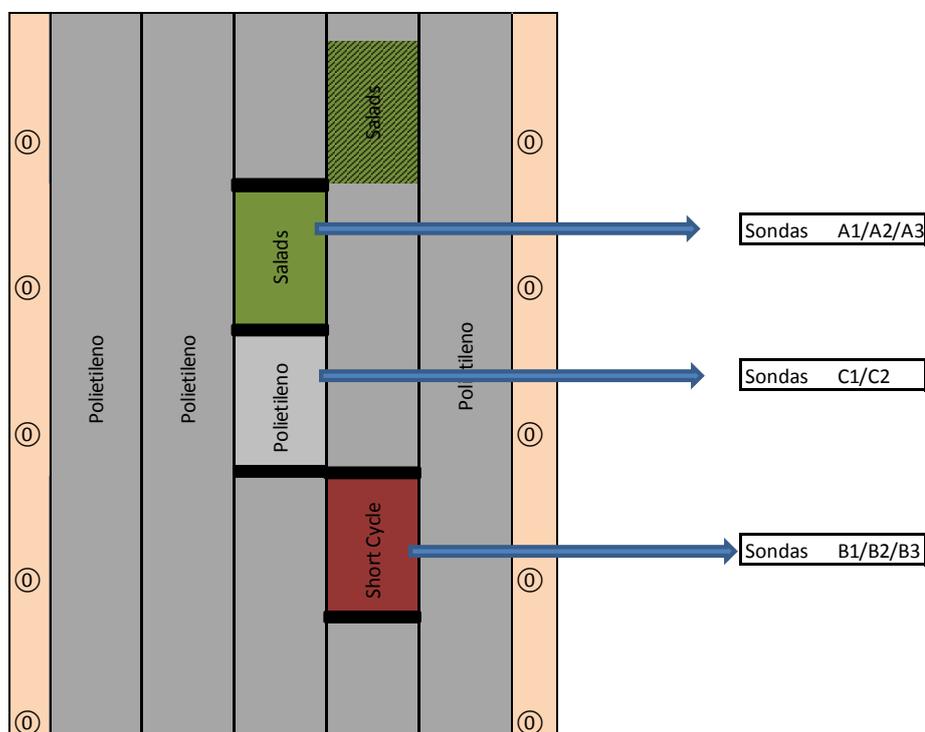


Figura 4.1 Esquema representativo do ensaio de campo

4.2.1 Monitorização da humidade e temperatura do solo

Os dados meteorológicos foram registados num sistema de aquisição de dados, instalado no local do ensaio (Figura 4.2) e equipado com um painel fotovoltaico para fornecimento de energia.

Para a medição da temperatura e humidade do solo, foram utilizadas 8 sondas Decagon 5TM de acordo com a seguinte distribuição: 2 sondas na zona do camalhão coberto por PE, 3 sondas colocadas na zona do camalhão coberto pelo filme biodegradável S e 3 sondas colocadas na zona do camalhão coberto pelo filme biodegradável SC, instaladas a cerca de 20 cm de profundidade. As sondas utilizadas apresentam segundo o fabricante uma precisão de +/- 3% para a humidade e +/- 1°C para a temperatura.

Os diversos sensores estão ligados a um datalogger que está programado para fazer o registo dos vários parâmetros com um intervalo de 5 min, guardando os dados da temperatura e humidade instantânea. Os dados foram posteriormente extraídos através do site www.fieldclimate.com e compilados.



Figura 4.2 Sistema de Aquisição de Dados

4.2.2 Técnicas culturais

As técnicas culturais utilizadas foram as tradicionalmente utilizadas pela Vitacress, empresa que acumula uma experiência de vários anos neste tipo de cultura nesta época do ano, não tendo sofrido qualquer alteração provocada pela utilização dos filmes biodegradáveis.

4.2.3 Preparação do terreno e aplicação da cobertura de solo

A preparação do terreno consistiu em operações de preparação de solo (Figura 4.3), efetuadas por colaboradores da Vitacress, tais como a fresagem e a adubação de fundo. Posteriormente o terreno foi armado em camalhões de 0,20 m de altura, e 1,10 m de largura, tendo de seguida e simultaneamente aplicado mecanicamente a fita de rega e coberto os camalhões com plástico convencional (PE) preto com 27,5 μm de espessura. Uma vez que a largura dos filmes biodegradáveis diferia da largura do PE e seria necessário uma afinação morosa da máquina que coloca o plástico (Figura 4.4 e 4.5) procedeu-se à aplicação dos filmes biodegradáveis manualmente.



Figura 4.3 Operações de preparação de solo



Figura 4.4 Filme Biodegradável SC a ser colocado manualmente



Figura 4.5 Adaptação dos camalhões à largura do Filme Biodegradável SC

4.2.4 Plantação e material vegetal

A plantação foi realizada manualmente com Escarolas Frisadas, depois de terem estado 5 semanas em Viveiros da empresa Campoeste S. A, no dia 5 de Março de 2015, sendo as plantas dispostas em 3 linhas por camalhão, com uma distância na linha e na entrelinha de 0,33 m (Figura 4.6 e 4.7)

Para efeitos de ensaio foram monitorizadas, 309 plantas no filme S, 138 no plástico convencional PE e 261 no filme SC, o que dá um total de 708 plantas em estudo.



Figura 4.6 Ensaio preparado com as Escarolas



Figura 4.7 Pormenor do Ensaio

4.2.5 Rega

Utilizou-se um sistema de rega localizada gota-a-gota, com gotejadores espaçados de 0,15 m, com um débito de 5 l/h.m linear de fita. Em cada camalhão foram utilizadas 2 fitas de rega com um espaçamento de 0,35 m entre elas, imediatamente abaixo do plástico de cobertura de solo (entre o plástico e a camada superficial de solo).

4.2.6 Fertilização

Ao longo do ensaio foram realizadas fertilizações de solo. Para fertilização de fundo foram aplicados os produtos designados comercialmente por: Fertifreiria, Amicote e Patent Kali e para efeitos de fertirrega foram utilizados os produtos Krista-K, Krista-Mag e Soluteck.

As quantidades aplicadas foram definidas pela Vitacress não sofrendo alterações entre modalidades.

4.2.7 Monitorização de pragas e doenças

O ensaio foi conduzido com o objetivo de se praticarem as Boas Práticas Agrícolas, tendo sido feita semanalmente a monitorização de pragas, doenças e infestantes presentes na cultura instalada. A aplicação de produtos fitofarmacêuticos foi feita apenas quando não existia qualquer prática cultural alternativa.

Os tratamentos efetuados foram definidos pela Vitacress não tendo sido verificadas diferenças entre modalidades.

4.2.8 Acompanhamento das plantas

Através do acompanhamento visual do ensaio, foi possível verificar a influência dos diferentes filmes de cobertura em estudo. Para esse efeito efetuou-se uma visita por semana ao campo de modo a acompanhar e registar todo o processo de desenvolvimento da cultura.

4.2.9 Colheita

Passados 57 dias do ensaio de campo (5/Mar – 28/Abr), deu-se por terminado o plano de monitorização.

Realizou-se a recolha de 12 exemplares (Figura 4.8 e 4.9) de cada modalidade de modo a podermos estimar a produção de Escarolas por modalidade. Estas foram colhidas no campo e transportadas em sacos próprios para o efeito até ao Instituto Superior de Agronomia de modo a poderem ser pesadas e analisadas.



Figura 4.8 Escarola no dia em que foi colhida (28 Abril) (SC)



Figura 4.9 Pormenor da vista de frente e trás da Escarola (28 Abril) (SC)

Com o auxílio de uma balança mecânica foi registado o peso das escarolas colhidas. Relativamente as análises químicas estas foram realizadas nos laboratórios 9 e 10 do Departamento de Ciências e Engenharia de Biosistemas, no Laboratório Pais de Azevedo (ISA) e ainda no Departamento de Alimentação e Nutrição do Instituto Ricardo Jorge.

Para a realização das análises, as amostras recolhidas foram secas e posteriormente moídas de modo a se obter partículas com diâmetro inferior a 2 mm, tendo sido analisados os seguintes parâmetros: Ferro, Potássio, Sódio, Magnésio,

Cálcio, Fósforo, Azoto, Fibra bruta (FB, ADF e NDF) e β – Carotenos precursores da Vitamina A (Quadro 4.3).

Quadro 4.3 Parâmetros e métodos utilizados na análise de Escarolas

Parâmetro	Unidades	Método
Fe	mg/L	Espectrofotometria de Absorção Atômica
K	mg/L	Espectrofotometria de Absorção Atômica
Na	mg/L	Espectrofotometria de Absorção Atômica
Mg	mg/L	Espectrofotometria de Absorção Atômica
Ca	mg/L	Espectrofotometria de Absorção Atômica
P	mg/L	Espectrofotometria de Absorção Molecular pela análise colorimétrica
N _t	%	Kjeldahl
FB	%	Van Soest
NDF	%	Van Soest
ADF	%	Van Soest
β - Caroteno	%	DAN URQ-PE41_01 L

4.3 Permeabilidade dos filmes plásticos

Uma das principais diferenças físicas entre os dois tipos de filmes (Biodegradável e Polietileno) utilizados no ensaio prende-se com a sua permeabilidade. Realizaram-se 2 ensaios de permeabilidade segundo a norma ASTM E96. Simulou-se quer a entrada de água (por absorção pela sílica), quer a saída (evaporação) em 2 modalidades de plástico: PE e SC. Neste caso optou-se por não se fazer esta determinação no plástico S, uma vez que, como já foi referido anteriormente o ensaio de campo com este plástico foi um teste piloto e por este ainda não ser comercializado.

Seguiu-se o método recomendado pela norma, com três repetições de cada modalidade de “mulch” (3 PE e 3 SC). Para a simulação da saída de água colocou-se 100ml de água por recipiente, e relativamente á simulação da entrada de água, colocou-se cerca de 110g de sílica por recipiente tapando-os com o filme de cobertura com o cuidado de ficarem bem aderentes evitando qualquer fuga (Figura 4.10). Todos

os 9 recipientes foram colocados num exsicador (Figura 4.11) e pesados durante 3 semanas (1x por dia) de forma a avaliar quer as perdas por evaporação, quer a absorção por parte da sílica de modo a se determinar a permeabilidade de cada plástico.



Figura 4.10 Preparação do ensaio de permeabilidade



Figura 4.11 Recipientes no exsicador (ensaio de permeabilidade)

4.4 Biodegradação

O ensaio de biodegradação foi realizado segundo a norma DIN EN ISO 17556. Esta tem como objetivo a determinação da biodegradabilidade aeróbia final no solo, medindo a quantidade de dióxido de carbono libertado (ISO 17556: 2003).

Utilizou-se esta norma de modo a que não só se consiga prever a biodegradação de resíduos de filme de cobertura biodegradável num ambiente real, mas também para que esta experiência possa ser facilmente replicada.

Este método foi concebido para estimar a taxa de biodegradação de um material plástico num solo de teste, através do controlo da humidade do solo, e para determinar a biodegradabilidade final do material.

4.4.1 Equipamento (UMIC Lab)

A incubação deve ser realizada à luz escura ou difusa num equipamento livre de vapores tóxicos para os microrganismos e mantido a uma temperatura constante de $\pm 1^{\circ}\text{C}$, de preferência entre os 20°C e os 25°C .

Neste caso foi utilizado um equipamento designado por UMIC Lab (Figura 4.12 e 4.13), este equipamento é composto por uma estufa de temperatura controlada onde

são colocados 9 frascos de ensaio estanques onde são introduzidas amostras de solo e de solo com o filme biodegradável. Cada frasco tem um difusor de ar inserido de modo a permitir a passagem do ar húmido através do solo. Estes difusores são alimentados por um fluxo de ar constante através de um tubo impermeável. Existe um outro tubo impermeável inserido no frasco de modo a se determinar a quantidade de CO₂ libertado pelo solo. (Figura 4.14).

O Umic Lab possui um sistema de medição instantânea automática. Possui uns sensores de medição incorporados com a mais recente tecnologia e são extremamente precisos. Mede a concentração de CO₂, a concentração de O₂, a temperatura, a humidade relativa e ainda o fluxo de ar que passa através do solo incorporado em cada frasco.

Ao utilizar este equipamento, os resultados são obtidos mais rapidamente do que quando são realizadas medições manuais, ao longo do ensaio os dados são armazenados automaticamente no software do aparelho e reduzindo assim a margem de erro. Pode-se assim concluir que o nível de conforto no trabalho é substancialmente melhorado (www.umic-science.com).



Figura 4.12 Visão geral do exterior do UMIC Lab



Figura 4.13 Visão geral do interior do UMIC Lab

4.4.2 Princípio

O filme de cobertura biodegradável, é misturado com o solo. A mistura é deixada praticamente em repouso num frasco durante um período de tempo durante o qual a quantidade de dióxido de carbono libertado é quantificada.

A quantidade de dióxido de carbono libertado é medida em intervalos de tempo dependentes em função da cinética de biodegradação da substância de ensaio por passagem de ar húmido sobre o solo (Figura 4.14).

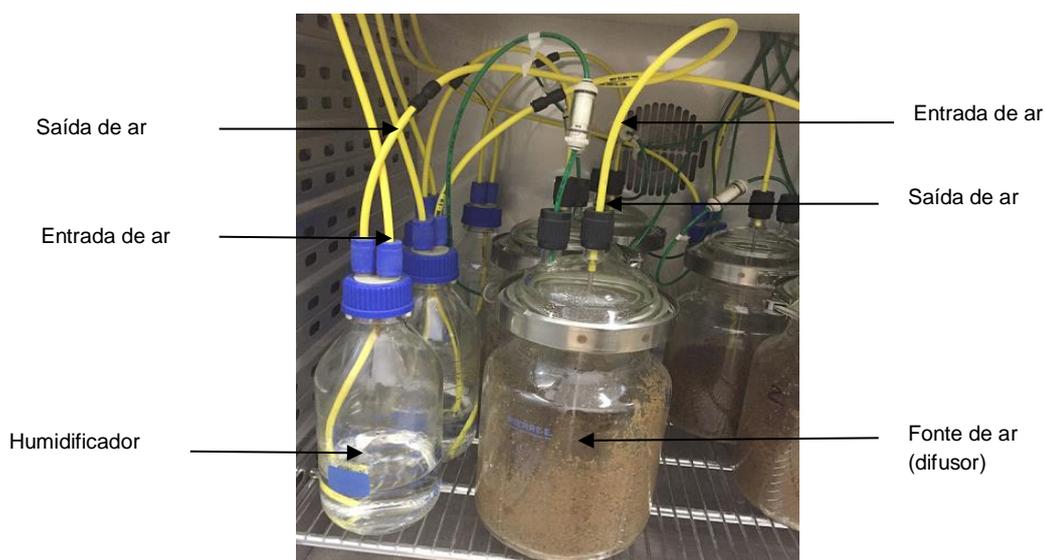


Figura 4.14 Esquema do sistema para medir a quantidade de CO₂ libertado

O nível de biodegradação, expresso em percentagem, é determinado por comparação entre a quantidade de dióxido de carbono libertado relativamente à sua quantidade teórica (ThCO₂). O teste é terminado quando tenha sido atingido um nível constante de biodegradação ou, ao fim de seis meses.

4.4.2.1 Cálculo da percentagem de biodegradação através do CO₂ libertado

4.4.2.1.1 Quantidade teórica de dióxido de carbono libertado (ThCO₂) pelo material de teste

Esta determinação é efetuada através do valor da massa do material de teste e da sua quantidade de carbono orgânico total.

4.4.2.1.2 Percentagem de biodegradação

Para o cálculo da percentagem de biodegradação de cada amostra introduzida no frasco a partir da quantidade de CO₂ libertado durante o intervalo de duração de teste, são precisos; o valor de ThCO₂, os somatórios da quantidade de CO₂ libertado por cada frasco que contem o solo com o material de teste e ainda os somatórios da quantidade de CO₂ libertado por cada frasco que apenas contem solo.

4.4.3 Procedimento

4.4.3.1 *Preparação do material a ser testado (Plástico Biodegradável “Short Cycle”).*

O material a ser testado no ensaio deve ser de massa conhecida e conter carbono suficiente para se obter uma quantidade de CO₂ que possa ser medido adequadamente pelo equipamento analítico utilizado (DIN EN ISO 17556).

A quantidade de material de ensaio deve ser suficiente para compensar quaisquer variações no consumo de oxigénio ou qualquer dióxido de carbono libertado a partir biomassa microbiana do solo do ensaio: neste caso foram utilizados cerca de 900mg de plástico para 900g de solo, seguindo a proporção recomendada pela norma.

O material de teste (SC) teve de ser submetido a uma rigorosa lavagem (Figura 4.15) uma vez que foi o plástico utilizado no ensaio de campo. Cortou-se o filme plástico em fragmentos de dimensão inferior a 2mm x 2mm (Figura 4.16).



Figura 4.15 Lavagem do filme biodegradável SC



Figura 4.16 Corte do filme biodegradável SC em pequenos fragmentos

Outras experiências têm demonstrado que o grau final de biodegradação é quase independente da forma do material de teste. A velocidade de biodegradação, no entanto não depende da forma do material. Normalmente, o processamento do material de teste não irá influenciar significativamente o comportamento de degradação do material. (DIN EN ISO 17556)

4.4.3.2 Preparação do solo

Como dito anteriormente, utilizou-se 2 solos no ensaio de biodegradação.

Ambos foram crivados de modo a se obter partículas com menos de 2 mm de tamanho, removendo assim as pedras e outros materiais inertes.

Relativamente ao ajustamento do teor de água (recomendado pela norma), em primeiro lugar secou-se totalmente o solo, e depois adicionou-se a quantidade de água necessária até se obter cerca de 50% de humidade no solo (Figura 4.17 e 4.18), através da determinação da humidade residual e da capacidade de retenção do solo.

O pH dos solos não foi preciso ser ajustado uma vez que estes já se encontravam dentro do valor recomendado (6-8).



Figura 4.17 Adição de água e homogeneização do solo Solo Ervidel



Figura 4.18 Adição de água e homogeneização do Solo Odemira

4.4.3.3 Arranque e execução do teste

Certificou-se que todos os vidros fossem cuidadosamente limpos e, em particular, livre de matéria orgânica ou tóxica.

Em cada frasco (1-9) foram colocados 900g de solo, e nalguns casos (frascos 2,4,7 e 9) cerca de 900mg de plástico biodegradável SC, como demonstrado no Quadro 4.4.

Quadro 4.4 Distribuição do solo e do plástico biodegradável pelos frascos de teste

	Frasco	Solo	Interior do Frasco
1	Branco	Odemira	Solo
2	Teste	Odemira	Solo + Plástico
3	Branco	Odemira	Solo
4	Teste	Odemira	Solo + Plástico
5	Branco	Odemira	Solo
6	Branco	Ervidel	Solo
7	Teste	Ervidel	Solo + Plástico
8	Branco	Ervidel	Solo
9	Teste	Ervidel	Solo + Plástico

4.5 Tratamento Estatístico

Para efetuar o tratamento estatístico dos resultados obtidos aos vários parâmetros analisados foi utilizada a Análise de Variância (ANOVA), tendo sido a diferença entre médias avaliada através do Teste de Tuckey para um nível de significância de 5% ($p=0.05$).

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resultados do Solo

5.1.1 Análises de solo

Neste ponto são apresentadas as análises de ambos os solos, “Solo Odemira” e “Solo Ervidel” (Quadro 5.1).

Quadro 5.1 Boletim de análises dos solos

Parâmetro	Unidades	Solo Odemira		Solo Ervidel	
		Resultados	Observações	Resultados	Observações
pH (H ₂ O) (1:2,5)		6,9	Neutro	7,6	Pouco Alcalino
Fósforo extraível (P ₂ O ₅)	(mg/kg)	>200	Muito Alto	104	Alto
Potássio extraível (K ₂ O)	(mg/kg)	76	Médio	264	Muito Alto
Matéria Orgânica	(%)	0,75	Muito Baixo	1,09	Baixo
Condutividade eléctrica (1:2)	(mS/cm)	0,18	Não Salino	0,51	Ligeiramente salino
Calcário total (CaCO ₃)	(%)	<0,5	Não Calcário	28,83	Calcário

Os dois solos utilizados para o ensaio apresentaram características indicadas para a cultura da Escarola.

O pH ideal do solo para a cultura da Escarola situa-se entre os 6 e os 7 (Almeida, 2006). Enquanto o solo de Odemira apresenta um pH ótimo, o solo de Ervidel possui um pH próximo deste valor.

O teor de matéria orgânica apresentou-se muito baixo no solo de Odemira e baixo no solo de Ervidel.

5.1.2 Temperatura do solo

As diversas modalidades não registaram uma tendência definida ao longo do decorrer do ensaio quanto à modalidade que tem uma maior capacidade de atingir elevadas temperaturas do solo.

Observando as Figuras 5.1 e 5.2 e o Quadro 5.2, pode-se verificar que as temperaturas médias diárias do solo a 20 cm de profundidade não diferem entre si visto que as diferenças entre médias são inferiores aos desvios padrões das modalidades. Sendo que o PE obteve a temperatura máxima mais elevada (31,9°C), seguida do SC (26,1°C) e do S (25,7°C).

Quando se comparam os “mulch” biodegradáveis e os de polietileno, é de esperar que as temperaturas superiores sejam obtidas no polietileno, como sucedeu neste ensaio, esta diferença de temperatura foi, provavelmente, devida à maior espessura e também à menor permeabilidade ao vapor de água que o plástico convencional de PE apresenta relativamente aos plásticos biodegradáveis. (Blick et al., 2010).

As temperaturas mínimas registadas, por norma observam-se no período da noite/início da manhã. A modalidade com temperaturas mínimas mais baixas registadas foi S e SC, com aproximadamente 9°C, seguida da modalidade de PE com aproximadamente 11°C.

Ao se visualizar os gráficos, verifica-se uma elevada proximidade nos valores registados pelas sondas.

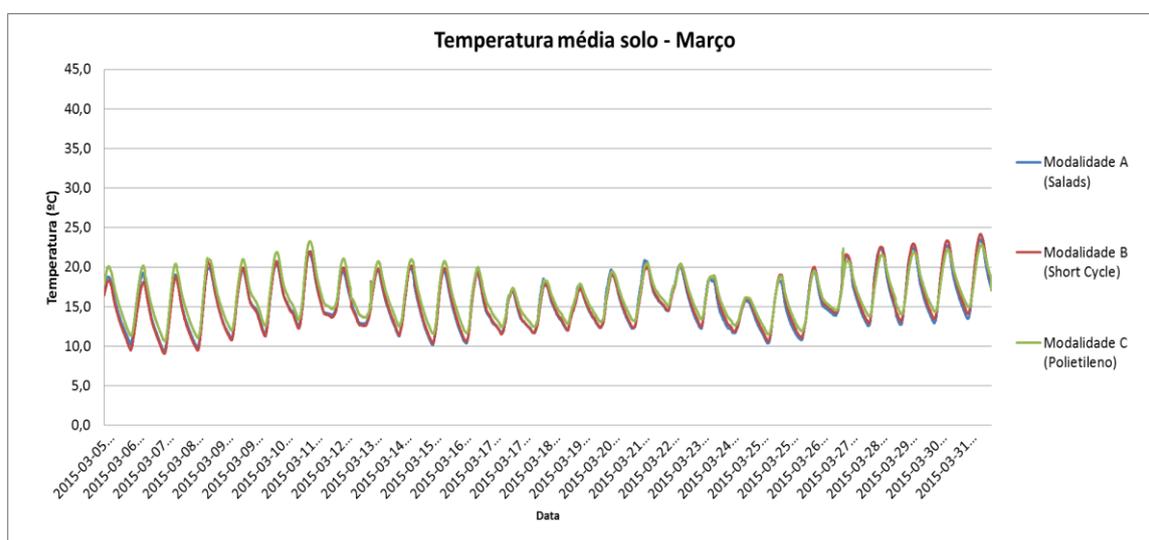


Figura 5.1 Representação gráfica das temperaturas diárias registadas nas sondas do solo a 20 cm de profundidade (Março)

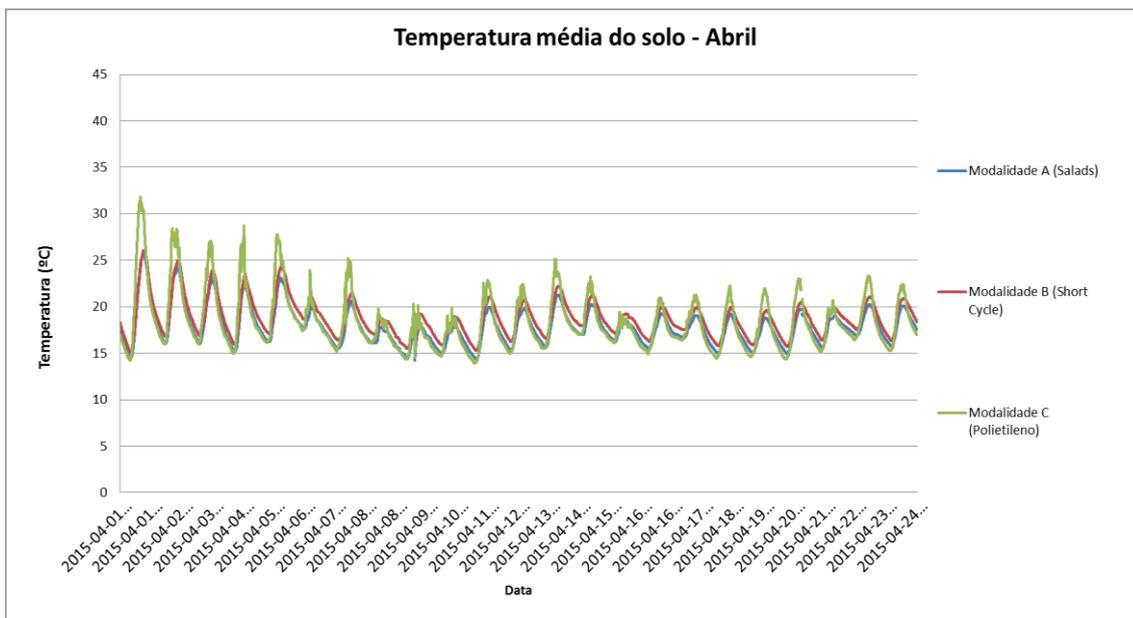


Figura 5.2 Representação gráfica das temperaturas diárias registadas nas sondas do solo a 20 cm de profundidade (Abril)

De acordo com o que é recomendado pela bibliografia, a temperatura preferencial para o crescimento da Escarola é de 15 a 20°C. Os valores registados pelas sondas presentes no ensaio de campo, demonstraram que em média todas as modalidades cumpriram esse requisito, no entanto, sendo a temperatura máxima suportada pela cultura de 30°C (Almeida, 2006), é de salientar que na modalidade PE excedeu esse e, por isso, pode-se concluir que os filmes biodegradáveis são mais adequados para esta cultura no que diz respeito á temperatura do solo.

Quadro 5.2 Máxima, minimia, média e desvio padrão da temperatura do solo (Valores expressos em °C)

	Modalidade S	Modalidade SC	Modalidade PE
Máxima	25,7	26,1	31,9
Mínima	9,3	9,0	10,7
Média	16,6	17,0	17,3
Desvio Padrão	2,8	3,1	3,1

5.1.3 Humidade do solo

Através da Figura 5.3 pode-se observar que ao longo do mês de Março houve uma homogeneização dos teores de humidade por modalidade e, apesar dos registos nas diferentes modalidades serem diferentes, e uma vez que a precisão das sondas é de +/- 3%, podemos afirmar que não existem diferenças significativas na utilização dos 3 plásticos a nível da humidade do solo (Figura 5.4).

Observando o Quadro 5.3, pode-se verificar que na modalidade SC se registou o valor mais elevado de % de humidade (26,3%) seguida do S e PE com 23,4% e 21,3%.

As modalidades onde se registaram valores de humidade mais baixos foram S e PE, com aproximadamente 7%, seguida da modalidade SC com aproximadamente 9%.

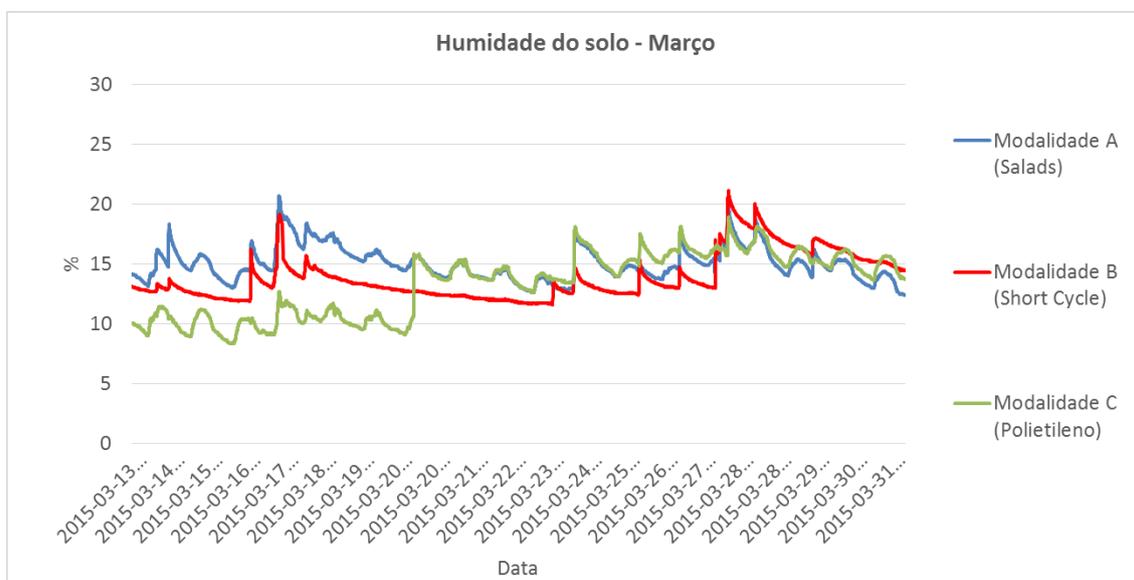


Figura 5.3 Representação gráfica dos valores de humidade registados pelas sondas do solo a 20 cm de profundidade (Março)



Figura 5.4 Representação gráfica dos valores de humidade registados pelas sondas do solo a 20 cm de profundidade (Abril)

Apesar de não existirem diferenças significativas, no Quadro 5.3 podemos verificar que os filmes biodegradáveis apresentam uma média superior ao PE.

Uma vez que a humidade do solo está diretamente relacionada com a permeabilidade do material utilizado como cobertura, ou seja, filmes mais permeáveis como é o caso dos biodegradáveis permitirão mais facilmente a passagem de água, por precipitação e evaporação, e assim conseguimos justificar que a humidade registada nos solos das modalidades S e SC seja superior ao PE por ter ocorrido precipitação (cerca de 140 mm) durante o ensaio de campo. (IPMA, 2015)

Quadro 5.3 Máxima, mínima, média e desvio padrão da humidade registada no solo. (Valores expressos em %)

	Modalidade S	Modalidade SC	Modalidade PE
Máxima	23,4	26,3	21,3
Mínima	6,7	9,2	6,8
Média	13,5	14,4	11,6
Desvio Padrão	2,7	2,5	2,5

5.2 Resultados da Plantação

5.2.1 Monitorização de pragas e doenças

Ao longo da instalação do ensaio foram necessárias aplicações de produtos fitofarmacêuticos de modo a prevenir o aparecimento de pragas ou doenças instaladas na cultura (Quadro 5.4). Esta é uma prática comum, e foi realizada pelos colaboradores da Vitacress.

Quadro 5.4 Calendário dos tratamentos fitofarmacêuticos efetuados

Data	16 Março	23 Março	30 Março	13 Abril
Produto utilizado	Turex	Decis + Rovral	Switch	Steward + Ortiva
Motivo	Lagarta	Afídeos + Podridões	Podridões	Lagarta + Míldio)

5.2.2 Acompanhamento das plantas

O estudo do crescimento e desenvolvimento das plantas é importante para perceber a adaptação de uma determinada variedade às condições ambientais e de cultivo. A evolução das plantas ao longo do ciclo cultural foi acompanhada e registada podendo ser visualizada no seguinte quadro (Quadro 5.5).

A nível visual não se verificou uma diferença significativa nas 3 diferentes modalidades de plástico. O crescimento das plantas foi igualmente gradual.

A única observação a registar foi a ocorrência de um crescimento deficiente de um exemplar no Bioplástico S e, e de 1 exemplar que apodreceu no Bioplástico SC que devido a esta ocorrência foi retirado do ensaio. Convém, ainda realçar que na modalidade PE, 3 exemplares apresentaram podridões e, por isso, foram retirados do terreno, preventivamente, de modo a não se propagar para os adjacentes.

Quadro 5.5 Registo fotográfico do crescimento das plantas durante o ensaio de campo

	Salads	Short Cycle	Polietileno
13/mar			
20/mar			
27/mar			
10/abr			
16/abr			
24/abr			

5.2.3 Análises às plantas

5.1.1.1 *Ferro, Potássio, Sódio, Magnésio, Cálcio e Fósforo*

Os resultados obtidos nas análises a estes elementos demonstraram que poderá ter havido influência dos plásticos em termos de qualidade da produção.

Como se pode verificar no Quadro 5.6, não se verificam diferenças significativas no que diz respeito ao ferro, potássio, magnésio, e fosforo.

Relativamente ao sódio e ao cálcio a modalidade S foi a que apresentou um resultado mais elevado.

Os valores determinados estão de acordo com os valores recomendados da literatura (Almeida, 2006).

Quadro 5.6 Resultados da análise ao Fe, K, Na, Mg, Ca e P na MS

	Fe (%)	K (%)	Na (%)	Mg (%)	Ca (%)	P (%)
Escarola "S"	0,05 ^a	3,39 ^a	0,72 ^b	0,26 ^a	0,79 ^b	0,63 ^a
Escarola "SC"	0,03 ^a	3,08 ^a	0,40 ^a	0,18 ^a	0,42 ^a	0,46 ^a
Escarola "PE"	0,04 ^a	3,40 ^a	0,62 ^{ab}	0,26 ^a	0,48 ^a	0,66 ^a

Para a mesma categoria, as médias seguidas com a mesma letra não são significativamente diferentes para $\alpha = 0,05$

5.1.1.2 *Azoto total e Proteína*

Os resultados da proteína bruta nas diferentes modalidades de mulch não apresentam diferenças significativas (Quadro 5.7), ainda assim apresentam valores inferiores aos mencionados na bibliografia (Almeida, 2006).

Quadro 5.7 Resultados dos parâmetros azoto total e proteína bruta

Amostra	% N_t	% Proteína
Escarola "S"	0,007 ^a	0,04 ^a
Escarola "SC"	0,008 ^a	0,05 ^a
Escarola "PE"	0,008 ^a	0,05 ^a

Para a mesma categoria, as médias seguidas com a mesma letra não são significativamente diferentes para $\alpha = 0,05$

5.1.1.3 Fibra

Os resultados relativos à análise da Fibra Bruta encontram-se registados no Quadro 5.8. A FB consistem na celulose, hemicelulose e lenhina, o NDF é a determinação da hemicelulose e lenhina e o ADF apenas da lenhina presente no alimento analisado.

Na determinação de NDF (Fibra em Detergente Neutro) e ADF (Fibra em Detergente Ácido) presentes na amostra, pode-se observar que os valores mais elevados encontraram-se na modalidade que estava coberta pelo plástico SC e S.

Quadro 5.8 Resultados dos parâmetros FB, NDF e ADF

Identificação da amostra	% de MS		
	FB	NDF	ADF
Escarola PE	0,84	1,28	0,98
Escarola SC	0,85	1,44	1,14
Escarola S	0,83	1,46	1,14

5.1.1.4 β – Carotenos percursores da vitamina A

Os carotenos são pigmentos orgânicos pertencentes ao grupo do carotenoides responsáveis pelas cores amarela, vermelha, verde e alaranjada de vegetais, algas, fungos, da gema do ovo e da manteiga. Trata-se de substâncias essenciais para a manutenção da vida e são impossíveis de serem sintetizadas por organismos vivos, sendo necessário, então, adquiri-lo através da alimentação.

O β – Caroteno é um pigmento carotenoide antioxidante natural, e é uma das formas de se obter indiretamente a vitamina A.

O resultado à análise da Escarola (Quadro 5.9) revelou um valor semelhante ao da bibliografia (Almeida, 2006), no entanto talvez fosse pertinente fazerem-se mais análises para validar estes resultados atendendo à importância deste parâmetro de modo a aumentar o consumo desta cultura.

Quadro 5.9 Resultados análise β –carotenos (Valores expressos por % de MS)

Parâmetro	Valor
β - Caroteno (cis)	0,030
β - Caroteno (trans)	0,035

5.1.2 Registo do peso das escarolas recolhidas e respetiva produção

O peso médio das escarolas recolhidas foi significativamente mais elevado na modalidade de plástico biodegradável S do que nas modalidades com o plástico biodegradável SC e PE, que por sua vez não apresentaram diferenças significativas entre si (Quadro 5.10).

Esta determinação sugere que não há razões, a nível de produtividade para que o plástico biodegradável S não seja comercializado.

No geral as 3 modalidades apresentaram uma produção bastante superior á registada em Itália (<http://francescofiume.altervista.org>), país com um clima bastante parecido com o de Portugal.

Quadro 5.10 Resultados da produção

Grupos	Peso médio (g)	Produção (ton/ha)
Polietileno (g)	614,56 ^a	36,87 ^a
Salads (g)	823,99 ^b	49,44 ^b
Short Cycle (g)	613,98 ^a	36,84 ^a

Para a mesma categoria, as médias seguidas com a mesma letra não são significativamente diferentes para $\alpha = 0,05$

5.2 Resultados da Permeabilidade

A permeabilidade ao vapor de água é importante para conhecer possíveis mecanismos de transferência de massa e interações soluto/polímero nos filmes biodegradáveis (Souza, 2011).

De acordo com a termodinâmica dos processos irreversíveis, a diferença de potencial químico da água é a força motriz da transferência de água através de um filme. Quando o processo ocorre a temperatura e pressão constantes, a diferença de

potencial químico da água é proporcional á diferença de concentração de vapor de água entre as duas faces do filme (Bertuzzi *et al.*, 2007)

A análise estatística ANOVA demonstrou que esses valores de permeabilidade são estatisticamente diferentes. De acordo com os dados o filme biodegradável SC é mais permeável que o plástico convencional PE.

O Quadro 5.11 apresenta os valores médios da permeabilidade ao vapor de água do plástico convencional (PE) e do filme biodegradável SC relativamente aos dois tipos de teste realizados. Através dos dados obtidos é possível verificar que tal como referido por outros autores (Saraiva *et al*, 2013) o filme biodegradável apresenta uma permeabilidade superior ao filme de polietileno, nomeadamente 15x mais permeável para a transmissão da água do solo para a atmosfera e 5x mais permeável para a situação inversa. Esta diferença poderá ser importante no consumo global de água por parte da cultura dependendo das condições atmosféricas.

Quadro 5.11 Permeabilidade dos plásticos

Filme	Unidades	Permeabilidade (perda)	Permeabilidade (ganho)
Polietileno	g/(h.m.mm.Hg)	3,438E-07 ^a	1,157E-06 ^a
Biodegradável	g/(h.m.mm.Hg)	5,337E-06 ^b	5,896E-06 ^b

Para a mesma categoria, as médias seguidas com a mesma letra não são significativamente diferentes para $\alpha = 0,05$

5.3 Resultados da Biodegradação

Embora não esteja claramente escrito, durante a ampla discussão que antecedeu a implementação das normas para a determinação da biodegradabilidade aeróbia, foi referido que o tempo limite para o teste respirométrico é de 1 ano no caso do mulch para culturas de ciclo curto (Agrobiofilm, 2013).

Segundo a norma ISO 17556 não existe um limiar para a taxa de biodegradação. O teste termina quando se atinge um nível constante de biodegradação ou, o mais tardar 183 dias depois do seu início.

Na Figura 5.6 é representada a cinética de biodegradação, baseada em testes respirométricos (libertação de CO₂), realizados a temperatura constante, monitorizados em condições aeróbias, em 2 solos com características diferentes. O solo de Ervidel com uma matéria orgânica de 1,09% e o solo de Odemira com 0,75%. Devido às características destes solos, pobres em matéria orgânica, as taxas de biodegradação são muito baixas.

A quantidade de CO₂ libertado durante o ensaio de laboratório foi diretamente medido e acumulado ao longo do tempo, como está representado na Figura 5.5.

A percentagem de biodegradação alcançada pelo plástico em estudo SC foi calculada de acordo com a norma DIN EN ISO 17556, sendo os resultados ilustrados e sintetizados, respetivamente, na Figura 5.6 e no Quadro 5.12.

Através da análise dos resultados, pode-se observar que os 130 dias de incubação não foram suficientes para degradar ainda grande % de plástico, no final deste período, o plástico apresentou 15,24% de biodegradação no solo de Odemira e 14,41% no solo de Ervidel (Quadro 5.12), e por isso, o ensaio teve de ser prolongado por mais tempo. Após 190 dias (desde o início da incubação até a apresentação/discussão da presente dissertação), já se conseguiu uma % de biodegradação de 18% no solo Odemira e 16% no solo Ervidel.

Estes resultados confirmam a existência de microrganismos no solo com capacidade para biodegradar o plástico SC, mas demonstra que a velocidade de biodegradação é relativamente baixa. Podíamos relacionar esta baixa taxa de biodegradação com o valor reduzido do teor de matéria orgânica no solo. Esperava-se que nesta fase o solo de Ervidel apresentasse uma maior taxa de biodegradação do plástico por ter uma % de MO superior, mas uma vez que se tratam de solos com características e texturas completamente diferentes, não podemos afirmar que a biodegradação apenas depende da quantidade de MO no solo. Esta diferença na capacidade de biodegradação pode ainda estar relacionada com as características do solo Odemira serem mais favoráveis á ação dos microrganismos.

Comparando estes resultados com os de Barragán *et al* (2010), estes demonstram que as características do solo são um fator muito importante quando se analisa a capacidade de se biodegradar um mulch. Barragán também testou filmes mulch biodegradáveis feitos a partir de Mater-BiTM, sendo notado que este estudo foi realizado com um solo com maior quantidade de MO, cerca de 3,9% o que contribuiu para uma maior atividade dos microrganismos e conseqüentemente, uma maior taxa de degradação.

Posto isto, é fundamental que mais testes sejam feitos para validar o tempo necessário para alcançar um nível aceitável de biodegradação de modo a se minimizarem os impactos ambientais.

Confirmando que o mulch SC é biodegradável, pode ser incorporado no solo juntamente com os resíduos da cultura e infestantes, através do trabalho com alfaias comuns, como sejam a frese e a charrua de discos (Agrobiofilm, 2013).

A prática recomendada para o mulch biodegradável seria a sua incorporação logo a seguir á colheita da cultura para vincular a matéria orgânica proveniente dos restos da cultura e das plantas não conformes. Assim, pode-se melhorar a taxa de biodegradação do filme no solo, uma vez que a atividade microbiana e humidade do solo são mais elevadas (Agrobiofilm, 2013).

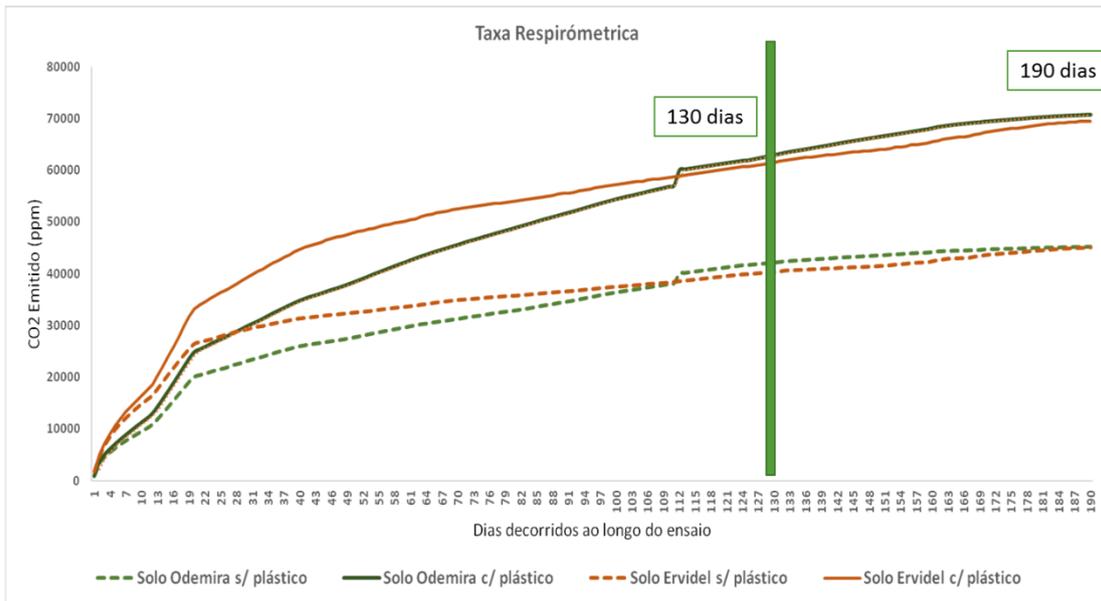


Figura 5.5 Produção de CO₂ das 4 modalidades de ensaio

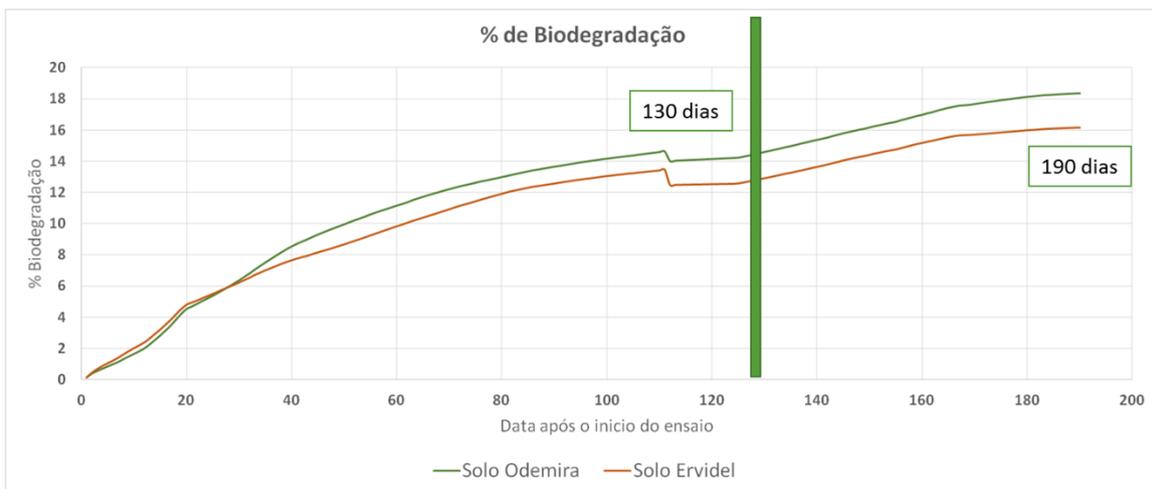


Figura 5.6 % Biodegradação do plástico nos 2 tipos de solo

Quadro 5.12 Resultados da % de Biodegradação nos 2 tipos de solo

Solo	% Biodegradação (130 dias)	% Biodegradação (190 dias)
Odemira	15,24 ^a	18,38 ^a
Ervidel	14,41 ^a	16,16 ^a

Para a mesma categoria, as médias seguidas com a mesma letra não são significativamente diferentes para $\alpha = 0,05$

CAPITULO 6 - CONCLUSÕES

Do primeiro estudo realizado com plásticos biodegradáveis, na cultura de Escarola na região do Alentejo, ambos os plásticos biodegradáveis (S e SC) se revelaram interessantes tanto do ponto de vista da durabilidade e resistência ao longo do ensaio não comprometendo a produtividade da cultura objeto de estudo.

Estes filmes de cobertura plásticos mostraram um bom desempenho no que se refere às práticas culturais que decorrem normalmente nesta cultura, sem necessitar de cuidados especiais de manuseamento.

Neste estudo, as coberturas biodegradáveis não mostraram comprometer a produtividade e a qualidade da plantação, muito pelo contrário, uma grande vantagem do plástico S em relação aos outros 2 (PE e SC), está relacionada com o aumento de produtividade da ordem dos 35%.

O facto de haver incentivos aos associados das Organizações de Produtores que no seu Plano Operacional contemplem esta medida, poderá também afigurar-se como uma excelente oportunidade para os produtores experimentarem este tipo de plásticos, sem grande acréscimo de custos.

Sem dúvida que se torna aliciante para um produtor, que no final da cultura os plásticos possam ser incorporados juntamente com os restos da cultura, ultrapassando a etapa de limpeza da terra e eliminação de resíduos de plástico.

Neste trabalho ficou ainda por testar a taxa de biodegradação do plástico S. Este valor seria fundamental uma vez que este plástico se comportou de uma forma agradavelmente surpreendente no que toca á produtividade.

Em relação ao ensaio de biodegradação realizado, até agora não é possível tirar grandes conclusões sobre a biodegradabilidade do plástico uma vez que estamos numa fase do ensaio que ainda não é possível fazer previsões.

De qualquer maneira, para uma agricultura mais sustentável que é o que se deseja para o futuro, os plásticos biodegradáveis são seguramente uma boa alternativa ao plástico convencional PE no que diz respeito a coberturas de solo.

BIBLIOGRAFIA

Internet:

<http://www.novamont.com/> acedido em 5/09/15

<https://www.vitacress.pt/> acedido em 10/03/15

<https://www.ipma.pt> acedido em 10/03/15

- Boletins climatológicos

- Normais climatológicas

<http://www.unic-science.com/> acedido em 10/09/15

<http://francescofiume.altervista.org/Endive.html> acedido em 15/10/2015

Livros:

C. M. Bugalho Semedo “A intensificação da produção hortícola” Volume 1. O meio ambiente. A preparação de plantas. A protecção das culturas. (1978)

Agrobiofilm. Plásticos Biodegradáveis para cobertura de solo. (2013)

Domingos Almeida. Manual de culturas hortícolas. Volume I. (2006)

Normas:

DIN EN ISO 17556

ASTM E96

Artigos

1. Albertsson AC, Andersson SO, Karlsson S. (1987) The mechanism of biodegradation of polyethylene. *Polym Degrad Stab* 18:73–87
2. Briassoulis, (2005). Mechanical behaviour of biodegradable agricultural films under real field conditions. *Polymer Degradation and Stability*. V91, p1256-1272
3. Barragán H, Pelacho AM, Closas L Martin (2010). A Respirometric Test for Assessing the Biodegradability of Mulch Films in the Soil. 28th International Horticultural Congress.

4. Bertuzzi, M. A.; Castro Vidaurre, E. F; Armanda, M.; Gottifredi, J. C.(2007) Water vapor permeability of edible starch based films. *Jornal of food engeneering*. V80, p.972-978.
5. Briassoulis, (2007). Analysis of the mechanical and degradation performances of optimised agricultural biodegradable films. *Polymer Degradation and Stability*. V92, p.1115-1132.
6. Costa R., Artur Saraiva, Lopo Carvalho, Elizabeth Duarte, (2014). The use of biodegradable mulch films on strawberry crop in Portugal. *Scientia Horticulturuae*. V173, p65-70.
7. De Carsalade B (1986) Plastics and mulching of crops. *Plasticulture* 72:31–36
8. Feuilleloy P, Cesar L, Benguigui L, Grohens Y, Pillin I, Bewa H, Lefaux S, Jamal M (2005) Degradation of polyethylene designed for agricultural purposes. *J Polym Environ* 13:349–355
9. Graci, A., Luciano, A., Zaragoza, C. L., & Aibar, J. L. (2008). *Evaluación de alternativas al uso del polietileno como cubierta del suelo para el manejo de malas hierbas y otros aspectos agronómicos en el cultivo del tomate. "Tesis Doctoral"*. Universidad de Zaragoza.
10. Gonzalez A, Lopez J, Garcia J, HernandezMD, Rodriguez R, Fernandez JA, Franco JA (2002) Comportamiento de acolchados biodegradables en cultivo de melon al aire libre. Seminario de tecnicosy especialistas en horticultura. Ministerio de agricultura pescay alimentacion 85–90
11. Green, D.S., Kruger, E. L. & Stanosz, G.R., (2003). Effects of polyethylene mulch in a shortrotation, poplar plantation vary with weed control strategies, site quality and clone. *Forest Ecol Manage* 173: 251-260. doi:10.1016/SO378-1127(02)00003-8.
12. Greer L, Dole JM (2003) Aluminum foil, aluminum-painted, plastic, and degradable mulches increase insect-vectored viral diseases of vegetables. *HortTechnol* 13:276–284
13. Hogg P (2001) Plastics, rubber, and composites at Queen Mary. *Plastics, Rubber, and Composites* 30(5):193–194
14. Hong YC, Lee JT, Kim H, Ha EH, Schwartz J, Christiani DC (2002) Effects of air pollutants on acute stroke mortality. *Environ Heal Perspect* 110(2):187–191
15. Hussain I, Hamid H (2003) Plastics in agriculture. In: Andrady AL (ed) *Plastics and the environment*. Wiley, Hoboken, pp 185–209

16. Jayasekara R, Harding I, Bowater I, Lornergan G (2005) Biodegradability of selected range of polymers and polymer blends and standard methods for assessment of biodegradation. *J Polym Environ* 13:231–251
17. Kapanen A, Schettini E, Vox G, Itavaara M (2008) Performance and environmental impact of biodegradable films in agriculture: a field study on protected cultivation. *J Polym Environ* 16(2):109–122
18. Lamont WJ, Marr CW (1990). Muskmelons, honeydews and watermelons on conventional and photodegradable plastic mulches with drip irrigation in Kansas. *Proc Natl Agr Plastics Congr* 22:33–39
19. Lamont, W. J. , (2005). Plastics: modifying the microclimate for the production of vegetable crops. *Horttechnology* 15: 477-481
20. Levitan L, Barro A (2003) Recycling agricultural plastics in New York state. Environmental Risk Analysis Program, Cornell Center for the Environment, CornellUniversity, Ithaca.
21. McCraw D, Motes JE (1991) Use of plastic mulch and row covers in vegetable production. Cooperative Extension Service. Oklahoma State University. OSU Extension Facts F-6034
22. Moreno, M. M.& Moreno, A. (2008). Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop
23. Olsen JK, Gounder RK, (2001). Alternatives to polyethylene mulch film: a field assessment of transported materials in capsicum (*Capsicum annuum* L.). *Aust J Expt Agr* 41:93–103
24. Ramakrishna A; Tam H.M; Wani S.P.; Long T.D. (2006). Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. *Field Crops Research*. 95, 115 – 125
25. Schales FD, Sheldrake R (1963) Mulch effects on soil conditions and tomato plant response. *Proc Natl Agr Plast Congr* 4:78–90
26. Shimao M (2001) Biodegradation of plastics. *Curr Opinion Biotechnol* 12:242–247
27. Singh, B. Sharma, N. (2007). Mechanistic implications of plastic degradation
28. Souza, A. C. Desenvolvimento de embalagem biodegradável ativa á base de fécula de mandioca e agentes antimicrobianos naturais. 2011. São Paulo
29. Subrahmaniyan Kasirajan & Mathieu Ngouajio, (2012). Polyethylene and biodegradable mulches for agricultura applications: a review
30. Tarara JM (2000) Microclimate modification with plastic mulch. *HortSci* 35(2):222–228

31. Kijchavengkul T., Auras R., Rubino M., Ngouajio M., Fernandez R.T., (2008). Assessment of aliphatic–aromatic copolyester biodegradable mulch films. Part I: Field study
32. Tindall JA, Beverly RB, Radcliffe DE (1991) Mulch effect on soil properties and tomato growth using micro-irrigation. *Agron J* 83:1028–1034
33. Verlengia F, Gargantini, H. (1968). Determinação da matéria orgânica em solos. Estudo comparativo de métodos
34. Zhang Y, Han JH, Kim GN (2008) Biodegradable mulch film made of starch-coated paper and its effectiveness on temperature and moisture content of soil. *Commun Soil Sci Plant Anal* 39:1026– 1040
35. Saraiva A., Carvalho L., Martins M., Oliveira M., Costa R., Costa A., Lima A., Monteiro A. A. e Duarte E. (2013), Desempenho de filmes biodegradáveis em dois ciclos da cultura de melão em Portugal, actas do VII Congreso Ibérico de agroingeniería y ciencias hortícolas, Madrid 2013.