



Hinc patriam sustinet

Instituto Superior de Agronomia
Universidade Técnica de Lisboa



**Influência dos plásticos biodegradáveis na produtividade,
precocidade e qualidade do melão “Lusitano”
(*Cucumis melo* var. *inodorus*)**

Tiago Duarte Cordeiro

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Agronómica

Orientador: Professor Doutor António José Saraiva de Almeida Monteiro

Co-orientadora: Mestre Maria Margarida da Costa Ferreira Correia de Oliveira

Júri:

Presidente: Doutor Ernesto José de Melo Pestana de Vasconcelos, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: Doutor António José Saraiva de Almeida Monteiro, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa, orientador; Doutor João Carlos da Silva Dias, Professor Associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa; Mestre Maria Margarida da Costa Ferreira Correia de Oliveira, Assistente da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Santarém, co-orientadora, na qualidade de especialista; Mestre Carlos Alberto da Costa Rodrigues, na qualidade de especialista.

Lisboa, 2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Adelino Cordeiro e Ermelinda Silva, por todo o esforço que têm feito para me facultar as condições que tornam possível mais este passo na minha formação. Agradeço também ao meu tio, Manuel Cordeiro, por me ter disponibilizado uma habitação em Lisboa durante a realização do mestrado, sem eles nada disto seria possível.

Agradeço aos meus orientadores, na pessoa do Professor Doutor António José Saraiva de Almeida Monteiro e da Mestre Maria Margarida da Costa Ferreira Correia de Oliveira por todos os conselhos e ajuda preciosa prestada ao longo destes últimos 10 meses.

Agradeço à Professora Doutora Elizabeth Duarte a possibilidade de ter realizado este trabalho no âmbito do Projecto Europeu FP7 “Development of enhanced biodegradable films for agricultural activities” –AGROBIOFILM, bem como à empresa Silvex – Indústria de Plásticos e Papéis SA, na pessoa do Coordenador de Projecto Dr. Paulo Azevedo.

Agradeço a toda a equipa do projecto “Agrobiofilm” pela ajuda que prestaram no decorrer do ensaio, em especial ao Eng. Lopo Carvalho, que me ajudou nas colheitas e na obtenção de alguns dos dados.

Agradeço ao Instituto Superior de Agronomia e à Escola Superior Agrária de Santarém pelo material que me facultaram para a realização do ensaio.

Por último, mas não menos importante, aos meus amigos, que directa ou indirectamente me ajudaram e incentivaram a completar este ciclo tão importante para mim.

RESUMO

O objectivo deste trabalho foi comparar o plástico de cobertura do solo tradicional em polietileno negro (25µm) de baixa densidade com três plásticos biodegradáveis à base de amido (15µm), na cultura do melão “Lusitano” (*Cucumis melo* var. *inodorus*). Monitorizou-se a colocação do plástico no solo, a temperatura e humidade do solo, as infestantes, a área de projecção da copa, a floração, a produção e qualidade dos frutos. O ensaio decorreu em Azeitada – Almeirim (Abril a Julho, 2011) com um delineamento experimental completamente casualizado com três repetições de 25 plantas cada. As modalidades foram: PE (testemunha); BMF1 (biodegradável negro Mater-Bi[®]-CF04P); BMF2 (biodegradável negro Mater-Bi[®]-CF04P com reciclado) e BMFV (biodegradável verde Mater-Bi[®]-CF04P). Os resultados comprovaram a adaptabilidade dos plásticos biodegradáveis às condições edafoclimáticas e técnicas tradicionais a que foi sujeito, não se verificando diferenças significativas na produção e qualidade dos frutos. O BMF1 aumentou a percentagem de água no solo em relação ao BMFV, e o BMFV em relação ao PE. As temperaturas do solo foram semelhantes em todas as modalidades e, o PE e o BMFV obtiveram produções e floração mais precoces. Verificou-se uma correlação positiva entre o crescimento inicial e a soma dos graus-dia de crescimento (temperatura base 10°C), bem como, entre o crescimento inicial e a produtividade final.

Palavras-Chave: cobertura do solo, plástico biodegradável; melão (*Cucumis melo* L.);

ABSTRACT

The main goal of this study was comparing traditional low density black polyethylene plastic mulch (25µm) with three different starch based biodegradable mulch films (15µm), on a muskmelon “Lusitano” (*Cucumis melo* var. *inodorus*). The mulch film layout and crop plantation, soil temperature and humidity, weeds, canopy spread area, flowering and yield and crop quality were monitored. The field trial was conducted in Azeitada – Almeirim (from April to July 2011) with a completely randomized experimental design with three replications, 25 plants each. The mulch films modalities were: PE (control), BMF1 (black biodegradable plastic film Mater-Bi[®]-CF04P); BMF2 (black biodegradable plastic film Mater-Bi[®]-CF04P with recycled material) and BMFV (green biodegradable plastic film Mater-Bi[®]-CF04P). The results showed the adaptability of biodegradable mulch films to climatic conditions and traditional techniques applied, not observing significant differences in fruit quality and production. Regarding the soil water content the BMF1 showed higher values when compared with BMFV, as well as BMFV compared with PE. The soil temperatures were similar in all the modalities and PE and BMFV had precocious flowering and production. A positive correlation between initial growth (36DAT) and the soil growing degree-days (temperature 10°C) accumulated was obtained, and also between initial growth and final yield.

Key-words: soil mulch, biodegradable mulch film, muskmelon (*Cucumis melo* L.)

EXTENDED ABSTRACT

Due to the lack of solutions concerning traditional low density polyethylene plastic at the end of its use in agriculture, chemical industry has focused on researching new biodegradable materials based on biopolymers such as starch, which will degrade in the soil by fungi and bacteria, being able to remain in the ground after harvest.

The goal of this study was the comparison between traditional black plastic mulch based on PE with three kinds of starch based biodegradable plastics. The raw-material was Mater-Bi[®] grade CF04 P, mulch was produced by the consortium AGROBIOFILM with raw-material Mater-Bi[®] developed by Novamont SPA. A field trial was carried out in Azeitada-Almeirim, in Ribatejo, in muskmelon "Lusitano" (*Cucumis melo var. inodorus*), using traditional cultivation techniques and methodologies.

The used experimental design was completely randomized, with three replications of 37,5m² each, representing twenty-five plants each. Four treatments were defined: (0) PE – black low density polyethylene plastic mulch (25 µm); (1) BMF1 – Black biodegradable starch-based plastic mulch, Mater-Bi[®] - CF04P, (15 µm); (2) BMF2 – Black biodegradable starch-based plastic mulch, Mater-Bi[®] CF04P with recycled material, that comes from reusing the waste from biodegradable plastics manufacture, suffering a new extrusion process (15µm); and (3) BMFV - Green biodegradable starch-based plastic mulch, Mater-Bi[®] - CF04P, (15 µm).

The plastic placement in the soil was followed during the trial, writing down the duration of the process in all the different treatments, as well as the soil temperature and humidity 20 cm underground to PE, BMF1 and BMFV trials.

Muskmelon initial growth was monitored in all methods by analyzing the canopy spread area and the beginning of flowering by counting the number of flowers in each plant. Weeds presence was analyzed by counting the number of weeds in each repeat. Total yield was obtained by commercial muskmelon weight in all five harvests and in the precocious productivity was considered the weight of the first two harvests. Fruit quality was measured by Brix degree.

Plastic placement revealed the need of some adjustments and thinning in the machine when we change from PE to biodegradable plastics. As these are lighter, should be taken into account the wind factor when distending the film in the machine. Biodegradable films showed a lower average speed (11,65m/min) when compared with PE (13,58m/min).

There were no significant differences in the first two canopy spread measurements (m²) but in the last measurement 36 Days After Transplantation (36DAT), BMF2 presented lower canopy spread. Black biodegradable plastics (BMF1 e BMF2) had late-flowering comparing to PE and BMFV. Precocious production had major significant differences being

PE and BMFV the methods that produced the most precociously. There were no differences among treatments in total yield production. Fruit quality in Brix degree presented no significant differences.

Soil maximum and minimum temperatures didn't reveal significant differences among treatments, however BMF1 shown higher relative humidity when compared to BMFV or black PE. BMFV also presented soil humidity differences having a higher level, comparing to black PE, the treatment with lower soil humidity.

There was a positive correlation between cumulated temperature-days and initial growth ($R^2=0,9908$), between cumulated temperature-days and flowering ($R^2=0,9671$) and between initial growth and final yield production ($R^2=0,9558$).

It can be concluded that the various biodegradable plastics tested are able to be used in muskmelon crop production and if the goal is to anticipate production the best alternative is the use of green biodegradable plastic.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
EXTENDED ABSTRACT	v
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE QUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS	xii
1 – INTRODUÇÃO	1
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 - Plásticos de cobertura do solo.....	3
2.1.1 - Efeitos associados à utilização dos plásticos na cobertura do solo	3
2.1.1.2 - Redução da evaporação da água do solo.....	4
2.1.1.3 - Redução do problema das infestantes	5
2.1.1.4 - Redução da lixiviação de nutrientes.....	5
2.1.1.5 - Redução da compactação do solo	5
2.1.1.6 - Eliminação da sacha.....	5
2.1.1.7 - Produção de hortícolas limpos	5
2.1.1.8 - Promove o crescimento	6
2.1.1.9 - Ajuda a fumigação	6
2.1.1.10 - Ajuda nas estratégias de controlo de insectos	6
2.1.2 - Problemas associados ao uso dos plásticos tradicionais na agricultura	7
2.1.2.2 - Dificuldade na recolha de todos os resíduos.....	7
2.1.2.3 - Destino a dar aos resíduos plásticos	7
2.2 - MATERIAIS DEGRADÁVEIS	8
2.2.1 - Plásticos Biodegradáveis	9
2.2.1.1 - Mater-Bi®	13
2.3 - A cultura do melão e a cobertura do solo	13
3 - MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 – Caracterização Edafoclimática.....	17
3.1.1 - Localização da exploração	17
3.1.2 – Caracterização do solo	19
3.1.3 – Caracterização do clima	19
3.2 - Características do material utilizado	21

3.3 - Delineamento Experimental.....	21
3.4 - Preparação do Solo.....	22
3.5 - Transplantação.....	23
3.6 - Dados Climáticos	24
3.7 - Dados do Solo.....	24
3.8 - Crescimento Inicial	25
3.9 - Floração	27
3.10 - Colheita.....	27
3.11 - Infestantes.....	28
3.12 - Tratamento Estatístico.....	28
4 – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	29
4.1 - Aplicação do plástico.....	29
4.2 - Presença de infestantes	30
4.3 - Área de Projecção da copa	31
4.4 – Floração	35
4.5 - Produção antecipada.....	38
4.6 - Produção Total	39
4.7 – Qualidade dos frutos.....	41
4.8 – Temperatura do solo.....	43
4.9 - Humidade do solo	46
5 - CONCLUSÕES.....	48
6 - BIBLIOGRAFIA	49

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Temperaturas cardinais para a cultura do melão (Almeida, 2006)	15
Quadro 2 – Análise ao solo da propriedade.....	18
Quadro 3 – Análise da água do furo que abastece a propriedade	18
Quadro 4 – Descrição das modalidades do ensaio.....	21
Quadro 5 – Velocidade de aplicação do plástico no solo por parte do tractor+espalhador. ...	29
Quadro 6 - Número de infestantes em 37,5 m ² - 1 de Julho	30
Quadro 7 – Área de projecção da copa (m ²) – 8 de Abril.....	32
Quadro 8 – Área de projecção da copa (m ²) – 22 de Abril.....	32
Quadro 9 – Área de projecção da copa (m ²) – 6 de Maio	33
Quadro 10 - Primeira contagem do número de flores – 6 de Maio (36DAT)	36
Quadro 11 - Segunda contagem do número de flores – 13 de Maio (43DAT)	36
Quadro 12 – Produção antecipada (produção acumulada 81DAT).....	38
Quadro 13 – Produção total comerciável (t/ha)	39
Quadro 14 – Qualidade dos frutos através do °Brix registado na segunda e quinta colheita.	42
Quadro 15 – Temperatura máxima diária do solo a 20 cm de profundidade.....	43
Quadro 16 - Temperatura mínima diária do solo a 20 cm de profundidade	45
Quadro 17 – Acumulação de GDC ao longo do ensaio.	46
Quadro 18 – Humidade relativa do solo a 20 cm de profundidade.	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Utilização dos filmes plásticos na agricultura mundial (Reynolds, 2009).....	7
Figura 2 – Hidrólise enzimática do amido (Chandra & Rustgi, 1998).	10
Figura 3 – Vista aérea da parcela em que se realizou o ensaio.....	17
Figura 4 – Carta de Solos 31A (Escala 1:50000).....	19
Figura 5 – Temperaturas mínimas, médias e máximas do ar, Santarém/Fonte Boa.....	20
Figura 6 - Valores médios da precipitação mensal correspondentes ao período de 1933 a 2008.	20
Figura 7 – Distribuição das repetições e modalidades no campo.	22
Figura 8 - Armação dos camalhões.	23
Figura 9 - Plantador/espalhador de plástico “Cheechi & Magli”	23
Figura 10 - Estação meteorológica utilizada no ensaio.....	24
Figura 11 – Sondas 5TM – “Decagon” presentes no solo.....	25
Figura 12 – Fotografia aérea para captação da projecção da copa.	26
Figura 13 - Fotografias tratadas para captação da área de projecção da copa com o uso do software <i>Autocad</i>	26
Figura 14 – Início da floração	27
Figura 15 - Processo de pesagem dos melões.....	27
Figura 16 – Fendas presentes no plástico devido à acção dos resíduos da cultura anterior.30	
Figura 17 – Crescimento inicial dos meloeiros, com base nos valores da área de projecção da copa (m ²).....	33
Figura 18 – Representação gráfica da área de projecção da copa (m ²) em função da acumulação dos graus-dia de crescimento 36DAT.....	34
Figura 19 - Representação gráfica do número de flores/planta por modalidade.	35
Figura 20 - Representação gráfica do número de flores/meloeiro em função da acumulação de graus-dia de crescimento da temperatura do solo 43 DAT.	37
Figura 21 – Representação gráfica da produtividade antecipada em função da acumulação de graus-dia de crescimento da temperatura do solo 87DAT.	40
Figura 22 – Representação gráfica da produção total em função da acumulação de graus-dia de crescimento da temperatura do solo 101 DAT.	40
Figura 23 - Representação gráfica da produção total em função do crescimento inicial.	41
Figura 24 – Representação gráfica das temperaturas máximas diárias registadas nas sondas do solo, com a sobreposição da linha respeitante à radiação solar diária (MJ/m ² /dia).	43

Figura 25 – Representação gráfica das temperaturas mínimas diárias registadas nas sondas do solo a 20 cm de profundidade, com a sobreposição da linha respeitante à temperatura mínima do ar.	44
Figura 26 – Representação gráfica da acumulação de graus-dia de crescimento (°dia) do solo no decorrer do ensaio.	46
Figura 27 – Representação gráfica da humidade relativa do solo cruzando os dados com a pluviosidade diária (m ³)	46

LISTA DE ABREVIATURAS

BMF	Plástico biodegradável para a cobertura do solo do inglês Bio Mulch film
DAT	Dias após a transplantação
GDC _{ar}	Graus-dia de crescimento, temperatura (° dia) do ar
GDC _{solo}	Graus-dia de crescimento, temperatura (° dia) do solo
n	Número da amostra - dimensão da amostra
PE	Polietileno
PBAT	Polibutileno adipado tereftalato
PHA	Polihidroxialcanoato
PLA	Polilactato
Tbase	Temperatura de Base
Tmax	Temperatura máxima
Tmin	Temperatura mínima
°Brix	Grau-brix

1 – INTRODUÇÃO

A descoberta e o desenvolvimento do polímero polietileno nos finais dos anos 30, e sua subsequente introdução no início dos anos 50 na agricultura sob a forma de filmes de plástico na cobertura do solo e estufas, na tubagem e na fita de rega, revolucionou a produção comercial de muitas culturas hortícolas. Isto permitiu antecipar e aumentar produções, obter produtos limpos e de elevada qualidade, usar de forma mais eficiente os recursos hídricos, reduzir a lixiviação de nutrientes, reduzir a erosão do solo, melhorar o controlo de pragas, reduzir problemas com infestantes e a compactação do solo. Proporciona também a oportunidade da realização de 2-3 culturas por ano com a máxima eficiência (Lamont, 1999). O polietileno de baixa densidade é o mais utilizado devido ao seu baixo custo e à facilidade de manuseamento na colocação no solo, pelas suas excelentes propriedades mecânicas, em particular pela sua elasticidade (Graci, 2008).

A utilização de polietileno 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 da cultura. Uma das soluções pode passar pelo desenvolvimento de plásticos com recurso a biopolímeros e com capacidade de biodegradação, que no fim da campanha são incorporados no solo.

Já existem alguns estudos com plásticos biodegradáveis na cobertura do solo em várias culturas. Porém em Portugal, com as condições edafoclimáticas que caracterizam a região Ribatejo, zona de maior produção hortícola no país, ainda não foram realizados quaisquer ensaios no campo.

Os ensaios realizados para o presente trabalho, na cultura do melão, foram possíveis de concretizar através de uma parceria entre o Instituto Superior de Agronomia e a Silvex – Indústria de Plásticos e Papéis, SA., que pretende garantir, através da investigação, a eficácia dos plásticos biodegradáveis, tendo em vista o lançamento de uma nova gama de plásticos de cobertura do solo no mercado mundial.

O principal objectivo deste trabalho foi verificar para a cultura do melão se os vários plásticos biodegradáveis em estudo vão ter influência na temperatura e humidade do solo, no crescimento inicial das plantas, na floração, na presença de infestantes e finalmente na produção e qualidade dos frutos quando comparados com o polietileno negro de baixa densidade tradicionalmente utilizado. Para isso foi montado um ensaio de campo em Azeitada, concelho de Almeirim na região do Ribatejo.

Pretendeu-se estudar: **a)** a adaptabilidade dos plásticos biodegradáveis às técnicas culturais tradicionalmente utilizadas na cultura do melão; **b)** nova gama da matéria-prima Mater-Bi[®], CF04P, derivada de fontes renováveis, que ainda não se encontra disponível no mercado para duas colorações, verde e negra e **c)** uma nova composição que surge através

incorporação ao Mater-Bi® CF04P de material reciclado proveniente dos desperdícios do fabrico de plástico biodegradável, sofrendo um novo processo de extrusão, sendo que este material ainda não comporta quaisquer estudos que aprovelem a eficácia da sua utilização em agricultura.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Plásticos de cobertura do solo

Os plásticos de cobertura do solo começaram a ser comercializados no início da década de 60. Eles afectam directamente o microclima em redor da planta através da distribuição da radiação (absorvida e reflectida) à superfície do solo e da diminuição das perdas de água (Liakas *et al.* 1986). As culturas que demonstram aumentos significativos na precocidade, produtividade e/ou qualidade do fruto com o uso de plásticos de cobertura do solo são culturas de época quente como o melão, o tomate, o pimento, o pepino, a abóbora, a beringela, a melancia e o quiabo (Lamont, 1999).

2.1.1 - Efeitos associados à utilização dos plásticos na cobertura do solo

2.1.1.1 - Aumento da temperatura do solo

As coberturas aéreas e os plásticos de cobertura do solo são utilizados para promover um rápido desenvolvimento e uma colheita antecipada em culturas de primavera-verão, principalmente devido ao aumento da temperatura do solo (Stoltzfus, Taber, & Aiello, 1998), uma vez que o plástico de cobertura do solo modifica a quantidade de calor recebido e armazenado pelo solo (Bonanno & Lamont, 1987). A temperatura na zona da raiz afecta o crescimento das plantas, as trocas gasosas, a absorção de água e nutrientes, e a actividade de vários enzimas (Díaz-Pérez, 2009).

Uma forma de medir o efeito da temperatura no desenvolvimento das plantas é através dos graus-dia de crescimento ou das temperaturas acumuladas. A quantidade de graus-dia de crescimento acumulados pela cultura tem sido usada para prever a taxa de crescimento das plantas e a data de colheita (Ibarra, *et al.* 2001). O método dos graus-dia de crescimento baseia-se na premissa de que a planta necessita de uma certa quantidade de energia para completar uma determinada fase fenológica ou mesmo o seu ciclo total. A sua aplicabilidade é indicada quando a temperatura é o principal factor determinante da taxa de desenvolvimento, não existindo limitações de outros factores ambientais para esse processo (Morais *et al.*, 2008).

O cálculo dos graus-dia de crescimento é feito segundo as seguintes equações, para os dados do ar e solo, respectivamente. Como temperatura base foi considerado 10 °C (Almeida, 2006).

$$GDC_{ar} = [(T_{Amax} + T_{Amin})/2] - T_{base}$$

$$GDC_{solo} = [(T_{Smax} + T_{Smin})/2] - T_{base}$$

Estudos realizados por Ibarra *et al.* (2001) para a cultura do melão verificam que a acumulação de calor pela cultura, devido à presença de plástico no solo, medido através da soma dos graus-dia de crescimento com a temperatura do solo, apresentou uma melhor correlação com a produção precoce e total, quando comparado com a correlação relativa à soma dos graus-dia do ar. Estes resultados estão em consonância com Jenni *et al.* (1996), que estabeleceu que o GDC_{solo} é um bom indicador da maturação do melão. Por outro lado, nas modalidades com solo coberto, os processos de crescimento podem ser acelerados, com uma precocidade de 5 dias na emergência, 6 dias na floração e 3 dias na colheita na cultura do melão (Quezada *et al.*, 2000).

A cor do plástico vai também afectar a temperatura do plástico à superfície e a temperatura do solo que se encontra debaixo, devido às propriedades térmicas (reflectividade, absorção ou transmitância) do material em relação à radiação solar incidente. Devido à maior condutividade térmica do solo em relação ao ar, muita da energia absorvida pelo plástico negro é transferida para o solo por condução térmica (Lamont, 1999; Filippi *et al.*, 2011). Díaz-Pérez (2009) verificou, para a cultura do brócolo, que a cor do plástico afectava a temperatura na zona da raiz e a acumulação de graus-dia de crescimento com a temperatura do solo. Sendo que, para as duas estações, Outono e Primavera, as temperaturas médias da zona da raiz foram maiores nos plásticos escuros (azul, preto, vermelho e cinza) e menores nos claros (prata e branco).

2.1.1.2 - Redução da evaporação da água do solo

A cobertura do solo reduz a evaporação da água no solo e, conseqüentemente, a evapotranspiração da cultura, resultando numa maior uniformidade da humidade do solo sendo que a frequência de rega pode assim ser reduzida. O plástico de cobertura do solo impede a evaporação de água do mesmo, devido à sua estabilidade química, ao facto de ser inerte e altamente hidrofóbico, e, portanto, ajuda a reter a humidade do solo. Assim, previne-se a formação de crostas e reduz-se as perdas de solo com as chuvas e ventos fortes (Schettini, Vox & Lucia, 2007). Uma maior humidade do solo vai ter implicações importantes na utilização da água pela cultura e nas reacções do solo que controlam a disponibilidade de nutrientes e a fixação biológica de azoto (Ramakrishna *et al.*, 2006).

Ramakrishna *et al.*, (2006) verificou que o teor de humidade na camada do solo 0-60 cm foi sempre maior nas parcelas com cobertura do solo do que com solo nu. Durante as chuvas fortes, a cobertura de polietileno retarda a infiltração rápida da água no solo, protegendo-o da erosão e da lixiviação de nutrientes.

2.1.1.3 - Redução do problema das infestantes

Um eficiente controlo das infestantes pode ser alcançado desde que o filme cubra totalmente o solo durante a maior parte do ciclo da cultura (Minuto *et al.*, 2008), pois aquando da instalação da cultura como as plantas são transplantadas, estas partem em vantagem em relação às sementes das infestantes, uma vez que estas ainda necessitam de radiação para germinarem. O processo de germinação das infestantes fica assim inibido uma vez que nas coberturas de solo contendo plástico de cor negra a radiação transmitida torna-se muito reduzida. O aumento da temperatura do solo junto da planta tem um impacto positivo no seu crescimento inicial contribuindo assim para uma rápida cobertura foliar (Ibarra *et al.*, 2001), reduzindo assim o efeito das infestantes que entretanto possam surgir com o deteriorar do plástico. Reduzindo-se deste modo o impacto da flora infestante nas culturas hortícolas, prescinde-se o uso de herbicidas e de sachas na linha de cultura (Graci, 2008).

2.1.1.4 - Redução da lixiviação de nutrientes

No caso de se verificarem dotações excessivas de água, principalmente provenientes da chuva, essa água não penetra pelo plástico impermeável e, por conseguinte, os nutrientes que estão debaixo do plástico não se perdem por lixiviação, contribuindo-se assim para uma utilização eficaz dos fertilizantes (Lamont, 1993).

2.1.1.5 - Redução da compactação do solo

O solo coberto pelo plástico permanece solto, friável e bem arejado. As raízes têm acesso ao oxigénio adequado e a actividade microbiana é melhorada (Graci, 2008).

2.1.1.6 - Eliminação da sacha

Não existe necessidade de efectuar qualquer tipo de sacha na linha, uma vez que as infestantes estão controladas e o solo está solto e bem arejado. Na entrelinha, as infestantes podem ser controladas através do uso herbicidas, de um corta-mato ou roçador, ou então da sacha na entrelinha (Lamont, 1993).

2.1.1.7 - Produção de hortícolas limpos

Os produtos hortícolas comestíveis de uma cultura com cobertura de solo encontram-se limpos e menos sujeitos a podridões, desde que não salpique terra para cima da planta ou fruto (Lamont, 1999; Kapanen *et al.*, 2008).

2.1.1.8 - Promove o crescimento

O filme de cobertura é praticamente impermeável ao dióxido de carbono, que é necessário à fotossíntese. Alguns trabalhos mostram que elevados níveis desse gás podem acumular-se sob o plástico. O filme não deixa o gás libertar-se, sendo ele obrigado a escapar-se através dos orifícios perfurados para as plantas, criando um efeito chaminé que resulta na incidência de CO₂ em abundância para as folhas em crescimento (Lamont, 1993).

A importância da área foliar da cultura no que diz respeito à interceptação de radiação, crescimento e produção tem sido reconhecida (Baker & Reddy, 2001). Ibarra *et al.*, 2001, concluiu que plantas de melão cultivadas sob cobertura plástica (filme de plástico preto) apresentaram valores mais elevados de área foliar, biomassa e taxa de crescimento relativo do que as plantas em solo nu. Morais *et al.*, (2008), para a cultura do melão, verificou num ensaio que o número de folhas máximo e o índice de área foliar máximo, bem como a taxa de crescimento relativa, foram influenciados pela cobertura do solo. Nesse ensaio houve uma correlação positiva entre o número de folhas máximo e a produtividade total e a produtividade comercializável e total.

2.1.1.9 - Ajuda a fumigação

O plástico aumenta a eficácia dos produtos aplicados como fumigantes. Devido à sua natureza impermeável, o plástico de cobertura funciona como uma barreira para o gás e mantém os gases fumigantes no solo (Lamont, 1993).

2.1.1.10 - Ajuda nas estratégias de controlo de insectos

A cor do material plástico de cobertura do solo tem múltiplas funções, podendo mesmo reduzir o ataque de alguns insectos fitófagos ou vectores de vírus (Filippi *et al.*, 2011). A luz reflectida pode afectar não só o crescimento da cultura, mas também a resposta das pragas ao crescimento das plantas (Lamont, 1999). Cada praga ou grupo de pragas responde de forma diferente à presença de plástico e à sua cor, como é o caso estudado por Summers *et al.* (2005), que indica que o plástico prateado tem capacidade de reduzir a incidência de *Bemisia argentifolii* na cultura do melão, quando comparado com o cultivo em solo nu sem cobertura.

2.1.2 - Problemas associados ao uso dos plásticos tradicionais na agricultura

2.1.2.1 - Aumento dos custos iniciais e operacionais

O uso de plásticos de cobertura vai encarecer os custos de produção da cultura, desde logo pela aquisição da matéria prima, pelas operações consequentes da sua utilização, como a preparação do terreno, alfaias para a colocação do plástico e, principalmente, pela necessidade de recolha no final da cultura. Nos EUA, Kelly *et al.* (1995) calcularam que o custo da compra, colocação e posterior eliminação do PE negro atinge cerca de 1250\$/ha. Cozzolino *et al.* (2011), em Itália, verificaram que apenas o custo da remoção do plástico do solo atinge os 250€/ha.

2.1.2.2 - Dificuldade na recolha de todos os resíduos

Os filmes de plástico são sujeitos a uma degradação, resultante da radiação solar, vento, granizo, temperaturas do ar elevadas, humidade relativa elevada, ciclos térmicos e aos produtos químicos usados durante o cultivo (Kapanen *et al.*, 2008). Isto faz com que o material no fim da campanha se quebre com facilidade sendo muito difícil e morosa a sua remoção em grandes lâminas, a menos que a sua espessura seja elevada. A recolha, na maioria das vezes, é efectuada “à mão” requerendo cerca de oito horas de trabalho de dois trabalhadores por hectare, variando conforme o estado do terreno, o nível de degradação do plástico e a presença de infestantes (comunicação pessoal).

2.1.2.3 - Destino a dar aos resíduos plásticos

Actualmente, a procura mundial de filmes de plástico para a agricultura é de 3,6 milhões de toneladas, sendo os filmes utilizados para diversos fins, como se pode verificar na Figura 1.

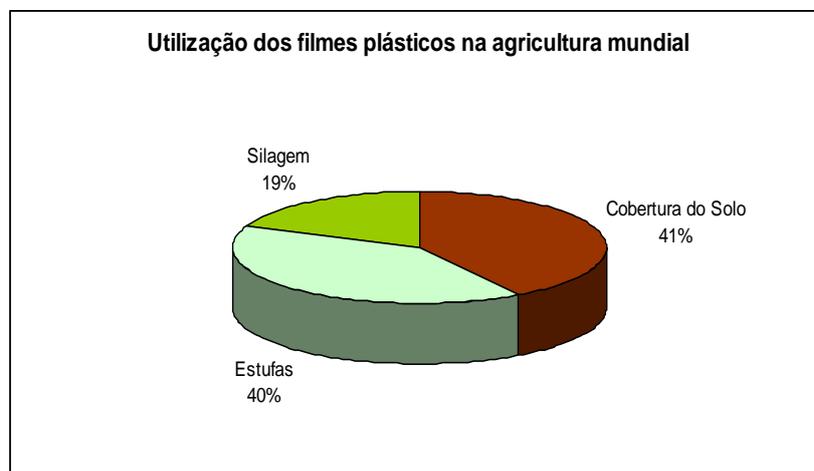


Figura 1 – Utilização dos filmes plásticos na agricultura mundial (Reynolds, 2009).

Na Europa, a quantidade total de plástico utilizado na agricultura é de 0.7 milhões de toneladas, sendo o plástico para cobertura do solo mais utilizado no sul da Europa, o plástico para cobertura de estufas mais utilizado no centro e sul da Europa e o plástico utilizado para silagem, nos países nórdicos. Todos os anos são geradas 615000 toneladas de resíduos de plástico agrícola (Bos *et al.*, 2008), e uma das questões colocadas pelos agricultores que se interessam pela utilização de plásticos na produção vegetal é o destino final dos plásticos após o término da cultura.

Os resíduos plásticos podem ser transportados para aterros, rastreados para posterior reciclagem ou queimados em incineradoras para a produção de energia.

Os plásticos recolhidos estão bastante contaminados com solo e resíduos biológicos, tornando o processo de reciclagem dispendioso e moroso, sendo economicamente inviável (Kapanen *et al.*, 2008). A incineração também não pode ser considerada uma solução à altura pois comporta consigo o problema da poluição ambiental através da produção de gases tóxicos e também corrói as paredes interiores do incinerador (Kim *et al.*, 2000). A transferência destes resíduos para um aterro autorizado leva à diminuição dos resíduos mas não à sua eliminação. A consequência da falta de soluções para o destino a dar aos plásticos, leva à proliferação de aterros incontrolados na exploração agrícola ou em seu redor, tal como à queima ilegal por parte dos agricultores dos resíduos plásticos (Graci, 2008).

Bastioli (1998) apresentou soluções para contornar as desvantagens associadas à utilização de polietileno, que passam pela valorização dos resíduos como recurso, desenvolvimento de tecnologias de reciclagem seguras e mais eficientes e desenvolvimento de materiais facilmente reutilizáveis ou recicláveis e de materiais biodegradáveis.

2.2 - MATERIAIS DEGRADÁVEIS

Citando López-Marin *et al.* (2010), nos anos 70 foram desenvolvidos alguns materiais alternativos ao PE com o objectivo de não ser necessário retirar o plástico do solo, promovendo a sua degradação. Surgiram assim os polietilenos fotodegradáveis, como os copolímeros de polietileno com monóxido de carbono e os copolímeros com vinil-cetonas. Surgiram também os plásticos oxodegradáveis que usavam aditivos poliinsaturados, que aceleravam a degradação do polietileno. Nesta altura, o mais importante era assegurar a estabilidade do polietileno contra a acção da radiação ultravioleta para garantir um tempo de vida útil, do que o contrário.

Hoje em dia todos os processos de potenciação da degradação baseiam-se na alteração e quebra das grandes cadeias de polietileno, com elevado peso molecular e que

devido ao seu carácter hidrofóbico, à sua grande impermeabilidade à água e à ausência de certos grupos funcionais, dificultam a acção dos agentes bióticos e abióticos que entram em contacto com o plástico. Esta potenciação da degradação está a ser investigada no sentido da biodegradação e da oxobiodegradação. Os materiais biodegradáveis baseiam-se na utilização de compostos biodegradáveis, como os casos do amido, celulose, proteínas, etc., não podendo conter mais de 5% de compostos não biodegradáveis, com 5 componentes diferentes, não podendo cada um ter mais de 1%. Os oxobiodegradáveis baseiam-se na agregação ao polietileno de aditivos pró-oxidantes (López-Marin *et al.*, 2010).

Neste trabalho vamos tratar em detalhe a utilização de materiais biodegradáveis na cobertura do solo, e as suas consequências em termos agronómicos.

2.2.1 - Plásticos Biodegradáveis

Com início nos anos 70 até à actualidade, as crises energéticas têm afectado a economia global, incluindo a agricultura. Assim despertaram consciências científicas, sociais e políticas para a necessidade de se inovar em tecnologias e processos na área agrícola, incluindo alternativas aos recursos fósseis não renováveis. Em 1997, o protocolo de Quioto lançou factores globais como o aumento constante do consumo de energia para a produção de alimentos, aumentando as emissões de CO₂, e o acumular crescente de plástico em todo o mundo, tanto na terra como nos oceanos (Martín-Closas & Pelacho, 2011).

No que diz respeito à eliminação de resíduos, a complexidade da implementação dos sistemas de recolha adequados tem impulsionado um interesse crescente na investigação de formulações, comportamento e utilizações de filmes de biopolímeros em geral, e especificamente no ramo agro-alimentar. Biopolímeros são polímeros formados na natureza durante os ciclos de crescimento de todos os organismos. A sua síntese envolve geralmente enzimas catalíticas, reacções crescentes de polimerase em cadeia de monómeros activos, que normalmente são formados dentro das células por processos metabólicos complexos (Chandra & Rustgi, 1998).

Um dos maiores objectivos da indústria dos biopolímeros é, de forma contínua, encontrar os melhores materiais renováveis em cada produto e fornecer os materiais certos para uma agricultura sustentável (Martín-Closas & Pelacho, 2011).

Os polímeros biodegradáveis são materiais concebidos para serem degradados por organismos vivos (Bastioli, 1998). Sendo decompostos no solo, estes estão sujeitos a uma degradação rápida devido à acção dos microorganismos, como as bactérias e fungos, mineralizando-se em dióxido de carbono, metano, água e biomassa (Schettini, Vox, & Lucia, 2007). Este material tem várias origens e tipos, sendo lâminas semelhantes às de polietileno, mas com uma composição química que permite a sua rápida decomposição.

O conceito do uso de plásticos biodegradáveis como cobertura de solo não é novo. Em 1975, Wood, referindo-se principalmente aos filmes de cobertura do solo e das estufas, apontou os plásticos biodegradáveis “auto-destrutíveis” como a chave para uma maior utilização dos plásticos na agricultura, no futuro.

As primeiras tentativas de produzir um plástico de cobertura do solo biodegradável datam de 1972 com o revestimento de plástico com papel, com testes efectuados na cultura do melão. Mais tarde, a fim de se obter um filme de cobertura de solo parcialmente biodegradável, o PE foi misturado com amido. Um filme de cobertura do solo inovador foi obtido a partir da mistura de nutrientes para as plantas convencionais com um polímero solúvel em água, como o álcool polivinílico, ureia e amido (Plastigone[®] e Biolan[®]), e foi, provavelmente, o 1^o plástico de cobertura biodegradável, apesar dos filmes de celulose (Ecopac[®]) estarem entre os materiais de cobertura do solo, estes ainda não tinham sido testados no campo (Martín-Closas & Pelacho, 2011).

No início dos anos 90, estudos com termoplásticos derivados de hidratos de carbono apresentaram novas oportunidades em termos de materiais biodegradáveis inovadores que podem ser utilizados na cobertura do solo. Novos materiais biodegradáveis à base de amido termoplástico (Figura 2) foram obtidos e comercializados sob a marca Mater-Bi[®] e foram também sugeridos algumas gamas para a fabricação dos filmes (Bastioli, 1998).

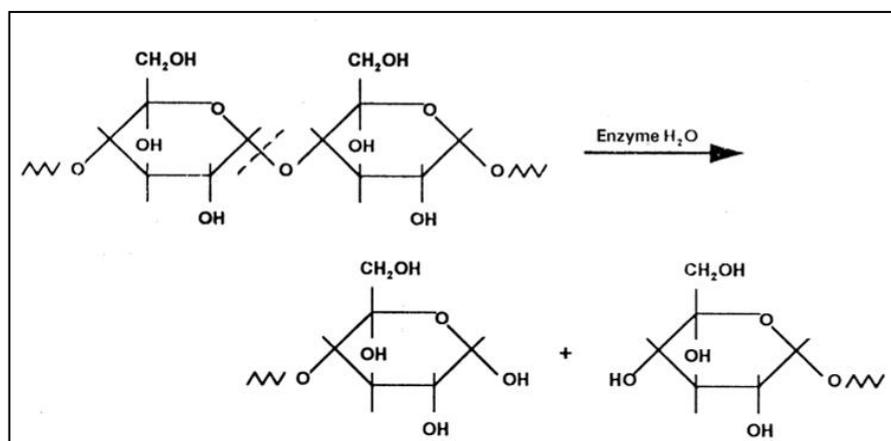


Figura 2 – Hidrólise enzimática do amido (Chandra & Rustgi, 1998).

Na mesma altura, não só o amido termoplástico, mas outros polímeros biodegradáveis, como PLA (polilactato), Ecoflex[®] - PBAT (Polibutileno adipado tereftalato) e mais tarde Biopol[®] (PHA) (polihidroxialcanoato), começaram o seu desenvolvimento comercial (Martín-Closas & Pelacho, 2011).

Na Europa, os primeiros estudos de campo com os novos materiais biodegradáveis como cobertura do solo datam do fim dos anos 90. Desde então, o seu comportamento agronómico tem sido testado principalmente em hortícolas durante várias campanhas e diferentes condições climáticas.

Foram efectuados estudos com culturas de primavera-verão como o tomate de indústria (Martín-Closas *et al.*, 2003; Arméndariz *et al.*, 2006 ; Martín-Closas *et al.*, 2008), tomate fresco e de estufa (Candido *et al.*, 2006; Moreno & Moreno, 2008; Ngouajio *et al.*, 2008; Moreno, Moreno & Mancebo, 2009; Anzalone *et al.*, 2010), pimentos (Olsen & Gounder, 2001), melões (Candido *et al.*, 2001; González *et al.*, 2003; Incalcaterra *et al.*, 2004; López *et al.*, 2007; Vetrano *et al.*, 2009; Filippi *et al.*, 2011), e pepinos (Weber, 2000). Ainda foram feitos estudos em morangos (Lieten, 2002; Weber, 2003; Scarascia-Mugnozza *et al.*, 2006; Bilck *et al.*, 2010), couve-flor (Magnani *et al.*, 2005), alface e courgette (Minuto *et al.*, 2008), batata-doce (Lee *et al.*, 2009). O plástico biodegradável foi também testado para antecipar a produção da espécie ornamental, *Antirrhinum majus* – “Bocas de Lobo” (Schettini, Vox & Lucia, 2007) e para aumentar a qualidade dos frutos em pomares de tangerinas (Tachibana *et al.*, 2009).

Os pequenos frutos como os mirtilos e framboesas também já obtiveram os primeiros resultados, numa nova área de mercado para os plásticos biodegradáveis (Giuggioli *et al.*, 2010). Estão em curso alguns testes para melhorar o desenvolvimento inicial das culturas do algodão e para os dois primeiros anos na cultura da vinha (Martín-Closas & Pelacho, 2011). Globalmente, em termos de produção e qualidade, o desempenho dos plásticos biodegradáveis como cobertura do solo é equivalente ao do polietileno de baixa densidade, especialmente nos filmes negros. O controlo das infestantes também é idêntico, embora em algumas culturas de ciclo maior tenham sido utilizados plásticos biodegradáveis com uma baixa capacidade para cobrir o solo durante todo o ciclo, tendo que ser dada atenção à durabilidade do plástico. Os plásticos biodegradáveis adequam-se melhor a culturas com uma duração entre 2-6 meses, tendo os agricultores diferentes opções no mercado, podendo escolher o melhor plástico de acordo com as suas especificidades. A antecipação das colheitas, embora nalguns estudos o PE tenha demonstrado um efeito de maior precocidade, geralmente é semelhante no plástico biodegradável e no PE, desde que a duração da cobertura do solo esteja adaptada à duração do ciclo da cultura (Minuto *et al.*, 2008). É necessário ressaltar que os plásticos biodegradáveis são geralmente mais finos que os convencionais. A precocidade dependerá também da cultura e da época em que os materiais são testados.

Para a cultura do melão, tal como nas restantes culturas, os filmes biodegradáveis obtiveram um comportamento idêntico ao PE. Ambos influenciaram positivamente a germinação (Incalcaterra *et al.*, 2004), o crescimento e a antecipação da floração (Vetrano *et al.*, 2009), antecipando a data de colheita (Incalcaterra *et al.*, 2004). As produções também foram idênticas, porém, o filme biodegradável verde apresentou algumas manchas nos frutos, tendo este aspecto que ser melhorado (Filippi *et al.*, 2011). As temperaturas a 10 e 30 cm de profundidade foram maiores (2-3°C) no plástico biodegradável comparando com o

PE (Candido *et al.*, 2001), porém o PE teve uma produção mais antecipada (Vetrano *et al.*, 2009). A acrescentar que os plásticos biodegradáveis 5-6 meses após a colocação desapareceram, o que veio evitar a remoção e eliminação do filme de plástico, com as suas vantagens económicas e ambientais (Incalcaterra *et al.*, 2004;Filippi *et al.*, 2011).

Foram realizados estudos mecânicos ao longo do ciclo da cultura a fim de determinar a taxa de degradação do Mater-Bi® (Scarascia-Mugnozza *et al.*, 2006; Briassoulis, 2006) Bioflex® e Biofilm® e o Ecoflex® durante a sua vida útil (Martín-Closas & Pelacho, 2011). Todos os materiais testados apresentaram propriedades mecânicas adequadas para a aplicação mecanizada no solo. A diminuição das propriedades mecânicas foi observada na primeira semana e continuou na quarta e quinta, dependendo do material e das condições testadas. Após este período, foi notada uma estabilização das propriedades mecânicas. A perda das propriedades mecânicas não afectou a cobertura do solo e as propriedades mecânicas foram satisfatórias desde a plantação até à colheita. A principal causa para a perda destas propriedades foi o efeito directo da radiação solar UV embora para alguns materiais a água possa também ser um factor significativo (Martín-Closas & Pelacho, 2011).

A novidade nos mercados serão os filmes biodegradáveis de longa duração, que podem durar mais de um ano. Esta novidade será aplicada a vegetais de ciclo longo, a ornamentais e na plantação de vinhas e pomares e no estabelecimento de cobertos vegetais (Martín-Closas & Pelacho, 2011).

Citando Heisswolf (2010), os objectivos do plástico biodegradável na agricultura passam pela cobertura adequada do solo durante toda a vida da cultura, supressão das infestantes, retenção de água, qualidade e produções idênticas às obtidas actualmente com o polietileno de baixa densidade. Não ter problemas de eliminação, sendo compostável e biodegradável, não deixando resíduos de toxinas ou de plástico no solo e serem economicamente viáveis.

A grande preocupação associada à utilização de filmes biodegradáveis na agricultura é principalmente devido aos efeitos do envelhecimento e degradação durante a fase de crescimento para aplicações de longa duração, quando as quebras prematuras dos filmes podem limitar as suas aplicações (Minuto, *et al.* 2008).

No solo, o número e a actividade dos organismos está dependente de factores ambientais tais como o pH, a temperatura, os teores de água e de oxigénio e a salinidade. Sendo assim é importante uma incorporação, no final da vida útil, do plástico biodegradável no solo. Esta pode ser efectuada através da passagem de um mobilizador de solo como a grade-discos ou a fresa, que para além de incorporarem o plástico e o restolho no solo, promovem o arejamento e a fragmentação de todos os resíduos, promovendo a biodegradação do plástico. É importante garantir que o local em que é realizada a cultura não é facilmente inundável, o que iria prejudicar bastante a acção dos organismos do solo

na degradação do plástico (Mohee *et al.*, 2008). Abellón *et al.* (2007), referindo-se ao Mater-Bi[®], indicou que, quando os seus resíduos são enterrados na presença de humidade, a actividade microbiana é potenciada, degradando-se no espaço de seis a oito meses.

2.2.1.1 - Mater-Bi[®]

O material utilizado no presente ensaio de campo foi o Mulch AGROBIOFILM, produzido pelo consórcio AGROBIOFILM, com a matéria prima Mater-Bi[®], propriedade da Novamont, um biopolímero derivado de amido natural como o de milho e que possui uma estrutura natural formada por cadeias lineares de amilose e cadeias ramificadas de amilopectinas.

A produção de Mater-Bi[®] implica a ruptura da estrutura original de amido e sua posterior reordenação numa nova superestrutura com formação de complexos entre amilose e moléculas naturais. Estes complexos formam uma nova ordem que aumenta a resistência à água e origina mudanças nas características mecânicas da molécula original de amido (Graci, *et al.* 2008).

O material à base de Mater-Bi[®] já existente no mercado é a gama NF01U e NF803P, porém o material testado no presente ensaio faz parte da gama CF04P, ainda em fase de estudos. Ambos têm a mesma matriz, o amido, porém diferem quanto à sua composição química e quanto ao conteúdo das matérias-primas renováveis. Na gama NF mais de 50% da sua composição é à base de poliésteres biodegradáveis, na gama CF em estudo apresenta uma solução muito mais sustentável, uma vez que é composta por fontes renováveis de matérias-primas a partir de óleos vegetais. A matéria-prima do CF04P é quimicamente um copoliéster alifático/aromático com amido de milho (projecto Agrobiofilm, 2011).

A biodegradabilidade do Mater-Bi[®] está de acordo com a regulamentação europeia de compostagem e biodegradação de embalagens, EN13432 (Kyrikou & Briassoulis, 2007) e com a directiva europeia 2092/91 (agricultura biológica) que estende a possibilidade de usar Mater-Bi[®] também para a agricultura biológica (Filippi, 2011).

2.3 - A cultura do melão e a cobertura do solo

O melão é uma das espécies com maior importância económica na família das cucurbitáceas. Com origem na África Central, foi introduzido na Europa pelos romanos, sendo que na Península Ibérica foram os árabes a implantar esta cultura hortícola. É uma espécie herbácea anual, com um sistema radicular aprumado bastante superficial, os caules têm consistência herbácea com crescimento prostrado. A maioria das cultivares é

andromonóica necessitando da acção de agentes externos para a polinização, sendo o fruto um pepónio de forma esférica a ovóide ou alongada e coloração variável (Almeida, 2006).

As cultivares do grupo *inodorus* do tipo melão “Branco do Ribatejo”, caracterizam-se pela casca geralmente lisa de cor esbranquiçada, o fruto é redondo a ovalado com tamanho médio a grande (1,5 a 3kg). Neste trabalho a variedade utilizada foi o híbrido F1 “Lusitano”, que é caracterizado pelo seu elevado vigor e uma boa cobertura foliar dos frutos, a casca é esbranquiçada tal como a sua polpa, com um peso médio de 3kg, é resistente ao *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* do tipo 0 e 1, e moderadamente resistente ao oídio. (fonte: <http://www.seminis.es/products/melon/lusitano.asp>)

As raízes estão localizadas maioritariamente numa faixa até 40-50cm de profundidade e desenvolvem-se rapidamente. A rega deve ser programada para evitar a rega excessiva que leva a uma menor qualidade e sanidade das plantas e frutos (Zeng *et al.*, 2009). Deve-se evitar o stress hídrico, pois influencia o rachamento dos frutos e afecta negativamente o crescimento foliar, reduzindo a produção final (Ribas *et al.*, 2000). Um deficit hídrico na fase da floração afecta principalmente a quantidade (rendimento), no estabelecimento da planta afecta tanto a quantidade como a qualidade e, por último, na fase de maturação afecta principalmente a qualidade das produções (teor de açúcares) (Fabeiro *et al.*, 2002).

A quantidade de água no solo e a sua distribuição estão intimamente relacionadas com a qualidade do fruto (Zeng *et al.*, 2009). O encharcamento na zona da raiz diminui o fluxo de hidratos de carbono para o desenvolvimento do fruto devido à inactividade das funções da raiz e um aumento das perdas de hidratos de carbono pelas raízes que estão em condições de anaerobiose (Hartz, 1997), sustentando assim a tese de Wells & Nugent (1980), que verificaram que mantendo uma elevada humidade no solo no período de maturação diminui o teor de sólidos solúveis (TSS).

Nas fases iniciais do seu crescimento, o meloeiro é pouco competitivo com a flora infestante, pelo que esta deve ser eliminada antes que a cultura cubra o terreno. No entanto, a monda química pode ser problemática, devido a problemas de fitotoxicidade. O melão é muito sensível a fitotoxicidades provocadas por herbicidas utilizados contra infestantes de folha larga (Almeida, 2006). A sacha, para além da elevada necessidade de mão-de-obra tem o problema do corte das raízes do meloeiro que são bastante superficiais. É uma cultura que prefere solos profundos, bem estruturados com boa drenagem e arejamento, sendo mesmo muito sensível a condições de fraco arejamento do solo, assim, devem evitar-se regas excessivas que levam ao encharcamento do solo e que podem conduzir também ao rachamento, podridões, vitrescência e insipiência dos frutos. A vitrescência surge também em condições de solos frios (<15°C), de asfixia radicular, amplitude térmica diária excessiva e reduzida luminosidade no amadurecimento e excesso de água em situações de

evapotranspiração reduzida (Almeida, 2006). É uma cultura que necessita muito de calor (Quadro 1) e de insolação, porém a produção em estufas tem a dificuldade de condicionar o acesso dos insectos às flores, indispensável para fecundar as flores femininas, para além de ser mais propício ao alojamento de pragas e doenças. A temperatura do solo vai ter influência na absorção de nutrientes, sendo que a absorção de azoto atinge o pico aos 22°C, enquanto que o fósforo, potássio, magnésio e cálcio aumentam linearmente a sua captação pela planta entre os 24 e os 36°C (Stoltzfus, Taber & Aiello, 1998).

Quadro 1 – Temperaturas cardinais para a cultura do melão (Almeida, 2006)

Parâmetro		Temperatura (°C)
Germinação	Mínima	12
	Óptima	24 – 32
	Máxima	39 - 45
Vegetação	Mínima	12
	Óptima	18 – 24
	Máxima	40
Floração (temperatura óptima)		20 – 23
Polinização	Mínima	18
	Óptima	20 – 21
Maturação dos frutos (temperatura óptima)		25 – 30
Temperatura do solo	Mínima	8 – 10
	Óptima	20 – 25
	Máxima	40

Em 1975, Poncini aconselhava os produtores de melão a interpor, durante a maturação dos frutos, um tijolo, uma pedra, palha, etc., que conservam o calor durante a noite e evitam o contacto dos frutos com o terreno. Acelerando assim a maturação e mantendo os frutos sãos e com melhor aspecto. Hoje em dia, numa agricultura moderna e intensiva são técnicas impraticáveis. No entanto a essência mantém-se, até porque as características e exigências das plantas são as mesmas. Ibarra *et al.* (2001) refere que os meloeiros que utilizam a cobertura do solo na linha, apresentaram valores mais elevados de biomassa vegetal, área foliar e taxa de crescimento relativo. Quezada *et al.* (2000) registou um maior tamanho das folhas e Incalcaterra *et al.* (2004) um maior número de folhas/planta.

Sendo assim, a cobertura do solo é um factor essencial para o sucesso da cultura, quer no combate às infestantes, como na manutenção das condições ideais de arejamento e humidade do solo, como ainda no aumento da temperatura do solo e também evitando o contacto directo do fruto com o solo, reduzindo o risco de podridões.

As coberturas do solo à base de polietileno predominantemente utilizadas na cultura do melão são de cor negra e também a transparente, sendo a cor verde ainda pouco representativa.

O plástico negro comporta-se como um corpo opaco, absorvedor e radiador. Absorve muita da radiação ultravioleta visível e comprimentos de onda infravermelhos da radiação solar incidente. Devido à maior condutividade térmica do solo em relação ao ar, muita da energia absorvida pelo plástico negro pode ser transferida para o solo por transmissão, daí a importância da correcta colocação do mulch. A temperatura do solo por debaixo do plástico negro é geralmente superior, 2,8°C a 5 cm de profundidade, e 1,7°C superior a 10 cm de profundidade, comparando com o solo nu (Lamonnt, 1999). O plástico transparente absorve pouca radiação, porém transmite 85-95%, dependendo da espessura e opacidade do polietileno, factor que leva a que este seja o plástico que mais aquece o solo durante o dia, 3,7-8,6°C a 5cm de profundidade (Incalcaterra *et al.*, 2004) e 3-5°C a 10cm (Lamonnt, 1999) comparando com o solo nu. Porém tem contra si o facto de requerer o uso de herbicidas, fumigação ou solarização para o controlo das infestantes. O plástico de cor verde absorve a radiação fotossintética activa e transmite a radiação infravermelha, o que promove um maior controlo das infestantes e o incremento na temperatura que se situa entre o plástico negro e o transparente (Lamonnt, 1999).

Considerado nos anos 50 um produto de luxo na Europa, a produção e o consumo de melão na Europa desenvolveram-se consideravelmente desde a década de 60, atingindo neste momento em Portugal os 3 850 ha de cultivo e uma produção anual de 92000 toneladas, o que representa um volume financeiro médio de 28,3 M€ (INE, 2010). Este crescimento deve-se essencialmente ao aparecimento de novas cultivares e à melhoria das técnicas culturais, em grande parte devido à utilização de plásticos na agricultura.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 – Caracterização Edafoclimática

3.1.1 - Localização da exploração

O ensaio de campo foi realizado em Azeitada (Latitude:39° 09' 35N; Longitude: 8° 40' 24 O), freguesia de Benfica do Ribatejo, concelho de Almeirim, distrito de Santarém. Situa-se na região do Ribatejo, mais concretamente na “lezíria” ou “campo”. O terreno é propriedade do Sr. Alexandre Caetano, com uma dimensão de 5 182 m² (Figura 3).

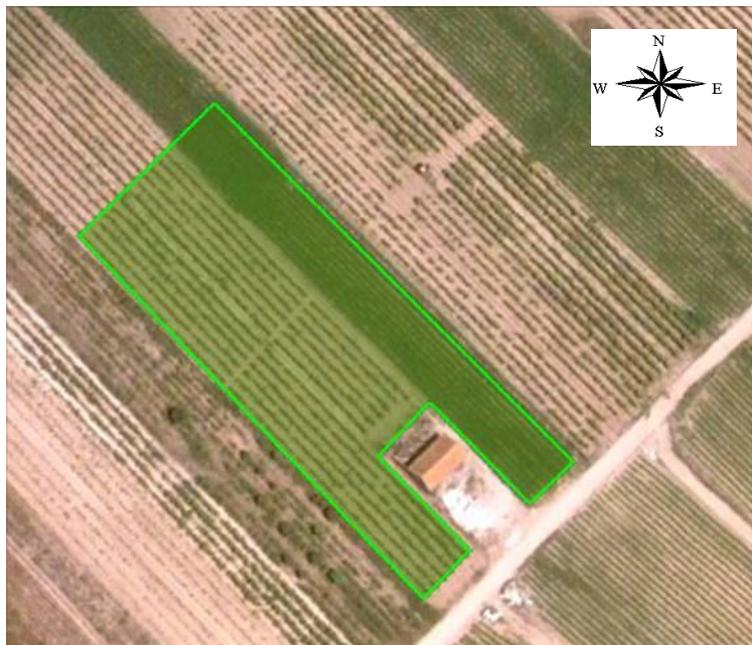


Figura 3 – Vista aérea da parcela em que se realizou o ensaio.

No Quadro 2, encontra-se discriminada uma análise de solo da propriedade e no Quadro 3, a análise de água do furo que a abastece, que atestam a qualidade do solo e da água do furo que abastece a parcela para a agricultura e particularmente para a cultura do melão.

Quadro 2 – Análise ao solo da propriedade.

Laboratório:	Quimiteste Engenharia SA	
Referência:	1105/7087	
Ensaio	Unidades	Resultados
Matéria Orgânica	%	1,5
Matéria seca	%	20
pH, a 23°C	Escala de Sorensen	5,4
Condutividade	µS/cm	<15(LQ)
Azoto Total	mg/kg (mat. Seca)	2,8x10 ³
Fósforo	mg/kg (mat. Seca)	475
Ferro	mg/kg (mat. Seca)	5160
Manganês	mg/kg (mat. Seca)	67,6
Zinco	mg/kg (mat. Seca)	18,4
Cádmio	mg/kg (mat. Seca)	<0,40(LQ)
Cobre	mg/kg (mat. Seca)	46,1
Crômio	mg/kg (mat. Seca)	4,54
Mercurio	mg/kg (mat. Seca)	<0,20(LQ)
Níquel	mg/kg (mat. Seca)	3,4
Chumbo	mg/kg (mat. Seca)	5,4
Densidade Aparente	g/cm ³	2,69
Potássio	mg/kg (mat. Seca)	490
Magnésio	mg/kg (mat. Seca)	785
Sódio	mg/kg (mat. Seca)	37
Boro	mg/kg (mat. Seca)	<1,0(LQ)
Carbono Orgânico Total	%(mat. Seca)	1,15

Quadro 3 – Análise da água do furo que abastece a propriedade

Laboratório:	Departamento Ciências e Engenharia de Biosistemas – ISA	
Referência:	0070/2011	
Ensaio	Unidades	Resultados
pH	Escala de Sorensen	6,35
CE	mS/cm	0,568
Cloretos	mg Cl ⁻ /l	53,2
Nitratos	mg NO ₃ ⁻ /l	55,0
Azoto nítrico	mg N-NO ₃ ⁻ /l	12,41
Azoto amoniacal	mg N-NH ₄ ⁺ /l	<0,2
Bicarbonatos	meq HCO ₃ ⁻ /l	0,7
Carbonatos	meq/l	<0,2
Sódio (Na)	mg/l	54,7
Magnésio (Mg)	mg/l	13,5
Cálcio (Ca)	mg/l	26,2
RSA		2,16
CRS		-1,74

A variação da temperatura e da precipitação da região de Santarém encontram-se, respectivamente, nas Figuras 5 e 6. As temperaturas mais elevadas (Figura 5) ocorrem durante o período estival, registando-se a temperatura máxima, cerca de 29.5 °C, em Agosto e a temperatura mínima, cerca de 5.9 °C, em Janeiro. As temperaturas médias dos meses mais quentes (Agosto) e mais frio (Janeiro), são, respectivamente, de 23 e 10 °C.

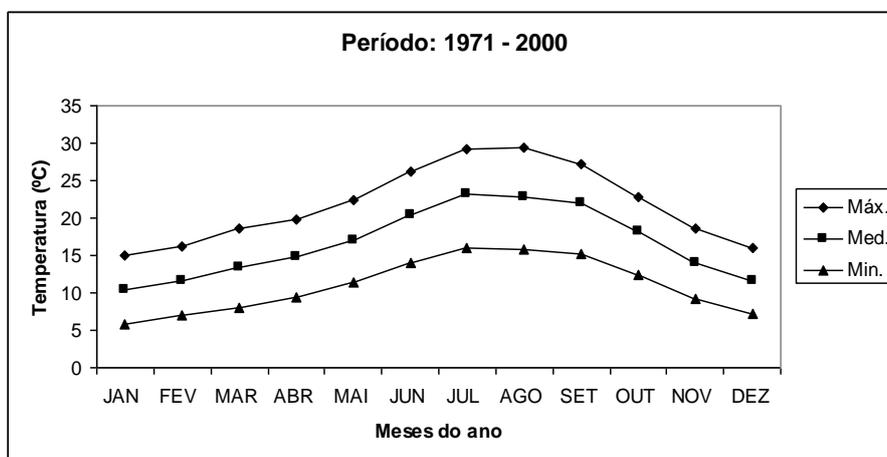


Figura 5 – Temperaturas mínimas, médias e máximas do ar, Santarém/Fonte Boa

(Fonte: Instituto de Meteorologia de Portugal - <http://www.meteo.pt/pt/oclima/clima.normais/018/>).

A precipitação média anual da região de Almeirim (Figura 6) ronda os 650 mm, registando-se o valor máximo absoluto, cerca de 92 mm, no mês de Janeiro. Cerca de 74% da precipitação concentra-se nos meses de Outono e de Inverno, contra os 26% de precipitação nos meses da Primavera e Verão, altura onde as plantas necessitam de mais água para o crescimento. Desta situação resulta um excesso de água no Inverno e a sua carência nos meses estivais.

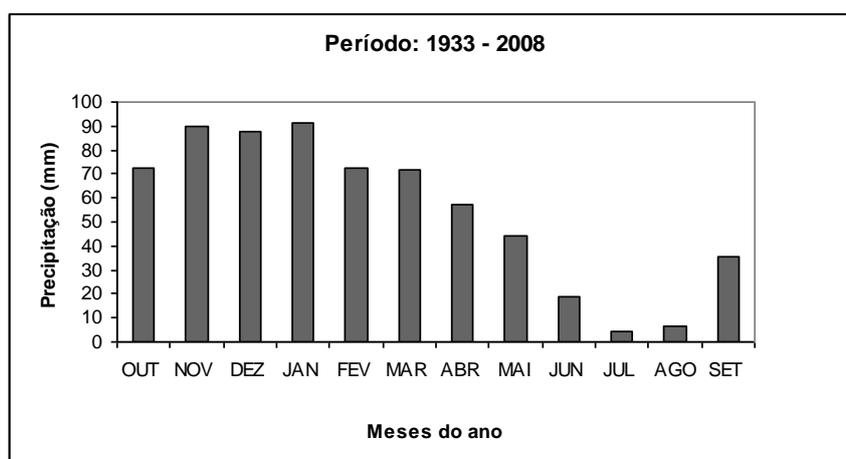


Figura 6 - Valores médios da precipitação mensal correspondentes ao período de 1933 a 2008.

(Fonte: SNIRH, Estação Meteorológica de Almeirim 18F/01UG - http://snirh.pt/snirh/_dadosbase/)

3.2 - Características do material utilizado

A cultura utilizada foi a de melão (*Cucumis melo* var. *inodorus*), a cultivar híbrida F1 “Lusitano”, que é caracterizado pelo seu elevado vigor e uma boa cobertura foliar dos frutos, a casca é esbranquiçada tal como a sua polpa.

Como testemunha foi utilizado o plástico negro de cobertura de solo tradicional para a cultura do melão, com polietileno de baixa densidade com 25µm de espessura. Como modalidades a testar foram utilizados plásticos de cobertura de solo biodegradáveis Agrobiofilm Mater-Bi® (CF04P), fabricado pelo consórcio AGROBIOFILM, no âmbito do projecto FP7 AGROBIOFILM, com 15µm de espessura, nas cores negro (tradicional) e verde; e uma nova composição a partir da formulação base do Mater-Bi® CF04P que surge com a introdução de material reciclado. Esse material é obtido pelo reaproveitamento dos resíduos associados à fabricação dos rolos de filme plástico, sendo sujeito a uma múltipla extrusão (extrusão/ reciclagem/ extrusão, etc.). Não existe nenhum suporte científico que ateste a qualidade deste último filme na utilização agrícola. Este filme plástico é também de cor negra, com 15µm de espessura.

Todos os plásticos utilizados tinham 1,10 m de largura.

3.3 - Delineamento Experimental

O delineamento utilizado foi completamente casualizado, com as seguintes modalidades de cobertura do solo (Quadro 4),

Quadro 4 – Descrição das modalidades do ensaio.

Modalidade	Material de Cobertura do solo	Cor	Espessura(µm)	Referência
0 (testemunha)	Polietileno de Baixa Densidade	Negro	25	PE
1	Plástico Biodegradável Agrobiofilm Mater-Bi® (CF04P)	Negro	15	BMF1
2	Plástico Biodegradável Agrobiofilm Mater-Bi® – com reciclado	Negro	15	BMF2
3	Plástico Biodegradável Agrobiofilm Mater-Bi® (CF04P)	Verde	15	BMFV

A cada modalidade foram atribuídas 3 linhas correspondentes às 3 repetições do ensaio. Em cada uma das linhas foi sorteado ao acaso a zona a monitorizar durante o

ensaio com 25 metros lineares, na qual irão ser efectuados todos os registos à excepção da temperatura e humidade do solo devido ao reduzido alcance das sondas. A zona monitorizada corresponde a 37,5 m² e comporta 25 plantas, num total de 25x3=75 plantas (Figura 7).

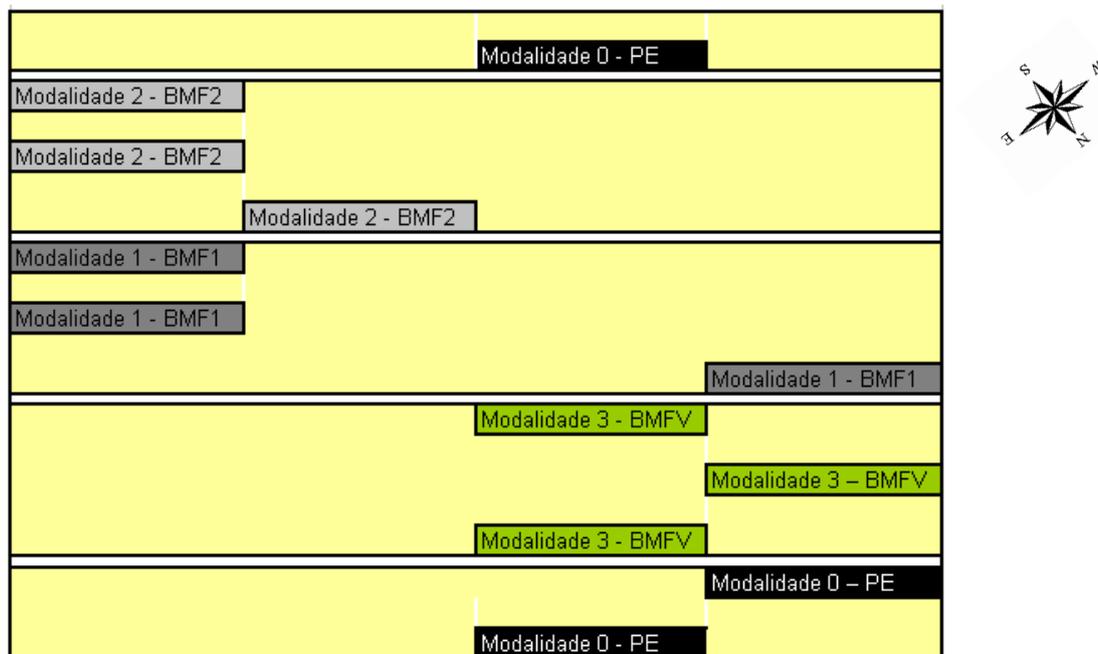


Figura 7 – Distribuição das repetições e modalidades no campo.

O ensaio teve início no dia 1 de Abril de 2011, com a colocação do plástico e a transplantação dos meloeiros e findou no dia 11 de Julho aquando da última colheita. As práticas culturais utilizadas seguiram as do cultivo tradicional.

3.4 - Preparação do Solo

A parcela onde ocorreu o ensaio, anteriormente ocupada com vinha, foi sujeita ao arranque das cepas. Procedeu-se à desinfecção do solo no dia 16 de Fevereiro com metame de sódio (400kg s.a./ha). A 3 de Março foi espalhado estrume. Foi feita uma lavoura para incorporação da matéria orgânica a 4 de Março e uma gradagem (Polimag) a 5 de Março, posteriormente a 1 de Abril foram armados os camalhões (Figura 8).



Figura 8 – Armação dos camalhões.

3.5 - Transplantação

Foi efectuada a transplantação dos meloeiros (*Cucumis melo var. inodorus*) da cv. 'Lusitano' no dia 1 de Abril de 2011, com recurso a um transplantador e desenrolador/fixador de filme plástico e fita de rega, da marca "Checchi & Magli" – Tipo PS – Modelo 14 (Figura 9). As plantas tinham sido anteriormente semeadas em placas alvéoladas de poliestireno, sendo que na altura da transplantação já se encontravam com 4-5 folhas visíveis.



Figura 9 – Plantador/espalhador de plástico "Cheechi & Magli"

Durante o processo de transplantação e fixação do plástico ao solo foi registado o tempo dispendido desde o início do movimento do tractor até que um dos operadores termine o processo ao cortar o plástico no fim da linha. Foram efectuados 16 registos, 8 para o polietileno negro de baixa densidade (25 μ m) e 8 para os vários plásticos biodegradáveis utilizados (15 μ m). Foram medidos tempos de linhas que não se encontravam dentro deste ensaio, mas em que o processo decorreu nas mesmas condições, aumentando assim o número da amostragem.

A modalidade BMF2 não foi instalada na sua totalidade no dia 1 de Abril devido à morosidade do processo, apenas uma das repetições foi instalada nesse dia, sendo as

restantes instaladas posteriormente no dia 4 de Abril. Este facto tem que ser tido em conta aquando da análise dos resultados.

3.6 - Dados Climáticos

Os dados climáticos foram registados numa estação meteorológica montada no local do ensaio (Figura 10), está equipada com um painel fotovoltaico (sop 10x – “Campbell Scientific”) que alimenta a estação. A radiação solar é medida através de um piranómetro (CMP3 – “Kipp&Zonen”), a temperatura e humidade do ar são medidas através de um sensor (CS215-L – “Campbell Scientific”) que se encontra 1,5m de altura do solo e os valores da precipitação são obtidos através de um pluviómetro também existente na estação. Estes equipamentos estão ligados a um datalogger (CR1000 – “Campbell Cientific”) que está programado para fazer o registo dos vários parâmetros com um intervalo de 5 min, fornecendo os dados da temperatura e humidade, mínima, média e máxima diária (°C), a pluviosidade diária (mm) e a radiação total diária (MJ/m²). Os dados foram posteriormente extraídos através do software PC200W da Campbell Scientific.



Figura 10 – Estação meteorológica utilizada no ensaio.

3.7 - Dados do Solo

Para medir os valores da temperatura e humidade do solo, foram utilizadas 6 sondas modelo: 5TM, fabricante: “Decagon” (Figura 11). As sondas foram colocadas a uma profundidade de 20cm nas modalidades: 0 – PE (negro) - 2 sondas; 1 – BMF1 (negro) – 2 sondas; 3 – BMFV (verde) – 2 sondas.

A modalidade 2 não foi monitorizada quanto à temperatura e humidade relativa do solo devido à escassez de sondas disponíveis, optando por colocar 2 sondas em cada uma das restantes modalidades de modo a que os resultados obtidos fossem mais precisos,

especulando que os valores obtidos no BMF2 seriam idênticos aos que se registaram no BMF1.

Os valores obtidos são registados no datalogger (CR1000 – “Campbell Cientific”) que está associado à estação meteorológica, e através do software PC200W da Campbell Scientific extraídos os valores mínimos, médios e máximos horários e diários da temperatura e humidade do solo a uma profundidade de 20cm. Os valores de temperatura registados nas sondas vão ser posteriormente trabalhados com base na fórmula dos graus-dia de crescimento, considerando como temperatura base para esta cultura, 10 °C (Almeida, 2006).



Figura 11 – Sondas 5TM – “Decagon” presentes no solo.

3.8 - Crescimento Inicial

A influência dos diferentes plásticos estudados no crescimento inicial dos meloeiros foi estimada através da área de projecção da copa, ou seja, da projecção das folhas no solo. Foi colocada uma escala (cana) de 2 m de comprimento paralela à linha de cultura, próximo dos meloeiros. Com o auxílio de um escadote captou-se uma fotografia “aérea” que contém a totalidade da escala e também 2 meloeiros (Figura 12). Este procedimento foi efectuado uma, três e cinco semanas após a transplantação, respectivamente nos dias 8 de Abril, 22 de Abril e 6 de Maio a cada uma das repetições do ensaio, ou seja, para cada dia captaram-se três fotografias por modalidade, correspondendo a seis valores de área de projecção da copa, uma vez que cada fotografia contém dois meloeiros.



Figura 12 – Fotografia aérea para captação da projecção da copa.

As fotografias foram posteriormente trabalhadas com auxílio do programa informático “Autocad” que, tendo uma escala de referência (cana – 2m), permite estimar a área da projecção da copa (Figura 13).



Figura 13 - Fotografias tratadas para captação da área de projecção da copa com o uso do software *Autocad*.

3.9 - Floração

A floração foi monitorizada através de duas contagens com intervalos de 1 semana, a partir do aparecimento das primeiras flores pistiladas (Figura 14). Na primeira contagem foram verificadas cada uma das setenta e cinco plantas de cada modalidade (25 plantas x 3 repetições), sendo que na segunda semana apenas foram registadas aleatoriamente dez plantas por repetição, dado o elevado número de flores pistiladas presentes nos meloeiros.



Figura 14 – Início da floração

3.10 - Colheita

Foram efectuadas cinco colheitas no ensaio, nos dias 13, 20 e 27 de Junho e 6 e 11 de Julho. Para a realização da colheita, foi prestada uma preciosa colaboração por parte dos trabalhadores da exploração que, através da sua experiência identificaram quais os melões que se encontravam no estado de maturação ideal e qual a categoria do melão, comercializável ou não comercializável.

Produção – para estimar a produção de cada colheita, contabilizaram-se os melões comercializáveis e não comercializáveis para cada repetição (25 plantas x 3 repetições) das quatro modalidades. Com o auxílio de uma balança mecânica foi registado o peso do conjunto dos melões comercializáveis em cada uma das repetições (Figura 15).



Figura 15 - Processo de pesagem dos melões.

Qualidade – foram efectuados registos do teor de sólidos solúveis (°Brix) em amostras de melões comercializáveis. Essas medições foram efectuadas na terceira e quinta colheita, sendo a amostragem de um melão ao acaso por repetição. A medição foi efectuada através do corte de uma fatia longitudinal de melão e, com o auxílio de uma lâmina encostada à fatia raspou-se em todo o comprimento a parte comestível do melão. O sumo que resulta da passagem da lâmina foi recolhido num refractómetro que nos indica o °Brix médio daquele melão.

3.11 - Infestantes

Foi realizado uma contagem do número de infestantes sensivelmente a meio da campanha, no dia 1 de Julho, nessa contagem foi registado o número de infestantes que se encontravam ao longo dos 37,5 m² de cada repetição.

3.12 - Tratamento Estatístico

Para efectuar o tratamento estatístico dos resultados obtidos aos vários parâmetros analisados, foi utilizado o software SPSS v.17.0.

O método estatístico utilizado foi o teste *t* de *student* para amostras independentes, tendo sido verificado a existência de normalidade na distribuição e de homogeneidade ou não das variâncias. Sendo que a significância foi estabelecida para valores de probabilidade inferiores a 5% ($p=0.05$).

4 – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 - Aplicação do plástico

Os dados referentes ao tempo de aplicação do plástico no solo são importantes, pois reflectem a adaptabilidade do espalhador/plantador a cada tipo de plástico. Quanto mais moroso for o processo, maiores serão os encargos para o agricultor com horas de trabalho das máquinas e dos trabalhadores, atrasando um processo que deve obrigatoriamente ser rápido, devido aos condicionalismos do clima e ao estado a que as plantas se encontram nas placas alvéoladas. É do interesse dos agricultores que a mesma máquina que é usada para espalhar o PE esteja adaptada para os BMF's, não necessitando de novos investimentos e rentabilizando assim um investimento que já foi efectuado.

Quadro 5 – Velocidade de aplicação do plástico no solo por parte do tractor+espalhador.

	Poliétileno Baixa Densidade (n=8)		Plástico Biodegradável (n=8)		Teste <i>t-student</i>	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	<i>t</i>	P
Velocidade da colocação do plástico no solo (m/min)	13,58 ^a	0,80	11,6 ^b	1,3	3,543	0,003**

(** Significativo para $p \leq 0.05$; Valores que contêm a mesma letra não são significativamente diferentes)

Como se pode verificar no Quadro 5 existiu uma diferença significativa na velocidade da aplicação dos dois tipos de plástico (PE e BMF) dada através do valor de *p*, para um intervalo de confiança de 95%.

Foi necessário efectuar um pequeno ajuste na tensão do espalhador/plantador quando se passou do PE para os BMF, no entanto esse ajuste pode ainda não ter sido suficiente para uma óptima afinação da máquina. A diferença detectada pode também ter ocorrido devido à acção do vento sobre o filme plástico, que ao exercer uma força aquando da distensão do plástico no espalhador, fez com que este saísse dos eixos da máquina, sendo necessário parar o processo e um operador alinhar novamente o filme no espalhador, tornando assim o processo mais moroso e dispendioso. A contribuir para esta situação deve-se o facto do plástico biodegradável (15 μm) ser mais leve do que o de polietileno (25 μm), acusando mais a intensidade do vento. O plástico biodegradável foi aplicado durante o período da tarde, período de maior intensidade do vento, ao invés do polietileno que foi aplicado na sua totalidade no período da manhã em que apenas corria uma ligeira brisa.

De salientar também a presença de alguns resíduos da cultura anterior (vinha) fazendo algumas perfurações no plástico, com maior incidência no plástico biodegradável (Figura 16), sustentando assim Heisswolf (2010) que referiu que o plástico biodegradável é

mais susceptível ao rasgamento e deterioração, pois é mais fino do que o PE padrão, o que revela a necessidade da limpeza do terreno e de uma boa fragmentação do solo para a utilização dos BMF's. No entanto, verifica-se uma completa capacidade mecânica do plástico biodegradável utilizado (Scarascia-Mugnozza *et al.*, 2006; Briassoulis, 2006; Rangarajan, 2006), não podendo ser descurada uma precisa afinação da máquina (Heisswolf, 2010) e a intensidade do vento no momento da sua aplicação.



Figura 16 – Fendas presentes no plástico devido à acção dos resíduos da cultura anterior.

4.2 - Presença de infestantes

Para uma melhor análise deste parâmetro tem que ser referido que todas as modalidades foram sujeitas a uma desinfecção do solo antes da instalação da cultura e cerca de 40 DAT a entrelinha foi “sachada” com recurso a um sachador. No entanto não houve necessidade de recorrer ao uso de herbicidas pré ou pós-plantação para o controlo das infestantes, apresentando todas as modalidades um nível muito reduzido, como se pode verificar no Quadro 6.

Quadro 6 - Número de infestantes em 37,5 m² - 1 de Julho

Tipo de Plástico	Número médio de infestantes presente em cada repetição (37,5 m ²)		Desvio Padrão	Teste <i>t</i> de Student para amostras independentes			
				PE	BMF1	BMF2	BMFV
PE	1,3 ^a	n=3	1,2	PE	<i>t</i> =-2,200	<i>t</i> =-0,555	<i>t</i> =-1,671
					P=0,093	P=0,609	P=0,170
BMF1	5,0 ^a	n=3	2,6	BMF1		<i>t</i> =1,643	<i>t</i> =0,295
						P=0,176	P=0,783
BMF2	2,0 ^a	n=3	1,7	BMF2			<i>t</i> =1,200
							P=0,296
BMFV	4,3 ^a	n=3	2,9	BMFV			
Valores que contêm a mesma letra não são significativamente diferentes para p=0,05, utilizando o teste T-student.				**Significativo para p≤0.05			

Verificou-se que no dia 1 de Julho, na fase final da campanha, a presença de infestantes nos 37,5 m² de cada repetição é bastante reduzida, atestando assim todos os plásticos biodegradáveis AGROBIOFILM utilizados como eficazes no controlo da flora infestante, confirmando assim Weber (2003), Minuto *et al.* (2008) e Anzalone *et al.* (2010) que em ensaios para verificar as potencialidades dos plásticos biodegradáveis no controlo das infestantes, atestaram os filmes biodegradáveis com a matéria prima Mater-Bi[®] produzida pela Novamont SPA. Como podemos observar no Quadro 6, não existem diferenças significativas entre as várias modalidades e a testemunha (PE), aplicando-se assim o que Lamont (1999) referia em relação à cor verde dos plásticos de polietileno, nos plásticos biodegradáveis verdes, que transmitem radiação infravermelha, ajudando no controlo das infestantes. O facto de não ter sido necessário recorrer ao uso de herbicidas, vai de encontro a Minuto *et al.* (2008) e Graci (2011) que referiram que os filmes biodegradáveis de cobertura do solo representavam uma boa alternativa aos herbicidas ou outros químicos para desinfestação do solo, particularmente quando usados apenas para o controlo de infestantes.

4.3 - Área de Projecção da copa

O processo de medição da área de projecção da copa, recorrendo ao tratamento de fotografias através do software informático *Autocad*, revelou-se um instrumento bastante útil e com uma elevada precisão nos valores obtidos.

No dia em que se efectuou a plantação, não houve a possibilidade de montar a totalidade do ensaio, sendo na modalidade BMF2, apenas uma das repetições foi plantada, ficando as restantes para plantar no dia 4 de Abril. Sendo assim, não considerámos essas duas repetições em falta na primeira medição da área de projecção da copa, reflectindo-se num menor número da amostra (Quadro 7), sendo que nas duas medições seguintes (Quadro 8 e 9) já foi efectuado esse registo, porém com essa ressalva de três dias de atraso na plantação em duas das repetições para o BMF2.

Quadro 7 – Área de projecção da copa (m²) – 8 de Abril.

Tipo de Plástico	Área média de projecção da copa (m ²)		Desvio Padrão	Teste t de Student para amostras independentes			
				PE	BMF1	BMF2	BMFV
PE	0,0113 ^a	n=6	0,0040	PE	t=0,912	t=1,195	t=1,776
					P=0,383	P=0,277	P=0,109
BMF1	0,0096 ^a	n=6	0,0020	BMF1		t=1,288	t=1,405
						P=0,245	P=0,190
BMF2	0,0077 ^a	n=2	0,00071	BMF2			t=-0,331
							P=0,752
BMFV	0,0081 ^a	n=6	0,0017	BMFV			
Valores que contêm a mesma letra não são significativamente diferentes para p=0,05, utilizando o teste T-student.				**Significativo para p≤0.05			

Uma semana após a transplantação não foi registada qualquer diferença significativa, este resultado é espectável dado o pouco tempo que decorreu. No entanto, já é possível verificar uma tendência de maior crescimento do PE em relação às restantes modalidades, que vai ser confirmado 21DAT (Quadro 8), embora sem diferenças significativas.

Quadro 8 – Área de projecção da copa (m²) – 22 de Abril.

Tipo de Plástico	Área média de projecção da copa (m ²)		Desvio Padrão	Teste t de Student para amostras independentes			
				PE	BMF1	BMF2	BMFV
PE	0,0462 ^a	n=6	0,012	PE	t=0,658	t=1,240	t=0,704
					P=0,526	P=0,243	P=0,498
BMF1	0,0424 ^a	n=6	0,0068	BMF1		t=0,858	t=0,276
						P=0,411	P=0,788
BMF2	0,0384 ^a	n=6	0,0094	BMF2			t=-0,294
							P=0,775
BMFV	0,041 ^a	n=6	0,015	BMFV			
Valores que contêm a mesma letra não são significativamente diferentes para p=0,05, utilizando o teste T-student.				**Significativo para p≤0.05			

No Quadro 8, verificou-se que não existem diferenças significativas entre as várias modalidades testadas.

Quadro 9 – Área de projecção da copa (m²) – 6 de Maio

Tipo de Plástico	Área média de projecção da copa (m ²)		Desvio Padrão	Teste <i>t</i> de Student para amostras independentes			
				PE	BMF1	BMF2	BMFV
PE	0,38 ^a	n=6	0,10	PE	<i>t</i> =1,393	<i>t</i> =3,271 ⁽¹⁾	<i>t</i> =0,609
					P=0,194	P= 0,014 **	P=0,556
BMF1	0,29 ^{ab}	n=6	0,14	BMF1		<i>t</i> =0,884	<i>t</i> =0,773 ⁽¹⁾
						P=0,410	P=0,458
BMF2	0,234 ^b	n=6	0,046	BMF2			<i>t</i> =-2,075
							P=0,065
BMFV	0,343 ^{ab}	n=6	0,12	BMFV			
Valores que contêm a mesma letra não são significativamente diferentes para p=0,05, utilizando o teste T-student.				**Significativo para p≤0.05 (¹) – variâncias diferentes – Teste de Levéne			

Como se pode observar nos Quadros 7, 8 e 9 e na Figura 17, a modalidade que mais promoveu o crescimento inicial do meloeiro foi o PE, seguido do BMFV e do BMF1, sendo que apenas o BMF2 apresenta uma diferença significativa de acordo com o teste *t* de Student para amostras independentes, respeitante à última medição no dia 6 de Maio. Uma análise a este resultado do BMF2 está sempre condicionada pelo atraso na plantação, referido anteriormente, sendo necessário em ensaios futuros validar ou refutar este resultado obtido.

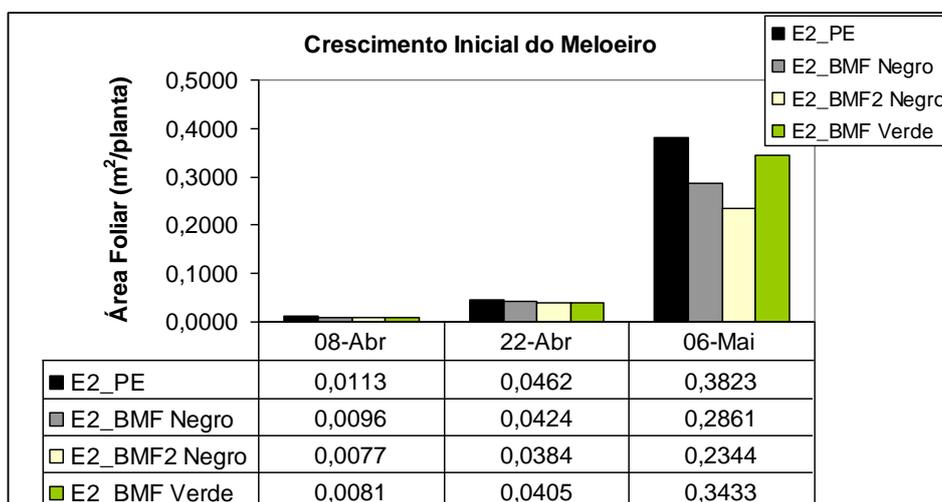


Figura 17 – Crescimento inicial dos meloeiros, com base nos valores da área de projecção da copa (m²).

Stoltzfus *et al.* (1998), refere que a temperatura na zona da raiz afecta qualquer planta e em grande parte a sua taxa de crescimento e absorção de nutrientes, verificando

uma interacção entre o tamanho da planta e a temperatura na zona da raiz ($p < 0,0001$) para peso fresco.

Um maior crescimento inicial pode então ser justificado através da temperatura do solo medida a 20 cm de profundidade registada em cada uma das modalidades. Para isso, recorreu-se à fórmula dos graus dia de crescimento, que segundo Ibarra *et al.* (2001), está correlacionada com o crescimento e a maturação: $GDC_{solo_{10}} = [(TS_{max} + TS_{min})/2] - T_{base}$; em que se considerou a temperatura máxima diária (TS_{max}) e mínima diária (TS_{min}) registada nas duas sondas presentes em cada uma das modalidades (PE; BMF1 e BMFV) e como temperatura base (T_{base}) $10^{\circ}C$ (Almeida, 2006).

No dia 6 de Maio (36DAT) os graus dias acumulados em cada uma das modalidades eram $443,7^{\circ}dia$ (PE), $417,9^{\circ}dia$ (BMF1), $400,23^{\circ}dia$ (BMF2) e $436,03^{\circ}dia$ (BMFV), o que permite fazer uma correlação positiva com o crescimento inicial registado através da área da projecção da copa nessas 4 modalidades, obtendo um $R^2 = 0,9908$ (Figura 18). Este resultado permite afirmar que quanto maior for a temperatura do solo acumulada, maior e mais rápido será o crescimento inicial da planta, corroborando Morais *et al.* (2008) que referiram que a planta precisa de uma certa quantidade de energia para completar uma determinada fase fenológica e Díaz-Pérez (2009) que verificou que a temperatura na zona da raiz afectava o crescimento das plantas.

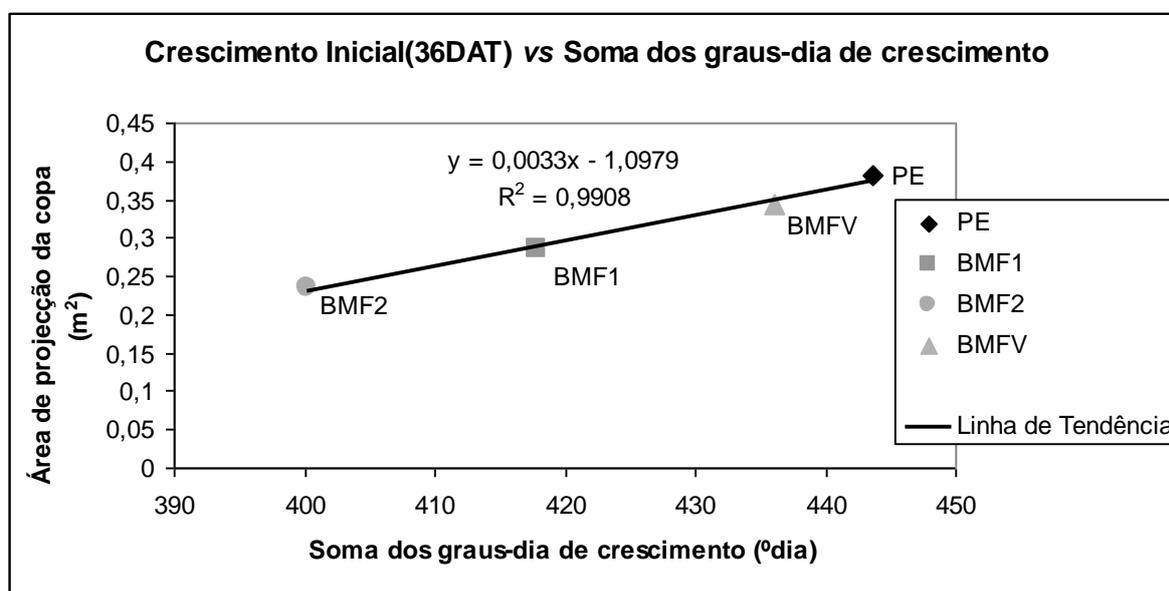


Figura 18 – Representação gráfica da área de projecção da copa (m^2) em função da acumulação dos graus-dia de crescimento 36DAT.

De referir que na modalidade BMF2, uma vez não existindo sondas do solo, foi feita uma estimativa dos graus-dia de crescimento acumulados utilizando como referência BMF1, como está referido no material e métodos. O facto de apenas uma das três repetições do

BMF2 ter sido instalada no dia 1 de Abril, torna a estimativa dos graus-dia de crescimento acumulados mais complexa, pois não acumularam os graus-dia de crescimento referentes ao período de diferença entre as plantações (26,5 °dia). Os graus-dia de crescimento acumulados pelo solo podem, assim, ser estimado através da seguinte fórmula,

$$\text{GDC}_{\text{solo(BMF2)}} \approx \text{GDC}_{\text{solo(BMF1)}} \cdot (1/3) + (\text{GDC}_{\text{solo(BMF1)}} - 26,5) \cdot (2/3) \approx \mathbf{400,23 \text{ °dia (36DAT)}}$$

4.4 – Floração

O início da floração foi verificado através de duas contagens separadas em 7 dias a partir do momento em que a maioria das plantas já continham 2-3 flores visíveis (Figura 19).

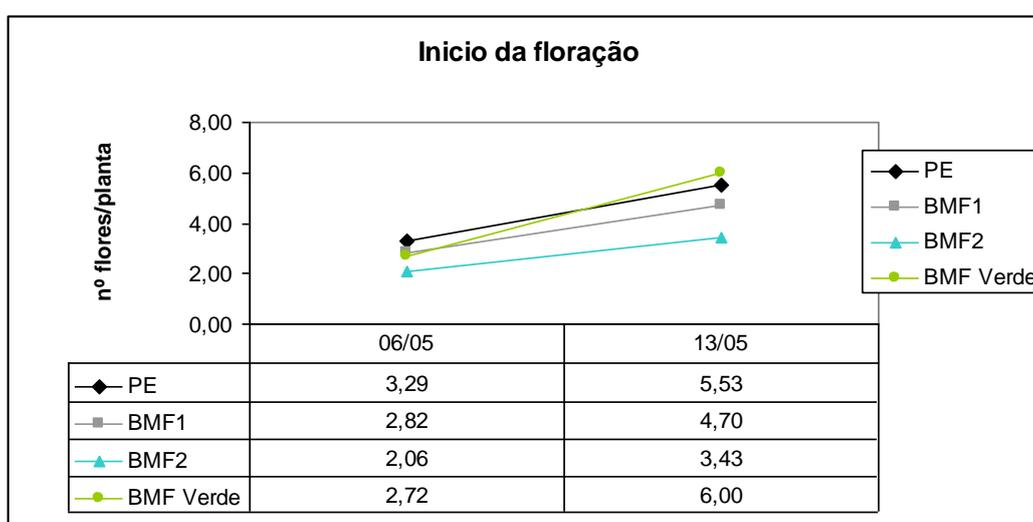


Figura 19 - Representação gráfica do número de flores/planta por modalidade.

Visualizando a Figura 19 observam-se taxas de incremento da floração diferentes, que são indicadas através do declive das rectas, sendo de destacar o BMFV. Este estímulo que parece existir na modalidade BMFV pode ser justificado através da Figura 25, em que está representada a temperatura máxima dos vários plásticos e em que o BMFV atinge os valores mais elevados de temperatura entre as modalidades em estudo.

Quadro 10 – Primeira contagem do número de flores – 6 de Maio (36DAT)

Tipo de Plástico	Nº médio de flores/planta		Desvio Padrão	Teste <i>t</i> de Student para amostras independentes			
				PE	BMF1	BMF2	BMFV
PE	3,3 ^a	n=75	1,8	PE	<i>t</i> =1,726	<i>t</i> =4,498	<i>t</i> =2,082
					P=0,086	P= 0,000 **	P= 0,039 **
BMF1	2,8 ^{ab}	n=74	1,5	BMF1		<i>t</i> =3,153	<i>t</i> =0,438
						P= 0,002 **	P=0,662
BMF2	2,1 ^c	n=72	1,5	BMF2			<i>t</i> =-2,641
							P= 0,009 **
BMFV	2,7 ^b	n=74	1,5	BMFV			
Valores que contêm a mesma letra não são significativamente diferentes para p=0,05, utilizando o teste T-student.				**Significativo para p≤0.05			

Na contagem realizada 36 DAT (Quadro 10), observam-se diferenças significativas, desde logo o BMF2, que apresenta significativamente menos flores que todas as outras modalidades. Também o plástico biodegradável BMFV que embora seja significativamente maior que o plástico BMF2, é significativamente menor que o PE. No entanto, após sete dias, o BMFV passa a ser aquele que regista um maior número de flores/planta (Quadro 11).

Quadro 11 – Segunda contagem do número de flores – 13 de Maio (43DAT)

Tipo de Plástico	Nº de flores/planta		Desvio Padrão	Teste <i>t</i> de Student para amostras independentes			
				PE	BMF1	BMF2	BMFV
PE	5,5 ^{ab}	n=30	2,3	PE	<i>t</i> =1,429	<i>t</i> =3,447	<i>t</i> =-0,758
					P=0,158	P= 0,001 **	P=0,451
BMF1	4,7 ^b	n=30	2,2	BMF1		<i>t</i> =2,116	<i>t</i> =-2,149
						P= 0,039 **	P= 0,036 **
BMF2	3,4 ^c	n=30	2,4	BMF2			<i>t</i> =-4,074
							P= 0,000 **
BMFV	6,0 ^a	n=30	2,5	BMFV			
Valores que contêm a mesma letra não são significativamente diferentes para p=0,05, utilizando o teste T-student.				**Significativo para p≤0.05			

Na contagem realizada 43DAT foi a modalidade BMFV a registar um maior número de flores por planta, registando diferenças significativas em relação aos dois plásticos biodegradáveis de cor negra, podendo assim ser referido que entre plásticos biodegradáveis

com a mesma espessura e o mesmo material base, o plástico verde tem maior capacidade de antecipar a floração, o que pode mais uma vez ser explicado através da acumulação de graus-dia de crescimento da temperatura do solo (Figura 20), e que neste caso está de acordo com Lammont (1999) que indicava o plástico verde como tendo uma maior capacidade de incrementar a temperatura, e com os resultados obtidos por Filippi *et al.* (2011) que comparou plásticos biodegradáveis verde (15µm) e negro (15µm), com plástico polietileno (50µm), sendo registada uma maior temperatura no plástico verde, seguido do PE e do biodegradável negro.

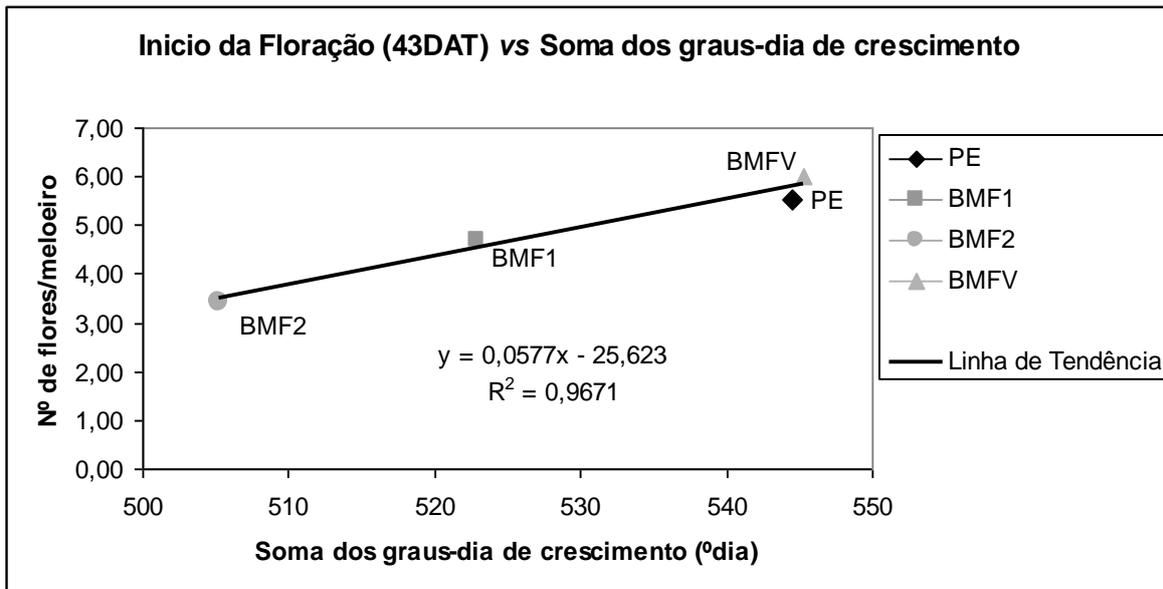


Figura 20 – Representação gráfica do número de flores/meloeiro em função da acumulação de graus-dia de crescimento da temperatura do solo 43 DAT.

Foi obtida uma correlação linear $R^2 = 0,9671$ entre o início da floração e a soma dos graus-dia de crescimento, à semelhança do que se verificou para o crescimento inicial, o que permite mais uma vez afirmar que a acumulação dos graus-dia de crescimento do solo está directamente relacionada com o início desta fase fenológica (Baker & Reddy, 2001; Morais *et al.*, 2008, Díaz-Pérez, 2009). A modalidade que registou uma maior acumulação de temperatura 43DAT foi o BMFV (545,33 °dia), seguido do PE (544,5 °dia), do BMF1 (522,9 °dia) e do BMF2 (505,2 °dia), tendo este último sido estimado a partir da fórmula já anteriormente utilizada: $GDC_{solo(BMF2)} = GDC_{solo(BMF1)} * (1/3) + (GDC_{solo(BMF1)} - 26,5) * (2/3)$.

4.5 - Produção antecipada

Considerou-se como sendo produção antecipada a produção obtida na 1ª e 2ª colheitas, utilizando-se assim os dados da produção acumulada 81 DAT para as diversas modalidades.

Quadro 12 – Produção antecipada (produção acumulada 81DAT).

Tipo de Plástico	Produção média (t/ha)		Desvio Padrão	Teste <i>t</i> de Student para amostras independentes			
				PE	BMF1	BMF2	BMFV
PE	8,8 ^a	n=3	2,6	PE	t=3,002	t=4,320	t=2,331
					P=0,040**	P=0,012**	P=0,080
BMF1	2,4 ^{bc}	n=3	2,6	BMF1		t=0,658	t=-1,842
						P=0,546	P=0,199 ⁽¹⁾
BMF2	1,3 ^c	n=3	1,4	BMF2			t=-4,463
							P=0,011**
BMFV	5,2 ^{ab}	n=3	0,5	BMFV			
Valores que contêm a mesma letra não são significativamente diferentes para p=0,05, utilizando o teste T-student.					**Significativo para p≤0.05 (1) – variâncias diferentes – Teste de Levéne		

Após a análise estatística com recurso a vários testes *t* de *student* para duas amostras independentes, verificaram-se diferenças significativas entre o PE e os dois plásticos biodegradáveis negros, revelando o PE uma maior precocidade na produção (Quadro 12). O que permite afirmar que nas condições em que se realizou o ensaio e para a cultura do melão, quando se comparam os dois tipos de plástico (polietileno e biodegradável) de cor negra, o PE revela-se mais apropriado para obter uma colheita precoce, o que vai de encontro às conclusões de Vetrano *et al.* (2009), que na cultura do melão obtiveram uma produção mais cedo no PE negro do que com o biodegradável negro.

O plástico biodegradável verde não apresentou diferenças significativas quer em relação ao PE, quer em relação ao BMF1, podendo considerar-se uma boa alternativa ao PE quando o agricultor pretende obter uma produção antecipada, estando de acordo com os resultados obtidos por Rangarajan (2007), que verificou um aumento da precocidade com o plástico biodegradável verde.

Como é de seguida demonstrado na Figura 22, as duas modalidades a obterem uma produção mais precoce foram também as modalidades com maiores valores de temperatura acumulados. Sendo confirmado a ideia de Magnani *et al.* (2003) em relação aos plásticos verdes em geral, que são adequados para aumentar a temperatura do solo, com um impacto

positivo na produção precoce e no controlo das infestantes, devido à sua capacidade de filtrar a radiação.

4.6 - Produção Total

A produção total foi obtida através das produções acumuladas das cinco colheitas realizadas, sendo a primeira efectuada em 13 de Junho (74 DAT) e a última a 11 de Julho (DAT).

Quadro 13 – Produção total comerciável (t/ha)

Tipo de Plástico	Produção (t/ha)	Desvio Padrão		Teste <i>t</i> de Student para amostras independentes			
				PE	BMF1	BMF2	BMFV
PE	23,4 ^a	n=3	3,6	PE	<i>t</i> =0,823	<i>t</i> =1,219	<i>t</i> =0,070
					P=0,457	P=0,290	P=0,947
BMF1	21,3 ^a	n=3	2,5	BMF1		<i>t</i> =0,487	<i>t</i> =-0,998
						P=0,652	P=0,375
BMF2	20,3 ^a	n=3	2,6	BMF2			<i>t</i> =-1,515
							P=0,204
BMFV	23,2 ^a	n=3	2,1	BMFV			
Valores que contêm a mesma letra não são significativamente diferentes para p=0,05, utilizando o teste T-student				**Significativo para p≤0.05			

No que se refere à produção total não se verificaram diferenças significativas entre as diversas modalidades, sendo no entanto a modalidade PE a obter uma maior produtividade, registando cerca de 23,4 ± 3,6 t/ha, seguida da modalidade BMFV 23,2 ± 2,1 t/ha, da BMF1 21,3 ± 2,5 t/ha e do BMF2 20,3 ± 2,6 t/ha, cuicidindo com os resultados de López *et al.* (2007) para a cultura do melão que obteve produções idênticas entre o PE e os materiais biodegradáveis. Porém, o resultado de Filippi *et al.* (2011) para o primeiro ano de ensaios indicava uma maior produção nos plásticos biodegradáveis de cor verde o que não se verificou neste estudo.

A tentativa de encontrar uma correlação entre a soma dos graus-dia de crescimento e a precocidade (Figura 21) e entre a produção total e a soma dos graus-dia de crescimento (Figura 22) não se revela eficaz, obtendo um R²=0,6575 e R²=0,8409 sucessivamente. Segundo Baker & Reddy (2001) e Morais *et al.* (2008) poderá dever-se à presença de outros factores ambientais que interferem no desenvolvimento da cultura, como a humidade e

temperatura do ar, o vento, a humidade do solo que foi sujeito a rega, não sendo garantida a uniformidade da rega, e a presença de pragas e doenças, sendo que o efeito destes factores tem tendência a aumentar com o decorrer dos dias.

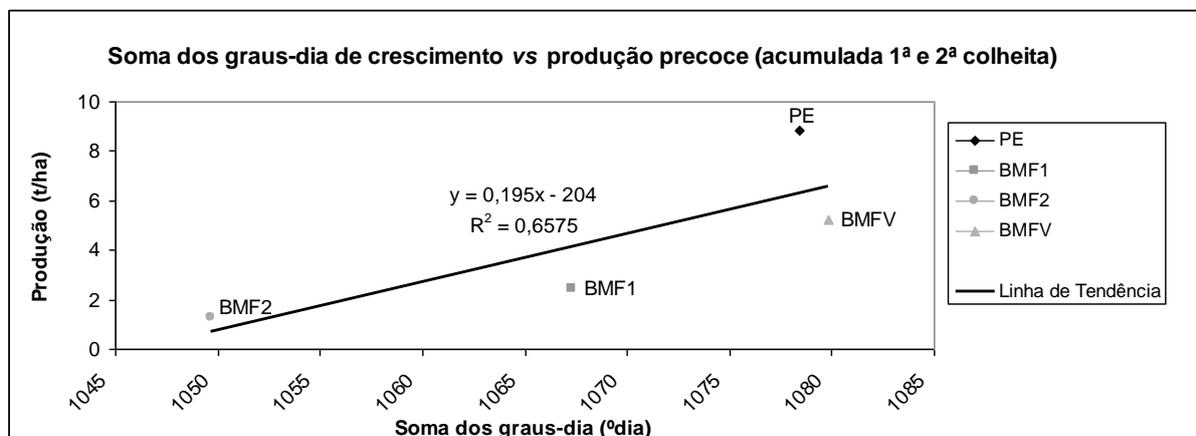


Figura 21 – Representação gráfica da produtividade antecipada em função da acumulação de graus-dia de crescimento da temperatura do solo 87DAT.

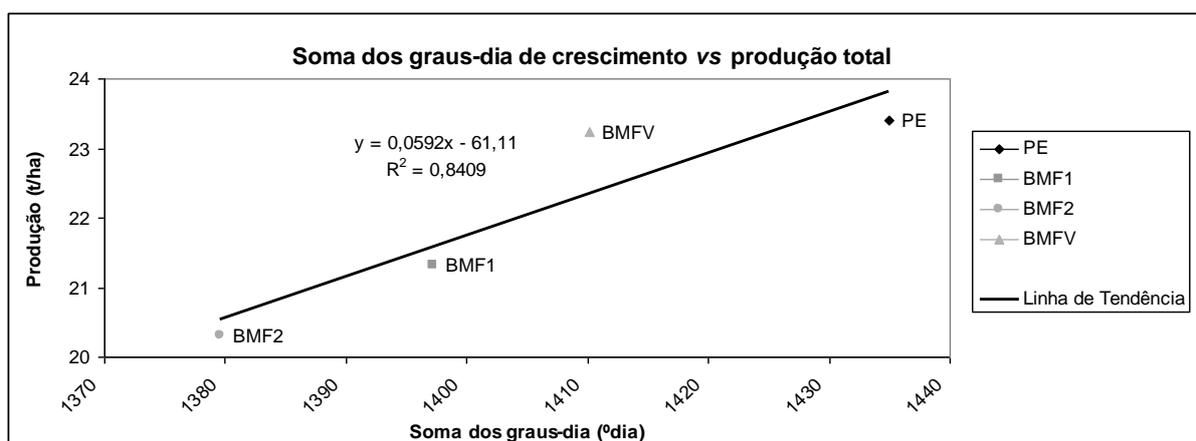


Figura 22 – Representação gráfica da produção total em função da acumulação de graus-dia de crescimento da temperatura do solo 101 DAT.

Filippi *et al* (2011) referem que após um período inicial, com a degradação dos materiais biodegradáveis, há uma tendência para baixar a retenção de calor, no entanto as plantas já se encontram devidamente desenvolvidas, cobrindo a totalidade do plástico existente no solo.

A importância da área foliar na intercepção de radiação, no crescimento e na produção, indicada por Baker & Reddy (2001), levam à correlação que surge na Figura 23 entre o crescimento inicial e a produção total.

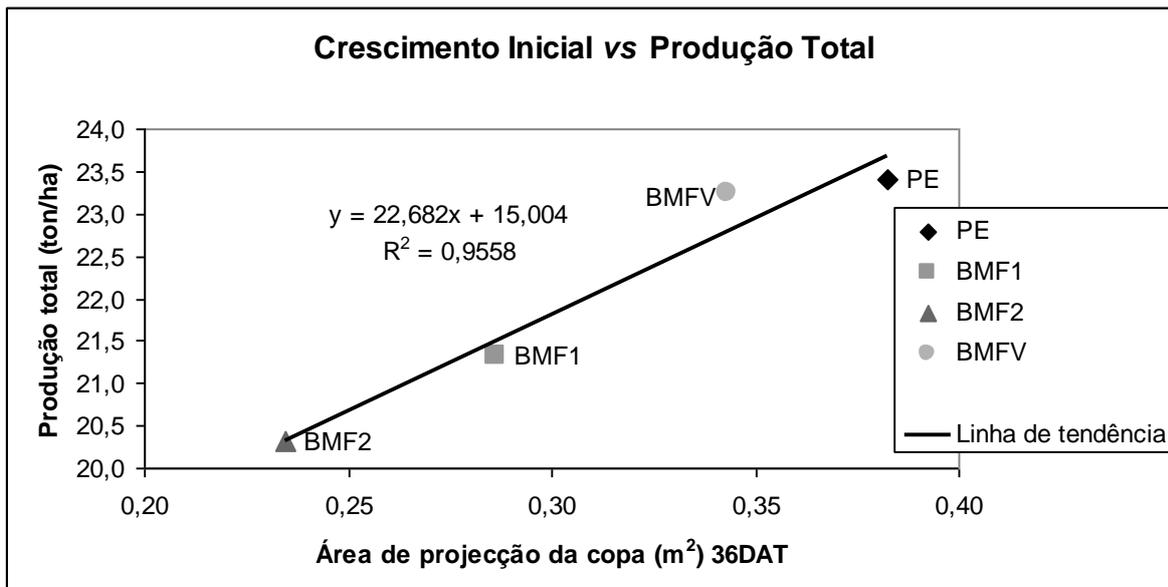


Figura 23 – Representação gráfica da produção total em função do crescimento inicial.

O cruzamento dos dados da produção total com os dados do crescimento inicial, revela uma correlação positiva, para a área de projecção da copa (m²) 36 DAT e a produtividade total (t/ha) para as quatro modalidades. Obtém-se uma equação da recta: $y=22,682x+15,004$ e um $R^2=0,9558$, que para o tipo de dados em questão e para a precisão das medições efectuadas se revela bastante adequada. Este factor realça a importância de um elevado crescimento inicial da planta para a obtenção de uma produção elevada, esse crescimento inicial está directamente relacionado com a temperatura do solo na zona da raiz, como verificámos anteriormente na correlação entre a área de projecção da copa e a soma dos graus-dia de crescimento da temperatura do solo (Figura 18).

4.7 – Qualidade dos frutos

No que respeita à avaliação da qualidade os frutos, comparam-se os valores de grau Brix pois é uma metodologia simples que pode ser executada logo durante a colheita. A aferição da qualidade dos frutos é importante pois ela pode estar relacionada com o teor de água no solo que vai influenciar a acumulação de água nos frutos, com efeitos no total de sólidos solúveis e acidez titulável, tal como o teor de matéria seca (Magnani, *et al.* 2010).

Quadro 14 – Qualidade dos frutos através do °Brix registado na segunda e quinta colheita.

Tipo de Plástico	°Brix	Desvio Padrão		Teste <i>t</i> de Student para amostras independentes			
				PE	BMF1	BMF2	BMFV
PE	12,2 ^a	n=6	1,8	PE	<i>t</i> =-0,411	<i>t</i> =0,352	<i>t</i> =0,674
					P=0,690	P=0,733	P=0,516
BMF1	12,7 ^a	n=6	2,1	BMF1		<i>t</i> =0,696	<i>t</i> =1,043
						P=0,504	P=0,322
BMF2	11,8 ^a	n=5	2,0	BMF2			<i>t</i> =0,242
							P=0,814
BMFV	11,5 ^a	n=6	1,6	BMFV			
Valores que contêm a mesma letra não são significativamente diferentes para p=0,05, utilizando o teste T-student.				**Significativo para p≤0.05			

Não foram detectadas diferenças significativas na qualidade dos melões, no que diz respeito ao teor de sólidos solúveis, indicado através dos valor de °Brix, verificando-se que a modalidade que obteve um maior teor de Brix foi a BMF1 com $12,7 \pm 2,1$ °Brix e a menor o BMFV com $11,5 \pm 1,6$ °Brix (Quadro 14). O número de amostras neste parâmetro pode-se revelar insuficiente para obter uma melhor conclusão, porém uma vez que o ensaio foi realizado no campo de um agricultor, e a realização desta análise implica que o fruto se torne não comercializável, tentou-se conciliar os interesses de ambas as partes. Porém seria necessário uma amostragem um pouco maior para se poderem retirar melhores conclusões quanto a este parâmetro. Este aspecto toma mais relevo se se atender ao facto de que no mesmo dia de colheita, e para as mesmas condições, existir muita heterogeneidade na qualidade dos frutos, dependendo da pessoa que está a proceder à colheita.

4.8 – Temperatura do solo

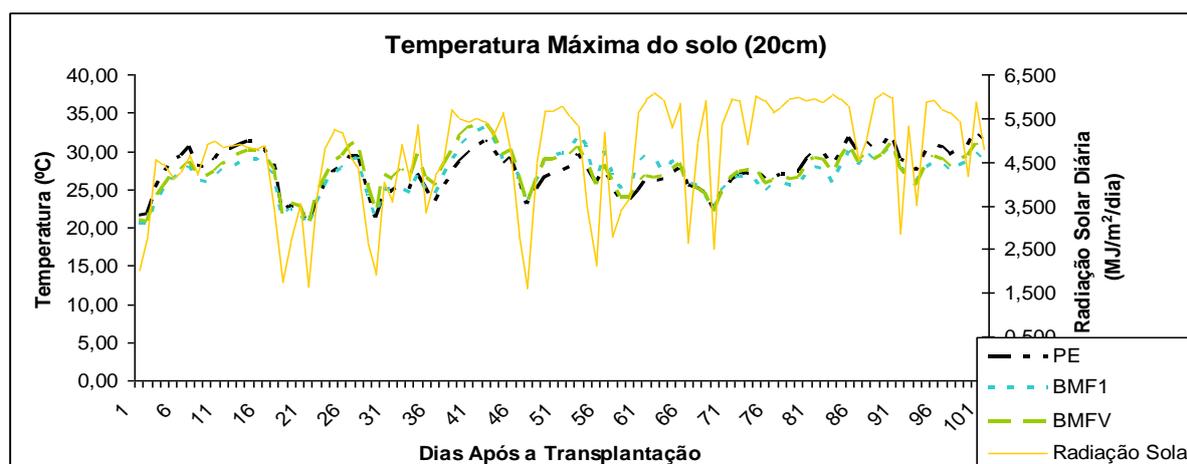


Figura 24 – Representação gráfica das temperaturas máximas diárias registadas nas sondas do solo, com a sobreposição da linha respeitante à radiação solar diária (MJ/m²/dia)

As diversas modalidades não obtiveram uma tendência definida ao longo do decorrer do ensaio quanto à modalidade que tem uma maior capacidade de atingir elevadas temperaturas do solo. Como é possível observar na Figura 24, na fase inicial, até aproximadamente 22 DAT, a modalidade que atingiu temperaturas mais elevadas foi a PE, altura em que ocorreu uma elevada precipitação. Posteriormente, a modalidade que atingiu temperaturas mais elevadas foi a BMFV, como seria de esperar devido à sua capacidade de transmissão de radiação para o solo, que se acentua em dias de maior radiação. Aproximadamente 52 DAT, a modalidade que atinge maiores temperaturas do solo é a BMF1. Após este período, sensivelmente 66 DAT, em que o solo já se encontra na totalidade coberto por vegetação herbácea, a degradação do plástico biodegradável e o coberto vegetal, já não permite retirar conclusões quanto aos factores que influenciam a variação da temperatura do solo.

Quadro 15 – Temperatura máxima diária do solo a 20 cm de profundidade

Tipo de Plástico	Temperatura máxima diária do solo		Desvio Padrão	Teste t de Student para amostras independentes		
				PE	BMF1	BMFV
PE	27,4 ^a	n=101	2,8	PE	t=0,980 P=0,328	t=-0,252 P=0,801
BMF1	27,0 ^a	n=101	2,7	BMF1		t=-1,248 P=0,213
BMFV	27,4 ^a	n=101	2,7	BMFV		
Valores que contêm a mesma letra não são significativamente diferentes para p=0,05, utilizando o teste T-student.				**Significativo para p≤0.05		

Observando o Quadro 15 pode-se verificar que no final as temperaturas máximas diárias do solo a 20cm de profundidade não diferem significativamente entre si, sendo que o BMFV e o PE obtiveram uma temperatura máxima média mais elevada (27,4°C), seguido do BMF1 (26,98°C).

Quando se comparam plásticos com a mesma cor entre os biodegradáveis e os de polietileno, é de esperar que as temperaturas superiores sejam obtidas no polietileno, como sucedeu neste ensaio, pois os plásticos biodegradáveis são muito mais permeáveis ao vapor de água, movendo-se mais facilmente em dias ensolarados ou noites limpas o que se traduz numa perda de calor (Weber, 2003).

As temperaturas mínimas registadas, por norma observam-se no período da noite/início da manhã, sendo assim a radiação não vai influenciar o valor da temperatura mínima, sendo a temperatura do ar mais preponderante.

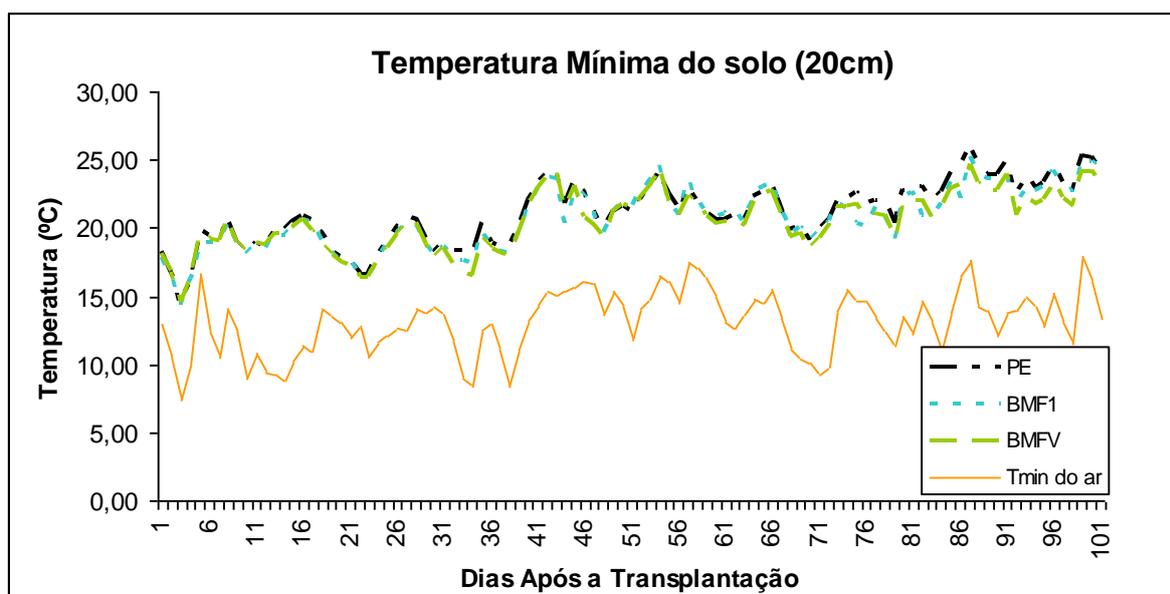


Figura 25 – Representação gráfica das temperaturas mínimas diárias registadas nas sondas do solo a 20 cm de profundidade, com a sobreposição da linha respeitante à temperatura mínima do ar.

Ao se visualizar a Figura 25 verifica-se uma elevada proximidade nos valores registados pelas sondas. Apenas é possível discernir uma ligeira tendência do BMFV para registar temperaturas um pouco mais baixas e do PE para atingir temperaturas mínimas mais elevadas, o que se verifica com maior nitidez na fase final do ensaio.

Quadro 16 - Temperatura mínima diária do solo a 20 cm de profundidade

Tipo de Plástico	Temperatura mínima diária do solo		Desvio Padrão	Teste <i>t</i> de Student para amostras independentes		
				PE	BMF1	BMFV
PE	21,1 ^a	n=101	2,3	PE	t=1,146 P=0,253	t=1,874 P=0,062
BMF1	20,7 ^a	n=101	2,3	BMF1		t=0,700 P=0,485
BMFV	20,5 ^a	n=101	2,1	BMFV		
Valores que contêm a mesma letra não são significativamente diferentes para p=0,05, utilizando o teste T-student.				**Significativo para p≤0.05		

Novamente, observando o Quadro 16 verifica-se a proximidade dos valores obtidos, porém, comprovando com o teste *t* de *student*, o valor médio de BMFV para a temperatura mínima do solo é inferior em 0,6°C comparando com o PE, ficando muito próximo de uma diferença significativa (P=0,062). Incalcaterra *et al.* (2004) refere que o plástico negro apresenta maiores temperaturas noturnas e o plástico biodegradável regista temperaturas inferiores ao PE no período de madrugada.

A Figura 26 e o Quadro 17, servem para evidenciar a proximidade nas temperaturas registadas ao longo do ensaio nas sondas instaladas, não se verificando diferenças significativas no que à soma dos graus-dia de crescimento diz respeito.

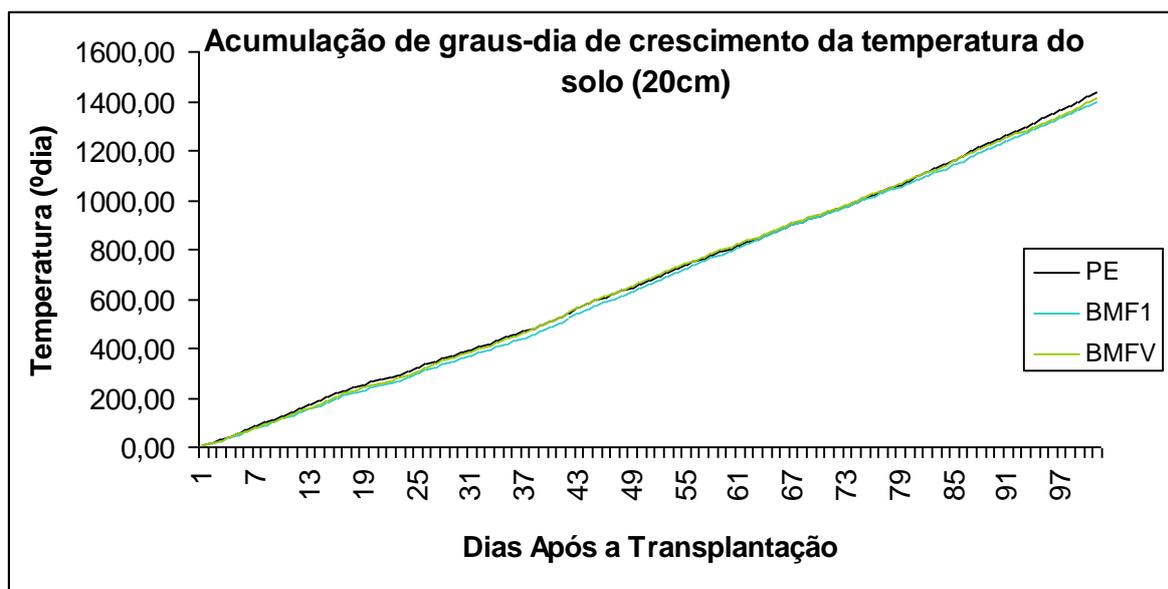


Figura 26 – Representação gráfica da acumulação de graus-dia de crescimento (°dia) do solo no decorrer do ensaio.

Quadro 17 – Acumulação de GDC ao longo do ensaio.

Tipo de Plástico	GDC (°dia)		Desvio Padrão	Teste t de Student para amostras independentes		
				PE	BMF1	BMFV
PE	14,2 ^a	n=101	2,3	PE	t=1,179 P=0,240	t=0,797 P=0,426
BMF1	13,8 ^a	n=101	2,2	BMF1		t=-0,416 P=0,678
BMFV	14,0 ^a	n=101	2,1	BMFV		
Valores que contêm a mesma letra não são significativamente diferentes para p=0,05, utilizando o teste T-student.				**Significativo para p≤0.05		

4.9 - Humidade do solo

A humidade do solo vai influir no desenvolvimento da planta, e também na produtividade e qualidade dos frutos.

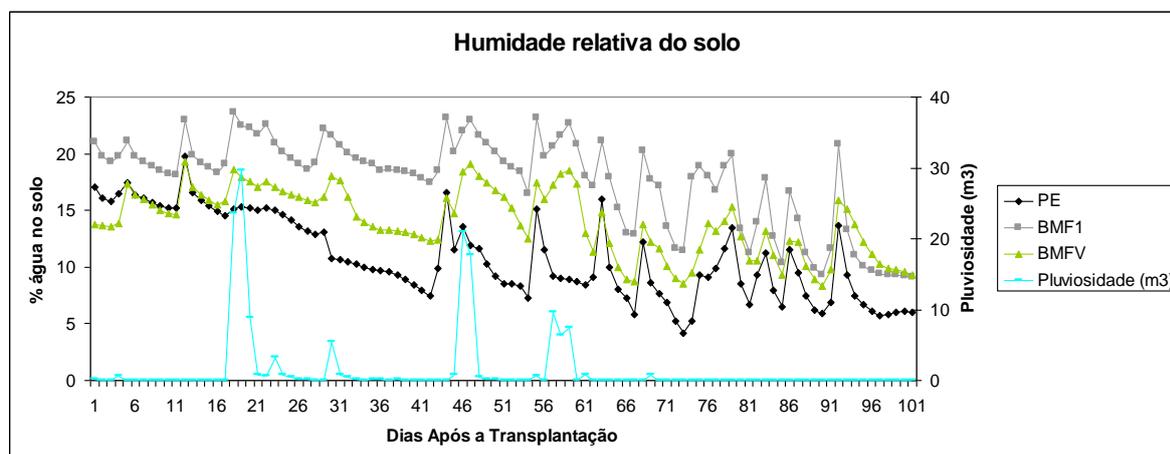


Figura 27 – Representação gráfica da humidade relativa do solo cruzando os dados com a pluviosidade diária (m³)

Através da Figura 27 pode-se observar nitidamente um maior teor de humidade na modalidade BMF1, seguido da modalidade BMFV e com um teor mais reduzido, a modalidade PE (Quadro 18). Uma vez que os filmes biodegradáveis conduzem a uma maior evaporação no solo (Magnani *et al.*, 2005) devido em grande parte à permeabilidade destes (Weber, 2003) e sendo o PE praticamente impermeável à água, os resultados obtidos são

em tudo contrários ao que seria de esperar, sendo necessário estudos mais aprofundados que insiram nesta questão. O que seria de prever era uma maior capacidade de retenção de água por parte da modalidade PE.

Sendo o PE a modalidade que obteve uma maior produção, e no entanto tendo um menor teor de humidade no solo, pode significar que as outras duas modalidades tiveram teores de água no solo acima do óptimo, não existindo um incremento da produção.

Quadro 18 – Humidade relativa do solo a 20 cm de profundidade.

Tipo de Plástico	Humidade relativa do solo a 20cm (%)		Desvio Padrão	<i>Teste t de Student para amostras independentes</i>		
				PE	BMF1	BMFV
PE	10,8688 ^c	n=101	3,67096	PE	T=-12,590 P=0,00**⁽¹⁾	T=-6,726 P=0,00**⁽¹⁾
BMF1	17,6698 ^a	n=101	3,99948	BMF1		T=7,444 P=0,00**⁽¹⁾
BMFV	14,0050 ^b	n=101	2,91281	BMFV		
Valores que contêm a mesma letra não são significativamente diferentes para p=0,05, utilizando o teste T-student.				**Significativo para p≤0.05 ⁽¹⁾ – variâncias diferentes – Teste de Levéne		

5 - CONCLUSÕES

Após a elaboração deste ensaio podemos concluir que os plásticos biodegradáveis revelam uma boa alternativa ao uso do polietileno negro. Esta afirmação é sustentada através da obtenção de dados de produção e qualidade dos frutos semelhantes entre os vários plásticos testados, não tendo sido registadas diferenças significativas entre si. No entanto existem algumas nuances, o plástico de polietileno negro revela uma maior precocidade na produção, sendo o plástico biodegradável verde uma boa alternativa ao uso deste. Neste aspecto os dois plásticos biodegradáveis de cor negra revelaram um atraso quer na floração quer na produção.

Quanto aos valores de temperatura atingidos no solo sob os diferentes plásticos, não se verificaram diferenças significativas entre eles. Tal resultado não se verificou para os valores de humidade relativa do solo, tendo os plásticos biodegradáveis obtido um teor mais elevado em relação ao polietileno, e dentro dos biodegradáveis, o que obteve uma maior humidade relativa foi o de cor negra. O controlo das infestantes revelou-se eficaz em todas as modalidades e a aplicação do plástico no solo necessita apenas de uma boa afinação da máquina e de um cuidado especial com a intensidade do vento na altura da aplicação dos plásticos biodegradáveis.

No presente estudo verificou-se que a produtividade está directamente relacionada com o crescimento inicial da planta, e que esse crescimento está dependente da acumulação de temperatura na zona da raiz da planta, evidenciado através da acumulação de graus-dia de crescimento de temperatura no solo. A temperatura acumulada no solo vai também inferir no início da floração, sendo que o efeito do aquecimento do solo por parte dos vários plásticos vai diminuindo a sua preponderância à medida em que a planta se desenvolve e cobre todo o plástico.

Importa ressaltar que a modalidade de plástico biodegradável de cor negra com reciclado (BMF2), necessita de mais resultados que comprovem estas conclusões, uma vez que se verificou um atraso na plantação de 3 dias nesta modalidade e por outro lado esta não possuía sondas do solo.

6 - BIBLIOGRAFIA

- ABELLÓN, L., LÓPEZ-MARÍN, J., SÁNCHEZ, C., & BENAVENTE-GARCÍA, A. (2007). Evaluación de material oxobiodegradable de acolchado en cultivo de melón. *Seminario de Especialistas en Horticultura*, 15: 1013-1027.
- ALMEIDA, D. (2006). *Manual de culturas hortícolas - Volume II*. Editorial Presença, Lisboa.
- ANZALONE, A., CIRUJEDA, A., AIBAR, J., PARDO, G., & ZARAGOZA, C. (2010). Effect of Biodegradable Mulch Materials on Weed Control in Processing Tomatoes. *Weed Technology*, 24(3): 369-377.
- ARMÉNDARIZ, R., MACUA, J. I., LAHOZ, I., SANTOS, A., & CALVILLO, S. (2006). The use of different plastic mulches on processing tomatoes. *Acta Horticulturae*, 724: 199-202.
- BAKER, J. T., & REDDY, V. R. (2001). Temperature effects on phenological development and yield of muskmelon. *Annals of Botany*, 87: 605-613.
- BASTIOLI, C. (1998). Properties and applications of Mater-Bi Starch-based materials. *Polymer Degradation and Stability*, 59 (1-3): 263-272.
- BILCK, A. P., GROSSMANN, M. V., & YAMASHITA, F. (2010). Biodegradable mulch films for strawberry production. *Polymer Testing*, 29 (4):471-476.
- BONANNO, A. R., & LAMONT, W. J. Jr. (1987). Effect of polyethylene mulches, irrigation method, and row covers on soil and air temperature and yield of muskmelon. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 112: 599-608.
- BOS, U., MAKISHI, C. & FISCHER, M. (2008). Life cycle assessment of common used agricultural plastic products in the EU. *Acta Horticulturae*, 801: 341-350.
- BRIASSOULIS, D. (2006). Mechanical behaviour of biodegradable agricultural films under real field conditions. *Polymer Degradation and Stability*, 91: 1256-1272.
- CANDIDO, V., MICCOLIS, V., & GATTA, G. (2001). The effect of soil solarization and protection techniques on yield traits of melon in unheated greenhouse. *Acta Horticulturae*, 559: 705-712.
- CANDIDO, V., MICCOLIS, V., CASTRONUOVO, D., MANERA, C., & MARGIOTTA, S. (2006). Mulching studies in greenhouse by using eco-compatible plastic films on fresh tomato crop. *Acta Horticulturae*, 710: 415-420.
- CHANDRA, R., & RUSTGI, R. (1998). Biodegradable Polymers. *Prog. Polym. Sci.*, 23:1273-1335.
- COZZOLINO, E., PIRO, F., RANGHINO, F., & GUERRINI, S. (2011). Film biodegradabili nella pacciamatura del melone. *Revista Agrária*, 119.
- DÍAZ-PÉREZ, J. (2009). Root zone temperature, plant growth and yield of broccoli [Brassica oleracea (Plenck) var. italica] as affected by plastic film mulches. *Scientia Horticulturae* 123: 156-163.

- FABEIRO, C., OLALLA, F. & JUAN, J. (2002). Production of muskmelon (*Cucumis melo* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. *Agricultural Water Management*, 54: 93-105.
- FILIPPI, F., MAGNANI, G., GUERRINI, S., & RANGHINO, F. (2011). Agronomic evaluation of green biodegradable mulch on melon crop. *Italian Journal of Agronomy* , 6 e 18.
- GIUGGIOLI, N., BOGLIONE, D., GIRGENTI, V., GUERRINI, S. (2010). First Results of Biodegradable Mulching on Small Berries Fruits. *IHC Lisboa 2010*, Poster – S01,377.
- GONZÁLEZ, A., FERNÁNDEZ, J. A., & MARTÍN, P. (2003). Behaviour of Biodegradable Film for Mulching in Oper-Air Melon Cultivation in South-East Spain. *KTBL-Schrift* , 414: 71-77.
- 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.
- HARTZ, T. (1997). Effects of drip irrigation scheduling on Muskmelon yield and quality. *Scientia Horticulturae*, 69: 117-122.
- HEISSWOLF, S. (2010). MT09068 Comparison of biodegradable mulch products to polyethylene in irrigated vegetable, tomato and melon crops. (obtido em: <http://www.dpi.qld.gov.au/documents/Environment/Biomulch-update-2010.pdf>).
- IBARRA, L., FLORES, J., & DÍAZ-PÉREZ, J. C. (2001). Growth and yield muskmelon in response to plastic mulch and row covers. *Scientia Horticulturae*, 87(1-2): 139-145.
- INCALCATERRA, G., SCIORTINO, A., VETRANO, F., & IAPICHINO, G. (2004). Agronomic response of winter melon (*Cucumis melo inodorus* Naud.) to biodegradable and polyethylene film mulches, and to different plating densities. *Options Méditerranéennes. Série A : Séminaires Méditerranéens* , 60: 181-184.
- INE, I.P., (2010). *Estatísticas Agrícolas 2010*. Lisboa - Portugal
- JENNI, S., CLOUTIER, D. C., BOURGEOIS, G., & STEWART, K. A. (1996). A heat unit model to predict growth and development of muskmelon to anthesis of perfect flowers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121: 274-280.
- JOHNSON, R. M., TUCKER, N., & BARNES, S. (2003). Impact performance of Miscanthus/Novamont Mater-Bi biocomposites. *Polymer Testing* , 22, pp. 209-215.
- KAPANEN, A., SCHEITINI, E., VOX, G., & ITÄVAARA, M. (2008). Performance and Environmental Impact of Biodegradable Films in Agriculture: A Field Study on Protected Cultivation. *J Polym Environ* , 16: 109-122.
- KELLY, T., LU, Y., ABDUL-BAKI, A., & TEASDALE, J. (1995) Economics of hair vetch mulch system for producing fresh-market tomatoes in the mid-atlantic region. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120: 854-860.

- KIM, M., LEE, A., YOON, J., & CHIN, I. (2000). Biodegradation of poly(3-hydroxybutyrate), Sky-Green and Mater-Bi by fungi isolated from soils. *European Polymer Journal* , 36: 1677-1685.
- KYRIKOU, I., & BRIASSOULIS, D. (2007). Biodegradation of Agricultural Plastic Films: A Critical Review. *J Polym Environ* , 15:125-150.
- LAMONT, W. J. (1993). Plastic mulches for the production of vegetable crops. *HortTechnology*, 3: 35-39.
- LAMONT, W. J. (1999). *Vegetable Production Using Plasticulture*. Obtido em 19 de Agosto de 2011, de <http://www.agnet.org/library/eb/476/>
- LEE, J. S., JEONG, K. H., KIM, H. S., KIM, J. J., SONG, Y. S., & BANG, J. K. (2009). Biodegradable plastic mulching in sweetpotato cultivation. *Korean Journal of Crop Science* , 54 (2):135-142.
- LIAKATAS, A., CLARK, J. A., & MONTEITH, J. L. (1986). Measurements of the heat balance under plastic mulches. Parte 1. Radiation balance and soil heat flux. *Agricultural Forestry Meteorology* , 36 (3): 227-239.
- LIETEN, F. (2002). Les films de paillage biodegradables en culture de fraisiers. *Le Fruit Belge* , 497: 95-96.
- LÓPEZ, J., GONZÁLEZ, A., FERNÁNDEZ, J. A., & BAÑÓN, S. (2007). Behaviour of biodegradable films used for mulching in melon cultivation. *Acta Horticulturae* , 747: 125-130.
- LÓPEZ-MARIN, J., GONZÁLEZ, A., RODRÍGUEZ, M., & FERNÁNDEZ, J. A. (2010). Materiales degradables de acolchado. *Horticultura Global*, 289: 12-20.
- MAGNANI, G., FILIPPI, F., GRAIFENBERG, A., & BERTOLACCI, M. (2005). Valutazione agronomica di film biodegradabili per la pacciamatura. *Colture Protette*, 34: 59-68.
- MARTÍN-CLOSAS, L., BACH, M. A., & PELACHO, A. M. (2008). Biodegradable mulching in an organic tomato production system. *Acta Horticulturae*, 767: 267-274.
- Martín-Closas, L. and Pelacho, A. M. (2011) Agronomic Potential of Biopolymer Films ch3. In: Plackett, D. (ed), *Biopolymers - New Materials for Sustainable Films and Coatings*, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. (doi: 10.1002/9781119994312).
- MARTÍN-CLOSAS, L., SOLER, J., & PELACHO, A. M. (2003). Effect of different biodegradable mulch materials on an organic tomato production system. *KTBL-Schrift* , 414: 78-85.
- MINUTO, G., GUERRINI, S., VERSARI, M., PISI, L., TINIVELLA, F., BRUZZONE, C., (2008). Use of biodegradable mulching in vegetable production. *16th IFOAM Organic World Congress, Modena, Italy*.

- MINUTO, G., PISI, L., TINIVELLA, F., BRUZZONE, C., GUERRINI, S., VERSARI, M., (2008). Weed control with biodegradable mulch in vegetable crops. *Acta Horticulturae*, 801: 291-298.
- MOHEE, R., UNMARG., MUDHOO, A., & KHADDOO, P. (2008). Biodegradability of biodegradable/degradable plastic materials under aerobic and anaerobic conditions. *Waste Management*, 28 (9):1624-1629.
- MORAIS, E., MAIA, C., NEGREIROS, M., ARAÚJO JUNIOR, B., & MEDEIROS, J. (2008). Crescimento e produtividade do Meloeiro Goldex influenciado pela cobertura do solo. *Scientia Agraria, Curitiba*, 9(2): 129-137.
- MORENO, M. M., & MORENO, A. (2008). Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop. *Scientia Horticulturae*, 116: 256-263.
- MORENO, M. M., MORENO, A., & MANCEBO, I. (2009). Comparison of different mulch materials in a tomato (*Solanum lycopersicum* L.) crop. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7 (2): 454-464.
- NGOUAJIO, M., AURAS, R., FERNANDEZ, T. (2008). Field Performance of Aliphatic-aromatic Copolyester Biodegradable Mulch Films in a Fresh Market Tomato Production System. *HortTechnology*, 18(4): 605-610.
- OLSEN, J. K., & GOUNDER, R. K. (2001). Alternatives to polyethylene mulch film - a field assessment of transported materials in capsicum (*Capsicum annum* L.). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41: 93-103.
- PONCINI, S. (1975). *Manual de Horticultura*. Editorial Presença. Lisboa.
- QUEZADA, M. R., MUNGUÍA, J., DE LA ROSA, M., MUNGUÍA, J., & FAZ, R. (2000). *Comparative effect of plastic mulch and bare soil on growth analysis of melon crop*. Proceedings of 15th International Congress for Plastics in Agriculture and 29th National Agricultural Plastic Congress. September 23-27, 2000. Hershey, Pennsylvania, USA. *William J. Lamont Jr. Comité International des Plastiques en Agriculture and the American Society for Plasticulture*: 553-562.
- 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.
- RANGARAJAN, A. (2007). Biodegradable mulch product testing 2006, (Obtido em 19 de Agosto de 2011, de <http://www.vegetables.cornell.edu/alt/Biodegradable%20Mulch%20Product%20Testing%2020063.pdf>).
- REIS, R. & GONÇALVES, M. (1981). *O clima de Portugal. Caracterização climática da região agrícola do Ribatejo e Oeste*. Fascículo XXXII, INMG, Lisboa. pp: 184-185.

- REYNOLDS, A. (2009). *Market Overview. Agricultural film markets, trends, and business development*, in *Proceedings of Agricultural Films 2009*, AMI Ltd., Barcelona Spain.
- RIBAS, F., CABELLO, M., MORENO, M., MORENO, A., & LÓPEZ-BELLIDO, L., (2002). Respuesta fisiológica de un cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) a distintas dosis de riego, *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.*, 15 (3): 195-212.
- SCARASCIA-MUGNOZZA, G., SCHETTINI, E., VOX, G., MALINCONICOM, M., IMMIRZI, B., & PAGLIARA, S. (2006). Mechanical properties decay and morphological behaviour of biodegradable films for agricultural mulching in real scale experiment. *Polym Degrad Stab* , 91: 2801-2808.
- SCHETTINI, E., VOX, G., & LUCIA, B. D. (2007). Effects of the radiometric properties of innovative biodegradable mulching materials on snapdragon cultivation. *Scientia Horticulturae* , 112: 456-461.
- STOLTZFUS, R. M., TABER, H. G., & AIELLO, A. S. (1998). Effect of increasing rootzone temperature on growth and nutrient uptake by 'gold star' muskmelon plants. *Journal of Plant Nutrition* , 21 (2): 321-328.
- SUMMERS, C., MITCHELL, J. & STAPLETON, J. (2005). Mulches reduce aphid-borne viruses and whiteflies in cantaloupe. *California Agriculture*, 59 (2): 90-94.
- TACHIBANA, Y., MAEDA, T., ITO, O., MAEDA, Y., & KUNIOKA, M. (2009). Utilization of a Biodegradable Mulch Sheet Produced from Poly(Lactic Acid)/Ecoflex/Modified Starch in Mandarin Orange Groves. *International Journal of Molecular Sciences* , 10 (8): 3599-3615.
- THARANATHAN, R. N. (2003). Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends in Food Science & Technology* , 14:71-78.
- VETRANO F., FASCELLA S., IAPICHINO G., INCALCATERRA G., GIRGENTI P., SUTERA P., & BUSCEMI G., (2009). Response of melon genotypes to polyethylene and biodegradable starch-based mulching films used for fruit production in the western coast of Sicily. *Acta Horticulturae* 807: 109-114.
- WEBER, C. A. (2003). Biodegradable Mulch Films for Weed Suppression in the Establishment Year of Matted-row Strawberries. *HortTechnology* , v. 13, n. 4, pp. 665-668.
- WEBER, C. (2000). Biodegradable foil mulch for pickling cucumbers. *Gemuse Munchen* , 36 (4): 30-32.
- WELLS, J., & NUGENT, P. (1980). Effect of high soil moisture on quality of muskmelon. *HortScience*, 15: 258-259.
- WILLIAM, J., & LAMONT, J. (1991). *The use of plastic mulches for vegetable production*. (Obtido em 19 de Agosto de 2011, de <http://www.agnet.org/library/eb/333/>).

- WOOD, A., (1975). Wood, A.S., Structural Foams are Tougher Now; Reinforcement Opens Big New Options. *Modern Plastics*, 52 (12):37-39
- ZENG, C., BIE, Z., & YUAN, B. (2009). Determination of optimum irrigation water amount for drip-irrigated muskmelon (*Cucumis melo* L.) in plastic greenhouse. *Agricultural Water Management*, 96: 595-602.