

Ana Rita Cabrita Trindade

Floração e Frutificação da Pitaia
(Hylocereus undatus)



Universidade do Algarve
Faculdade de Ciências e Tecnologia
2022

Ana Rita Cabrita Trindade

Floração e Frutificação da Pitaia
(Hylocereus undatus)

Mestrado em Hortofruticultura

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Amílcar M. Marreiros Duarte



Universidade do Algarve

Faculdade de Ciências e Tecnologia

2022

Declaração de autoria do trabalho

Declaro ser o autor deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da lista de referências incluída.

Copyright

“A Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.”

Aos meus pais e irmão

Ao Marco

Por toda a ajuda, carinho e incentivo

Agradecimentos

Em primeiro lugar o maior dos agradecimentos, ao Prof. Doutor Amílcar Duarte, meu orientador, pela dedicação, paciência e esclarecimentos prestados durante a execução deste trabalho. E principalmente, pelo conhecimento transmitido durante os primeiros anos da minha atividade profissional.

Ao Prof. Doutor Mário Reis pelas sugestões e disponibilidade, nomeadamente no que toca à análise dos substratos.

Ainda no que diz respeito a Professores, ao meu pai, Diamantino Trindade, por ser o melhor professor que alguma vez terei.

Ao viveiro Mil Plantas, onde decorre o ensaio em estufa.

À equipa da Jardecor, pelo contributo na instalação e manutenção da plantação de pitaias.

Aos colegas de mestrado.

À Luísa, pelo constante apoio e ânimo, e pelos conhecimentos transmitidos.

À Beatriz, Rita e Pedro por todos os momentos de encorajamento e auxílio.

À minha família e amigos, e a todos que de uma forma ou de outra, acompanharam este processo e o tornaram mais fácil.

Resumo

O Algarve apresenta condições edafoclimáticas adequadas para o cultivo de algumas espécies frutícolas oriundas de climas tropicais ou subtropicais. Muitos destes frutos estão associados a inúmeros benefícios para a saúde humana. A pitaia é o exemplo perfeito disso e tem perfil para atender a um dos principais objetivos da agricultura algarvia: dinamização da fruticultura, com destaque para o uso de espécies com baixas necessidades hídricas. O cultivo comercial da pitaia é recente em Portugal e carece de informação quanto às suas preferências.

O objetivo deste trabalho passa por avaliar as necessidades da cultura utilizando dois sistemas diferentes para o estudo das mesmas: ar livre e estufa. Ao ar livre, estudaram-se o espaçamento entre plantas, a cobertura do solo para controlo de infestantes, e potenciais técnicas de indução floral como o sombreamento e a iluminação artificial. Também se avaliou o efeito da polinização livre e manual no vingamento, no peso e nas características químicas dos frutos.

As plantas estudadas completam três anos após plantação no final do verão de 2022 e o espaçamento que se revelou como mais produtivo até agora foi o de 0,5 m entre plantas. A cobertura de solo com recurso ao *mulching* foi a que apresentou teores de matéria orgânica e azoto mais elevados, razão pela qual a produção desta modalidade foi superior. Nas condições de campo deste ensaio, verificou-se que quer a implantação do sombreamento, quer a do sistema de iluminação artificial não produziram efeitos assinaláveis. As polinizações livre e manual resultaram em frutificação abundante e boas características físicas e químicas dos frutos.

Em estufa pretendeu-se estabelecer a preferência da cultura quanto ao tipo de solo. De entre os vários estudados, o solo argiloso foi o que influenciou positivamente a produção das plantas, sendo que a inclusão de matéria orgânica se confirmou como uma mais-valia para a cultura.

Palavras-chave: Abelhas; Cactaceae; polinização; substratos.

Abstract

Algarve presents suitable edaphoclimatic conditions for the cultivation of some fruit species from tropical or subtropical climates. Many of these fruits are associated with numerous benefits to human health. The pitaya is the perfect example of this and has the profile to meet one of the main objectives of Algarve agriculture: dynamization of fruit growing, with emphasis on the use of species with low water requirements. The commercial cultivation of pitaya is recent in Portugal and there is a lack of information about its preferences.

The objective of this work is to evaluate the needs of the culture using two different systems for their study: open field and greenhouse. In open field conditions, plant spacing, ground cover for weed control, and potential floral induction techniques such as shading and artificial lighting were studied. The effect of free and manual pollination on fruit set, weight and chemical characteristics was also evaluated.

The studied plants complete three years after planting at the end of the summer of 2022 and the spacing that proved until now to be the most productive was 0.5 m between plants. The soil cover using mulching was the one that presented the highest levels of organic matter and nitrogen, which is why the production of this treatment was higher. Under the field conditions of this experiment, it was found that both the implementation of shading and the artificial lighting system did not produce any noticeable effects. Free and manual pollination resulted in abundant fruiting and good physical and chemical characteristics of the fruits.

In a greenhouse, it was intended to establish the preference of the crop regarding the type of soil. Among the several studied, the clayey soil was the one that positively influenced the production of plants, and the inclusion of organic matter was confirmed as an asset for the culture.

Keywords: Bees; Cactaceae; pollination; substrates.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Classificação e origem.....	3
2.2. Importância económica.....	3
2.3. Morfologia da planta.....	4
2.3.1. Raiz.....	4
2.3.2. Caule.....	5
2.3.3. Flor.....	6
2.3.4. Fruto.....	7
2.3.5. Semente.....	8
2.4. Fisiologia da planta.....	8
2.5. Condições edafoclimáticas.....	9
2.5.1. Clima.....	9
2.5.2. Solo.....	11
2.6. Formas de condução.....	12
2.7. Controlo de pragas e doenças.....	13
2.8. Indução floral e floração.....	14
2.9. Polinização.....	17
2.9.1. Polinizadores naturais.....	18
2.9.2. Polinização manual.....	19
3. OBJETIVOS.....	22
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1. Ensaio ao ar livre.....	23
4.1.1. Caracterização da parcela e material vegetal.....	23
4.1.2. Desenho experimental.....	23
4.1.3. Determinação das características do solo.....	26

4.1.4. Determinação da influência da polinização livre e manual nas características físicas e químicas dos frutos.....	28
4.1.5. Determinação da intensidade da floração.....	28
4.2. Ensaio em estufa	29
4.2.1. Material Vegetal.....	29
4.2.2. Desenho experimental.....	30
4.2.3. Métodos para determinação das propriedades físicas	30
4.2.4. Métodos para determinação das propriedades químicas	32
4.2.5. Métodos para determinação das propriedades físico-químicas.....	33
4.3. Análise estatística de dados	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1. Ensaio ao ar livre	35
5.1.1. Espaçamento.....	35
5.1.2. Cobertura de solo	38
5.1.3. Técnicas de indução floral.....	41
5.1.4. Polinização livre vs polinização manual	46
5.2. Ensaio em estufa	53
5.2.1. Produção.....	53
5.2.2. Propriedades físicas.....	55
5.2.3. Propriedades químicas.....	59
5.2.4. Propriedades físico-químicas	61
6. CONCLUSÕES	64
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
7. ANEXOS	80

1. INTRODUÇÃO

A procura mundial de frutos exóticos tem denotado um crescimento acentuado nos últimos anos, com aumento significativo na Europa. Os países europeus com condições edafoclimáticas mais indicadas para o cultivo destas espécies são os da bacia do Mediterrâneo. Ainda assim, estes países apresentam grandes vulnerabilidades em relação às alterações climáticas.

Para dinamizar a fruticultura algarvia têm sido adotadas várias medidas que passam, quer pela introdução de novas espécies fruteiras, evitando assim contínuas áreas com a mesma espécie, quer pela implementação de técnicas de modernização dos pomares já existentes, nomeadamente no que diz respeito ao aumento da produtividade dos citrinos, o setor mais importante da agricultura do Algarve (Duarte et al., 2016). O aparecimento da framboesa, a curiosidade pela manga e o crescimento significativo da área de cultivo do abacateiro têm sido os aspetos de maior destaque dos últimos anos. Para além disso, algumas das espécies tradicionais, como a alfarrobeira, amendoeira, figueira, dióspiro e romãzeira, têm sido também alvo de novos investimentos e correspondente aumento de área e modernização do pomar (Helhazar, 2016).

No Algarve a escassez de água sempre foi limitante à agricultura, tendo-se agravado com as alterações climáticas que se registaram nos últimos anos (Nunes et al., 2006). Não obstante, esta região oferece condições excecionais ao cultivo de algumas espécies fruteiras exóticas. Posto isto, torna-se indispensável que a dinamização da fruticultura algarvia, através da inserção de novas espécies, inclua as que possibilitem um uso mais eficiente dos recursos hídricos. Daqui surge o interesse em investigar a adaptação da pitaia a este meio.

A cultura tem potencial para começar a produzir seis a nove meses após a plantação, ainda que essa produção seja muito residual em comparação às produtividades que podem atingir depois do segundo ano. Plantações comerciais de pitaia em Israel, na Malásia e em Taiwan produzem entre 16 a 27 t/ha (A. Nerd et al., 1999).

Apesar de apresentar altas produções em alguns países e de o fruto atingir preços elevados, a sua viabilidade está condicionada pelas elevadas exigências em mão de obra e pelo fato de uma das operações (a polinização) ter que ser realizada durante a noite. Tendo em conta estas particularidades, parece que a pitaia seja especialmente adequada para parcelas de pequenas dimensões, pertencentes a pequenos agricultores que

beneficiam de ajuda familiar para a manutenção do pomar. Além disso, as características do sistema radicular (superficial) permitem o aproveitamento de muitas áreas de solos pouco profundos, que se encontram ao abandono por não serem adequadas ao cultivo de espécies frutícolas mais exigentes, quer do ponto de vista de necessidades hídricas mais elevadas ou da fertilidade do solo. Também a facilidade em produzir pitaia em modo de produção biológico ou com reduzido impacto ambiental é outro dos fatores que atrai não só os pequenos produtores, como também os consumidores (Gunasena et al., 2007).

A consciencialização da população em relação à importância de uma alimentação saudável e equilibrada tem favorecido o aumento do consumo de fruta, assim como a procura por produtos frescos exóticos, exercendo pressão sob a oferta de fruta no mercado. Além de muito procurada pela sua aparência exótica e cativante, o seu valor nutritivo atrai especial atenção, em comparação com outras frutas mais comuns. A pitaia vermelha, na vertente nutricional, é conhecida por ter elevados teores de compostos bioativos, como vitaminas, compostos fenólicos e pigmentos, que podem atuar no organismo como agentes antioxidantes, mas também por acelerar o metabolismo, transformando os nutrientes em energia e diminuindo a formação de depósitos de gordura.

Tanto em países do centro de origem da cultura como em países onde o seu cultivo comercial foi implementado, é relatada uma polinização livre insuficiente, quer por agentes polinizadores noturnos ou diurnos. Por esse motivo, a polinização manual tem sido amplamente aconselhada. Esta tarefa encarece os custos de produção da cultura e por isso, torna-se necessário avaliar a performance dos agentes polinizadores mais abundantes da região, as abelhas.

Tratando-se de uma cultura em expansão numa zona completamente diferente da que é a sua origem, é necessário estudar alguns parâmetros agronómicos essenciais, como por exemplo as preferências quanto ao tipo de solo.

Visto ser uma planta de dias longos, a floração pode ser estimulada através de técnicas que aumentem o fotoperíodo. Deste modo, será exequível obter frutos durante um período mais alargado e fora da altura de maior produção (maio a setembro). Esta possibilidade é particularmente interessante numa fase em que os benefícios da pitaia começam a ser conhecidos, e em que, consequentemente, o mercado entrará em expansão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Classificação e origem

A palavra pitaia é de origem Taíno (Mizrahi, 2014; Nunes et al., 2014), sendo que, pelo mundo, a planta pode ser conhecida também por outros nomes: “fruta-dragão”, “vine cacti”, “pitahaya”, “fruta-gelatina” e “rainha-da-noite”, devido à sua antese noturna e ao facto de serem consideradas as maiores flores das cactáceas (Britton Rose, 1920).

A pitaia inclui várias espécies pertencentes à família Cactaceae (Classe Magnoliopsida, Ordem *Caryophyllales*), com origem no México, na América Central e no Caribe, regiões que apresentam maior diversidade de formas e onde a planta é cultivada no continente desde há vários séculos (Yosef Mizrahi et al., 2002).

As diversas espécies de pitaia são agrupadas em quatro géneros: *Hylocereus*, *Stenocereus*, *Cereus* e *Selenicereus*, sendo que os géneros *Hylocereus* e *Selenicereus* são os principais e os mais cultivados (Le Bellec et al., 2006; Y. Mizrahi et al., 1997). Consoante a espécie, os frutos podem apresentar características físicas e químicas distintas, quanto ao formato, presença de espinhos, cor da casca e da polpa, teor de sólidos solúveis e acidez. Estas características são reflexo da alta diversidade genética desta cultura (Lima, 2013). As espécies mais cultivadas e comercializadas no mundo são a pitaia vermelha (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose) com casca vermelha e polpa branca, e a amarela (*Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran) que apresenta casca amarela e polpa branca (Yosef Mizrahi et al., 2002). Ainda assim, também são muito apreciadas a pitaia vermelha com polpa vermelha (*Hylocereus costaricensis* (F.A.C. Weber) Britton & Rose) e a pitaia saborosa (*Selenicereus setaceus* (Salm-Dyck ex DC.) A. Berger ex Werderm.) que é encontrada naturalmente em regiões do Brasil.

2.2. Importância económica

Expandida para todos os continentes, a pitaia é hoje uma cultura importante em países como a Costa Rica, Colômbia, Nicarágua, Tailândia, Israel e Vietnam.

O Vietnam foi o principal produtor mundial em 2017 com cerca de 602 608 t. Sendo responsável por 96% da produção anual de pitaia, em 2018 registaram uma área aproximada de 55 000 ha, com uma média de produtividade de cerca de 22,7 t/ha (Hien, 2019), o que resulta numa produção anual que rondou as 700 000 t. Este país é

historicamente o principal produtor e exportador de pitaia, sendo a maior parte da produção destinada à exportação para vários mercados: China, União Europeia, Estados Unidos da América, Austrália, Japão, entre outros.

As espécies de pitaia mais cultivadas no mundo são: *Hylocereus undatus* (71,5 %), *Hylocereus costaricensis* (20,75%) e *Selenicereus megalanthus* (7,8%) (Pio et al., 2020).

Ao nível da Europa, Portugal e Espanha já deram início ao cultivo da pitaia. Esta cultura surge num cenário onde a necessidade de diversificar as explorações agrícolas aumenta, tendo sido já reconvertidas algumas estufas que se dedicavam à produção de framboesa. Ainda que esta aposta seja relativamente recente nos dois países, a área de cultivo tem denotado um crescimento acentuado e tem perspectivas de aumento nos próximos anos.

O mercado mundial de pitaia está a crescer a um bom ritmo, com previsão para registar uma Taxa Composta Anual de Crescimento (CAGR) de 3,9% de 2021 a 2026 (Mordor Intelligence, 2021). Além disso, a procura por frutas tropicais exóticas tem crescido exponencialmente nos últimos anos, graças aos inerentes benefícios para a saúde que oferecem, e ao valor atrativo que é pago ao produtor. Na Europa, embora a pitaia seja relativamente nova e ainda pouco divulgada, o mercado parece muito promissor e atrai cada vez mais consumidores. Esses são os principais fatores que estimulam atualmente o crescimento do mercado de pitaia.

2.3. Morfologia da planta

2.3.1. Raiz

A pitaia apresenta dois tipos de raízes com funções distintas: o sistema radicular principal que se encontra no solo (**Figura 2.1**), e as raízes adventícias que se desenvolvem a partir dos cladódios (**Figura 2.2**) e cuja principal função é fixar a planta a árvores ou rochas (Lewis, 2014; Montesinos Cruz, 2015).

O sistema radicular principal é considerado pouco profundo (Y Mizrahi et al., 2007), podendo explorar até aos 25-30 cm de profundidade e ocupar 30 cm de diâmetro. Estas raízes são responsáveis pela maior absorção de água e nutrientes.



Figura 2.1: Sistema radicular da pitaia.



Figura 2.2: Raízes adventícias fixas no tutor.

2.3.2. Caule

A planta é perene, trepadeira, com caule classificado morfologicamente como cladódio (**Figura 2.3**). Os cladódios podem ser triangulares (*Hylocereus* spp.) ou apresentar mais lados, dependendo do género ou de determinados fenómenos de adaptação ao meio. É daqui que surgem por vezes raízes adventícias que ajudam na fixação da planta e na obtenção de nutrientes, quando estas se encontram em contacto com o solo ou fixas a árvores (Gunasena et al., 2007). Sendo uma planta hemiepífita, cresce na natureza associada a árvores que lhe fornecem sombra e suporte. As rochas também podem servir de suporte.

Os cladódios são suculentos, graças à acumulação de água e reservas que circundam o feixe vascular principal onde circula a seiva. São os cladódios que assumem as funções fotossintetizantes das folhas, sendo que os espinhos são as folhas adaptadas desta espécie. Os espinhos estão localizados nas aréolas, onde se encontram também as gemas, de onde pode surgir um novo rebento vegetativo ou um botão floral (**Figura 2.4**). Os espinhos, que protegem a aréola, ficam temporariamente presos ao botão floral e, à medida que este se desenvolve, acabam por se desprender.

O cladódio é capaz de regular a água no verão, de forma a reduzir ao mínimo as perdas. Para esse efeito contribui também a presença de uma cutícula fina e transparente que permite minimizar a transpiração. Quando sujeito a radiação excessiva ou carências nutricionais, os cladódios tomam uma cor amarelada.



Figura 2.3: Caule e copa da pitaia (cladódios).



Figura 2.4: Pormenor das aréolas e dos botões florais da pitaia.

2.3.3. Flor

Os botões florais, cilíndricos e verdes (**Figura 2.5a**) ou arroxeados (dependendo da variedade), surgem nas aréolas dos cladódios e podem chegar aos 28-30 cm, 17 a 24 dias depois, altura em que a antese ocorre. As flores são grandes (aproximadamente 30 cm), brancas, vistosas, aromáticas e hermafroditas (**Figura 2.5c**).

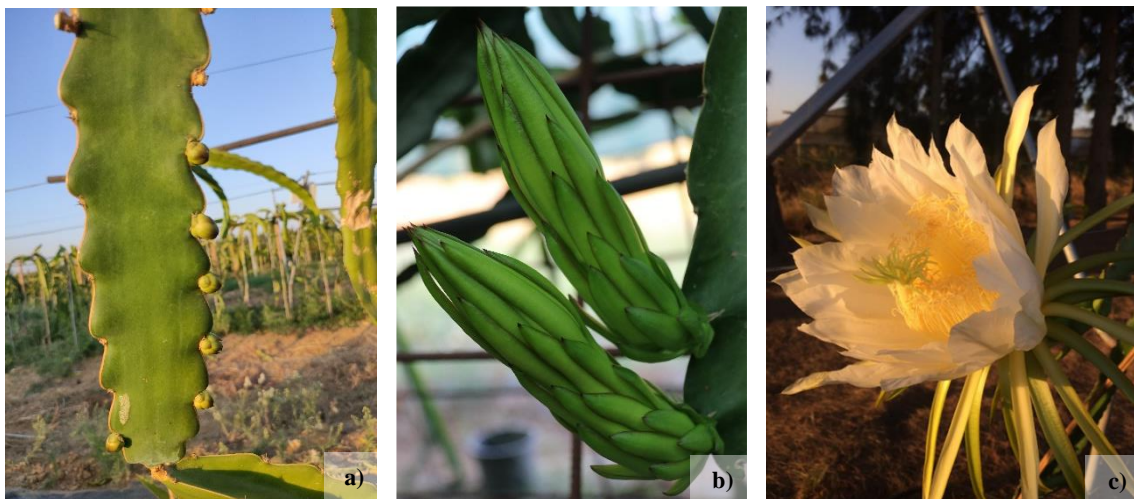


Figura 2.5: a) botões florais com poucos dias após a emergência; b) botões florais com três semanas após emergência; c) flor aberta nas primeiras horas da manhã.

O ovário é ínfero, posicionado abaixo das outras partes florais, e possui inúmeros óvulos. As anteras das plantas do género *Hylocereus* estão situadas pelo menos 2 cm abaixo do estigma, levando a crer que seja por este motivo que a autopolinização seja insuficiente para uma boa frutificação.

2.3.4. Fruto

Os frutos são bagas de forma ovoide, geralmente alongadas, mas que em algumas cultivares, podem ser redondas. São globosos ou subglobosos, grandes, podendo medir até 20 cm de diâmetro e pesar cerca de 1 kg. Apesar disso, os frutos mais valorizados comercialmente são os que não ultrapassam as 300-400g. São coloridos, cobertos por brácteas, de aparência exótica (**Figura 2.6**) e suculentos, com sabor leve e adocicado. Consoante a espécie, apresentam características diversificadas: polpa branca, rosa ou vermelha e casca vermelha ou amarela (Ortiz-Hernandez & Carrillo-Salazar, 2012).



Figura 2.6: Frutos em condições ótimas de maturação.

Após a polinização da flor, inicia-se o desenvolvimento do fruto. No início do seu crescimento parte das sépalas da flor acabam por se tornar extensões do pericarpo, originando as brácteas do fruto. Cerca de 8 a 10 dias após a polinização, já é possível observar o pequeno fruto verde formado, mantendo-se dessa cor até à maturação. A maturação do fruto demora 30 a 35 dias e tende a ser mais demorada com a diminuição da temperatura. Ao longo desse período podem distinguir-se três fases (C. M. Hernández & Torres, 2016):

- a primeira fase é iniciada com a fecundação dos óvulos pelo pólen e dura 19 a 30 dias, dependendo das condições climáticas. Nesta fase o fruto é verde e vai crescendo com o desenvolvimento das sementes e da polpa.
- a fase intermédia, que pode durar 10 dias, é o período em que se inicia a acumulação de substâncias de reserva e continua o desenvolvimento das sementes.
- a última fase, de maturação do fruto, consiste no aumento do teor de sólidos solúveis totais e na diminuição da acidez. A maturação é completa quando a cor do fruto passa de verde para rosa avermelhado (na cultivar *H. undatus*). Esta etapa pode decorrer durante 4 a 10 dias, e depende da cultivar e das condições climáticas.

A pitaia é um fruto não climatérico, o que significa que deve ser colhido nas condições de maturação desejadas (Nerd et al., 1999): com a casca uniformemente rosa ou amarela, conforme a espécie e textura ainda firme. Na colheita do fruto, é removida parte do cladódio na qual se inseria a gema que lhe deu origem. Nessa zona, forma-se uma ferida que cicatriza e que perde a sua capacidade diferenciadora, não podendo então dar origem a nenhum outro órgão, seja vegetativo ou reprodutivo.

2.3.5. Semente

As sementes medem 2 a 3 mm, são muito numerosas, de coloração escura e encontram-se distribuídas por toda a polpa (**Figura 2.7**) (Canto et al., 1993).

Quanto à sua aptidão para propagação, a germinação de sementes dá origem a plantas geneticamente diferentes e, por isso, com características diferentes das plantas que a originaram.

Como tal, a propagação por semente é utilizada maioritariamente em programas de melhoramento genético e desencorajada para plantações comerciais, por ser impossível determinar previamente as características produtivas e organoléticas dos frutos obtidos. Para além disso, o período improdutivo, ou seja, entre a sementeira e o aparecimento da primeira flor da planta, é muito mais longo, quando comparado com a propagação via vegetativa (Hernández, 2000).

Quanto aos benefícios para a saúde, as sementes são muito ricas em fibra, o que torna a pitaia uma ótima opção para dietas de emagrecimento.



Figura 2.7: Sementes distribuídas pela polpa do fruto.

2.4. Fisiologia da planta

Por ser uma Cactácea, apresenta um tipo específico de metabolismo, denominado metabolismo ácido das crassuláceas ou CAM (mecanismo de concentração de dióxido de carbono) que influencia o comportamento dos estomas (abrem à noite e fecham durante o dia), o que se traduz num uso de água mais eficaz. Desta forma, o dióxido de carbono

absorvido durante a noite é fixado na forma de ácido málico. Como durante o dia os estomas estão fechados, a planta não perde água, o ácido málico fixado é descarboxilado, liberta CO₂ e é posteriormente fixado como hidrato de carbono. Normalmente, o consumo de água de uma planta CAM para fixar um grama de carbono é da ordem de 50 a 100 gramas, valor consideravelmente inferior quando comparado com o consumo das plantas com fisiologia C3 e C4, que, para fixarem a mesma quantidade de carbono consomem até 500 gramas de água (Taiz & Zeiger, 2010). A captação líquida de CO₂ parece responder a fatores ambientais. A absorção líquida total diária de CO₂ das plantas de *H. undatus* é máxima com temperaturas diárias e noturnas entre os 30 °C e os 20 °C. No entanto com temperaturas dia/noite de 42 °C e 32 °C a absorção líquida diária de CO₂ chega a ser nula, e em situações de seca durante 10 dias, é reduzida em 57% com o fecho dos estomas.

O mecanismo CAM confere à pitaia uma enorme adaptabilidade a ambientes adversos. É capaz de sobreviver sob condições ambientais que seriam fatais para outras espécies fruteiras, tolerando secas severas (Nerd & Neumann, 2004). Estas particularidades devem-se também a outros mecanismos de adaptação, tais como, modificações no caule que lhes permite a acumulação de água, a ausência de folhas e, em algumas variedades, a presença de uma camada cerosa no caule. Estas características que possibilitam às pitaias alterar a sua fisiologia ou morfologia de acordo com as condições do ambiente permitem explicar as diferenças quanto à distribuição geográfica mundial das plantas. Então, apesar de preferir climas quentes e húmidos, é capaz de se adaptar perfeitamente a ambientes mais secos. Com isto, é importante ressaltar que, num cenário crescente de alterações climáticas, culturas de metabolismo CAM poderão ser uma aposta com elevado potencial.

2.5. Condições edafoclimáticas

2.5.1. Clima

2.5.1.1. Temperatura

A pitaia necessita de climas relativamente quentes, apresentando bom desenvolvimento em regiões cuja temperatura média se situa entre 18 °C e 26 °C, mas pode ser cultivada em regiões com temperatura média entre 14 °C e 32 °C. Visto ser uma cultura oriunda de climas tropicais e subtropicais, os piores inconvenientes ao desenvolvimento da planta são as amplitudes térmicas drásticas e a ocorrência de geadas. A temperatura mínima para o cultivo é -2 °C, sendo que a -4 °C a planta morre (Thomson, 2002). Os primeiros danos por frio são manchas redondas necróticas que se espalham

pelo cladódio, e são observados quando as temperaturas são inferiores a 4 °C (Hernández & Torres, 2016). Assim que a temperatura começa a subir, a planta recupera bem, e caso os danos no inverno não tenham sido muito graves, a produção não é comprometida (Mizrahi & Nerd, 1999). Suporta temperaturas máximas até 40 °C (Barbeau, 1990), desde que o sistema radicular tenha acesso a água. Para a espécie mais comum, *Hylocereus undatus*, temperaturas abaixo de -2,5 °C e superiores a 45 °C são gravemente limitantes, causando a morte da planta (Nobel et al., 2002). A floração que ocorre no hemisfério norte de maio a outubro é, portanto, estimulada por temperaturas mais altas, sendo que temperaturas superiores a 38 °C a inibem (Avinoam Nerd et al., 2002). Para que ocorra a frutificação, a temperatura diurna deve estar acima de 20 °C e a noturna não deve estar abaixo de 15 °C (Pio et al., 2020).

2.5.1.2. Pluviosidade

Ao contrário de outras cactáceas com origem em desertos, a pitaia é originária de regiões onde a precipitação ronda 1730-2540 mm/ano (Gunasena et al., 2007). Ainda assim, por pertencer à família das Cactáceas, parece adequado o seu cultivo em climas semiáridos. A precipitação adequada ronda valores de 500 a 700 mm. Precipitação em excesso pode causar a abscisão floral e o apodrecimento dos frutos e, se a estrutura do solo assim o favorecer, o encharcamento poderá conduzir ao apodrecimento do cladódio em contacto com o solo.

Em regiões com verões quentes e secos, e principalmente quando o objetivo é obter frutos de qualidade para comercialização, a rega é indispensável. Ainda assim, presumivelmente, o consumo de água será sempre muito inferior ao da maioria das culturas frutícolas de regadio, tropicais ou não.

2.5.1.3. Luminosidade

Quanto ao fotoperíodo e luminosidade, a pitaia é uma planta de dias longos, necessitando de mais de 12 horas de luz para frutificar. Na nossa latitude, isto só se verifica a partir do equinócio de verão, em março.

Apesar de ser uma cactácea, a pitaia beneficia do ensombramento, elevando a formação de botões florais e a produção. As pitaias nativas encontram-se em florestas tropicais, sob árvores onde a radiação solar é baixa ($500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (Pio et al., 2020).

Quando cultivada sob luminosidade excessiva, os cladódios tomam cor amarelada e o crescimento é prejudicado. O contrário também é prejudicial: em excesso de sombra, ou seja, com falta de luz, as plantas ficam estioladas e a produção de flores é muito reduzida. Assim, recomenda-se que as plantas sejam cultivadas em condições que simulem o habitat de origem (zonas sombreadas por outras plantas). Estudos realizados em Israel (Nerd & Mizrahi, 1997) mostram que para um bom desenvolvimento e produção, deve providenciar-se sombreamento de 30 a 60%, dependendo das espécies e da localização das plantações (Nerd & Mizrahi, 1997). Segundo Pio et al. (2020), a utilização de redes de sombra na ordem dos 35% permite às plantas um crescimento mais rápido e uma maior tolerância ao frio. O sombreamento também pode ser obtido utilizando-se como tutores algumas espécies arbóreas que fornecerão o sombreamento necessário no período de maior intensidade luminosa. Porém, é necessário podar estes tutores com regularidade, para que o sombreamento não seja excessivo.

2.5.2. Solo

A pitaia pode desenvolver-se em vários tipos de solos, mas prefere solos ricos em matéria orgânica, bem drenados, que conservem bem a humidade, e de textura franco-arenosa. O sistema radicular pouco profundo faz dela uma alternativa interessante de cultura frutífera para solos arenosos e pouco profundos. Como pertence à família das Cactáceas, parece adequado o seu cultivo em climas semiáridos, dada a sua capacidade de suportar períodos de seca (Nerd & Neumann, 2004; YuQing et al., 2015). O pH ideal situa-se entre 5,5 e 6,5 (Lima, 2013) embora haja plantas com razoável desenvolvimento, instaladas em solos alcalinos. É ainda sensível à salinidade, principalmente quando associada a elevados níveis de sódio. Este pode ser um fator limitante ao cultivo da planta em algumas zonas do Algarve.

Ainda que muito valorizadas pela sua rusticidade e possibilidade de implantação em terrenos pouco adequados para outras fruteiras (Junqueira et al., 2010), o sucesso do seu cultivo depende muito das condições climáticas e práticas culturais adotadas pelo produtor.

A pitaia, no seu ambiente natural é considerada pouco exigente em relação à fertilidade do solo e com baixa necessidade em macronutrientes. Nesta situação, estas plantas com um vigor vegetativo acentuado, sobrevivem e crescem bastante bem, mas a frutificação não é muito comum.

Quando o objetivo é a produção comercial de frutos de qualidade, a fertilização é uma prática cultural essencial. São plantas que têm uma resposta bastante positiva à adubação e à disponibilidade de água, beneficiando significativamente em termos produtivos, da incorporação de matéria orgânica no solo. Também no que diz respeito os solos, interessa saber de que forma o tipo de solo pode influenciar a produtividade. Embora a planta possa sobreviver em diferentes tipos de solo, a sua produtividade poderá, em alguns casos, ser muito baixa.

2.6. Formas de condução

Por ser uma fruteira de hábito trepador cresce na natureza, utilizando árvores e pedras como suportes, aos quais se fixa através de raízes aéreas (Rondón, 1998). Quando o objetivo é a produção comercial, é fundamental que seja providenciado outro tipo de estrutura de suporte, uma vez que a planta é incapaz de se sustentar por si própria. Em relação ao tipo de tutor, os principais fatores que influenciam a sua escolha são: a vida útil da planta, o custo e manutenção exigida pelos tutores e o peso elevado de massa verde produzida pela cultura. A estrutura de suporte mais comum é um poste de madeira ou cimento, com uma estrutura no topo (pneu ou quadrado de madeira), até onde cresce o cladódio principal e de onde pendem os cladódios produtivos (**Figura 2.8**).

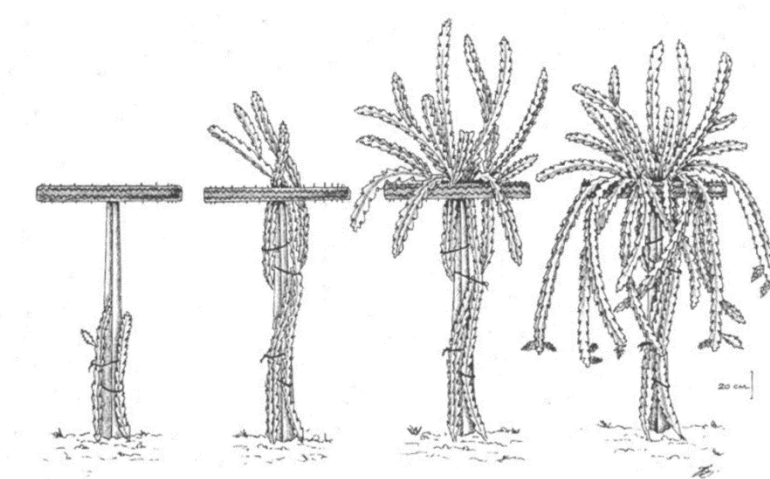


Figura 2.8: Condução da pitaia em sistema de tutoragem tradicional; Fonte: Gunasena, H.P.M., 2007.

Atualmente, em países onde o cultivo da pitaia foi introduzido recentemente, o sistema de tutoragem é concebido à base de varas de ferro galvanizado, que são enterradas no chão com um espaçamento entre elas que ronda os seis metros. Essas varas ligam-se com arames ou cabos de aço protegidos por um tubo de polietileno, para que o arame não cause

feridas nas plantas. Estas são atadas com um atilho próprio a canas que servem de tutores verticais temporários até que as plantas cresçam o suficiente para chegar até ao tubo. Daí pendem os cladódios com maior aptidão para a frutificação (**Figura 2.9**).

O crescimento vegetativo na cultura da pitaia é considerado muito vigoroso, visto que, se as plantas estiverem saudáveis, a emissão de novos rebentos ao longo de toda a planta é muito frequente, mesmo com baixas temperaturas. Em plantações comerciais, por



Figura 2.9: Exemplo de sistema de tutoragem inovador, com varas de ferro galvanizado fixas no chão, ao longo do camalhão – Cacela Velha.

vezes as plantas acabam por ficar com uma copa demasiado densa, pela quantidade de cladódios que foram deixados. Com isto, ocorre a sobreposição de cladódios que causa excesso de sombreamento, e compromete a floração e frutificação, para além de dificultar práticas culturais como o controlo de pragas e doenças. Para evitar que isto aconteça, devem ser usados espaçamentos adequados entre plantas. Dependendo do sistema de suporte, o espaçamento pode variar de 0,5 m a 1,5 m entre plantas (Pio et al., 2020). Além disso, as plantas requerem a poda dos rebentos laterais após a colheita, para promover a acumulação de reservas e desenvolvimento dos novos cladódios produtivos (Gunasena et al., 2007), o que se refletirá significativamente na produção do ano seguinte. Assim, a poda é uma prática fundamental para controlar o crescimento resultante do excesso de vigor e ocupa um lugar de extrema importância na produtividade da cultura, sendo que, na prática terá que ser adaptada ao tipo de suporte e à sua resistência.

2.7. Controlo de pragas e doenças

Em relação aos inimigos da cultura, as pragas que mais danificam as plantas e/ou frutos são as formigas, os caracóis e os afídeos. No inverno a suscetibilidade das plantas ao ataque de fungos aumenta e o único tratamento é de carácter preventivo, usando produtos à base de cobre. Para evitar a transmissão de doenças, em primeiro lugar, é necessário recorrer a material vegetal são, através de viveiros certificados e, já no campo, deve proceder-se à desinfeção regular do material de corte (tesouras de poda e de colheita).

2.8. Indução floral e floração

Desde que a planta seja cultivada em condições adequadas, e dependendo do seu estado de maturação e do desenvolvimento do sistema radicular, a floração ocorre após o primeiro ano de plantação e surge no hemisfério Norte, no final da primavera até princípios do outono (Nerd & Mizrahi, 1997), sendo mais intensa em pleno verão. O desenvolvimento do botão floral é considerado muito rápido (25 a 35 dias) e vão surgindo novos botões, por camadas, ao longo deste período. Os picos de floração tendem a aumentar com a idade da planta, sendo que plantas com três anos poderão emitir mais do que cinco camadas de floração durante o verão. Em plantas mais velhas, se cultivadas em condições favoráveis, a floração é mais intensa e registam-se mais camadas de floração. Ao quinto ano, a intensidade da floração atinge o seu máximo e estabiliza.

Cada flor abre apenas uma vez, à noite e por um período compreendido entre oito e doze horas (começam a abrir a partir das 19h e às 23h estão completamente abertas). A partir do meio-dia, verifica-se um aumento de volume ao nível do perianto, assim como o início da deiscência das anteras. A pré-antese é determinada pelo início da abertura das sépalas e tem início durante a tarde. Nessa altura, em alguns casos mais cedo que outros, é possível observar as pétalas brancas e, portanto, é fácil distinguir os botões florais que abrem nessa noite dos que só abrirão na noite seguinte (**Figura 2.10**). No início da noite dá-se a abertura floral, com separação do perianto e das sépalas, estando já as anteras com a sua máxima deiscência.

A flor permanece aberta até à manhã seguinte, altura em que, tendo ou não a polinização ocorrido (manualmente ou por insetos polinizadores), começa a murchar gradualmente (**Figura 2.11**). As condições meteorológicas, nomeadamente a temperatura e a luminosidade são aspetos que influenciam a abertura e o fecho mais precoce ou tardio da flor: em dias quentes a flor poderá abrir mais cedo, a partir das 18h; se no dia seguinte a temperatura continuar elevada, a flor murcha mais cedo nas primeiras horas da manhã. Por outro lado, se estiver mais fresco e nublado, a flor pode permanecer aberta até às 11:00h - 12:00h, permitindo que a visita por agentes polinizadores diurnos seja prolongada. Ainda assim, é a partir das 10:00h que, geralmente, se nota nitidamente a flor murchar.



Figura 2.10: Fase de pré antese: botão floral com as sépalas abertas, e pétalas visíveis a meio da tarde.

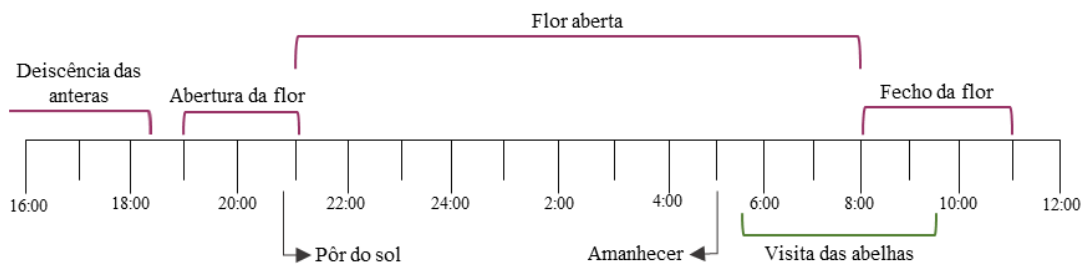


Figura 2.11: Período de antese e de visita dos agentes polinizadores diurnos.

A floração é induzida pelos dias longos, uma vez que a pitaia é uma planta dependente do fotoperíodo. Fotoperiodismo é a indução da resposta biológica que as plantas possuem em relação à duração do período de luz e de escuridão do dia, e é determinante no que diz respeito à floração. Este fenómeno é regulado por um pigmento: o fitocromo. O fitocromo apresenta-se com duas formas possíveis: Pr, a forma inativa, e Pfr, a forma ativa. É a forma ativa, o Pfr, que aciona a resposta da planta e induz a planta a florir. Esta resposta acontece porque as duas formas de fitocromo respondem a diferentes comprimentos de onda da luz vermelha. A forma Pr é convertida em Pfr pela luz vermelha no espectro visível, nos 660 nm. Sob condições normais, sem luz artificial durante a noite, o Pfr irá converter-se gradualmente para Pr. Pelo contrário, quando existe iluminação artificial durante a noite, o Pr é convertido para Pfr e a planta responde como se estivesse em condições de dia longo. No entanto, o efeito do fotoperíodo depende da temperatura e o intervalo de tempo desde a indução floral até à floração aumenta quando a temperatura atinge valores acima do ponto ótimo de crescimento da parte vegetativa (Feng-Ru & Chung-Ruey, 1997; Ha et al., 2018; Yan & Wallace, 1995). À medida que a incidência de luz vai aumentando, aumenta também a capacidade da planta para emitir novos rebentos vegetativos, até chegar aos dias com máximo de luminosidade em que a planta começa a emitir botões florais. A emissão das gemas reprodutivas é influenciada pelas mudanças de temperatura e luminosidade, porém ainda não estão estabelecidas as necessidades certas para que ocorra a emissão. Sabe-se apenas que a projeção dos botões florais depende também das temperaturas noturnas: quando mais altas, potenciam o seu aparecimento, sendo que o contrário atrasa o seu desenvolvimento.

No hemisfério Norte, não é possível obter floração durante o inverno, devido às baixas temperaturas e aos dias curtos característicos desta época. Com o objetivo de obter fruta de qualidade e de alto valor económico, a suplementação de luz pode ser uma alternativa

viável para induzir a floração, ainda que a emergência dos botões florais só ocorra quando as temperaturas sejam similares às ocorridas na altura normal de produção.

Para além dos dias longos, condição já dita como essencial para a indução da floração, e da dependência da temperatura, existem outros fatores que poderão potenciar o aparecimento de botões florais mais cedo e até mais tarde: técnicas de sombreamento, monda de botões florais/flores e a aplicação de reguladores de crescimento (Jiang et al., 2016; Raveh et al., 1998).

Quanto à suplementação de luz, esta pode ser aplicada segundo duas técnicas distintas:

- Prolongamento do dia/horas de luz: aplicar 3, 6 ou 9h de luz após o pôr do sol (Khaimov & Mizrahi, 2006).
- Interrupções da noite durante 4 a 6 h (Jiang, 2020).

O primeiro caso é referente a ensaios de Israel e usam-se lâmpadas de 100 W, enquanto no segundo, são usadas lâmpadas fluorescentes de 2,3 W, de luz amarela nas condições de Taiwan. Estas técnicas são utilizadas antes da época de produção sendo menos eficaz em latitudes altas, com invernos mais frios, uma vez que a temperatura é um fator crucial no controlo da floração da pitaia.

Segundo Khaimov e Mizrahi (2006), em ensaios realizados nas condições climáticas de Israel, a extensão do fotoperíodo não induziu alterações na floração.

Por outro lado, em ensaios realizados em Taiwan, as interrupções da noite durante 4 a 6 horas resultam numa floração abundante nos períodos não produtivos, ao ponto de se tornar essencial a monda de botões florais. Para evitar estes custos acrescidos estabeleceu-se que para a produção de frutos de alta qualidade, a percentagem de botões florais teria que ser mantida abaixo de 50% da capacidade total da planta em produzi-los. A interrupção da noite durante 1 h mostrou-se eficaz para alcançar este objetivo, no espaço de 5 semanas no outono. Já na primavera, a monda de botões florais melhorou a resposta das plantas ao tratamento de interrupção da noite. Este tratamento consistiu em 4 horas de iluminação artificial, ao longo de 4 semanas a partir da segunda quinzena de fevereiro, obtendo-se os frutos mais temporãos (Y. L. Jiang, 2020) .

Em Israel, a proteção da radiação intensa das plantas em 40% levou as plantas de *H. undatus* a elevar a produção de botões florais, o que poderá estar relacionado com o fato de nas condições do habitat natural em que esta espécie hemiepífita frutifica estar sujeita a algum sombreamento pelas árvores em que se apoia. A monda de botões florais, em

diferentes estados de desenvolvimento, mostrou-se eficaz ao prolongar a floração entre 1 a 2 meses, sem que a produção de flores tenha sido significativamente inferior. Quando foram removidas apenas as flores em antese ou quando estas não foram polinizadas, 1 a 2 terços das flores perderam-se. Em relação aos reguladores de crescimento, apenas forclorfenurão (CPPU) e ácido giberélico (GA₃) alteraram o padrão de floração sob certas condições: a CPPU levou à antecipação da floração enquanto a GA₃ a inibiu (Khaimov & Mizrahi, 2006).

2.9. Polinização

A polinização é essencial para a obtenção de frutos, e ocorre quando os grãos de pólen caem no estigma e germinam, emitindo o tubo polínico que se alonga dentro do estilete até chegar ao ovário da flor. Aí, cada óvulo deve ser fecundado por um núcleo reprodutivo proveniente de um grão de pólen. Cada óvulo fecundado dará origem a uma semente e o ovário dará origem ao fruto.

Segundo Muniz *et al.* (2019), o longo período de receptividade do estigma pode ser um mecanismo de adaptação das pitaias para que o maior número de grãos de pólen possível possa germinar, e assim seja assegurada a fecundação da grande quantidade de óvulos presentes no ovário. No género *Hylocereus* o número de óvulos pode oscilar entre 2000 e 7200, segundo a espécie (Cisneros *et al.*, 2011; Nerd & Mizrahi, 1997; Tel-Zur *et al.*, 2005).

Como já foi descrito, a morfologia floral, nalgumas variedades (nomeadamente em *H. undatus*) pode revelar-se um problema em relação à autopolinização, pois os órgãos masculinos estão posicionados numa posição inferior, relativamente aos órgãos femininos, impossibilitando o toque entre os mesmos (**Figura 2.12**).

Mesmo que as abelhas intervenham nas primeiras horas da manhã, período que já por si é relativamente curto, por serem seres tão pequenos comparativamente à flor, nem sempre a polinização é efetivamente assegurada. Por este motivo, considera-se que a polinização manual é uma prática essencial para a garantia de produções comerciais.

Ainda sobre problemas em relação à polinização, a espécie *H. undatus* é considerada uma planta com um dos mecanismos de autoincompatibilidade. Neste caso, o pólen de



Figura 2.12: Pormenor da flor de *H. undatus*: distância entre os órgãos femininos e masculinos.

uma determinada flor é incapaz de fecundar os óvulos dessa mesma flor. Neste caso é necessária a polinização cruzada (Lichtenzveig et al., 2000; Mizrahi & Nerd, 1999), com variedades escolhidas para o efeito, pois parece ser que a origem do pólen possa influenciar as características do fruto. Assim, para potenciar o vingamento e um teor de açúcar dos frutos superior, é recomendada a plantação de pitaias com diferentes génotipos, assim como a polinização manual à base de pólen recolhido de diferentes plantas ou de plantas seleccionadas para o efeito, garantindo que uma boa quantidade de pólen seja inserida no canal estilar. Deste modo, a polinização manual será uma técnica que permita, não só maximizar a produtividade, como também, a qualidade dos frutos.

Como desvantagem da polinização manual tem-se o facto de implicar maior necessidade de mão de obra e, como tal, os custos de produção serem mais elevados.

2.9.1. Polinizadores naturais

Sendo que as flores são de antese noturna, os agentes polinizadores das regiões das quais a pitaia é nativa, são principalmente morcegos (Le Bellec et al., 2006; Nerd & Mizrahi, 1997) que se alimentam de pólen (Muniz et al., 2019) e algumas espécies de mariposas (Valiente-Banuet et al., 2007) tais como, as da família Sphingidae e do género *Manduca* (Daubresse Balayer, 1999). Nessas regiões a polinização natural parece não constituir um problema, ao contrário de muitos dos países onde a pitaia foi introduzida. Estes relatam que a polinização natural é pobre, devido à falta desses polinizadores

naturais e, por isso, a polinização manual é uma técnica recomendada e considerada essencial para contornar este problema.

Apesar disto, há registos de frutos vingados a partir da ação das abelhas (*A. mellifera*) nas primeiras horas do dia, sendo estas consideradas as visitantes diurnas mais abundantes das flores de pitaia. Ao abandonar as colmeias assim que amanhece, as abelhas são atraídas pelo forte odor emitido pelas flores ainda abertas. Até que todo o pólen seja recolhido, ou até que a flor feche, as abelhas circulam pela mesma com movimentos frenéticos entre os estames (Le Bellec et al., 2006; Muniz et al., 2019). Durante este processo, ao chegar à flor e ao retomar o voo, quanto maior for o número de abelhas por flor a atuar ao mesmo tempo, maior é a probabilidade de roçarem o corpo coberto de pólen no estigma, aumentando também a probabilidade de polinização.

Assim, as abelhas poderão não só ser eficazes na polinização quando presentes em elevado número (20-30 abelhas), como também consideradas o principal agente polinizador da cultura na região.

A eficácia da polinização livre por parte das abelhas pode ser comprometida pelas condições meteorológicas e pela quantidade de colmeias presentes na zona envolvente do pomar. Por isso, há que ter em atenção que depender única e exclusivamente da ação das abelhas nos pomares comerciais e em noites em que abrem centenas de flores, poderá ser arriscado.

2.9.2. Polinização manual

As características morfológicas da flor, como a sua dimensão e a nítida distinção dos órgãos femininos e masculinos, facilitam a realização da polinização manual (recolha do pólen dos estames e a colocação do mesmo no estigma).

A recolha do pólen pode fazer-se através de várias formas. A mais tradicional consiste em sacudir a flor para dentro de um copo ou recipiente grande, com a ajuda de um pincel (Figura 2.13). De seguida, a polinização manual é concluída ao passar o pincel coberto de pólen no estigma da mesma ou de outras flores. Em Espanha, os produtores que mais recentemente se dedicam ao cultivo desta espécie costumam usar um pequeno aspirador a bateria para recolher o pólen. Desta forma, a tarefa é bastante facilitada e mais rápida.



Figura 2.13: Utensílios para polinização manual (recipiente e pincel); pólen depositado nas pétalas e pólen já recolhido no recipiente.

Tendo em conta que a flor está completamente aberta por volta das 23h-00h, e, portanto, a atingir a viabilidade do pólen e a recetividade do estigma máximos, a altura ideal para a polinização manual deverá ser nesse ou a partir desse período. Apesar disso, ainda não foram relatadas diferenças significativas entre a polinização feita durante a noite e a polinização nas primeiras horas da manhã. Segundo Metez et al. (2000), ao estudar a capacidade de germinação de pólen colhido em dois horários diferentes (noite e manhã) para as espécies *H. undatus* e *H. polyrhizus*, foi possível concluir que durante todo o período da antese, o pólen está viável e capaz de fertilizar os óvulos.

Ainda sobre o momento ideal de se proceder à polinização manual, deve ter-se em conta o tipo de sistema de cultivo em questão, bem como as condições meteorológicas de cada dia/noite. Caso a plantação seja ao ar livre e a noite ventosa, o vento forte consegue remover a maior parte do pólen das flores, sendo por isso necessário um cuidado acrescido no que toca à polinização, quer seja manual ou livre. A recolha manual do pólen nestas condições é uma tarefa difícil e muitas vezes impossível, principalmente em plantações comerciais em plena produção, onde é preciso muito pólen para todas as flores abertas. Também a ação das abelhas nas primeiras horas do dia acaba por ser em vão, pois nessa altura a quantidade de pólen presente nos estames, ou no fundo da flor, onde se acumula naturalmente, é muito escassa.

Como prevenção, é importante que ao longo de várias noites se proceda à recolha da máxima quantidade de pólen possível, e se guarde parte dela. Assim, se devidamente acondicionado, esse pólen poderá ser utilizado nos dias seguintes. Apesar de haver

registos de pólen conservado no frio a 4°C e viável até 5 dias (Le Bellec & Judith, 1999), nos ensaios efetuados pelo GO Fruta Dragão para esse efeito, apenas foi possível provar a viabilidade do pólen conservado no frigorífico, à mesma temperatura, mas até 3 dias.

Nos países de origem, nomeadamente em zonas onde chove na altura de floração, é habitual cobrir as flores com copos de plástico ou com sacos de TNT (tecido não tecido), papel ou plástico. Isto evita não só que, em caso de chuva, a água lave o pólen já depositado no estigma, como também o “roubo” do pólen por outros insetos, como as abelhas.

3. OBJETIVOS

Sendo esta uma cultura tão interessante do ponto de vista produtivo, sustentável e benéfica para a saúde humana, foi criado o grupo operacional “Fruta Dragão: Validar a capacidade produtiva da pitaia vermelha” (PDR2020-101-031201). Financiado por fundos da União Europeia, através do programa PDR2020, o seu propósito é estabelecer as necessidades e problemas inerentes ao cultivo desta espécie, desenvolvendo tecnologias de produção sustentáveis e competitivas, adaptadas às condições edafoclimáticas do Algarve, e potenciando condições para a sua expansão. O presente trabalho será desenvolvido como parte fundamental das tecnologias de produção que o GO pretende estabelecer e nos campos de ensaio já instalados no âmbito do projeto.

O trabalho inicial desta dissertação baseia-se em comparar a informação disponível na bibliografia, com o observado nos campos de ensaio. O principal objetivo deste trabalho consiste em desenvolver técnicas que permitam assegurar uma elevada produtividade da pitaia na região, tornando-se, portanto, necessário avaliar as suas preferências. Para atender a este objetivo, foram estudados diferentes parâmetros agronómicos em dois sistemas diferentes: ao ar livre e em estufa. O estudo será realizado num campo experimental ao ar livre, em Cacela Velha, e em estufa, no viveiro Mil Plantas, em Estoi. Os fatores a estudar são:

- 1) No campo, ao ar livre:
 - a. o espaçamento entre plantas,
 - b. a cobertura de solo,
 - c. a iluminação artificial e o sombreamento, como potenciais fatores de indução floral, e ainda,
 - d. a polinização livre e manual.
- 2) Em estufa:
 - a. a resposta produtiva das plantas a diferentes tipos de solos.

Deste modo poderá aferir-se também sobre a produtividade desta cultura nas condições edafoclimáticas do Algarve.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Para aferir sobre a produtividade e qualidade dos frutos de pitaia, foram realizados dois ensaios em sistemas de cultivo diferentes: o primeiro ao ar livre, e o segundo em estufa. Foram avaliadas a produção (frutos.planta⁻¹, kg.planta⁻¹) e a produtividade (kg.m⁻²) quando justificado.

4.1. Ensaio ao ar livre

4.1.1. Caracterização da parcela e material vegetal

O ensaio ao ar livre foi implantado em Cacela Velha, no concelho de Vila Real de Santo António, no Algarve. Aqui estão estabelecidas as plantas dos ensaios referentes ao projeto “Fruta Dragão: Validar a capacidade produtiva da pitaia vermelha” (Anexo 1).

Nesta plantação de pitaias o solo caracteriza-se como um solo de textura argilosa, apresentando-se homogéneo em toda a parcela. O terreno foi armado em camalhões com 1,2 m de largura e 72 m de comprimento.

O sistema de condução utilizado consiste em suportes de ferro galvanizado em formato ‘Y’ a cada 5 m, unidos por linhas de arame galvanizado revestido com tubo de polietileno, sobre os quais se apoiam os cladódios. Este sistema permite a implantação de duas linhas por camalhão (Anexo 2).

Todas as plantas avaliadas neste trabalho são da espécie *Hylocereus undatus* e foram plantadas em agosto de 2019.

4.1.2. Desenho experimental

Neste trabalho foram avaliadas duas linhas da plantação de pitaias, nomeadamente, as linhas 3 e 4 do ensaio estabelecido no âmbito do GO Fruta Dragão, resultando num total de 430 plantas. Esta escolha advém da maior homogeneidade nestas linhas, quanto ao sistema de condução e desenvolvimento das plantas. A cobertura de solo e o espaçamento entre plantas são os fatores que diferenciam as linhas escolhidas para este trabalho (Anexo 3).

Nesta parcela foram testados alguns dos parâmetros agronómicos que parecem ter mais influência no cultivo desta cultura: espaçamento entre plantas, cobertura de solo, sombreamento e luz artificial como técnicas de indução floral, e a eficácia do tipo de

polinização, livre e manual, no vingamento. Avaliou-se a produção por área, quanto ao número de frutos e a colheita resultante.

4.1.2.1. Espaçamento entre plantas e cobertura do solo

Na altura de plantação, no âmbito do GO Fruta Dragão, aquando da escolha do espaçamento entre plantas a testar, teve-se em consideração vários fatores: a informação disponível na bibliografia (tendo em conta o tipo de sistema de suporte), que indica como adequado um espaçamento variável de 0,5 m a 1,5 m entre plantas (Pio et al., 2020); e o observado junto de pequenos produtores que já tinham algumas plantas. Neste último caso, observaram-se compassos muito apertados (<0,5 m entre plantas), o que, a longo prazo, não se perspetivou aconselhável, mas também compassos muito extensivos que não permitiam a rentabilização do espaço disponível no campo.

Em ambas as linhas estão presentes duas densidades de plantação que permitem testar compassos mais e menos apertados: na linha 3, do início até meio da linha as plantas estão localizadas a 0,5 m uma da outra. Daí até ao final da linha, a distância entre as plantas passa a ser de 1 m. Na linha 4 o espaçamento entre plantas tem a ordem oposta, sendo até meio da linha de 1 m, e até ao final da linha, de 0,5 m. Para o cálculo da área ocupada por cada planta considerámos 3,5 m na entrelinha, ou seja, para cada planta: entrelinha de $1,75 + 0,6$ ($\frac{1}{2}$ da distância entre filas, no camalhão) \times distância entre plantas, na linha (0,5 m ou 1 m, em cada um dos casos). Assim, o espaço ocupado por cada planta foi de $1,175 \text{ m}^2$, para as plantas com espaçamento de 0,5 m e $2,35 \text{ m}^2$ para as plantas com espaçamento de 1 m.

Um dos aspetos que pareceu mais difícil de controlar, e que por isso, implicaria mais custos, teve que ver com o controlo de infestantes. Visto tratar-se de uma cultura permanente, regada com frequência e cujo sombreamento próprio é escasso, estão reunidas condições ótimas para o desenvolvimento de infestantes. Como esta cultura é de elevada aptidão para modo de produção biológico, quis-se evitar ao máximo o controlo químico das infestantes. Como tal, a utilização de tela antiervas foi um dos métodos de controlo escolhidos. Para além do uso de tela, também o *mulching*, através de uma camada espessa de restos vegetais, pareceu uma alternativa viável para o mesmo propósito. Neste caso, além do controlo de infestantes, estaria a potenciar-se a melhoria da estrutura do solo, a conservação da humidade e a incorporação de matéria orgânica.

Assim, a linha 3 tem como cobertura tela preta antiervas, e na linha 4 o solo foi coberto com restos provenientes da manutenção de jardins da zona (*mulching*).

4.1.2.2. Sombreamento e luz artificial

Segundo Queiroga et al., (2021), por se tratar de uma cultura hemiepífita (crescimento sobre outras plantas) é recomendado o sombreamento na ordem dos 30 a 60% para produções comerciais.

A rede de sombra utilizada no ensaio confere 30 a 45% de sombra, e foi colocada apenas por cima das plantas, a cerca de 30 cm das mesmas. Na totalidade foram 70 plantas que estiveram sob condições de sombreamento.

Tendo em conta os resultados obtidos nas condições climáticas de Israel (mais similares às do Algarve) foram instaladas fitas de luz LED a 30 cm acima das plantas em ambas as linhas. A luz artificial é, portanto, um fator que é comum aos dois espaçamentos e coberturas de solo em estudo, e também ao sombreamento. Na totalidade foram sujeitas à iluminação artificial 140 plantas (72 na linha 3 e 68 na linha 4).

O fornecimento de luz artificial ocorreu diariamente desde 23 abril até 23 de junho 2021, por um período de quatro horas (das 00h00min até às 4h00min) com o objetivo de interromper o período noturno.

Todas as modalidades de sombreamento e de luz artificial, foram repetidas de igual forma nas duas linhas. Deste modo, a localização dos tratamentos de uma linha não influencia as plantas testemunha da outra (**Anexo 4**).

4.1.2.3. Polinização livre vs polinização manual

Foram testadas duas modalidades de polinização, livre e manual.

Polinização livre

Nesta modalidade, a polinização ficou a cargo dos agentes polinizadores característicos da região. Neste campo de ensaios, as abelhas são dos agentes polinizadores presentes em maior abundância, pois estão instaladas sessenta colmeias divididas por três apiários a cerca de trezentos metros das plantas, que também auxiliam na polinização de outras culturas cultivadas na zona.

Polinização manual

A polinização manual foi realizada através da recolha manual do pólen e sua colocação no estigma e no canal estilar das flores. A recolha procedeu-se da seguinte forma: colocou-se a flor aberta num recipiente cilíndrico grande e agitou-se a mesma. Grande parte do pólen caiu no recipiente. Com o objetivo de obter mais pólen da mesma flor, com a ajuda de um pincel procedeu-se a movimentos circulares nos estames e arrastou-se para o copo o que caiu nas pétalas e o que ficou no fundo da flor. De seguida, o pólen recolhido foi inserido num dispensador com tubo, para facilitar a sua inserção dentro do canal estilar, e assim, tornar esta tarefa num processo mais rápido e fiável (**Figura 4.1**).



Figura 4.1: Dispensador utilizado na polinização manual, já com o pólen recolhido.

4.1.3. Determinação das características do solo

Foram recolhidas amostras do solo para avaliar as características físicas e químicas do solo sobre o qual se instalou o ensaio, e deste modo classificar genericamente o mesmo.

A avaliação do efeito da cobertura do solo foi feita através da determinação de dois parâmetros químicos: o teor de matéria orgânica (M.O.) e o teor de azoto. Para isso foram colhidas dez amostras no camalhão coberto com tela antiervas e o mesmo número de amostras no camalhão coberto com *mulching*. Seguindo um traçado em “zigue-zague”, as amostras de solo foram recolhidas com recurso a uma sonda de trado, a duas profundidades distintas. A primeira é referente à camada arável, sendo a amostra colhida a uma profundidade de 20 cm. Visto que o sistema radicular da pitaia é considerado muito superficial, procedeu-se também à recolha de amostras de solo nos 5 cm imediatamente abaixo da tela e da camada de *mulching*, área mais explorada pelas raízes das plantas.

Determinação da matéria orgânica (M.O.)

Para determinação do teor da M.O. utilizou-se o método proposto por Walkley e Black (1934). Este método consiste na oxidação do carbono orgânico do solo com dicromato de

potássio (em excesso) e ácido sulfúrico normal, determinando o excesso de dicromato através da titulação com sulfato ferroso amoniacal (sal de Mohr) 0,5 N em presença de ácido fosfórico. Como indicador, utilizou-se difenilamina.

Para determinar o teor de M.O. utilizou-se a seguinte equação:

$$\%M.O = \frac{(B - A) \times Cs \times 0,003 \times 1,724 \times 1,333 \times 100}{P}$$

Em que,

B = volume de sal de Mohr gasto na titulação do branco (mL)

A = volume de sal de Mohr gasto na titulação da amostra (mL)

Cs = concentração de sal de Mohr

p = peso da amostra (g)

Determinação do azoto

Para esta análise recorreu-se ao método de Kjeldhal. Este método é fundamentado pela ação do ácido sulfúrico concentrado na presença de determinados catalisadores, sobre as formas azotadas existentes na amostra, as quais são transformadas em sulfato de amónio. Por ação de hidróxido de sódio concentrado liberta amoníaco que é fixado num soluto de concentração conhecida. Por titulação com o soluto conhecido e na presença de um indicador, determina-se a quantidade de amoníaco fixada e consequentemente a quantidade de azoto contida na amostra. Para a titulação usou-se uma solução de ácido clorídrico a 0,1 N.

A quantificação do azoto Kjeldhal (N) foi feita à base da seguinte equação:

$$\% N = \frac{V \times f \times 0,014 \times 100}{p}$$

Sendo que,

V = Volume gasto na titulação (mL)

F= concentração de HCl

p = peso da amostra (g)

0,014 = Valor (g) de N que reage com 1 mL de HCl de 1N

4.1.4. Determinação da influência da polinização livre e manual nas características físicas e químicas dos frutos

Após a colheita dos frutos no ponto ótimo de maturação, ou seja, quando toda a casca já tinha atingido uma coloração rosa e o fruto já apresentava algum desprendimento do cladódio quando forçado, determinaram-se as características físicas dos frutos (peso, diâmetro equatorial e diâmetro longitudinal).

Para a análise química foram colhidos aleatoriamente 30 dos frutos da modalidade de polinização livre e 30 dos frutos polinizados manualmente. Determinou-se o teor em sólidos solúveis totais (°Brix) com recurso a um refratômetro (Atago Pal-BX/ACID1), e a acidez (Massa $C_6H_8O_7$ (g/100ml) (%)) por meio de titulação com NaOH a uma concentração de 0,1 N.

4.1.5. Determinação da intensidade da floração

Para aferir a intensidade de floração em cada modalidade, o primeiro passo foi contabilizar o número de aréolas (assinaladas pela localização de cada conjunto de espinhos) presentes nos cladódios produtivos de cada planta, ou seja, nos que pendem da estrutura de tutoragem. Apesar de a idade ser a mesma para todas as plantas em questão, algumas possuem maior número de cladódios em condições de florir do que outras. Isto poderá dever-se a diferenças no estado de desenvolvimento das plantas proveniente do viveiro ou ao facto de alguns cladódios produtivos poderem ter sido prejudicados pelo frio/geada do inverno anterior.

Como em cada aréola do cladódio se localiza uma gema axilar, capaz de se diferenciar em rebento vegetativo ou botão floral, pode dizer-se que cada aréola tem o potencial de, durante a vida da planta, poder dar origem a uma flor ou a um novo cladódio. Então, para aferir sobre a capacidade de floração destas plantas o mais correto consiste em contar o número de aréolas de cada planta, e depois, dividir o número de botões florais e de flores formadas pelo número de aréolas existentes. Deste modo conseguir-se-á estabelecer a percentagem de aréolas com floração, em cada modalidade.

Em junho apareceram os primeiros botões florais da época e todos foram numerados, até ao início do mês de setembro. A partir dessa altura, com o decréscimo da temperatura e do período de luz solar, não surgiram novos botões florais. A numeração dos botões florais permitiu associar cada botão a uma flor e perceber não só a capacidade das plantas

em emitir botões, como a capacidade de os manter até à antese e posteriormente, até ao desenvolvimento do fruto.

4.2. Ensaio em estufa

Em estufa, no viveiro Mil Plantas em Estoi (Faro), o principal objetivo foi testar a adaptabilidade e capacidade produtiva desta cultura em diferentes tipos de solos e substrato. Para isso implementou-se, um ensaio com dez modalidades de solo, obtidas por mistura de substrato de viveiro com diferentes solos característicos da região algarvia (**Anexo 5**).

Aquando da instalação do ensaio, a preparação e distribuição dos substratos foi feita com base numa medida fixa que estipulou o volume de cada componente para cada modalidade. As misturas foram devidamente homogeneizadas antes da distribuição pelos vasos. Nas condições práticas possíveis na altura para estabelecer este ensaio, não foi possível ajustar a dotação de rega para cada substrato, de modo que tanto a rega, como o plano de fertilização foi uniforme para as dez modalidades. A fertilização consistiu num plano universal para outras culturas produzidas no viveiro, à base de uma combinação NPK equilibrada. A partir de junho 2021 até outubro do mesmo ano aplicou-se, por fertirrega, fosfato monopotássico (MKP) para estimular a floração e ajudar na frutificação. No mesmo período a rega teve uma frequência diária, de 20 minutos, totalizando aproximadamente 1,4 L de água por vaso. Nesta altura, em pleno período produtivo, as plantas tinham órgãos generativos em vários estados fenológicos ao mesmo tempo, desde novos botões florais até frutos no ponto ótimo de maturação. Daí a importância de uma rega e adubação frequente.

4.2.1. Material Vegetal

As plantas selecionadas para este ensaio eram da espécie *Hylocereus undatus*, todas previamente enraizadas em substrato de viveiro, em vasos de 4 L e com cerca de um ano. Para selecionar e distribuir as plantas pelas modalidades do ensaio de modo uniforme, mediram-se todas as plantas, antes da plantação e distribuíram-se as mesmas de forma que a média da altura fosse similar em todas as parcelas experimentais.

4.2.2. Desenho experimental

As dez modalidades para este ensaio basearam-se em diferentes tipos de solo: argiloso, arenoso e calcário, com diferentes proporções entre os mesmos, e com substrato de viveiro constituído por lamas de ETAR tratadas (50 %) e casca de pinheiro (50 %) (Tabela 4.1). Para cada modalidade foram constituídos blocos de três plantas, com nove repetições de cada modalidade, uma por cada fila do ensaio (Anexo 6).

Tabela 4.1: Descrição das modalidades estabelecidas.

Modalidade	Descrição
A	100% substrato viveiro
B	70% substrato viveiro + 30% solo argiloso
C	70% substrato viveiro + 30% areia
D	70% solo argiloso + 30% substrato viveiro
E	70% areia + 30% substrato viveiro
F	100% solo argiloso
G	100% areia
H	70% substrato viveiro + 30% solo calcário
I	70% solo calcário + 30% substrato viveiro
J	100% solo calcário

O ensaio foi distribuído ao longo de nove linhas, com trinta vasos por linha, gerando um ensaio com duzentas e setenta plantas. Estas foram transplantadas de vasos de 4 L, para os vasos do ensaio, com um volume de 35 L em fevereiro de 2020.

4.2.3. Métodos para determinação das propriedades físicas

4.2.3.1. Granulometria

A determinação da granulometria dos substratos de cada modalidade baseou-se no método de Martinez (1992), com a utilização de uma série de crivos com dimensões de malha distintas (mm): 16; 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125 e <0,125. Esta distinção das malhas dos crivos possibilita uma caracterização adequada das diferentes amostras, através da separação das partículas do solo com diferentes dimensões.

Para o processo de crivagem usou-se 200 g de amostra de material fresco, seco ao ar, em triplicado. Utilizou-se um agitador mecânico (Retsch, A5200 digit) durante 10 minutos, com agitação intermitente. O material recolhido de cada crivo foi pesado e os

resultados são apresentados em percentagem relativamente ao peso total do material crivado.

4.2.3.2. Densidade aparente

A densidade aparente (*dap*) foi determinada através de uma adaptação do método de De Boodt et al. (1974). Utilizaram-se dois cilindros de aço, com aproximadamente 8 cm de diâmetro interno. Estes foram colocados um por cima do outro e foram unidos por uma banda de borracha. Encheu-se esse conjunto com material fresco e colocou-se num recipiente com água, para saturar, durante 24 horas. Decorridas 48 horas, ter-se-á alcançado o equilíbrio e removeu-se a banda de borracha que unia os cilindros. Com uma faca afiada separou-se o material do cilindro inferior, sendo pesado e colocado a secar a 105 °C.

Ao relacionar o volume do cilindro e o peso fresco do material do cilindro alcança-se a densidade aparente “húmida” (*daph*). A relação entre o peso seco a 105 °C e o volume do cilindro resulta na densidade aparente “seca” (*daps*).

4.2.3.3. Espaço poroso total (EPT)

Este parâmetro foi calculado a partir dos valores da densidade aparente, relativa ao material seco (*daps*), e da densidade real (*dr*), através da equação:

$$EPT = \left(1 - \frac{daps}{dr}\right) \times 100$$

4.2.3.4. Contração do volume (CTR)

Como contração do volume entende-se a perda de volume de um substrato, quando, após se encontrar em condições normais de humidade, é sujeito a um processo de dessecação. Este parâmetro foi obtido quando, depois da secagem a 105 °C, o material de cada cilindro utilizado para determinar a densidade aparente, se quantificou a contração.

Então, depois da secagem a 105 °C, mediu-se com uma craveira a altura em 4 pontos equidistantes e o diâmetro segundo duas direções perpendiculares. Desta forma calculou-se o volume do substrato seco, e ao relacionar com o volume interno do cilindro obteve-se a contração do volume.

4.2.3.5. Relações ar-água

Para as relações ar-água, foram determinados vários parâmetros: a capacidade de arejamento, a água facilmente utilizável, a água de reserva e a água dificilmente utilizável. Através da determinação do teor de água retida pelo material, sujeito a tensões relevantes para as amostras, originados por uma coluna de água de altura regulável até 10 kPa (aproximadamente 100 cm) de coluna de água (De Boodt & Verdonck, 1972). Conhecido o espaço poroso total e relacionando a tensão aplicada e a quantidade de água extraída, obtém-se o gráfico denominado por curva de libertação de água.

Foram utilizados copos de filtração nº4, com uma torneira de duas vias e encaixe de vidro esmerilado, colocados sobre uma rampa que permite a instalação de 6 copos. Aos copos, cheios com cerca de 2 a 3 cm de altura de material, foi adicionada água lentamente. Cada copo foi coberto com uma película de plástico fixa com um elástico, para evitar a perda de água por evaporação.

Segundo esta metodologia foi possível determinar a:

- Capacidade de arejamento (CA): diferença em percentagem de volume, entre o espaço poroso total e o teor de água à tensão de 1 kPa (10 cm de coluna de água).
- Água facilmente utilizável (AFU): a partir da percentagem de volume de água libertada pelo substrato quando a tensão aumenta de 1 para 5 kPa (50 cm de coluna de água).
- Água de reserva (AR): calculando a percentagem de volume de água libertada pelo substrato quando a tensão aumenta de 5 para 10 kPa.
- Água dificilmente utilizável (ADU): correspondente à percentagem em volume de água retida à tensão igual ou superior a 10 kPa.

4.2.4. Métodos para determinação das propriedades químicas

4.2.4.1. *Matéria Orgânica (M.O.) e Matéria Mineral (M.M.)*

A determinação destes parâmetros foi feita por gravimetria indireta (via seca), de acordo com o método de Ramos et al. (1987). Depois de seca a 105 °C e de moída, pesou-se 1 a 2 g de amostra, e transferiu-se para a mufla a 560 °C durante 3 horas.

$$M. M. (\%) = \frac{c - a}{b - a}$$

$$M.O. (\%) = 100 - M.M$$

Sendo que:

a (g) = Peso do copo de porcelana depois de pré-calcinado

b (g) = Somatório do peso inicial da amostra moída e do copo de porcelana pré-calcinado

c (g) = Somatório do peso final da amostra moída e do copo de porcelana pré-calcinado

4.2.5. Métodos para determinação das propriedades físico-químicas

4.2.5.1. pH

Para o substrato A (100% substrato viveiro), determinou-se o pH através de um método expedito para substratos (Martinez, 1992). A partir de 100 mL da amostra, medidos à pressão de 10 g.cm⁻², e 200 mL de água destilada. Preparou-se um extrato aquoso 1:2 (v/v). Agitou-se com uma vareta de vidro durante 20 minutos e deixou-se repousar durante uma hora. De seguida, procedeu-se, sem agitar, à leitura do pH num potenciómetro (Crison micro pH 2001, 1991).

Para as restantes modalidades pesaram-se 10 g de solo, previamente seco ao ar e crivado num crivo de 2 mm. Juntaram-se 25 mL de água destilada, agitou-se alguns minutos com uma vareta de vidro e ao fim de uma hora fez-se a leitura no mesmo potenciómetro.

4.2.5.2. Condutividade elétrica (CE)

A condutividade elétrica (CE) mediu-se, num condutivímetro (Crison 522, 1991), através da solução utilizada para determinação do pH, após filtração com papel de filtro.

4.2.5.3. Matéria seca (MS)

Pesou-se uma quantidade de material correspondente a aproximadamente 40 a 50 g de matéria seca e secou-se na estufa a 105 °C, até se atingir peso constante. Para calcular o teor de humidade (H) e a matéria seca (M.S.) utilizaram-se as seguintes fórmulas:

$$H (\%) = \frac{(B - C)}{(B - A)} \times 100$$

$$M.S. (\%) = 100 - H$$

4.3. Análise estatística de dados

Para avaliar as diferenças estatísticas entre as diferentes modalidades estudadas nos ensaios ao ar livre utilizou-se o programa de estatística SPSS, onde se recorreu às análises de variância e covariância. Quando necessário, recorreu-se ao Excel para determinar valores médios e respetivo erro padrão, assim como para calcular regressões e desenhar as respetivas retas.

Quanto ao ensaio em estufa, para avaliar os dez substratos recorreu-se a uma análise de variância e ao teste Duncan ($p \leq 0,05$), a partir do programa de estatística SPSS.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Ensaio ao ar livre

Este ensaio decorreu numa plantação de pitaias estabelecida numa propriedade agrícola, em Cacela Velha (37°09'49.9"N, 7°32'10.0"W). A plantação ocorreu em agosto 2019, no âmbito do GO Fruta Dragão. A parcela tem o solo armado em camalhões, no sistema de dupla linha. As plantas alvo para este estudo completaram dois anos após plantação no verão de 2021, altura em que os dados agronómicos foram recolhidos. Desde final de abril de 2021 (data da implementação dos ensaios de sombreamento e iluminação artificial) até início de outubro (fim da época de floração), registaram-se temperaturas mínimas e máximas médias de 10,7°C e 27,7°C, respetivamente (**Anexo 9**).

Os dados aqui apresentados permitirão estabelecer algumas das preferências da cultura nas condições edafoclimáticas do Algarve, sendo importante frisar que os resultados só serão mais conclusivos a partir do terceiro ano de produção.

5.1.1. Espaçamento

No ensaio ao ar livre foram comparados dois espaçamentos (0,5 m e 1 m) entre plantas na mesma linha. A entrelinha foi em todos os casos 3,5 m. Das 286 plantas com espaçamento de 0,5 m só 60,5% produziram pelo menos um fruto nesta campanha. Das 144 plantas com espaçamento de 1 m, essa percentagem foi de 68,8%. Assim, a percentagem de plantas que entraram em produção foi superior nas que tiveram um espaçamento mais aberto (1 m entre plantas). O número de frutos por planta nas plantas produtivas foi muito semelhante entre as duas modalidades: 3,32 frutos por planta no espaçamento de 0,5 m e 3,65 frutos por planta no espaçamento mais aberto. No conjunto de todas as plantas de cada uma das modalidades, as que tinham um espaçamento de 0,5 m produziram, em média, menos frutos do que as plantas que se distanciavam por 1 m na linha (**Gráfico 5.1**), não se registando então diferenças significativas entre as modalidades, como se pode verificar pelas barras de erro.

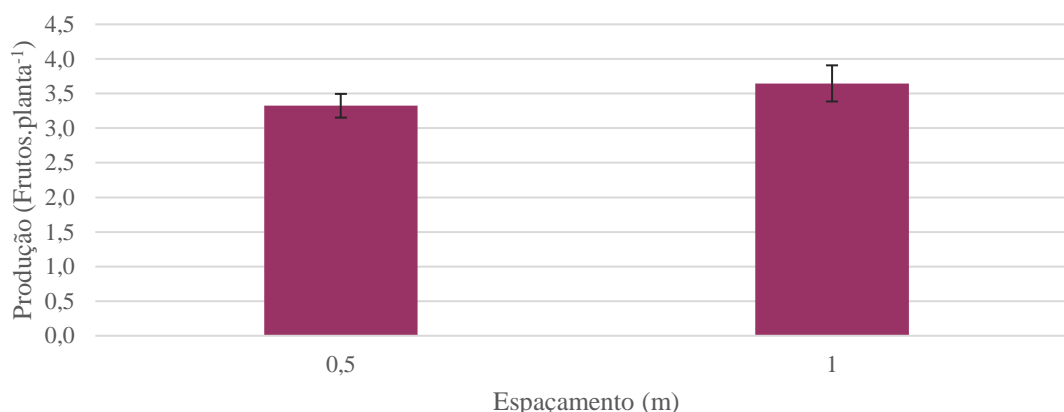


Gráfico 5.1: Influência do espaçamento na produção (frutos.planta⁻¹); (média ± erro padrão, n(0,5)=286, n(1)=144).

Isto poderá ser indicativo de competição ao nível do sistema radicular, com tendência para se agravar nos próximos anos, visto que as plantas ainda não atingiram a plena produção e o sistema radicular continua a desenvolver-se. Segundo a bibliografia o sistema radicular desta cultura é considerado pouco profundo, podendo ocupar 30 cm de diâmetro (Mizrahi, 2014). Para determinar o tamanho do sistema radicular das plantas em estudo, procedeu-se à lavagem com água sob pressão junto ao pé de uma planta com dois anos e meio. Verificou-se que, nestas condições, o sistema radicular superficial explora o solo num raio de 28/29cm (**Figura 5.1**).



Figura 5.1: Raio ocupado pelo sistema radicular de uma planta com dois anos e meio, no campo.

Ora, se apenas com dois anos e meio o sistema radicular destas plantas já é capaz de atingir quase 30 cm de raio, será de esperar que, atingida a idade adulta (4 a 5 anos), a área explorada pelas raízes aumente. Desta forma, plantas espaçadas entre si por 50 cm

não deverão ter o espaço suficiente para evitar competição ao nível radicular, a longo prazo, ainda para mais, em situações que não exista fertirrega.

O peso total da colheita por planta foi também superior nas plantas com maior espaçamento. As plantas que tinham distância entre si de 1 m produziram 0,873 kg no segundo ano após plantação, e as distanciadas por 0,5 m produziram em média 0,688 kg por planta (**Gráfico 5.2**). Em relação ao peso médio dos frutos, as plantas a 1 m umas das outras produziram frutos cujo peso médio foi 0,424 kg. As diferenças entre as duas modalidades foram mínimas uma vez que a produção das plantas distanciadas por 0,5 m foi de 0,412 Kg por planta.

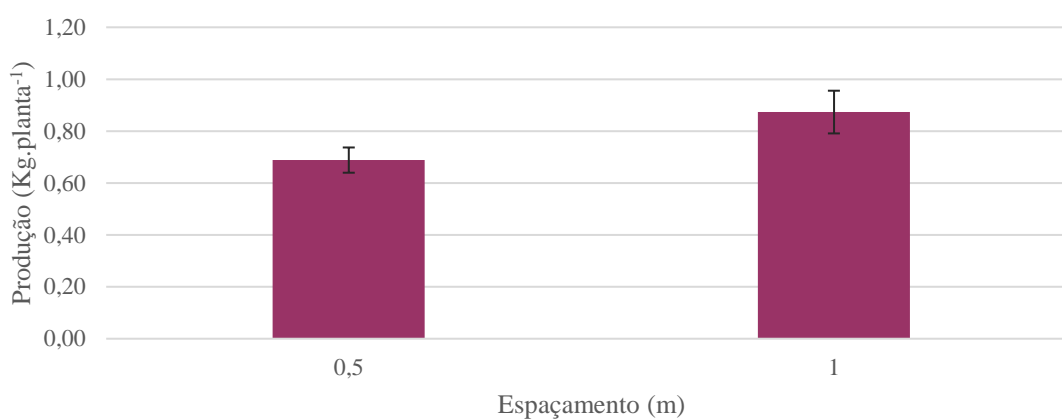


Gráfico 5.2: Influência do espaçamento na média de produção (kg.planta⁻¹); (média ± erro padrão, n(0,5)=286, n(1)=144).

Apesar disto, o espaçamento entre plantas que se revela mais produtivo por unidade de área é o de 0,5 m, produzindo, em média, 0,590 kg.m⁻² enquanto as distanciadas por 1 m produziram 0,370 kg.m⁻² (**Gráfico 5.3**), sendo então, a menor produção unitária nas de 0,5 m compensada pelo maior número de plantas.

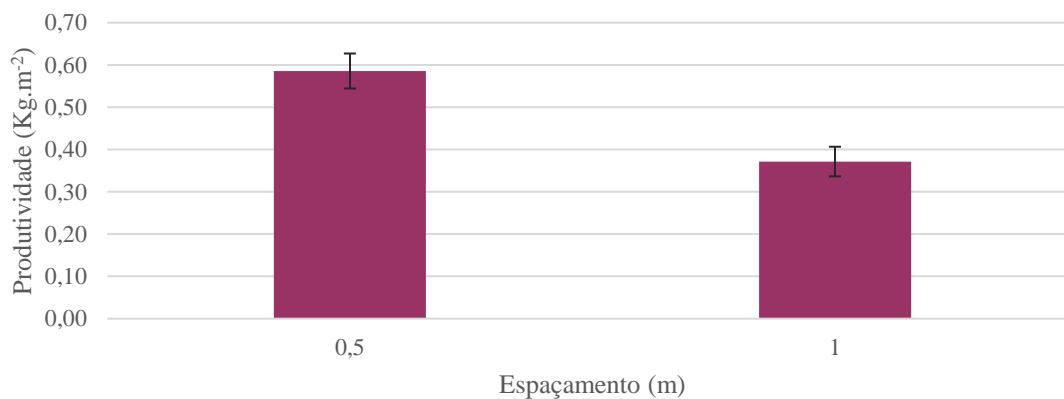


Gráfico 5.3: Influência do espaçamento de 0,5 m e 1 m na produtividade (kg.m⁻²). (média ± erro padrão, n(0,5)=286, n(1)=144).

5.1.2. Cobertura de solo

Nas duas linhas usadas para este estudo foram testadas duas modalidades de cobertura de solo: uma com tela preta antiervas e outra com *mulching* (camada morta de restos vegetais).

A cobertura de solo com *mulching* é uma prática que aumenta o teor de humidade na superfície do solo, reduzindo a evaporação e regulando a sua temperatura (Ma et al., 2018). Também eficaz no controlo de infestantes, o *mulching* acaba por ter outros benefícios para o solo e para as culturas: o aumento do conteúdo de nutrientes disponíveis, a melhoria das atividades enzimáticas do solo e do ambiente microbiológico.

Em particular para a cultura da pitaia, o principal fator benéfico inerente ao *mulching* parece estar relacionado com o aumento do teor de matéria orgânica (M.O.) resultante desta prática. Visto que nas suas zonas de origem (florestas da América Central e do Sul), os solos são classificados como solos altamente ricos em matéria orgânica (7%) (Pio et al., 2020), e que, quanto à fertilização, o descrito na bibliografia está mais relacionado com a incorporação de M.O. nos solos, o *mulching*, parece ser a opção que reúne mais vantagens, quando comparada com a cobertura de tela. Não obstante a cobertura morta orgânica não ser misturada no solo, mas sim colocada como cobertura, os materiais, já triturados ou minimamente degradados, acabarão por ser decompostos, e desta forma tornar os nutrientes disponíveis para absorção.

Os resultados mostram que na linha com cobertura de solo com *mulching*, a produção, tanto em número de frutos por planta (**Gráfico 5.4**) como quilogramas por planta em (**Gráfico 5.5**) foi superior à produção da linha com tela preta antiervas. As plantas da modalidade com *mulching* produziram em média 3,51 frutos por planta, totalizando 0,800 kg. Já as da modalidade com tela produziram 3,35 frutos, o que resultou numa colheita média de 0,700 kg por planta. Ainda assim, as barras de erro dos respetivos gráficos indicam que as diferenças não são estatisticamente significativas.

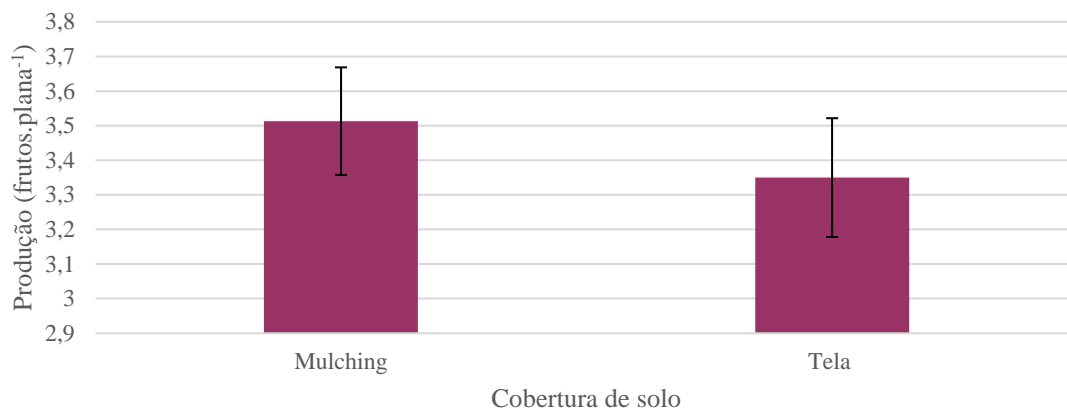


Gráfico 5.4: Influência do tipo de cobertura de solo na produção (frutos.planta⁻¹); (média ± erro padrão, n(Mulching)=214, n(Tela)=216).

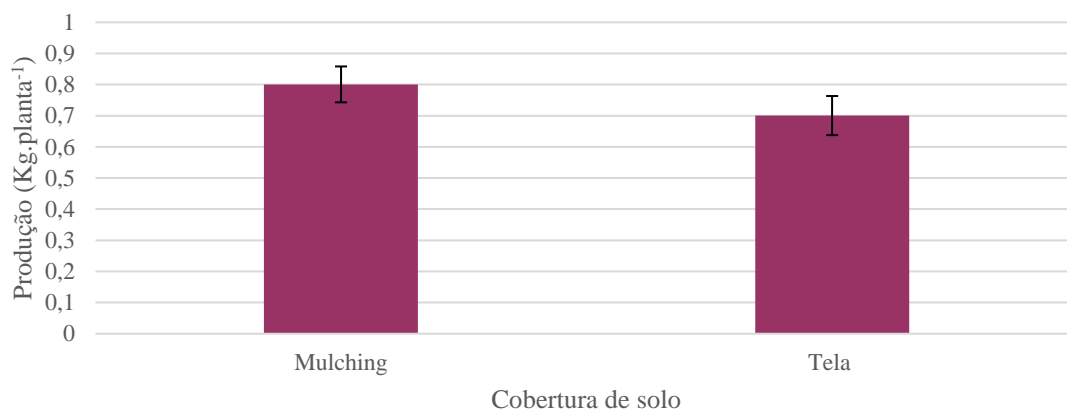


Gráfico 5.5: Influência do tipo de cobertura de solo na produção (kg.planta⁻¹); (média ± erro padrão, n(Mulching)=214, n(Tela)=216).

Estes resultados parecem lógicos, tendo em consideração as condições em que a planta cresce na sua zona de origem, em que o solo está frequentemente coberto pela folhagem das árvores em que a pitaia se apoia. Por outro lado, noutro trabalho que compara o *mulching* à base de cobertura orgânica morta com o uso de tela preta antiervas, o conteúdo em água no solo foi significativamente superior na modalidade com tela antiervas (Luo et al., 2021). Em trabalhos do mesmo género, a utilização de tela preta também se revelou mais eficaz quanto à conservação do calor no solo (Zhang et al., 2010). Estes fatores poderão ter contribuído para o peso médio dos frutos superior registado na modalidade com tela antiervas (**Gráfico 5.6**), significativamente distinto do peso médio dos frutos da outra modalidade.

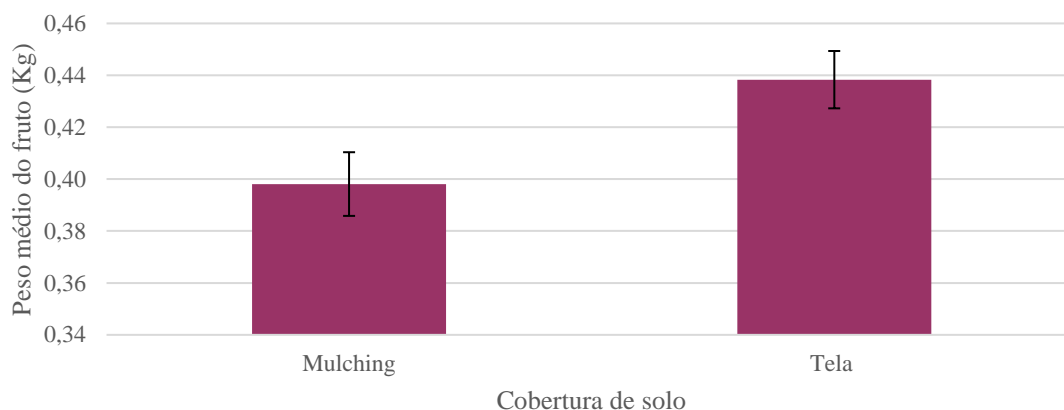


Gráfico 5.6: Influência do tipo de cobertura de solo no peso médio dos frutos; (média \pm erro padrão, n(Mulching)=214, n(Tela)=216).

Ainda assim é mais provável que a mesma diferença entre as duas modalidades quanto ao peso médio dos frutos, se deva ao facto de na modalidade com tela a produção de frutos ter sido inferior e, como tal, o seu calibre ser superior, por o crescimento do fruto ter ocorrido em condições de menor concorrência por nutrientes.

Após análise química do teor de M.O. do solo nas duas linhas em estudo, confirma-se um valor superior na linha com *mulching*. Tanto à profundidade de 20 cm como à de 5 cm (logo abaixo da camada do *mulching* e da tela), o teor de M.O. é superior na linha coberta com restos vegetais (**Gráfico 5.7**). Os resultados da produção e da análise de M.O. do solo corroboram o descrito como preferência da cultura: solos com teor de matéria orgânica mais alto e fertilização que a inclua contribuem para uma produtividade mais alta. De facto, 98,6 % das plantas da linha com *mulching* produziram pelo menos um fruto. Já no que diz respeito à linha com tela a percentagem decresce para 90,7 %.

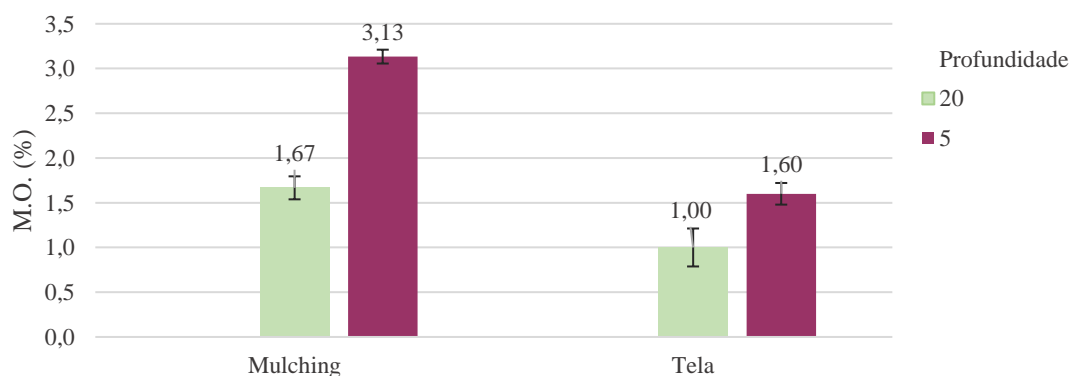


Gráfico 5.7: Teores de matéria orgânica, M.O. (%), às profundidades de 20 e de 5cm, para as duas modalidades de cobertura de solo; média \pm erro padrão.

Procedeu-se também à análise do teor de azoto (N), de modo a complementar a análise química das duas linhas em estudo. Apesar de não se registar diferenças significativas em relação a este parâmetro, na linha com *mulching*, a uma profundidade de 5 cm, logo abaixo da camada de cobertura vegetal, registou-se o valor mais elevado de N (**Gráfico 5.8**).

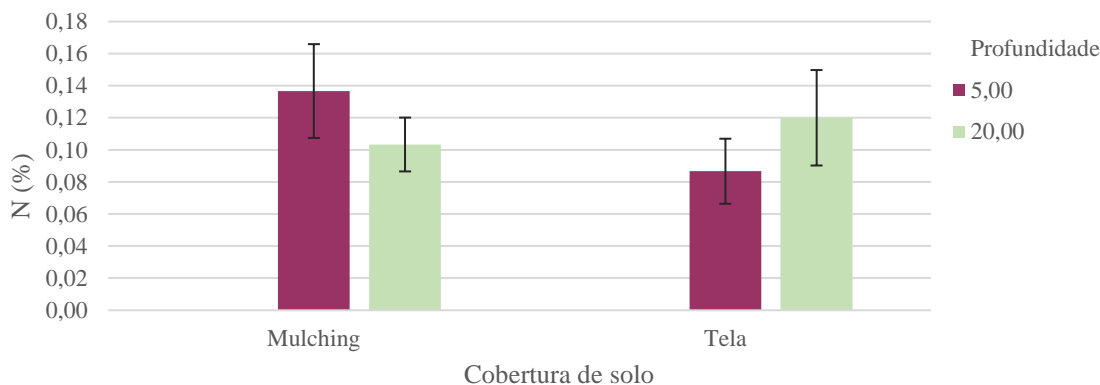


Gráfico 5.8: Teores de azoto, N (%) às profundidades de 20 e de 5cm, para as duas modalidades de cobertura de solo; média \pm erro padrão.

Na interpretação destes resultados, não podemos ignorar que em ambas as modalidades, foi aplicado o mesmo esquema de fertirrega, pelo que o azoto aplicado por esta via se sobrepôs ao azoto disponibilizado pela maior existência de matéria orgânica.

5.1.3. Técnicas de indução floral

As pitaias nativas encontradas em condições de floresta não estão sujeitas a radiações muito elevadas. Com a sua domesticação o cultivo passou a ser em pleno sol e, consoante a região ou cultivares específicas, podem ocorrer danos por excesso de radiação (queimaduras nos cladódios). Como anteriormente mencionado, a bibliografia recomenda redes que providenciem sombra de 30 a 60%, principalmente em alturas do ano em que a intensidade da radiação é mais alta. No ensaio decorrente desta recomendação, a rede de sombreamento escolhida conferiu 30 a 45% de sombra.

À semelhança do estudo realizado em Israel (Khaimov & Mizrahi, 2006) onde o prolongamento do número de horas de luz do dia não resultou em diferenças significativas na produção de frutos, também em Taiwan se verificou o mesmo num trabalho semelhante. Segundo o que está descrito por Jiang (2020) nas condições de Taiwan, a interrupção da noite durante um período de 4 horas, durante a primavera, foi a modalidade que resultou numa resposta mais intensa quanto à emergência de botões florais precoces.

Ainda que as características climáticas sejam distintas entre Portugal e Taiwan e, uma vez que em Israel a interrupção da noite não tinha sido testada até à data, o tratamento que mais sentido fez testar nas nossas condições foi esse mesmo. Assim, interrompeu-se a noite durante 4 horas com iluminação artificial, ao longo de 9 semanas a partir da última semana de abril. A duração natural do dia para Faro, durante o período do tratamento implementado variou de um mínimo de 13h26min no final de abril para um máximo de 14h39min no final de junho.

Os resultados indicam o tratamento com iluminação artificial como o mais eficaz para aumentar a formação de botões florais. Por 100 aréolas, estas plantas produziram 8,25 botões florais. Em relação às plantas testemunha, sem complementação de luz nem proteção da rede de sombreamento, o valor decresce para 6,42 botões por 100 aréolas. As plantas cuja modalidade inclui rede de sombreamento, apenas produziram 5,57 botões por 100 aréolas, fazendo deste o tratamento de indução floral menos positivo no que diz respeito à formação de botões florais. Em relação às gemas axilares das restantes aréolas, algumas poderão ter continuado latentes e outras ter sido induzidas a formar novos rebentos vegetativos. Ainda assim, a primeira opção será a que mais sentido faz, visto que ao longo do período de floração e frutificação, a emergência de novos rebentos vegetativos foi mínima, quando comparada com a ocorrida no período da primavera. Aqui, o vigor das plantas é muito superior e o aparecimento de novos cladódios é constante.

Quando passamos para a contabilização dos botões que efetivamente se desenvolveram até à antese, as proporções mantêm-se: 5,25 flores por 100 aréolas para a modalidade com luz artificial, 4,11 para as testemunha e, o resultado menos positivo, 3,33 flores nas plantas com luz artificial e sombreamento. O facto de estes resultados corresponderem a plantas que estavam a completar o segundo ano após plantação, justifica a menor capacidade das mesmas em manter todos os botões florais em desenvolvimento até à antese. A quantidade de botões florais que abortaram entre o momento em que emergiram e a abertura da flor, para as três modalidades de indução floral, não chegou a metade do número inicial de botões: 2,31 botões abortados nas plantas testemunha, 3 nas de iluminação artificial e 2,24 para as que tinham sombra e iluminação artificial.

Não obstante, o fator que mais influenciou o número de botões florais e o número de flores por planta, foi o número de aréolas das plantas (**Anexo 7** e **Anexo 8**). Apesar do

número elevado de plantas por modalidade, 146 na testemunha, 110 na modalidade com iluminação e 58 plantas na modalidade com iluminação e sombreamento, verificou-se que o número de aréolas por planta era superior na testemunha (60 aréolas por planta), em comparação com a iluminação (44 aréolas por planta) e com as plantas submetidas a iluminação artificial durante a noite e sombreamento durante o dia (50 aréolas por planta). Assim, deduz-se que, caso as plantas sujeitas à iluminação artificial estivessem num grau mais avançado de desenvolvimento e, portanto, com a copa constituída por mais cladódios produtivos e mais aréolas, a diferença de produtividade em botões florais seria maior em relação às outras modalidades.

Naturalmente, estes resultados refletem-se na produção de frutos obtida. A modalidade cujo tratamento consistiu apenas na interrupção da noite com luz artificial, resultou em 3,55 frutos valor superior aos 2,66 frutos da modalidade com iluminação artificial e rede de sombreamento, e aos 3,19 frutos produzidos nas plantas testemunha (**Gráfico 5.9**).

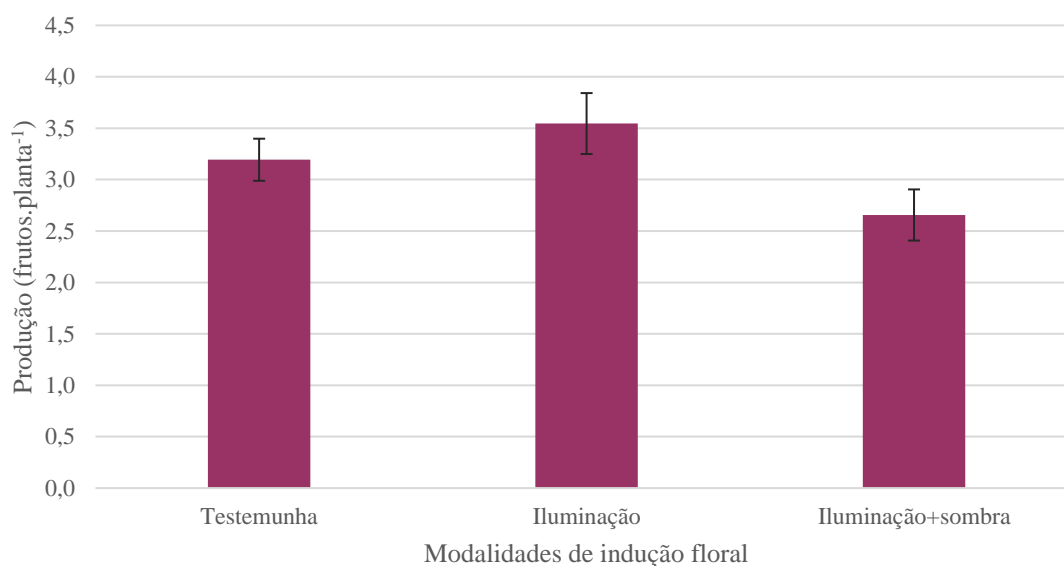


Gráfico 5.9: Influência das técnicas de indução floral na produção (frutos.planta⁻¹); média \pm erro padrão, n(Testemunha) = 146; n(Iluminação) = 52; n(Iluminação + sombra) = 58.

Como a modalidade iluminação + sombra foi a que manifestou um efeito menos positivo em relação à indução floral, o peso médio dos frutos obtidos é superior, apontando para 0,445 kg, em contraste com os 0,375 kg dos frutos da modalidade com iluminação artificial. Ainda assim, o peso médio dos frutos que se obtiveram nos dois tratamentos de indução floral é muito similar ao peso médio dos frutos das plantas testemunha (0,450 kg), não se registando diferenças significativas (**Gráfico 5.10**).

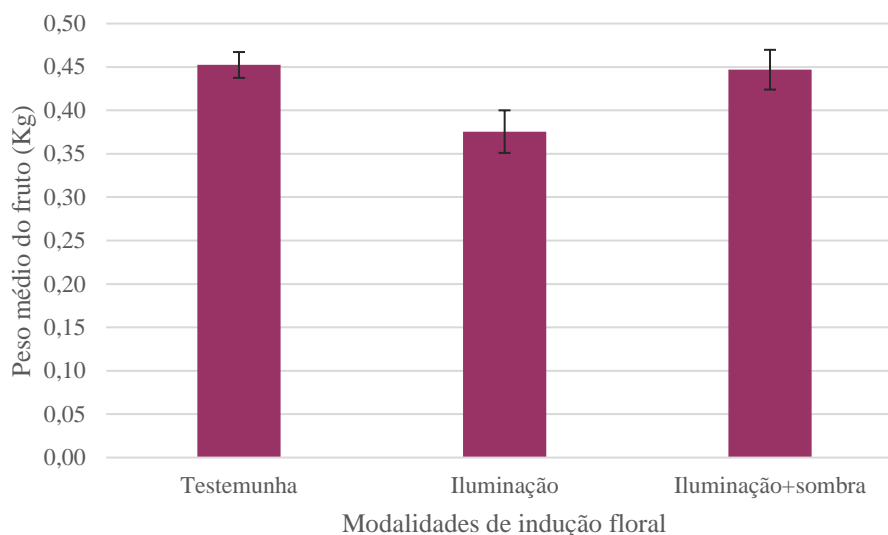


Gráfico 5.10: Influência das técnicas de indução floral no peso médio dos frutos (Kg); média \pm erro padrão, n(Testemunha) = 146; n(Iluminação) =52; n(Iluminação + sombra) =58.

Os resultados menos positivos em relação à modalidade iluminação com rede de sombra, quando comparados com os das plantas das outras duas modalidades, poderão ser indicativos de que, pelo menos esta variedade (*H. undatus*) nas condições edafoclimáticas da região, não só não beneficia de sombra para proteção da radiação solar no verão, como a sua produtividade é superior quando cultivada sob pleno sol ou apenas com iluminação artificial.

Apesar do efeito da iluminação artificial ter resultado na produção de mais botões florais e, conseqüentemente, numa maior quantidade de frutos por planta, os valores não apresentam diferenças estatisticamente significativas dos da modalidade de testemunha.

O que também poderá ter influenciado a eficácia deste tratamento pode estar relacionado com: a falta de temperatura adequada no período em que o tratamento foi aplicado; ou, a suplementação de luz artificial não ter sido aplicada da melhor forma para as condições do Algarve, visto existirem diferenças entre o prolongamento do dia e a interrupção do período noturno.

Durante os meses de maio e junho de 2021 as temperaturas médias diárias estiveram compreendidas entre os 19 °C e os 22 °C, sendo que as noturnas estiveram entre os 11 °C e os 14 °C (Anexo 9). A emissão das gemas reprodutivas é influenciada pelas mudanças de temperatura e luminosidade, porém ainda não se conhece quais são os intervalos concretos para que ocorra (Pio et al., 2020). Apesar disso, sabe-se que a floração é influenciada pelas temperaturas noturnas mais altas, sendo que o contrário atrasa essa fase

do ciclo. O facto de as temperaturas noturnas terem sido mais baixas do que poderá ser o ideal para esta cultura, durante o período em que se justificava providenciar iluminação artificial, pode ter influenciado a resposta das plantas ao estímulo da iluminação artificial.

Ainda assim, não devemos esquecer que o fator que efetivamente influenciou a resposta das plantas foi o número de aréolas: quanto maior, mais gemas axilares teriam sido induzidas a florir, independentemente da temperatura não ser a ideal.

Então, a importância que a bibliografia relata quanto às temperaturas do dia e da noite, na altura de pré floração e durante a mesma, parece permitir descartar ainda outro fator que pode ter condicionado a resposta das plantas: a instalação do ensaio foi feita já numa altura em que o número de horas de luz natural já era superior a 12, e, portanto, o fenómeno da indução floral já tinha dado início.

Para confirmar se a metodologia da implementação de luz artificial foi a correta está a decorrer um novo ensaio de iluminação artificial na mesma parcela de pitaias. Desta vez, a suplementação de luz consiste no prolongamento do dia, ligando a luz durante 4 horas após o pôr do sol. Desta forma poderá perceber-se se, nestas condições, a temperatura desempenha um papel assim tão importante como o descrito na bibliografia, ou se o sucesso deste tipo de tratamento está mais relacionado com o método em si. A verdade, é que tanto na primavera do presente ano como na do ano a que este trabalho se refere registaram-se fenómenos fisiológicos característicos da época normal de floração para as nossas condições (verão). Estes fenómenos estão associados aos dias mais quentes da primavera. Não se sabe ao certo que período com temperaturas mais elevadas é necessário para despoletar a emergência de botões florais, mas o que se tem verificado é que nestas condições primaveris, com períodos de calor, as plantas iniciam a formação de botões florais, que tendencialmente, como o número de horas de temperatura ideal não se aproxima do verificado no verão, em poucos dias evoluem para cladódios. Esses cladódios distinguem-se por apresentarem características morfológicas completamente diferentes. Em vez de três lados como um cladódio “normal” originado pela diferenciação da gema em rebento vegetativo, apresentam mais lados (**Figura 5.2**).



Figura 5.2: a) Botão floral a mudar para cladódio (em baixo); b) Cladódios novos após mudança morfológica do botão floral. (Fotografias de fevereiro de 2021)

5.1.4. Polinização livre vs polinização manual

No campo onde os parâmetros agronômicos anteriores foram estudados, também se pretendeu testar duas modalidades de polinização: livre, sem intervenção humana durante o período de antese; e manual, através da recolha e mistura do pólen de todas as flores abertas, e posterior inserção do mesmo no canal estilar.

Na modalidade de polinização livre os agentes polinizadores poderiam ser noturnos ou diurnos, de acordo com o seu período de atividade. Apesar de muitos estudos apontarem o morcego como o polinizador noturno mais eficaz da pitaia (Le Bellec et al., 2006; Valiente-Banuet et al., 2007), outros consideram a visita das abelhas durante a manhã, mais eficaz do que a desses agentes polinizadores noturnos, mesmo que o período de atuação de ambos seja significativamente distinto (Molina-Freaner, 2004; Weiss et al., 1994). Segundo Muniz, (2017), em ensaios decorridos no Brasil, foi possível verificar que as abelhas foram os visitantes florais mais abundantes (86,1%), sendo que as visitas começavam às 5h da manhã e decorriam até todo o pólen ser recolhido e a flor fechar totalmente. Este ensaio corrobora os resultados obtidos por Marques et al., (2011) e Weiss et al., (1994).

Nos ensaios do GO Fruta Dragão, em Cacela Velha, nas temporadas de 2020 e 2021, observou-se uma abundante presença de abelhas nas flores de pitaia e apesar de terem sido instaladas câmaras noturnas em determinadas flores e em diferentes noites, não foi detetada a presença de outros polinizadores. Para além da presença de morcegos ser cada vez menor na região, é provável que estes sejam insectívoros e, portanto, não sejam atraídos pelo pólen das flores de pitaia. Observou-se sim que, quanto mais abelhas

visitarem a flor ao mesmo tempo, movimentando-se entre os estames e à sua volta, mais frequentemente tocam com o corpo coberto de pólen no estigma e, por isso, maior é a probabilidade de assegurarem a polinização.

Então, apesar de serem seres muito pequenos em comparação com a flor (**Figura 5.3**), quando presentes em quantidade, são não só capazes de polinizar as flores de pitaia, como também consideradas o polinizador diurno mais importante desta cultura.



Figura 5.3: Visita das abelhas a flor de pitaia aberta nas primeiras horas da manhã.

Em 2021, para estas plantas que completavam dois anos após a plantação em agosto, os primeiros botões florais surgiram em meados de junho, e a sua antese ocorreu cerca de 25 dias depois, portanto, em julho. Os botões florais surgem por camadas e foi na primeira semana de agosto que se verificou o primeiro pico de floração. O segundo pico de floração ocorreu um mês depois, daí a discrepância da quantidade de flores entre os meses de julho e agosto e setembro (**Gráfico 5.11**).

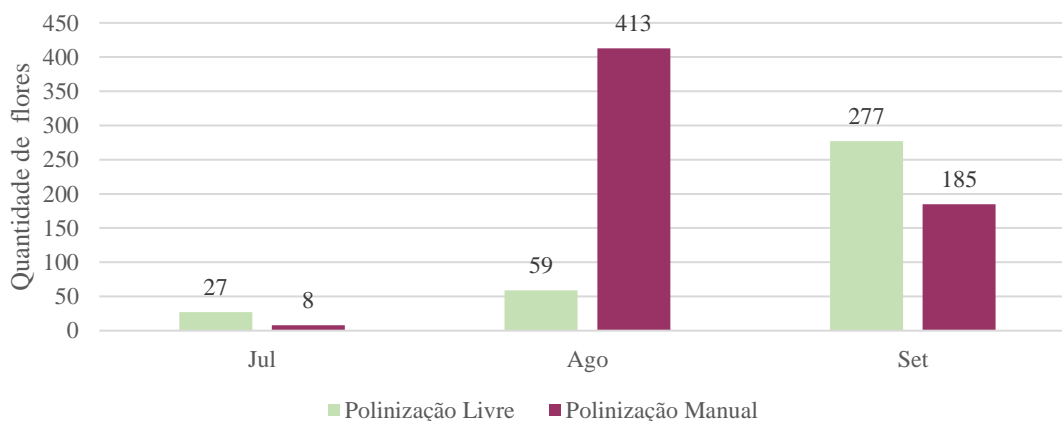


Gráfico 5.11: Contagem de flores por modalidade de polinização consoante o mês do período de floração da cultura.

Nessa semana a grande maioria das flores foi polinizada manualmente, daí a diferença entre o número de flores deixadas para polinização livre e as que foram polinizadas manualmente. Isto deveu-se às condições climáticas previstas para as noites em que se previa a abertura de mais flores: ventos fortes que variaram entre valores médios de 2,0 e 2,5 m.s⁻¹., segundo informação recolhida a partir da estação meteorológica de Tavira da DRAP Algarve (**Anexo 9**). Como explicado previamente (2.9.2) e com base em observações empíricas, em noites muito ventosas o pólen era totalmente “arrastado”,

restando muito pouco até às primeiras horas da manhã, quando as abelhas iniciavam a sua atividade. Ora, deixar isto acontecer em noites onde a previsão do número de flores abertas rondava as 200, seria comprometer a produção, com consequências para as outras modalidades em estudo.

5.1.4.1. Efeito sobre o vingamento

A percentagem de vingamento foi 98% para as flores polinizadas manualmente e 84% para as flores submetidas a polinização livre. O facto de a percentagem de vingamento para as flores polinizadas pelas abelhas ser inferior, pode estar associada a diversos fatores:

- condições meteorológicas da noite em que as flores abriram, nomeadamente a intensidade do vento;
- condições meteorológicas do início da manhã, que influenciam a atividade das abelhas;
- flores abertas muito dispersas na plantação;
- quantidade insuficiente de abelhas.

A polinização manual resultou numa percentagem de frutos vingados superior, pois todos os parâmetros acima mencionados perderam o seu efeito.

5.1.4.2. Efeito no tamanho do fruto

Pretendeu-se determinar a influência dos dois tipos de polinização no peso, diâmetro equatorial e diâmetro longitudinal dos frutos, tendo em conta os meses de colheita.

Relativamente aos diâmetros equatorial e longitudinal, o tipo de polinização não teve um efeito significativo sobre estes parâmetros. A polinização livre deu origem a frutos com diâmetros equatorial e longitudinal médios de 78,42 mm e 110,38 mm, respetivamente. A polinização manual apresentou valores médios de 78,25 mm para o diâmetro equatorial e 109,02 mm para o longitudinal.

Os frutos resultantes de polinização manual, colhidos em agosto e setembro, apresentaram um peso ligeiramente inferior aos que foram polinizados sem intervenção humana (**Gráfico 5.12**).

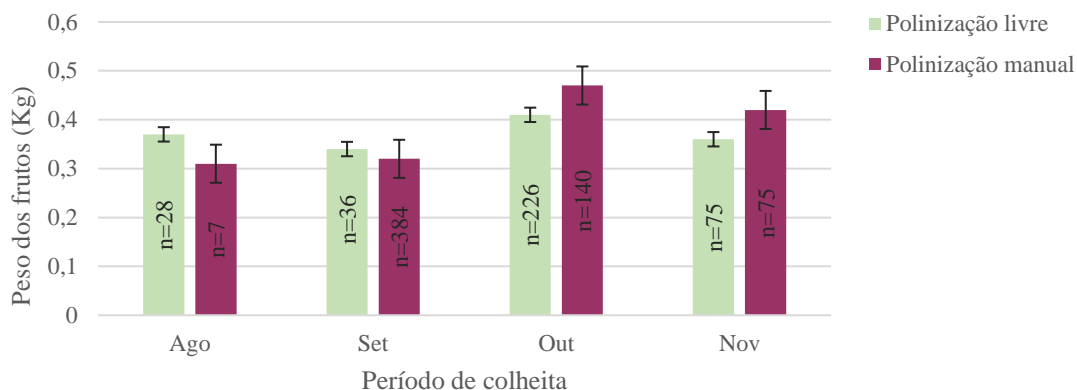


Gráfico 5.12: Influência da polinização livre e manual no peso dos frutos, para cada mês de colheita; média \pm erro padrão.

Já para a colheita de outubro e novembro, os frutos de polinização manual apresentaram um peso médio superior ao dos frutos vingados por polinização livre. Verificou-se também que o peso do fruto foi superior nos frutos colhidos em outubro, em comparação com os colhidos nos meses anteriores. Isto poderá estar associado ao período de maturação que tende a aumentar com o decréscimo da temperatura. Assim, o crescimento de frutos cuja polinização tenha ocorrido em setembro será mais lento, pois o desenvolvimento completo das sementes e da polpa é retardado. Ainda que as diferenças entre o peso médio dos frutos das duas modalidades de polinização não sejam estatisticamente significativas, como indicam as barras de erro, os frutos provenientes de polinização manual, colhidos em outubro e novembro, foram mais pesados. Sabe-se que cada grão de pólen que germina resulta numa semente, e, portanto, quantos mais grãos de pólen germinarem, mais sementes terá o fruto e maior será. Esta será uma vantagem da polinização manual, visto que é mais fácil inserir-se no canal estilar uma quantidade de pólen significativamente superior à quantidade de pólen que as abelhas depositam quando roçam o seu corpo coberto de pólen no estigma.

Ainda assim, a polinização livre permitiu obter uma boa frutificação e um bom tamanho dos frutos. A presença de sessenta colmeias divididas por três apiários a cerca de trezentos metros das plantas poderá ter sido um aspeto importante para o sucesso da polinização livre. Isto vai ao encontro do que já foi observado noutros estudos e anteriormente mencionado neste trabalho: as abelhas, quando em quantidade suficiente,

são os polinizadores naturais diurnos mais frequentes e mais eficazes na polinização das flores de pitaia.

Sendo assim, nas condições deste ensaio, e nas plantas de *H. undatus* testadas, no que diz respeito ao calibre dos frutos, a polinização manual parece não se justificar. Mesmo assim, há que ressaltar que nos períodos de floração mais intensa (maior número de flores abertas simultaneamente) procedeu-se à polinização manual, e a polinização livre ocorreu nos dias/noites em que abriam menos flores. Poderá acontecer que, com um elevado número de flores abertas, a polinização pelas abelhas seja insuficiente. De qualquer forma, isso talvez possa ser resolvido aumentando o número de colmeias por apiário ou colocando apiários mais próximo das pitaias.

Outra vantagem que potencia a ação das abelhas direcionada para as flores de pitaia é o facto de, neste período, existirem poucas flores de outras espécies naquela zona.

5.1.4.3. Influência na qualidade dos frutos

Para além do efeito do tipo de polinização, também a qualidade dos frutos (TSS, acidez e índice de maturação) foi avaliada com o auxílio de uma análise de covariância, em que as variáveis covariantes foram o peso do fruto e o número de dias decorridos entre a antese da flor e a colheita do fruto (**Anexo 10**, **Anexo 11** e **Anexo 12**, respetivamente). Os resultados apontam para uma influência significativa do tipo de polinização no TSS (**Tabela 5.1**), sendo que os frutos polinizados manualmente apresentam um TSS mais elevado (15,8 ° Brix). Para a polinização manual utilizou-se pólen recolhido de todas as flores abertas naquele dia. Isto significa que também foi recolhido pólen de outras cultivares instaladas na plantação de pitaias, ainda que essas plantas estejam presentes em menor quantidade do que as *H. undatus*. Sendo a polinização cruzada uma técnica utilizada também para aumentar o TSS dos frutos, este efeito poderá ter sido potenciado pela polinização manual visto que a probabilidade de todas as abelhas percorrerem todas as flores abertas, incluindo as de outras cultivares, é menor. O facto de a polinização manual ter resultado em frutos com um TSS mais alto, poderá estar associado também ao mencionado no tópico anterior sobre a quantidade de pólen inserida no canal estilar na polinização manual. Ao inserir manualmente mais pólen do que o deixado pelas abelhas, o número de sementes desenvolvidas poderá aumentar e consequentemente, também a acumulação dos açúcares. Para além do TSS, nem a acidez nem o índice de maturação foram afetados pelo tipo de polinização.

Tabela 5.1: Valores médios e médios ajustados mediante análise de covariância em que as variáveis covariantes foram o peso e os dias após antese.

	TSS (° Brix)		Acidez		Índice de maturação	
	Média	Média ajustada	Média	Média ajustada	Média	Média ajustada
PL	13,6	13,8	0,171	0,166	92,3	94,9
PM	15,8	15,6	0,172	0,178	106,8	103,4
Sig. do efeito polinização	P≤0,001		N.S.		N.S.	
Sig. do efeito peso	P≤0,05		N.S.		P≤0,05	
Sig. do efeito DAA	N.S.		N.S.		N.S.	

PL, polinização livre; PM, polinização manual; DAA, dias após antese; TSS, teor de sólidos solúveis totais.

Os resultados quanto aos dias de desenvolvimento do mesmo, ou seja, os efeitos dos dias após a antese (DAA) acabaram por surpreender por não acusar diferenças significativas em nenhum parâmetro de qualidade. Seria de esperar que pelo menos o TSS (e consequentemente o índice de maturação) fosse mais elevado em frutos que permaneceram mais dias na planta.

Por outro lado, o peso do fruto influenciou o TSS (**Gráfico 5.13**) e também o índice de maturação dos frutos (TSS/Acidez) (**Gráfico 5.14**). Frutos mais pesados, apesar do tipo de polinização, apresentaram valores de TSS mais altos. Ainda assim a variabilidade dos frutos de PL é mais acentuada do que os dos frutos de PM. Mais uma vez, o facto de o teor de TSS ser superior em frutos com mais peso, estará relacionado com a quantidade de pólen inserido na polinização manual, e possivelmente com a diversidade genética do mesmo, visto que na prática foi recolhido pólen de todas as flores, incluindo de outras cultivares.

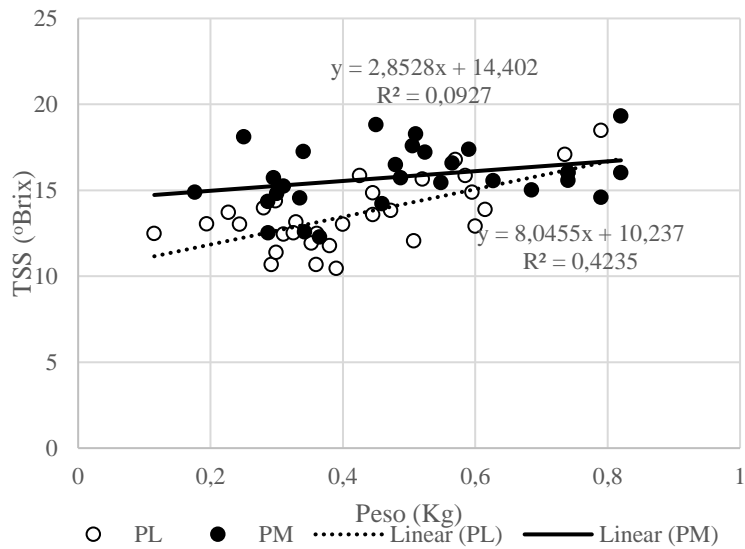


Gráfico 5.13: Influência do peso do fruto no teor de sólidos solúveis totais (TSS (° Brix)). PL, polinização livre; PM, polinização manual.

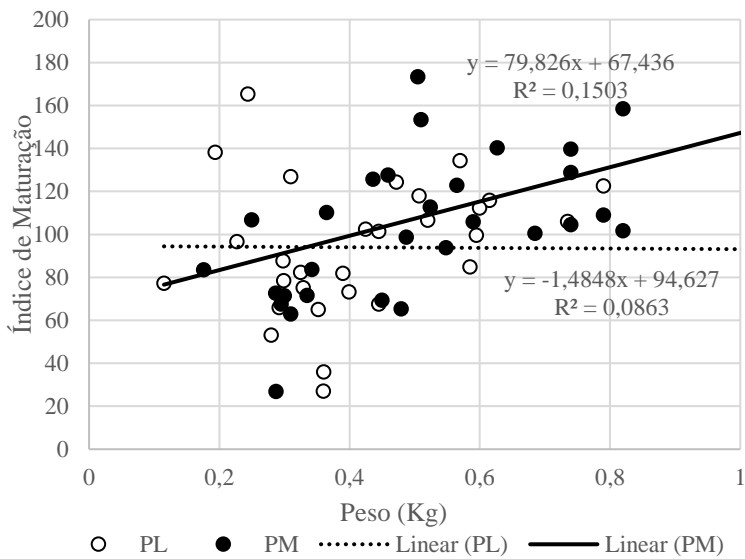


Gráfico 5.14: Influência do peso do fruto no índice de maturação. PL, polinização livre; PM, polinização manual.

5.2. Ensaio em estufa

Em estufa, no viveiro Mil Plantas, decorre o ensaio que visa avaliar a adaptabilidade e capacidade produtiva desta cultura em diferentes tipos de solo. As dez modalidades estudadas incluem solos característicos da região algarvia e consistem em combinações entre os vários tipos de solo com proporções diferentes entre si.

No período de recolha dos dados agronómicos para este trabalho, as plantas estavam com um ano e meio após plantação. No primeiro verão após a plantação (2020), altura em que as plantas já estavam em condições de florir (planta e sistema radicular bem desenvolvidos), não se obteve produção. Nesse verão, as plantas foram fortemente prejudicadas, devido ao excesso de radiação, por falta de sombreamento e às temperaturas elevadas, superiores a 38°C, registadas na estufa durante a época produtiva. Estas condições provocaram danos nas plantas e inibiram a floração. Isto significa que a temporada de 2021 foi a primeira vez em que se obteve produção significativa. Uma vez que só ainda ocorreu uma colheita, é fundamental confirmar estes resultados com os dados que serão obtidos na próxima campanha, em 2022.

5.2.1. Produção

Os resultados indicam maior produção para a modalidade B, com uma média de 0,567kg por planta, e menor para a modalidade J (0,286 kg.planta⁻¹).

Ainda assim, não se registam diferenças estatisticamente significativas entre os vários substratos (**Tabela 5.2**). Os resultados desta produção dizem respeito ao primeiro ano de produção destas plantas (2021), visto ter sido só nesta altura que se reuniram todas as condições (em termos fisiológicos e de condições do ambiente de cultivo) para a floração. Por esse motivo, na próxima temporada, a capacidade produtiva das plantas tenderá a ser mais elevada e nessa altura poderão registar-se diferenças significativas.

Tabela 5.2: Produção (kg.planta⁻¹) obtida para os diferentes substratos.

Substrato	Produção (kg.planta⁻¹)
A - 100% substrato viveiro	0,379 a
B - 70% substrato viveiro + 30% solo argiloso	0,567 a
C - 70% substrato viveiro + 30% areia	0,392 a
D - 70% solo argiloso + 30% substrato viveiro	0,521 a
E - 70% areia + 30% substrato viveiro	0,336 a
F - 70% areia + 30% substrato viveiro	0,311a
G - 100% areia	0,320 a
H -70% substrato viveiro + 30% solo calcário	0,443 a
I - 70% solo calcário + 30% substrato viveiro	0,438 a
J - 100% solo calcário	0,286 a

Para cada substrato, em cada coluna, os valores seguidos de letras diferentes apresentaram diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0,05$, pelo Teste de Duncan;

Pretendeu-se cumprir o objetivo a que se propôs este trabalho e analisar a influência dos fatores em causa: teor de substrato de viveiro, de solo argiloso, de areia e de solo calcário, na produção das plantas, nestas condições (**Tabela 5.3**).

Tabela 5.3: Influência dos diferentes teores (100, 70, 30 e 0%) de substrato de viveiro, de solo argiloso, de areia e de solo calcário, na produção (kg.planta⁻¹).

Substrato Viveiro (%)	Produção (kg.planta⁻¹)	Solo Argiloso (%)	Produção (kg.planta⁻¹)
100	0,3793a	100	0,312c
70	0,4680a	70	0,522ab
30	0,4321a	30	0,567a
0	0,3068a	0	0,371ab

Areia (%)	Produção (kg.planta⁻¹)	Solo Calcário (%)	Produção (kg.planta⁻¹)
100	0,321a	100	0,287a
70	0,336a	70	0,439a
30	0,392a	30	0,444a
0	0,422a	0	0,404a

Para cada substrato, em cada coluna, os valores seguidos de letras diferentes apresentaram diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0,05$, pelo Teste de Duncan.

Apenas para os diferentes teores de solo argiloso se verificaram diferenças na produção: substratos com 30% de argila foram os que favoreceram a produção.

Quanto ao peso médio dos frutos, também o solo argiloso foi o que teve influência significativamente positiva no valor do mesmo (**Tabela 5.4**).

Tabela 5.4: Peso médio dos frutos (kg) para cada substrato.

Substratos	Peso médio dos frutos (kg)
A - 100% substrato viveiro	0,280 c
B - 70% substrato viveiro + 30% solo argiloso	0,368 ab
C - 70% substrato viveiro + 30% areia	0,308 abc
D - 70% solo argiloso + 30% substrato viveiro	0,303 ab
E - 70% areia + 30% substrato viveiro	0,270 c
F - 100% solo argiloso	0,375 a
G - 100% areia	0,264 c
H - 70% substrato viveiro +30% solo calcário	0,298 bc
I - 70% solo calcário + 30% substrato viveiro	0,324 abc
J - 100% solo calcário	0,297 bc

Para cada substrato, em cada coluna, os valores seguidos de letras diferentes apresentaram diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0,05$, pelo Teste de Duncan.

A composição de cada um dos substratos faz com que ele tenha características particulares que influenciam os fenómenos de superfície, entre eles a capacidade de retenção de água. Para melhor entender a preferência da cultura analisou-se não só as propriedades físicas dos substratos, como também as químicas e físico-químicas dos mesmos. Os resultados da análise física, nomeadamente das relações ar/água permitirão estabelecer uma comparação com os que foram obtidos pelo método de “De Boodt”, por De Boodt e Verdonck (1972), para o que seria um substrato ideal.

5.2.2. Propriedades físicas

5.2.2.1. Granulometria

As propriedades físicas do solo estão muito dependentes da distribuição dos tamanhos das partículas: quanto maior o tamanho das partículas, maior é o espaço de arejamento, logo mais elevada é a porosidade. Ao contrário, com partículas mais pequenas, a porosidade total do solo diminui e aumenta a quantidade de água retida. A granulometria é, portanto, uma propriedade que condiciona a relação ar/água de um substrato.

Relativamente às partículas cujas dimensões variam entre 1 e 10 mm, a porosidade e a quantidade de água retida tendem a variar pouco, ao contrário do que se verifica para as partículas com tamanho inferior a 1 mm. Neste caso, a porosidade decresce acentuadamente e a retenção de água aumenta. Segundo Miner (1994), num estudo das propriedades físicas de uma amostra, são as partículas menores de 1 mm, que devem receber mais atenção, por terem maior influência na porosidade e na retenção de água (Handreck, 1983). O primeiro fator diminui e o segundo aumenta.

De um modo geral, as partículas dos substratos estudados, distribuíram-se pelos diferentes intervalos de granulometria (Gráfico 5.15).

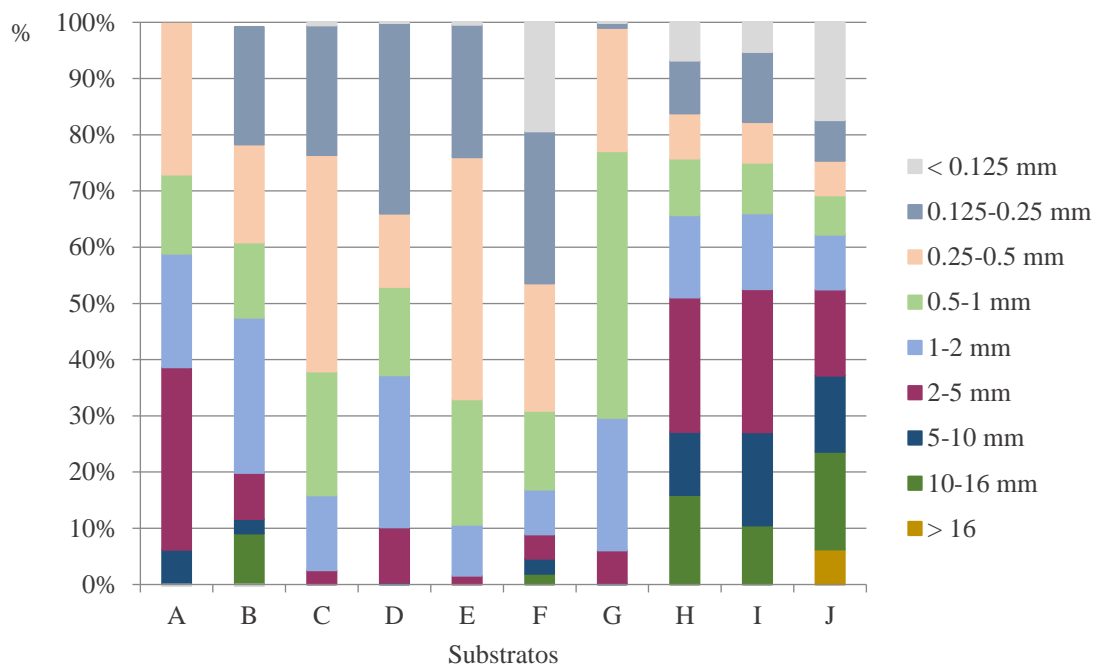


Gráfico 5.15: Distribuição granulométrica das modalidades em estudo. A, 100% substrato viveiro; B, 70% substrato viveiro + 30% solo argiloso; C, 70% substrato viveiro + 30% areia; D, 70% solo argiloso + 30% substrato viveiro; E, 70% areia + 30% substrato viveiro; F, 100% solo argiloso; G, 100% areia; H, 70% substrato viveiro + 30% solo calcário; I, 70% solo calcário + 30% substrato viveiro; J, 100% solo calcário.

Comparando as modalidades B (70% substrato viveiro + 30% solo argiloso) e D (70% solo argiloso + 30% substrato viveiro) cuja produção foi semelhante, observou-se que, a principal diferença está ao nível das partículas de maior tamanho (>5 mm).

Visto que as partículas menores de 1 mm são as que têm maior impacto no arejamento e na retenção de água, o substrato D apresenta-se como o mais rico nessas partículas (Gráfico 5.16) quando comparado com o substrato B.

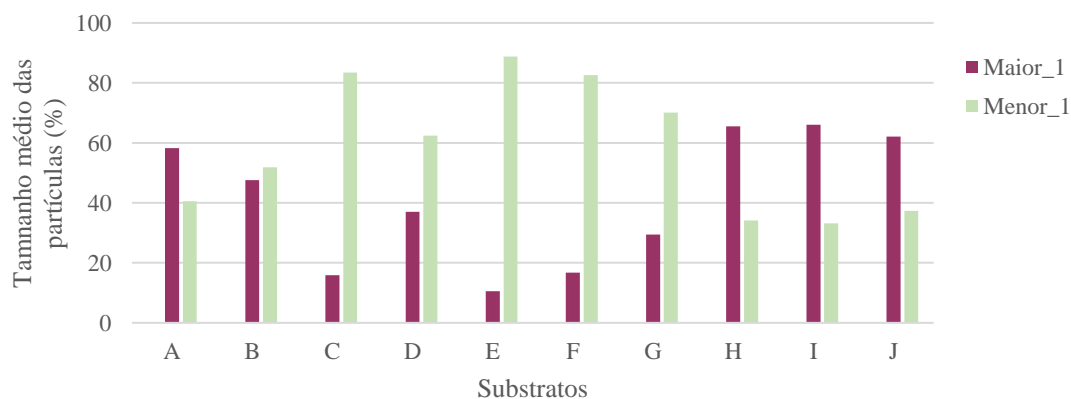


Gráfico 5.16: Distribuição granulométrica das partículas com tamanho superior e inferior a 1mm; Maior_1, partículas com tamanho inferior a 1mm; Menor_1, partículas com tamanho inferior a 1mm. A, 100% substrato viveiro; B, 70% substrato viveiro + 30% solo argiloso; C, 70% substrato viveiro + 30% areia; D, 70% solo argiloso + 30% substrato viveiro; E, 70% areia + 30% substrato viveiro; F, 100% solo argiloso; G, 100% areia; H, 70% substrato viveiro + 30% solo calcário; I, 70% solo calcário + 30% substrato viveiro; J, 100% solo calcário.

Assim, a quantidade de microporos deste substrato é superior, o que o torna capaz de reter mais água. Consequentemente, a quantidade de macroporos, responsáveis pelo arejamento, diminui. Tal facto poderá estar relacionado com a composição em minerais de argila, superior neste substrato (70 % de solo argiloso), quando comparado com o substrato B (30 % de solo argiloso).

Analisando apenas a granulometria dos substratos B e D e a respetiva produção (ainda que não apresentem diferenças estatisticamente significativas), confirma-se a importância de um bom arejamento num substrato. Em relação às modalidades que menos produção obtiveram, a diferença entre os dois tamanhos de partículas foi superior e bastante desequilibrada (substratos E, F e G).

5.2.2.2. Relação ar-água

O conhecimento da relação ar-água de um substrato permite prever o seu comportamento durante o cultivo, e substratos com características completamente distintas poderão ser usados para a mesma cultura e obter bons resultados, desde que a sua rega seja adaptada (Louro & Reis, 2020). Os resultados provenientes da análise das relações ar-água são bastante distintos uns dos outros, prova da grande heterogeneidade dos substratos em estudo (Tabela 5.5).

Tabela 5.5: Características físicas dos substratos analisados.

Substratos	dr	daph	daps	EPT	CA	AFU	AR	ADU	CTR
A	1,51 f	0,66 h	0,23 h	84,39 a	55,76 a	9,75 cd	1,33 e	17,54 c	28,35 a
B	2 f	1,03 g	0,59 g	70,39 b	51,05 b	5,78 e	3,42 d	10,12 ef	19,13 bc
C	2,40 d	1 g	0,74 f	69,18 b	42,08 c	14,49 b	0,99 e	11,61 de	28,45 a
D	2,35 e	1,31 e	0,86 e	63,51 c	27,61 e	14,95 b	7,24 b	13,71 d	17,16 bc
E	2,47 c	1,20 f	1,01 d	58,81 d	32,64 d	15,89 b	1,86 de	8,42 f	22,4 ab
F	2,53 b	1,71 b	1,26 c	50,14 e	3,47 g	20,77 a	5,56 c	20,34 b	15,61 bc
G	2,63 a	1,56 c	1,4 b	46,87 f	32,08 d	11,23 c	0,11 e	3,45 g	11,66 c
H	2,31 e	1,20 f	0,82 e	65,68 c	42,08 c	2,11 f	12,04 a	9,24 ef	17,82 bc
I	2,46 c	1,43 d	1,05 d	57,16 d	23,78 f	8,71 cd	8,58 b	16,09 c	28,62 a
J	2,56 b	1,83 a	1,44 a	43,79 g	5,57 g	7,53 de	7,95 b	22,74 a	13,03 c

Para cada substrato, em cada coluna, os valores seguidos de letras diferentes apresentaram diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0,05$, pelo Teste de Duncan; A, 100% substrato viveiro; B, 70% substrato viveiro + 30% solo argiloso; C, 70% substrato viveiro + 30% areia; D, 70% solo argiloso + 30% substrato viveiro; E, 70% areia + 30% substrato viveiro; F, 100% solo argiloso; G, 100% areia; H, 70% substrato viveiro + 30% solo calcário; I, 70% solo calcário + 30% substrato viveiro; J, 100% solo calcário; dr, densidade real; daph, densidade aparente húmida; daps, densidade aparente seca; EPT, espaço poroso total; CA, capacidade de arejamento; AFU, água facilmente utilizável; AR, água de reserva; ADU, água dificilmente utilizável; CTR, contração do volume do substrato.

A porosidade, proporção de poros em relação ao volume total, está relacionada com a presença dos macroporos, e é essencial para assegurar uma rápida infiltração da água e um arejamento conveniente. A quantidade de água que um substrato é capaz de reter pode ser determinada pela curva de libertação de água, que relata a variação dos teores de água e de ar, consoante a tensão aplicada. Essa tensão é aplicada por meio de coluna de água que pode ir até 100 cm (≈ 10 kPa), limite a partir do qual as plantas podem sofrer e restringir o seu crescimento, quando cultivadas em substrato (Louro & Reis, 2020)

Relativamente à CA, a análise estatística regista diferenças significativas em todos os substratos, com exceção do E e do G que, por apresentarem teores mais elevados de areia (70 e 100%, respetivamente) não apresentaram diferenças. Naturalmente, o substrato F, com 100% de solo argiloso como seu constituinte foi o que apresentou menor capacidade de arejamento (CA) (Gráfico 5.17) não se distinguindo estatisticamente do J, constituído por 100% de solo calcário. Este parâmetro é medido à tensão de 10 cm de coluna de água e serve como indicador do arejamento das raízes. Para assegurar uma adequada taxa de difusão do oxigénio na fase gasosa do substrato, a CA deve estar compreendida entre 25 a 35 % (De Boodt et al., 1974).

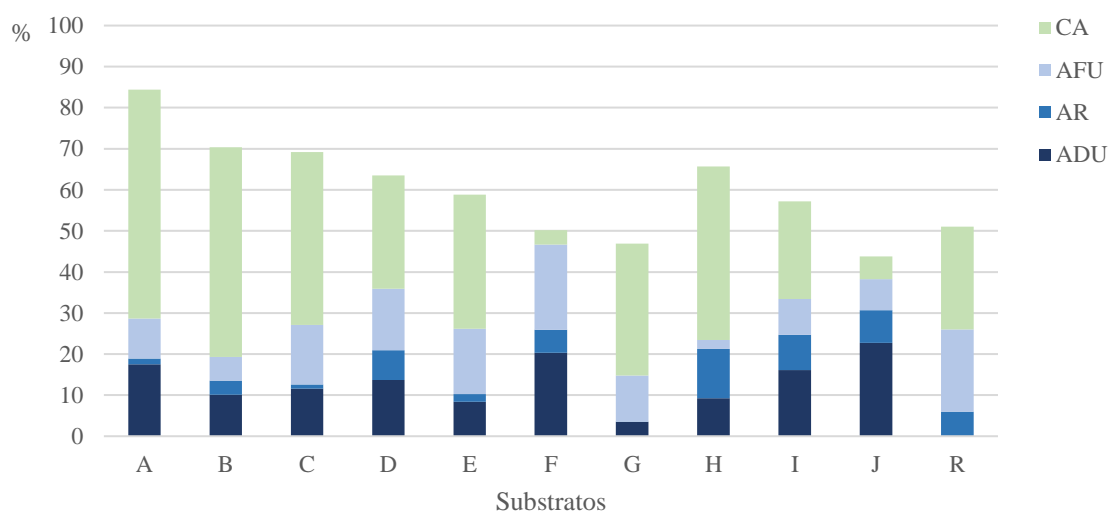


Gráfico 5.17: Curva de retenção de água dos substratos estudados e comparação com o substrato recomendado por De Boodt (R); A, 100% substrato viveiro; B, 70% substrato viveiro + 30% solo argiloso; C, 70% substrato viveiro + 30% areia; D, 70% solo argiloso + 30% substrato viveiro; E, 70% areia + 30% substrato viveiro; F, 100% solo argiloso; G, 100% areia; H, 70% substrato viveiro + 30% solo calcário; I, 70% solo calcário + 30% substrato viveiro; J, 100% solo calcário; CA, capacidade de arejamento; AFU, água facilmente utilizável; AR, água de reserva; ADU, água dificilmente utilizável.

A água facilmente utilizável (AFU,) medida à tensão de 50 cm deve apresentar um valor mínimo de 20 %. Todos os substratos analisados, à exceção do F, apresentam um

valor de AFU abaixo do recomendado. Isto poderá estar relacionado com dois fatores: ou com uma drenagem excessiva, como poderá ser o caso do substrato G, constituído exclusivamente por areia; ou com excesso de microporos que causam uma elevada retenção de água. Neste último caso, seria de esperar que o substrato F apresentasse menor AFU, mas são os substratos com solo calcário como componentes (H, I e J) que apresentam valores mais baixos.

Em relação à água de reserva (AR), esta deve situar-se entre 4 e 10 % (Louro & Reis, 2020). Também os substratos com solo calcário como componentes (H, I e J) são os que apresentam valores mais distantes do ideal. O substrato de viveiro (A) e outros dos substratos com 70 % do mesmo, nomeadamente o B que apresentou maior produção, são os que melhores resultados apresentam.

A água dificilmente utilizável (ADU) corresponde à percentagem de água retida a uma tensão superior a 100 cm de coluna de água. Esta água está pouco disponível para as plantas e, portanto, não é interessante para a cultura. Os resultados mostram que a ADU poderá estar relacionada com o solo argiloso e calcários. Todos os substratos que os têm como constituintes, seja em que proporção for, o valor de ADU é superior, ainda que para o B, isso não seja tão presente. Por outro lado, os substratos com areia são os que menores valores de ADU têm.

Ainda assim, a relação ar-água não é o único fator que afeta a disponibilidade de água e de ar para as plantas. Também o vaso (forma, volume e altura), o manuseamento prévio do substrato e a frequência e dotação de rega têm influência. Juntamente com o facto de os resultados obtidos representarem a primeira produção destas plantas, estes fatores também tiveram a sua importância.

5.2.3. Propriedades químicas

5.2.3.1. *Matéria Orgânica (M.O.) e Matéria Mineral (M.M.)*

Como previamente mencionado neste trabalho, a pitaia é uma cultura que beneficia muito com a incorporação de matéria orgânica no solo. Também a influência deste parâmetro sob plantas em solo, ao ar livre, já foi estudada no ponto 5.1.2, onde os resultados corroboram as preferências da cultura quanto a solos com um teor de M.O. mais elevado.

O uso estreme ou em misturas, de substratos ricos em matéria orgânica, origina em muitas culturas o aumento de produção, devido à presença de substâncias húmicas. A estas substâncias estão associadas várias vantagens: estímulo ao desenvolvimento radicular, maior rapidez na absorção radial, maior alongamento celular e mobilização de micronutrientes (Louro & Reis, 2020).

Os resultados relativamente ao teor de M.O. nos diferentes substratos (Tabela 5.6), revelam que a modalidade A foi a que apresentou maior teor de M.O. (91,09 %), o que faz sentido quando nos lembramos da constituição deste substrato (50 % lamas de ETAR tratadas e 50 % de casca de pinheiro). Talvez a sua granulometria (5.2.2.1), por indicar alguma carência de partículas com dimensões entre 0,125 e 0,25 mm tenha sido o fator que impediu que a retenção de água fosse superior. Por outro lado, o substrato B, o segundo com maior teor de M.O. (38,91 %) já usufrui da presença de 30 % de solo argiloso, o que significa que já permite melhorar a retenção de água. Isto confirma a importância do solo argiloso (nesta proporção de 30 %) que, não só, foi o que, comparado com os outros tipos de solo, influenciou significativamente a produção (5.2.1), como também contribuiu para uma produção maior verificada nas plantas do substrato B.

Tabela 5.6: Características químicas dos substratos analisados.

Substratos	M.O (%)	M.M (%)
A - 100% substrato viveiro	91,09 a	8,91 g
B - 70% substrato viveiro + 30% solo argiloso	38,91 b	61,09 f
C - 70% substrato viveiro + 30% areia;	16,51 d	83,49 d
D - 70% solo argiloso + 30% substrato viveiro	19,38 c	80,62 e
E - 70% areia + 30% substrato viveiro	9,03 e	90,97 c
F - 100% solo argiloso	5,5 f	94,5 b
G - 100% areia	0,97 g	99,03 a
H - 70% substrato viveiro + 30% solo calcário	17,53 cd	82,46 de
I - 70% solo calcário + 30% substrato viveiro	9,52 e	90,48 c
J - 100% solo calcário	4,03 f	95,97 b

Para cada substrato, em cada coluna, os valores seguidos de letras diferenças apresentaram diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0,05$, pelo Teste de Duncan; M.O., matéria orgânica; M.M., matéria mineral.

Os substratos com menor teor de M.O. (E, F, G e J) foram também os que obtiveram menor produtividade. Ainda assim, as plantas instaladas no substrato constituído apenas por areia (G) obtiveram maior produção do que os constituídos apenas por solo argiloso (F) e por solo calcário (J). Sendo a areia um substrato mineral e praticamente inerte, a rega e a fertilização aplicadas ao longo do período de floração desempenham um papel

ainda mais importante. Teoricamente, o substrato G beneficiaria de uma rega mais frequente ao longo do dia, visto que a sua constituição favorece uma drenagem mais rápida do que observada para os restantes substratos. Apesar do teor muito pobre em M.O. (0,97%), a justificação para uma produção superior em relação aos que têm um teor de M.O. mais elevado, poderá ter que ver com a fertilização, onde os nutrientes foram mais rapidamente assimilados por não terem onde ficar retidos. Também o facto de as plantas desta modalidade poderem estar em stress hídrico, por a rega não ter sido adequada ao tipo de substrato onde estão instaladas, pode ter contribuído para este desfecho. Sabe-se que o stress hídrico consiste, no período anterior à floração, numa técnica de indução floral utilizada em muitas outras culturas.

Voltando à comparação entre os dois substratos que melhores resultados em termos de produção obtiveram, verifica-se que o B apresenta mais do dobro do teor de M.O. relativamente ao substrato D. Conclui-se então que o teor em M.O. pode ser, mais uma vez, um dos fatores diferenciadores para o sucesso do cultivo desta cultura.

5.2.4. Propriedades físico-químicas

5.2.4.1. pH

Os substratos analisados neste trabalho abrangem duas naturezas: orgânica e mineral. Para os substratos orgânicos, ou seja, com mais de 50% de matéria orgânica, os elementos essenciais às plantas encontram-se disponíveis no intervalo de pH entre 5,0 e 5,8 (Louro & Reis, 2020). Apesar de variável, o pH recomendado para cultivo em substrato orgânico é 5,8. Os resultados indicam o substrato A, como o que reúne as condições mais próximas do ideal (**Tabela 5.7**), não só para o cultivo em substrato orgânico como também para o cultivo da pitaia (entre 5,5 e 6,5).

Em relação aos substratos de origem mineral, como por exemplo o F (7,74), G (8,10) ou H (6,04), todos apresentam um valor de pH não recomendado para o cultivo da pitaia, e acima do indicado para substratos de origem mineral (5,2 a 6,3) (Abad et al., 2004). Estes valores poderão estar associados à baixa produtividade dessas modalidades.

Tabela 5.7: Propriedades físico-químicas dos substratos analisados.

Substrato	pH	CE	M.S (%)
A - 100% substrato viveiro	5,56 h	0,49 c	69,17 f
B - 70% substrato viveiro + 30% solo argiloso	6,92 e	0,97 b	61,09 g
C - 70% substrato viveiro + 30% areia	6,76 f	2,64 a	89,36 d
D - 70% solo argiloso + 30% substrato viveiro	7,08 e	0,18 c	85,17 e
E - 70% areia + 30% substrato viveiro	7,85 c	0,19 c	93,88 b
F - 100% solo argiloso	7,74 c	0,23 c	91,74 c
G - 100% areia	8,10 b	0,02 c	98,22 a
H - 70% substrato viveiro + 30% solo calcário	6,04 g	2,35 a	98,42 a
I - 70% solo calcário + 30% substrato viveiro	7,44 d	0,1 c	93,26 b
J - 100% solo calcário	8,35 a	0,06 c	98,35 a

Para cada substrato, em cada coluna, os valores seguidos de letras diferentes apresentaram diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0,05$, pelo Teste de Duncan; CE, condutividade elétrica; M.S., matéria seca.

O substrato J é o que apresenta o valor mais elevado de pH (8,35), atingindo valores que quase lhe conferem a designação de alcalino (8,6-9,5). Tendo sido esta a modalidade em estudo que menos produtividade obteve, poderá aferir-se que solos alcalinos ou muito alcalinos não constituem de todo o ideal para produção de pitaia, o que significa que ao longo do território algarvio muitas das áreas que poderiam ser aproveitadas para o cultivo desta espécie, não são as mais adequadas para a produção de frutos com valor comercial. Isto poderá ser contornado se se proceder à correção da reação do solo. Ainda assim, este ensaio permitiu observar que mesmo para valores de pH muito acima do recomendado para a cultura, as plantas sobrevivem e produzem.

5.2.4.2. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica (CE) dá-nos a indicação da presença de iões em solução. Sabe-se que a pitaia é sensível à salinidade, principalmente quando associada a elevados níveis de sódio. Os valores de CE indicam-nos que os substratos em questão são solos normais, com pH inferior a 8,5 e CE não superior a 4 dS.m^{-1} (**Gráfico 5.18**).

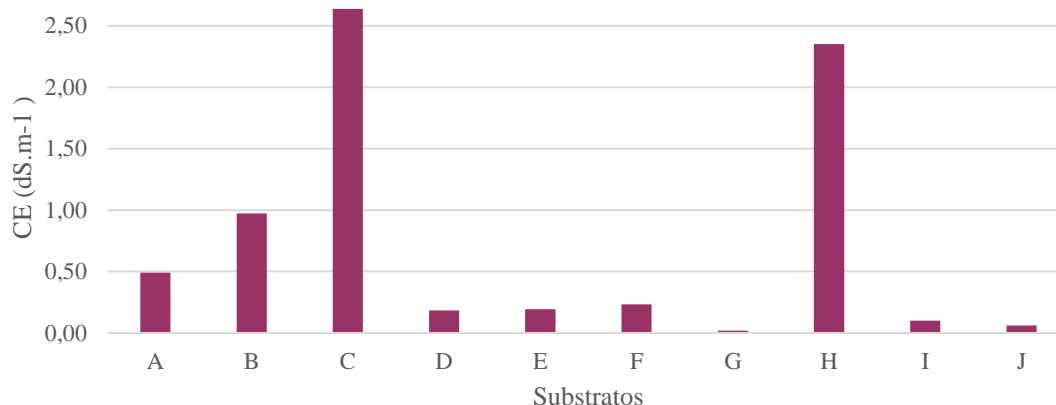


Gráfico 5.18: Condutividade elétrica, CE (dS.m^{-1}) dos substratos analisados. A, 100% substrato viveiro; B, 70% substrato viveiro + 30% solo argiloso; C, 70% substrato viveiro + 30% areia; D, 70% solo argiloso + 30% substrato viveiro; E, 70% areia + 30% substrato viveiro; F, 100% solo argiloso; G, 100% areia; H, 70% substrato viveiro + 30% solo calcário; I, 70% solo calcário + 30% substrato viveiro; J, 100% solo calcário.

5.2.4.3. Matéria seca (M.S.)

O teor em matéria seca (M.S.) de um substrato reflete a quantidade de água presente no mesmo: quanto maior o teor da M.S., menor o de água.

Ao relacionar estes valores com a produção das plantas, é possível estabelecer uma ligação entre o teor mais baixo de M.S. do substrato B (61,09 %) e a resposta produtiva das respetivas plantas. Esta característica físico-química permitiu ao substrato reter água na medida em que a cultura preferiu. Já os outros substratos apresentam teores de M.S. muito elevados (**Gráfico 5.19**) o que significa que o teor em água está muito abaixo do ideal. Este valor poderá ser corrigido através da adaptação da rega e respetiva frequência e dotação, para cada substrato.

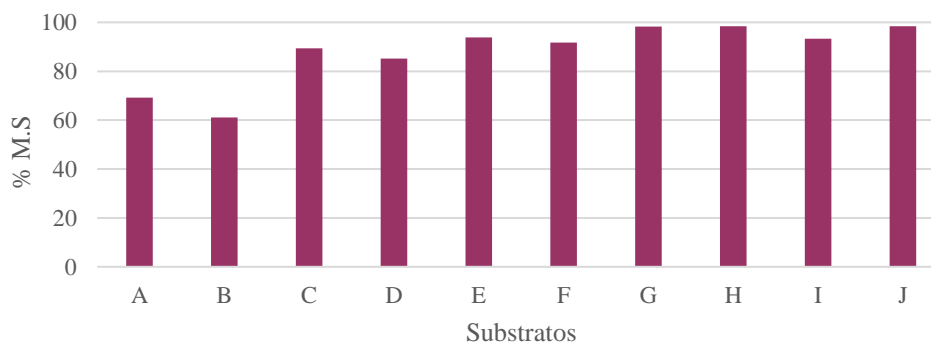


Gráfico 5.19: Teor de matéria seca, M.S. (%) dos substratos analisados. A, 100% substrato viveiro; B, 70% substrato viveiro + 30% solo argiloso; C, 70% substrato viveiro + 30% areia; D, 70% solo argiloso + 30% substrato viveiro; E, 70% areia + 30% substrato viveiro; F, 100% solo argiloso; G, 100% areia; H, 70% substrato viveiro + 30% solo calcário; I, 70% solo calcário + 30% substrato viveiro; J, 100% solo calcário.

6. CONCLUSÕES

As características do sistema radicular das plantas estudadas neste trabalho, revelam que são capazes de explorar o solo num raio de 30 cm, área superior ao que é descrito na bibliografia. Até agora, o espaçamento que resultou numa produtividade mais alta foi o de 0,5 m entre plantas. Visto que as plantas em questão ainda não completaram três anos após a plantação, o sistema radicular continuará em desenvolvimento e, atingida a idade adulta, a esta distância poderão entrar em competição. Ainda assim, o sistema radicular superficial da cultura permite o aproveitamento de muitas áreas de solos pouco profundos, que se encontram ao abandono por não serem adequadas ao cultivo de espécies frutícolas mais exigentes, em termos de necessidades hídricas mais elevadas ou da fertilidade do solo. As necessidades de fertilização da cultura não são descritas como muito elevadas, mas a utilização de matéria orgânica incorporada no solo, resulta numa resposta produtiva muito positiva. A cobertura de solo com *mulching* levou a teores de matéria orgânica e de azoto no solo mais elevados, resultando numa produção superior, em comparação com a tela preta antiervas como cobertura. O *mulching* é, portanto, considerada uma boa prática agrícola para a cultura, eficaz no controlo de infestantes, facilmente implementada em várias situações, e com melhorias significativas a nível dos nutrientes disponíveis e da estrutura do solo.

Relativamente às técnicas de indução floral, o sombreamento e a iluminação artificial para antecipação do período produtivo, não evidenciaram ser eficazes. A produtividade das plantas sujeitas a estes tratamentos foi inferior à das plantas cultivadas em pleno sol e sem luz complementar. O motivo pelo qual a complementação de luz artificial não resultou numa maior produção, está relacionado com o facto de as plantas sujeitas a esse tratamento possuírem uma copa menos desenvolvida, ou seja, com menor número de aréolas (que traduzem a capacidade de a planta florir). O facto de a temperatura ter sido mais baixa que o ideal na altura em que foi implementado o ensaio, também pode ter contribuído, para uma resposta produtiva menos acentuada. Ainda assim foi possível perceber que talvez nas condições climáticas desta região, a temperatura não desempenhe um papel tão importante como o que é descrito na bibliografia. Para confirmar a importância do fator temperatura, já está em curso outro ensaio na mesma plantação, mas em que o objetivo é aumentar o número de horas de luz do dia, sem interromper o período noturno. No que diz respeito ao sombreamento, nas condições climáticas desta plantação, parece não se justificar.

A necessidade de polinização manual na cultura da pitaia implica o aumento dos custos de produção. Em Portugal, bem como noutros países onde o cultivo da pitaia é recente, a eficácia dos agentes polinizadores diurnos é tema de discórdia entre os produtores. Nas condições deste ensaio, com a presença de sessenta colmeias divididas por três apiários a cerca de trezentos metros das plantas, a polinização livre permitiu obter uma boa frutificação e um tamanho dos frutos satisfatório. No que diz respeito à qualidade, os frutos originados por polinização manual apresentaram valores de TSS significativamente superiores aos frutos polinizados pelas abelhas. Isto pode estar relacionado com o facto de a polinização manual ser feita à base de pólen recolhido de várias cultivares e também com a quantidade de pólen inserida no canal estilar.

No ensaio em estufa, onde se pretendeu avaliar a performance das plantas cultivadas em diferentes tipos de solo, comprovou-se a facilidade de adaptação e rusticidade desta cultura. De todos os substratos analisados, o solo argiloso foi o único que influenciou a produção das plantas e no sentido positivo. Ainda assim, as plantas instaladas sobre outros substratos sobreviveram e produziram. Neste trabalho foi possível mais uma vez comprovar a importância da incorporação de matéria orgânica no solo para o cultivo da pitaia. Os resultados são provenientes da primeira época de produção das plantas e, portanto, serão mais conclusivos nos próximos anos. O mesmo é aplicado nas plantas instaladas ao ar livre que completam três anos após plantação no verão de 2022. Nessa altura espera-se uma produção significativamente superior.

A realização deste trabalho permitiu confirmar que são vários os aspetos que contribuem para uma perspetiva promissora ao cultivo da pitaia nas condições edafoclimáticas do Algarve. Os resultados são prova da adaptabilidade da cultura a várias situações de cultivo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, Noguera, & Carrión. (2004). Los substratos en cultivo sen suelo. In Ediciones Mundi-Prensa (Ed.), *Los substratos en cultivo sen suelo* (3ª, pp. 113–158).
- Barbeau. (1990). La pitahaya rouge, un nouveau fruit exotique. *Fruits, Paris.*, 45, 141–147.
- Britton, & Rose. (1920). The cactaceae, descriptions and illustrations of plants of the cactus family. *Carnegie Institution of Washington, II.*
- Canto, Albarado, Santarosa, Ramos, García, Hernández, Lazo, Medina, Rodríguez, Torres, García, & Eloísa. (1993). *El cultivo de pitahaya en Yucatan*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Cisneros, Garcia, & Tel-Zur. (2011). Ovule morphology, embryogenesis and seed development in three *Hylocereus* species (Cactaceae). *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 206(12), 1076–1084. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2011.07.013>
- Daubresse Balayer. (1999). Le pitahaya. *Fruits Oubliés, 1*, 15–17.
- De Boodt, & Verdonck. (1972). The physical properties of the substrates in horticulture. In *Acta Horticulturae (ISHS)* (pp. 26: 37-44).
- De Boodt, Verdonck, & Cappaert. (1974). Method for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Hort*, 37, 2054–2062.
- Duarte, Fernandes, Bernardes, & Miguel. (2016). Citrus as a Component of the Mediterranean Diet. *Journal of Spatial and Organizational Dynamics, IV(4)*, 289–304.
- Feng-Ru, & Chung-Ruey. (1997). No Title Forcing pitaya (*Hylocereus undatus* Britt. & Rose) by chemicals and controlled day length and temperature. In *Proceedings of the Symposium on Enhancing Competitiveness of Fruit Industry, Taipei, Taiwan*. (pp. 63-190.).
- Gunasena, Pushpakumara, & Kariyawasam. (2007). Dragon fruit *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose. In *Underutilized fruit trees in Sri Lanka*. (pp. 110–141).
- Ha, Oanh, & Yen. (2018). Flowering Phenology and Mating System of a Red Skin Pitaya (*Hylocereus* spp.) Germplasm Collection in Taiwan. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 7(3), 1–8. <https://doi.org/10.9734/ajaar/2018/43616>
- Handreck. (1983). Particle size analysis and the physical properties of growing media for containers. *Soil Sci. Plant Anal*, 14(3), 209–222.
- Helhazar. (2016). *A agricultura de subsistência e o desenvolvimento local no Algarve: o caso de Loulé e S. Brás de Alportel*.

- Hernández, C. M., & Torres. (2016). *El cultivo de la Pitaya*.
- Hernández, Y. D. O. (2000). Hacia el conocimiento y la conservación de la pitahaya. *Oxaca: IPN-SIBEJ-CONACYT-FMCN*, 124.
- Hien. (2019). *The Dragon Fruit Export Challenge and Experiences in Vietnam*. Food and Fertilizer Center for the Asian and Pacific Region.
- Jiang, Y.-L., Liao, Lin, & Yang. (2016). Bud Development in Response to Night-breaking Treatment in the Noninductive Period in Red Pitaya (*Hylocereus* sp.). *HortScience*, 51(6), 690–696. <https://doi.org/10.21273/hortsci.51.6.690>
- Jiang, Y. L. (2020). Seasonal response of night-breaking on floral bud formation in red pitaya (*Hylocereus* sp.) in a noninductive period. *Scientia Horticulturae*, 270(October 2019), 109420. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109420>
- Junqueira, Faleiro, Bellon, Junqueira, Fonseca, Lima, & Santos. (2010). Variabilidade genética de acessos de pitaya com diferentes níveis de produção por meio de marcadores RAPD. *Rev. Bras. Frutic*, 32(3), 840–846.
- Khaimov, & Mizrahi. (2006). Effects of day-length, radiation, flower thinning and growth regulators on flowering of the vine cacti *Hylocereus undatus* and *Selenicereus megalanthus*. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81(3), 465–470. <https://doi.org/10.1080/14620316.2006.11512089>
- Le Bellec, & Judith. (1999). La pitahaya a La Réunion, Bilan et Perspectives. *CIRAD-FLHOR, Station of Bassin*, 35.
- Le Bellec, Vallant, & Imbert. (2006). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. *Fruits*, 61(107), 3–7. <https://doi.org/10.1051/fruits>
- Lewis. (2014). *Cultivation of Pitahaya (Hylocereus undatus) in three soil types of Guyana*.
- Lichtenzweig, Abbo, Nerd, Tel-Zur, & Mizrahi. (2000). Cytology and mating systems in the climbing Cacti *Hylocereus* and *Selenicereus*. *American Journal of Botany*, 87(7), 1058–1065. <https://doi.org/10.2307/2657005>
- Lima. (2013). *Caracterização, propagação e melhoramento genético de pitaya comercial e nativa do cerrado* [Universidade de Brasillia]. [http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/12930/1/2013_Cristiane Andrea de Lima.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/12930/1/2013_Cristiane%20Andrea%20de%20Lima.pdf)
- Louro, & Reis. (2020). *Manual de cultivo sem solo: Aspectos teóricos e práticos dos cultivos hidropônicos e em substrato*. Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.
- Luo, Xu, Liu, Wei, & Tang. (2021). Effects comparison of different mulching methods on soil in pitaya orchards. *International Agrophysics*, 35, 269–278.

- Ma, Lei, Qu, Wang, Misselbrook, & Rui. (2018). Impacts of plastic film mulching on crop yields, soil water, nitrate, and organic carbon in Northwestern China: A metaanalysis. *Agric. Water Manag.*, 202, 166–173. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.02.001>
- Martinez. (1992). Propuesta de metodología para la determinación de las propiedades físicas de los substratos. *Actas de Las I Jornadas de Substratos de La SECH*, 294, 55–65.
- Metez, Nerd, & Mizrahi. (2000). Viability of pollen of two fruit crops cacti of the genus *Hylocereus* is affected by temperature and duration of storage. *HortScience*, 35, 22–24.
- Miner. (1994). *Substratos - propiedades y caracterización*. (Ediciones (ed.)).
- Mizrahi. (2014). Vine-cacti pitayas: the new crops of the world. In *Revista Brasileira de Fruticultura* (Vol. 36, Issue 1, pp. 124–138). <https://doi.org/10.1590/0100-2945-452/13>
- Mizrahi, & Nerd. (1999). Climbing and Columnar Cacti : New Arid Land Fruit Crops. In Janick (Ed.), *Perspectives on new crops and new uses*. (Alexandria, VA, pp. 358–366). ASHS Press.
- Mizrahi, Nerd, & Nobel. (1997). Cacti as crops. *Horticultural Reviews*, 18, 291–320.
- Mizrahi, Nerd, & Sitrit. (2002). New Fruits for Arid Climates. In Janick & Whipkey (Eds.), *Trends in new crops and new uses* (ASHS, pp. 378–384).
- Mizrahi, Raveh, Yossov, Nerd, & Ben-Asher. (2007). New Fruit Crops With High Water Use Efficiency. In *Creating markets for economic development of new crops and new uses* (pp. 216–222).
- Montesinos Cruz. (2015). Pitahaya (*Hylocereus* spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. *Cultivos Tropicales*, 36, 67–76.
- Mordor Intelligence. (2021). *Dragon fruit market - growth, trends, covid-19 impact, and forecasts (2022-2027)*.
- Muniz, Bomfim, Corrêa, & Freitas. (2019). Floral biology, pollination requirements and behavior of floral visitors in two species of pitaya. *Revista Ciência Agronômica*, 50(4), 640–649. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190076>
- Nerd, Gutman, & Mizrahi. (1999). Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae). *Postharvest Biology and Technology*, 17 (1), 39–45.
- Nerd, & Mizrahi. (1997). Reproductive biology of cactus fruit crops. *Horticultural Reviews*, 18, 321–346.
- Nerd, & Neumann. (2004). Phloem Water Transport Maintains Stem Growth in a

- Drought-stressed Crop Cactus (*Hylocereus undatus*). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(4), 486–490. <https://doi.org/10.21273/JASHS.129.4.0486>
- Nerd, Sitrit, Kaushik, & Mizrahi. (2002). High summer temperatures inhibit flowering in vine pitaya crops (*Hylocereus* spp.). *Scientia Horticulturae*, 96(1–4), 343–350. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(02\)00093-6](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00093-6)
- Nobel, De la Barrera, Beilman, Doherty, & Zutta. (2002). Temperature limitations for cultivation of edible cacti in California. *Madroño, Albuquerque*, 49, 228–236.
- Nunes, E. N., Sousa, Lucena, Silva, Lucena, Alves, & Alves. (2014). Pitaia (*Hylocereus* sp.): Uma revisão para o Brasil. *Gaia Scientia*, 8(1), 90–98.
- Nunes, L., Monteiro, Cunha, Vieira, Lucas, & Ribeiro. (2006). The water crisis in southern Portugal: How did we get there and how should we solve it. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 99, 435–444. <https://doi.org/10.2495/RAV060431>
- Ortiz-Hernandez, & Carrillo-Salazar. (2012). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a short review. *Comunicata Scientiae*, 3(4), 220–237. https://www.doc-developpement-durable.org/file/Arbres-Fruitiers/FICHES_ARBRES/pitaya/Pitahaya_Hylocereus_spp_a_short_review.pdf
- Pio, Rodrigues, & Silva. (2020). *O Agronegócio da Pitaia* (1ª).
- Pushpakumara, Gunasena, & Kariyawasam. (2005). Flowering and fruiting phenology, pollination vectors and breeding system of Dragon Fruit (*Hylocereus* spp.). *Sri Lanka Journal of Agricultural Science*, 42, 81–91.
- Queiroga, Girão, Gomes, Queiroz, Figueirêdo, & Albuquerque. (2021). *Pitahaya (Hylocereus spp.): Sistema Produtivo de Cactos Trepadeiras*.
- Raveh, Nerd, & Mizrahi. (1998). Responses of two hemiepiphytic fruit crop cacti to different degrees of shade. *Scientia Horticulturae*, 73(2–3), 151–164.
- Taiz, & Zeiger. (2010). *Plant physiology*.
- Tel-Zur, Abbo, & Mizrahi. (2005). Cytogenetics of Semi-Fertile Triploid and Aneuploid Intergeneric Vine Cacti Hybrids. *Journal of Heredity*, 96(2), 124–131. <https://doi.org/10.1093/jhered/esi012>
- Thomson. (2002). Pitahaya (*Hylocereus* species). A promising new crop for Southern California. *Bonsall Publications*.
- Valiente-Banuet, Santos Gally, Arizmendi, & Casas. (2007). Pollination biology of the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus* in the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Arid Environments*, 68(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.04.001>
- Walkley, & Black. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil

- organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29–38.
- Yan, & Wallace. (1995). physiological genetic model of photoperiod-temperature interactions in photoperiodism, vernalization, and male sterility in plants. *Horticultural Reviews*, 17, 73–123.
- YuQing, Weiyuan, Ling, Guangping, Zhongfeng, Danjuan, Chengxin, & Daxing. (2015). Physiological Effect on *Hylocereus undulatus* and *Hylocereus undatus* Under Simulated Karst Soil Water Deficiency. *Journal of Resources and Ecology*, 6(4), 269–275. <https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2015.04.011>
- Zhang, Xie, Hao, & She. (2010). Effects of different patterns surface mulching on soil properties and fruit trees growth and yield in an apple orchard. *Ing Yong Sheng Tai Xue Bao*, 21, 279–286.
- Abad, M. B., Noguera, P. M., & Carrión, C. B. (2004). Los substratos en cultivo sen suelo. In Ediciones Mundi-Prensa (Ed.), *Los substratos en cultivo sen suelo* (3ª, pp. 113–158).
- Barbeau, G. (1990). La pitahaya rouge, un nouveau fruit exotique. *Fruits, Paris.*, 45, 141–147.
- Britton, N. L., & Rose, J. N. (1920). The cactaceae, descriptions and ilustrations of plants of the cactus family. *Carnegie Institution of Washington*, II.
- Canto, A. R., Albarado, J. C. G., Santarosa, M. G. G., Ramos, C. J., García, M. C. M., Hernández, L. J. P., Lazo, V. R., Medina, L. R., Rodríguez, R. R., Torres, E. T., García, S. V., & Eloísa, E. Z. (1993). *El cultivo de pitahaya en Yucatan*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Cisneros, A., Garcia, R. B., & Tel-Zur, N. (2011). Ovule morphology, embryogenesis and seed development in three *Hylocereus* species (Cactaceae). *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 206(12), 1076–1084. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2011.07.013>
- Daubresse Balayer, M. (1999). Le pitahaya. *Fruits Oubliés*, 1, 15–17.
- De Boodt, M., & Verdonck, O. (1972). The physical properties of the substrates in horticulture. In *Acta Horticulturae (ISHS)* (pp. 26: 37-44).
- De Boodt, M., Verdonck, O., & Cappaert, I. (1974). Method for measuring the waterrealese curve of organic substrates. *Acta Hort*, 37, 2054–2062.
- Duarte, A., Fernandes, J., Bernardes, J., & Miguel, G. (2016). Citrus as a Component of the Mediterranean Diet. *Journal of Spatial and Organizational Dynamics*, IV(4), 289–304.

- Feng-Ru, C., & Chung-Ruey, Y. (1997). No Title Forcing pitaya (*Hylocereus undatus* Britt. & Rose) by chemicals and controlled day length and temperature. In *Proceedings of the Symposium on Enhancing Competitiveness of Fruit Industry, Taipei, Taiwan*. (pp. 63-190.).
- Gunasena, H. P. M., Pushpakumara, D. K. N. G., & Kariyawasam, M. (2007). Dragon fruit *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose. In *Underutilized fruit trees in Sri Lanka*. (pp. 110–141).
- Ha, T. D., Oanh, L. T. K., & Yen, C.-R. (2018). Flowering Phenology and Mating System of a Red Skin Pitaya (*Hylocereus* spp.) Germplasm Collection in Taiwan. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 7(3), 1–8. <https://doi.org/10.9734/ajaar/2018/43616>
- Handreck, K. A. (1983). Particle size analysis and the physical properties of growing media for containers. *Soil Sci. Plant Anal*, 14(3), 209–222.
- Helhazar, R. F. (2016). *A agricultura de subsistência e o desenvolvimento local no Algarve: o caso de Loulé e S. Brás de Alportel*.
- Hernández, C. M., & Torres, Á. C. (2016). *El cultivo de la Pitaya*.
- Hernández, Y. D. O. (2000). Hacia el conocimiento y la conservación de la pitahaya. *Oxaca: IPN-SIBEJ-CONACYT-FMCN*, 124.
- Hien, P. (2019). *The Dragon Fruit Export Challenge and Experiences in Vietnam*. Food and Fertilizer Center for the Asian and Pacific Region.
- Jiang, Y.-L., Liao, Y.-Y., Lin, M.-T., & Yang, W.-J. (2016). Bud Development in Response to Night-breaking Treatment in the Noninductive Period in Red Pitaya (*Hylocereus* sp.). *HortScience*, 51(6), 690–696. <https://doi.org/10.21273/hortsci.51.6.690>
- Jiang, Y. L. (2020). Seasonal response of night-breaking on floral bud formation in red pitaya (*Hylocereus* sp.) in a noninductive period. *Scientia Horticulturae*, 270(October 2019), 109420. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109420>
- Junqueira, K. P., Faleiro, F. G., Bellon, G., Junqueira, N. T. V, Fonseca, K. G., Lima, C. A., & Santos, E. C. (2010). Variabilidade genética de acessos de pitaya com diferentes níveis de produção por meio de marcadores RAPD. *Rev. Bras. Frutic*, 32(3), 840–846.
- Khaimov, A., & Mizrahi, Y. (2006). Effects of day-length, radiation, flower thinning and growth regulators on flowering of the vine cacti *Hylocereus undatus* and *Selenicereus megalanthus*. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81(3), 465–470. <https://doi.org/10.1080/14620316.2006.11512089>
- Le Bellec, F. ., & Judith, R.-C. (1999). La pitahaya a La Réunion, Bilan et Perspectives. *CIRAD-FLHOR, Station of Bassin*, 35.

- Le Bellec, F., Vallant, F., & Imbert, E. (2006). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. *Fruits*, *61*(107), 3–7. <https://doi.org/10.1051/fruits>
- Lewis, S. (2014). *Cultivation of Pitahaya (Hylocereus undatus) in three soil types of Guyana*.
- Lichtenzveig, J., Abbo, S., Nerd, A., Tel-Zur, N., & Mizrahi, Y. (2000). Cytology and mating systems in the climbing Cacti *Hylocereus* and *Selenicereus*. *American Journal of Botany*, *87*(7), 1058–1065. <https://doi.org/10.2307/2657005>
- Lima, C. A. (2013). *Caracterização, propagação e melhoramento genético de pitaya comercial e nativa do cerrado* [Universidade de Brasillia]. [http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/12930/1/2013_Cristiane Andrea de Lima.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/12930/1/2013_Cristiane%20Andrea%20de%20Lima.pdf)
- Louro, M., & Reis, M. (2020). *Manual de cultivo sem solo: Aspetos teóricos e práticos dos cultivos hidropónicos e em substrato*. Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.
- Luo, J. ., Xu, M. ., Liu, C. ., Wei, S. ., & Tang, H. (2021). Effects comparison of different mulching methods on soil in pitaya orchards. *International Agrophysics*, *35*, 269–278.
- Ma, D., Lei, C., Qu, H., Wang, Y., Misselbrook, T., & Rui, J. (2018). Impacts of plastic film mulching on crop yields, soil water, nitrate, and organic carbon in Northwestern China: A metaanalysis. *Agric. Water Manag.*, *202*, 166–173. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.02.001>
- Martinez, F. X. (1992). Propuesta de metodología para la determinación de las propiedades físicas de los substratos. *Actas de Las I Jornadas de Substratos de La SECH*, *294*, 55–65.
- Metz, C. ., Nerd, A. ., & Mizrahi, Y. (2000). Viability of pollen of two fruit crops cacti of the genus *Hylocereus* is affected by temperature and duration of storage. *HortScience*, *35*, 22–24.
- Miner, J. A. (1994). *Substratos - propiedades y caracterización*. (M.-P. Ediciones (ed.)).
- Mizrahi, Y., Nerd, A., & Nobel, P. S. (1997). Cacti as crops. *Horticultural Reviews*, *18*, 291–320.
- Mizrahi, Y., Raveh, E., Yossov, E., Nerd, A., & Ben-Asher, J. (2007). New Fruit Crops With High Water Use Efficiency. In *Creating markets for economic development of new crops and new uses* (pp. 216–222).
- Mizrahi, Yosef. (2014). Vine-cacti pitayas: the new crops of the world. In *Revista Brasileira de Fruticultura* (Vol. 36, Issue 1, pp. 124–138). <https://doi.org/10.1590/0100-2945-452/13>

- Mizrahi, Yosef, & Nerd, A. (1999). Climbing and Columnar Cacti : New Arid Land Fruit Crops. In J. Janick (Ed.), *Perspectives on new crops and new uses*. (Alexandria, VA, pp. 358–366). ASHS Press.
- Mizrahi, Yosef, Nerd, A., & Sitrit, Y. (2002). New Fruits for Arid Climates. In J. Janick & A. Whipkey (Eds.), *Trends in new crops and new uses* (ASHS, pp. 378–384).
- Montesinos Cruz, J. A. (2015). Pitahaya (Hylocereus spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. *Cultivos Tropicales*, 36, 67–76.
- Mordor Intelligence. (2021). *Dragon fruit market - growth, trends, covid-19 impact, and forecasts (2022-2027)*.
- Muniz, J. P. de O., Bomfim, I. G. A., Corrêa, M. C. de M., & Freitas, B. M. (2019). Floral biology, pollination requirements and behavior of floral visitors in two species of pitaya. *Revista Ciência Agronômica*, 50(4), 640–649. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190076>
- Nerd, A., Gutman, F., & Mizrahi, Y. (1999). Ripening and postharvest behaviour of fruits of two Hylocereus species (Cactaceae). *Postharvest Biology and Technology*, 17 (1), 39–45.
- Nerd, A., & Mizrahi, Y. (1997). Reproductive biology of cactus fruit crops. *Horticultural Reviews*, 18, 321–346.
- Nerd, Avinoam, & Neumann, P. M. (2004). Phloem Water Transport Maintains Stem Growth in a Drought-stressed Crop Cactus (Hylocereus undatus). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(4), 486–490. <https://doi.org/10.21273/JASHS.129.4.0486>
- Nerd, Avinoam, Sitrit, Y., Kaushik, R. A., & Mizrahi, Y. (2002). High summer temperatures inhibit flowering in vine pitaya crops (Hylocereus spp.). *Scientia Horticulturae*, 96(1–4), 343–350. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(02\)00093-6](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00093-6)
- Nobel, P. S. ., De la Barrera, E. ., Beilman, D. W. ., Doherty, J. H. ., & Zutta, B. R. (2002). Temperature limitations for cultivation of edible cacti in California. *Madroño, Albuquerque*, 49, 228–236.
- Nunes, E. N., Sousa, A. S. B. de, Lucena, C. M. de, Silva, S. de M., Lucena, R. F. P. de, Alves, C. A. B., & Alves, R. E. (2014). Pitaia (Hylocereus sp.): Uma revisão para o Brasil. *Gaia Scientia*, 8(1), 90–98.
- Nunes, L., Monteiro, J. P., Cunha, M. C., Vieira, J., Lucas, H., & Ribeiro, L. (2006). The water crisis in southern Portugal: How did we get there and how should we solve it. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 99, 435–444. <https://doi.org/10.2495/RAV060431>
- Ortiz-Hernandez, Y. D., & Carrillo-Salazar, J. A. (2012). Pitahaya (Hylocereus spp.): a short review. *Comunicata Scientiae*, 3(4), 220–237. <https://www.doc->

- developpement-durable.org/file/Arbres-Fruitiers/FICHES_ARBRES/pitaya/Pitahaya_Hylocereus spp_a short review.pdf
- Pio, L. A. S. ., Rodrigues, M. A. ., & Silva, F. O. R. (2020). *O Agronegócio da Pitaia* (1ª).
- Pushpakumara, D. K. N. G., Gunasena, H. P. M., & Kariyawasam, M. (2005). Flowering and fruiting phenology, pollination vectors and breeding system of Dragon Fruit (*Hylocereus* spp.). *Sri Lanka Journal of Agricultural Science*, 42, 81–91.
- Queiroga, V. ., Girão, Ê. ., Gomes, J. ., Queiroz, A. ., Figueirêdo, R. ., & Albuquerque, E. (2021). *Pitahaya (Hylocereus spp.): Sistema Produtivo de Cactos Trepadeiras*.
- Raveh, E., Nerd, A., & Mizrahi, Y. (1998). Responses of two hemiepiphytic fruit crop cacti to different degrees of shade. *Scientia Horticulturae*, 73(2–3), 151–164.
- Taiz, L. ., & Zeiger, E. (2010). *Plant physiology*.
- Tel-Zur, N., Abbo, S., & Mizrahi, Y. (2005). Cytogenetics of Semi-Fertile Triploid and Aneuploid Intergeneric Vine Cacti Hybrids. *Journal of Heredity*, 96(2), 124–131. <https://doi.org/10.1093/jhered/esi012>
- Thomson, P. (2002). Pitahaya (*Hylocereus* species). A promising new crop for Southern California. *Bonsall Publications*.
- Valiente-Banuet, A., Santos Gally, R., Arizmendi, M. C., & Casas, A. (2007). Pollination biology of the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus* in the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Arid Environments*, 68(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.04.001>
- Walkley, A. ., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29–38.
- Yan, W., & Wallace, D. (1995). physiological genetic model of photoperiod-temperature interactions in photoperiodism, vernalization, and male sterility in plants. *Horticultural Reviews*, 17, 73–123.
- YuQing, H., Weiyuan, Y., Ling, M., Guangping, X., Zhongfeng, Z., Danjuan, Z., Chengxin, H., & Daxing, G. (2015). Physiological Effect on *Hylocereus undulatus* and *Hylocereus undatus* Under Simulated Karst Soil Water Deficiency. *Journal of Resources and Ecology*, 6(4), 269–275. <https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2015.04.011>
- Zhang, Y. ., Xie, Y. S. ., Hao, M. D. ., & She, X. Y. (2010). Effects of different patterns surface mulching on soil properties and fruit trees growth and yield in an apple orchard. *Ing Yong Sheng Tai Xue Bao*, 21, 279–286.

- Abad, M. B., Noguera, P. M., & Carrión, C. B. (2004). Los substratos en cultivo sen suelo. In Ediciones Mundi-Prensa (Ed.), *Los substratos en cultivo sen suelo* (3ª, pp. 113–158).
- Barbeau, G. (1990). La pitahaya rouge, un nouveau fruit exotique. *Fruits, Paris.*, 45, 141–147.
- Britton, N. L., & Rose, J. N. (1920). The cactaceae, descriptions and ilustrations of plants of the cactus family. *Carnegie Institution of Washington, II*.
- Canto, A. R., Albarado, J. C. G., Santarosa, M. G. G., Ramos, C. J., García, M. C. M., Hernández, L. J. P., Lazo, V. R., Medina, L. R., Rodríguez, R. R., Torres, E. T., García, S. V., & Eloísa, E. Z. (1993). *El cultivo de pitahaya en Yucatan*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Cisneros, A., Garcia, R. B., & Tel-Zur, N. (2011). Ovule morphology, embryogenesis and seed development in three *Hylocereus* species (Cactaceae). *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 206(12), 1076–1084. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2011.07.013>
- Daubresse Balayer, M. (1999). Le pitahaya. *Fruits Oubliés, 1*, 15–17.
- De Boodt, M., & Verdonck, O. (1972). The physical properties of the substrates in horticulture. In *Acta Horticulturae (ISHS)* (pp. 26: 37-44).
- De Boodt, M., Verdonck, O., & Cappaert, I. (1974). Method for measuring the waterrealese curve of organic substrates. *Acta Hort*, 37, 2054–2062.
- Duarte, A., Fernandes, J., Bernardes, J., & Miguel, G. (2016). Citrus as a Component of the Mediterranean Diet. *Journal of Spatial and Organizational Dynamics, IV*(4), 289–304.
- Feng-Ru, C., & Chung-Ruey, Y. (1997). No TitleForcing pitaya (*Hylocereus undatus* Britt. & Rose) by chemicals and controlled day length and temperature. In *Proceedings of the Symposium on Enhancing Competitiveness of Fruit Industry, Taipei, Taiwan*. (pp. 63-190.).
- Gunasena, H. P. M., Pushpakumara, D. K. N. G., & Kariyawasam, M. (2007). Dragon fruit *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose. In *Underutilized fruit trees in Sri Lanka*. (pp. 110–141).
- Ha, T. D., Oanh, L. T. K., & Yen, C.-R. (2018). Flowering Phenology and Mating System of a Red Skin Pitaya (*Hylocereus* spp.) Germplasm Collection in Taiwan. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 7(3), 1–8. <https://doi.org/10.9734/ajaar/2018/43616>
- Handreck, K. A. (1983). Particle size analysis and the physical properties of growing media for containers. *Soil Sci. Plant Anal*, 14(3), 209–222.

- Helhazar, R. F. (2016). *A agricultura de subsistência e o desenvolvimento local no Algarve: o caso de Loulé e S. Brás de Alportel*.
- Hernández, C. M., & Torres, Á. C. (2016). *El cultivo de la Pitaya*.
- Hernández, Y. D. O. (2000). Hacia el conocimiento y la conservación de la pitahaya. *Oxaca: IPN-SIBEJ-CONACYT-FMCN*, 124.
- Hien, P. (2019). *The Dragon Fruit Export Challenge and Experiences in Vietnam*. Food and Fertilizer Center for the Asian and Pacific Region.
- Jiang, Y.-L., Liao, Y.-Y., Lin, M.-T., & Yang, W.-J. (2016). Bud Development in Response to Night-breaking Treatment in the Noninductive Period in Red Pitaya (*Hylocereus* sp.). *HortScience*, 51(6), 690–696. <https://doi.org/10.21273/hortsci.51.6.690>
- Jiang, Y. L. (2020). Seasonal response of night-breaking on floral bud formation in red pitaya (*Hylocereus* sp.) in a noninductive period. *Scientia Horticulturae*, 270(October 2019), 109420. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109420>
- Junqueira, K. P., Faleiro, F. G., Bellon, G., Junqueira, N. T. V, Fonseca, K. G., Lima, C. A., & Santos, E. C. (2010). Variabilidade genética de acessos de pitaya com diferentes níveis de produção por meio de marcadores RAPD. *Rev. Bras. Frutic*, 32(3), 840–846.
- Khaimov, A., & Mizrahi, Y. (2006). Effects of day-length, radiation, flower thinning and growth regulators on flowering of the vine cacti *Hylocereus undatus* and *Selenicereus megalanthus*. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81(3), 465–470. <https://doi.org/10.1080/14620316.2006.11512089>
- Le Bellec, F., & Judith, R.-C. (1999). La pitahaya a La Réunion, Bilan et Perspectives. *CIRAD-FLHOR, Station of Bassin*, 35.
- Le Bellec, F., Vallant, F., & Imbert, E. (2006). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. *Fruits*, 61(107), 3–7. <https://doi.org/10.1051/fruits>
- Lewis, S. (2014). *Cultivation of Pitahaya (Hylocereus undatus) in three soil types of Guyana*.
- Lichtenzveig, J., Abbo, S., Nerd, A., Tel-Zur, N., & Mizrahi, Y. (2000). Cytology and mating systems in the climbing Cacti *Hylocereus* and *Selenicereus*. *American Journal of Botany*, 87(7), 1058–1065. <https://doi.org/10.2307/2657005>
- Lima, C. A. (2013). *Caracterização, propagação e melhoramento genético de pitaya comercial e nativa do cerrado* [Universidade de Brasília]. [http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/12930/1/2013_Cristiane Andrea de Lima.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/12930/1/2013_Cristiane%20Andrea%20de%20Lima.pdf)
- Louro, M., & Reis, M. (2020). *Manual de cultivo sem solo: Aspectos teóricos e práticos*

- dos cultivos hidropónicos e em substrato*. Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.
- Luo, J., Xu, M., Liu, C., Wei, S., & Tang, H. (2021). Effects comparison of different mulching methods on soil in pitaya orchards. *International Agrophysics*, 35, 269–278.
- Ma, D., Lei, C., Qu, H., Wang, Y., Misselbrook, T., & Rui, J. (2018). Impacts of plastic film mulching on crop yields, soil water, nitrate, and organic carbon in Northwestern China: A metaanalysis. *Agric. Water Manag.*, 202, 166–173. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.02.001>
- Martinez, F. X. (1992). Propuesta de metodología para la determinación de las propiedades físicas de los substratos. *Actas de Las I Jornadas de Substratos de La SECH*, 294, 55–65.
- Metez, C., Nerd, A., & Mizrahi, Y. (2000). Viability of pollen of two fruit crops cacti of the genus *Hylocereus* is affected by temperature and duration of storage. *HortScience*, 35, 22–24.
- Miner, J. A. (1994). *Substratos - propiedades y caracterización*. (M.-P. Ediciones (ed.)).
- Mizrahi, Y., Nerd, A., & Nobel, P. S. (1997). Cacti as crops. *Horticultural Reviews*, 18, 291–320.
- Mizrahi, Y., Raveh, E., Yossov, E., Nerd, A., & Ben-Asher, J. (2007). New Fruit Crops With High Water Use Efficiency. In *Creating markets for economic development of new crops and new uses* (pp. 216–222).
- Mizrahi, Yosef. (2014). Vine-cacti pitayas: the new crops of the world. In *Revista Brasileira de Fruticultura* (Vol. 36, Issue 1, pp. 124–138). <https://doi.org/10.1590/0100-2945-452/13>
- Mizrahi, Yosef, & Nerd, A. (1999). Climbing and Columnar Cacti : New Arid Land Fruit Crops. In J. Janick (Ed.), *Perspectives on new crops and new uses*. (Alexandria, VA, pp. 358–366). ASHS Press.
- Mizrahi, Yosef, Nerd, A., & Sitrit, Y. (2002). New Fruits for Arid Climates. In J. Janick & A. Whipkey (Eds.), *Trends in new crops and new uses* (ASHS, pp. 378–384).
- Montesinos Cruz, J. A. (2015). Pitahaya (*Hylocereus* spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. *Cultivos Tropicales*, 36, 67–76.
- Mordor Intelligence. (2021). *Dragon fruit market - growth, trends, covid-19 impact, and forecasts (2022-2027)*.
- Muniz, J. P. de O., Bomfim, I. G. A., Corrêa, M. C. de M., & Freitas, B. M. (2019). Floral biology, pollination requirements and behavior of floral visitors in two species of

- pitaya. *Revista Ciência Agronômica*, 50(4), 640–649. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190076>
- Nerd, A., Gutman, F., & Mizrahi, Y. (1999). Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae). *Postharvest Biology and Technology*, 17 (1), 39–45.
- Nerd, A., & Mizrahi, Y. (1997). Reproductive biology of cactus fruit crops. *Horticultural Reviews*, 18, 321–346.
- Nerd, Avinoam, & Neumann, P. M. (2004). Phloem Water Transport Maintains Stem Growth in a Drought-stressed Crop Cactus (*Hylocereus undatus*). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(4), 486–490. <https://doi.org/10.21273/JASHS.129.4.0486>
- Nerd, Avinoam, Sitrit, Y., Kaushik, R. A., & Mizrahi, Y. (2002). High summer temperatures inhibit flowering in vine pitaya crops (*Hylocereus* spp.). *Scientia Horticulturae*, 96(1–4), 343–350. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(02\)00093-6](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00093-6)
- Nobel, P. S., De la Barrera, E., Beilman, D. W., Doherty, J. H., & Zutta, B. R. (2002). Temperature limitations for cultivation of edible cacti in California. *Madroño, Albuquerque*, 49, 228–236.
- Nunes, E. N., Sousa, A. S. B. de, Lucena, C. M. de, Silva, S. de M., Lucena, R. F. P. de, Alves, C. A. B., & Alves, R. E. (2014). Pitaia (*Hylocereus* sp.): Uma revisão para o Brasil. *Gaia Scientia*, 8(1), 90–98.
- Nunes, L., Monteiro, J. P., Cunha, M. C., Vieira, J., Lucas, H., & Ribeiro, L. (2006). The water crisis in southern Portugal: How did we get there and how should we solve it. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 99, 435–444. <https://doi.org/10.2495/RAV060431>
- Ortiz-Hernandez, Y. D., & Carrillo-Salazar, J. A. (2012). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a short review. *Comunicata Scientiae*, 3(4), 220–237. https://www.doc-developpement-durable.org/file/Arbres-Fruitiers/FICHES_ARBRES/pitaya/Pitahaya_Hylocereus_spp_a_short_review.pdf
- Pio, L. A. S., Rodrigues, M. A., & Silva, F. O. R. (2020). *O Agronegócio da Pitaia* (1ª).
- Pushpakumara, D. K. N. G., Gunasena, H. P. M., & Kariyawasam, M. (2005). Flowering and fruiting phenology, pollination vectors and breeding system of Dragon Fruit (*Hylocereus* spp.). *Sri Lanka Journal of Agricultural Science*, 42, 81–91.
- Queiroga, V., Girão, Ê., Gomes, J., Queiroz, A., Figueirêdo, R., & Albuquerque, E. (2021). *Pitahaya (Hylocereus spp.): Sistema Produtivo de Cactus Trepadeiras*.
- Raveh, E., Nerd, A., & Mizrahi, Y. (1998). Responses of two hemiepiphytic fruit crop cacti to different degrees of shade. *Scientia Horticulturae*, 73(2–3), 151–164.

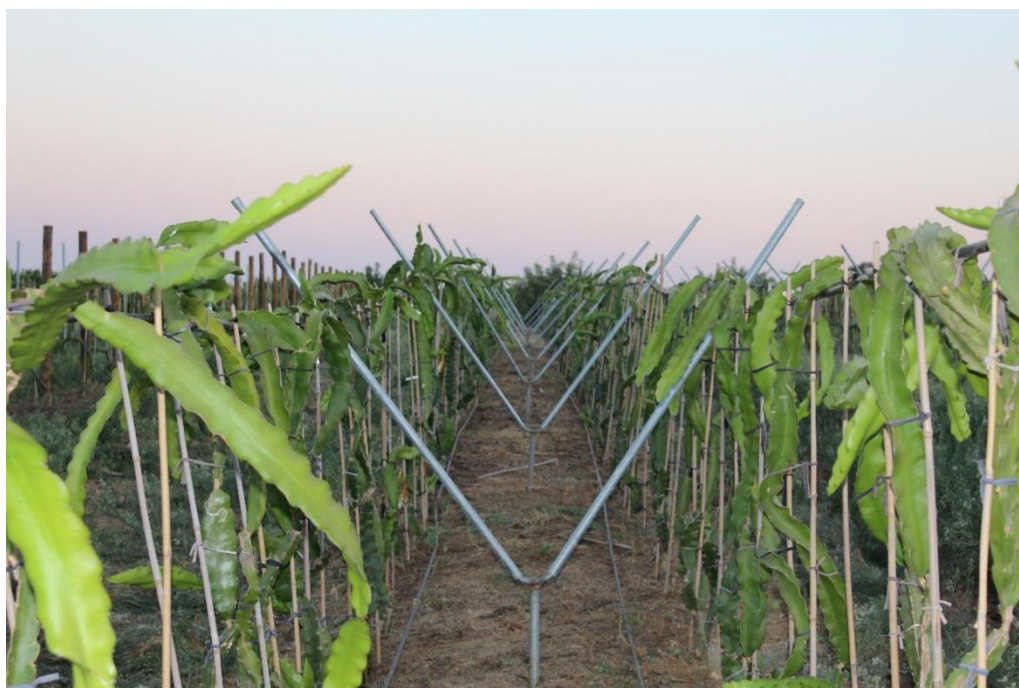
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant physiology*.
- Tel-Zur, N., Abbo, S., & Mizrahi, Y. (2005). Cytogenetics of Semi-Fertile Triploid and Aneuploid Intergeneric Vine Cacti Hybrids. *Journal of Heredity*, 96(2), 124–131. <https://doi.org/10.1093/jhered/esi012>
- Thomson, P. (2002). Pitahaya (Hylocereus species). A promising new crop for Southern California. *Bonsall Publications*.
- Valiente-Banuet, A., Santos Gally, R., Arizmendi, M. C., & Casas, A. (2007). Pollination biology of the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus* in the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Arid Environments*, 68(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.04.001>
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29–38.
- Yan, W., & Wallace, D. (1995). physiological genetic model of photoperiod-temperature interactions in photoperiodism, vernalization, and male sterility in plants. *Horticultural Reviews*, 17, 73–123.
- YuQing, H., Weiyuan, Y., Ling, M., Guangping, X., Zhongfeng, Z., Danjuan, Z., Chengxin, H., & Daxing, G. (2015). Physiological Effect on *Hylocereus undulatus* and *Hylocereus undatus* Under Simulated Karst Soil Water Deficiency. *Journal of Resources and Ecology*, 6(4), 269–275. <https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2015.04.011>
- Zhang, Y., Xie, Y. S., Hao, M. D., & She, X. Y. (2010). Effects of different patterns surface mulching on soil properties and fruit trees growth and yield in an apple orchard. *Ing Yong Sheng Tai Xue Bao*, 21, 279–286.

7. ANEXOS

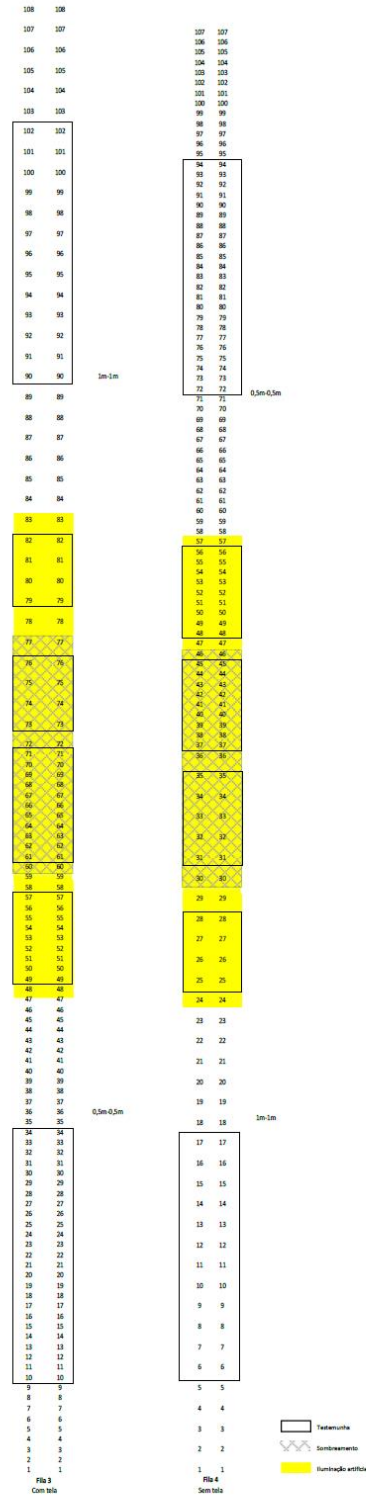
Anexo 1: Vista aérea da plantação de pitaias, em Cacela Velha, onde decorreram os ensaios ao ar livre.



Anexo 2: Sistema de suporte usado nas duas linhas alvo deste estudo.



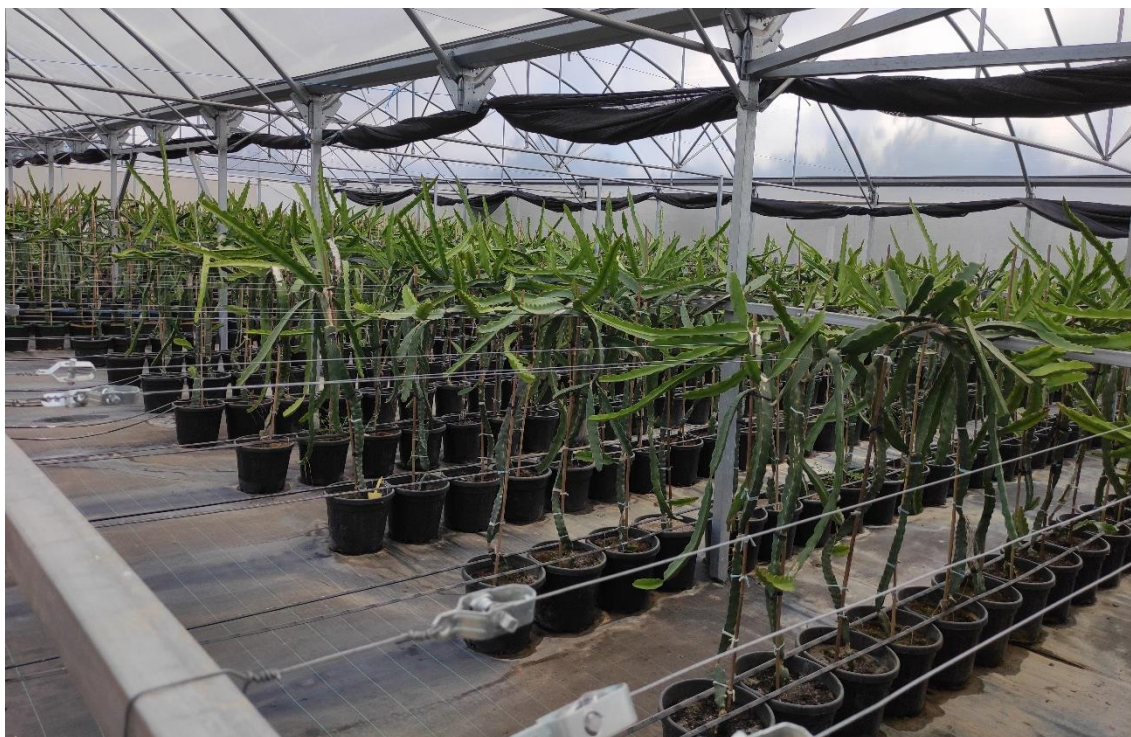
Anexo 3: Esquema das duas linhas da plantação de pitaias utilizadas para os ensaios de espaçamento, cobertura de solo, sombreamento e iluminação artificial.



Anexo 4: Campo em Cacela Velha, com os ensaios de indução floral: iluminação artificial (em cima), e sombreamento (em baixo).



Anexo 5: Ensaio em estufa, no viveiro Mil Plantas, para determinação da preferência da pitaia em relação ao tipo de solo.



Anexo 6: Esquema do ensaio em estufa, no viveiro Mil Plantas, para determinação da preferência da pitaia em relação ao tipo de solo.

L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14
1 C	1 J	1 E	1 B	1 G	1 D	1 I	1 F	1 A
2 C	2 J	2 E	2 B	2 G	2 D	2 I	2 F	2 A
3 C	3 J	3 E	3 B	3 G	3 D	3 I	3 F	3 A
4 D	4 A	4 F	4 C	4 H	4 E	4 J	4 G	4 B
5 D	5 A	5 F	5 C	5 H	5 E	5 J	5 G	5 B
6 D	6 A	6 F	6 C	6 H	6 E	6 J	6 G	6 B
7 E	7 B	7 G	7 D	7 I	7 F	7 A	7 H	7 C
8 E	8 B	8 G	8 D	8 I	8 F	8 A	8 H	8 C
9 E	9 B	9 G	9 D	9 I	9 F	9 A	9 H	9 C
10 F	10 C	10 H	10 E	10 J	10 G	10 B	10 I	10 D
11 F	11 C	11 H	11 E	11 J	11 G	11 B	11 I	11 D
12 F	12 C	12 H	12 E	12 J	12 G	12 B	12 I	12 D
13 G	13 D	13 I	13 F	13 A	13 H	13 C	13 J	13 E
14 G	14 D	14 I	14 F	14 A	14 H	14 C	14 J	14 E
15 G	15 D	15 I	15 F	15 A	15 H	15 C	15 J	15 E
16 H	16 E	16 J	16 G	16 B	16 I	16 D	16 A	16 F
17 H	17 E	17 J	17 G	17 B	17 I	17 D	17 A	17 F
18 H	18 E	18 J	18 G	18 B	18 I	18 D	18 A	18 F
19 I	19 F	19 A	19 H	19 C	19 J	19 E	19 B	19 G
20 I	20 F	20 A	20 H	20 C	20 J	20 E	20 B	20 G
21 I	21 F	21 A	21 H	21 C	21 J	21 E	21 B	21 G
22 J	22 G	22 B	22 I	22 D	22 A	22 F	22 C	22 H
23 J	23 G	23 B	23 I	23 D	23 A	23 F	23 C	23 H
24 J	24 G	24 B	24 I	24 D	24 A	24 F	24 C	24 H
25 A	25 H	25 C	25 J	25 E	25 B	25 G	25 D	25 I
26 A	26 H	26 C	26 J	26 E	26 B	26 G	26 D	26 I
27 A	27 H	27 C	27 J	27 E	27 B	27 G	27 D	27 I
28 B	28 I	28 D	28 A	28 F	28 C	28 H	28 E	28 J
29 B	29 I	29 D	29 A	29 F	29 C	29 H	29 E	29 J
30 B	30 I	30 D	30 A	30 F	30 C	30 H	30 E	30 J

Anexo 7: Análise de covariância para a quantidade de botões florais, por modalidade de indução floral, em que a variável covariante foi o número de aréolas (em cima) e respetivos valores médios ajustados (em baixo).

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: Botoes

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Modelo corrigido	2634,809 ^a	3	878,270	66,920	<,001
Intercepto	26,500	1	26,500	2,019	,157
Areolas	2585,767	1	2585,767	197,023	<,001
Modalidade	39,471	2	19,735	1,504	,224
Padrão	3307,300	252	13,124		
Total	9234,000	256			
Total corrigido	5942,109	255			

a. R Quadrado = ,443 (R Quadrado Ajustado = ,437)

Modalidade

Variável dependente: Botoes

Modalidade	Média	Estatística do teste Padrão	Intervalo de Confiança 95%	
			Limite inferior	Limite superior
Ilum+sombra	3,062 ^a	,476	2,124	3,999
Iluminação	4,258 ^a	,504	3,265	5,251
Testemunha	3,555 ^a	,301	2,963	4,147

a. As covariáveis que aparecem no modelo são avaliadas nos seguintes valores: Areolas = 54,7617.

Anexo 8: Análise de covariância para a quantidade de flores, por modalidade de indução floral, em que a variável covariante foi o número de aréolas (em cima) e respetivos valores médios ajustados (em baixo).

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: Flores

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Modelo corrigido	843,137 ^a	3	281,046	76,253	<,001
Intercepto	29,042	1	29,042	7,880	,005
Areolas	815,856	1	815,856	221,356	<,001
Modalidade	19,843	2	9,921	2,692	,070
Padrão	928,801	252	3,686		
Total	3086,000	256			
Total corrigido	1771,938	255			

a. R Quadrado = ,476 (R Quadrado Ajustado = ,470)

Modalidade

Variável dependente: Flores

Modalidade	Média	Estatística do teste Padrão	Intervalo de Confiança 95%	
			Limite inferior	Limite superior
Ilum+sombra	1,823 ^a	,252	1,326	2,320
Iluminação	2,666 ^a	,267	2,140	3,192
Testemunha	2,299 ^a	,159	1,985	2,613

a. As covariáveis que aparecem no modelo são avaliadas nos seguintes valores: Areolas = 54,7617.

Anexo 9: Informação da estação meteorológica de Tavira da DRAP Algarve.



ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA DE TAVIRA

Data	Hora	T md	T mx	T mn	HR md	HR mx	HR mn	RG Int	DV md	VV md	VV mx	P	Ts md	Ts mx	Ts mn	Tr md	Tr mx	Tr mn	ET0	EMA	Ins	HF>75	HF>75	T<7 ao	
(dd-mm-aaaa)	(hh:mm:ss)	(°C)	(°C)	(°C)	(%)	(%)	(%)	(KJ.m ⁻²)	(graus)	(m.s ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(mm)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(mm)	(mm)	(nh)	RP-120	RP-120	RP-120	T<7 ao
01/04/2021	23:58:44	16.7	20.7	11.2	87	98	71	14287	330	1.7	6.3	0.0	21.3	24.4	19.0	19.5	35.8	10.4	2.8	1101	9.5	0.4	9.4	348.7	
02/04/2021	23:58:44	14.9	20.8	7.5	81	100	57	18211	168	1.1	5.8	0.2	20.5	24.3	16.9	18.7	37.2	7.8	3.7	1101	10.5	0.7	8.8	348.7	
03/04/2021	23:58:44	14.8	21.5	7.3	79	99	54	18014	197	1.0	5.5	0.0	20.8	25.0	17.0	18.9	37.6	7.0	3.8	1101	10.6	0.6	10.7	348.7	
04/04/2021	23:58:44	15.8	21.5	10.0	84	98	64	18621	142	0.9	4.5	0.0	21.6	25.9	17.8	20.3	36.9	9.6	3.8	1101	10.0	0.9	10.7	348.7	
05/04/2021	23:58:44	15.9	21.6	9.5	85	99	62	18591	310	0.7	3.8	0.2	22.3	26.9	18.9	20.7	39.0	9.3	3.9	1101	9.5	0.2	12.3	348.7	
06/04/2021	23:58:44	17.2	23.9	8.9	76	100	54	18395	139	0.7	4.2	0.0	22.4	26.6	18.5	20.9	38.7	8.9	4.2	1101	10.7	0.9	8.2	348.7	
07/04/2021	23:58:44	18.2	23.5	9.5	72	94	47	19209	102	1.2	4.2	0.0	23.2	27.8	19.3	22.6	40.4	9.4	4.4	1101	10.3	0.0	4.3	348.7	
08/04/2021	23:58:44	16.5	19.7	12.8	81	95	67	5710	200	1.4	5.4	0.0	21.7	23.3	20.7	17.5	30.9	13.4	1.5	1101	4.8	0.0	4.6	348.7	
09/04/2021	23:58:44	16.3	20.4	12.7	82	98	67	11653		1.2	4.2	0.0	21.4	24.5	19.4	19.7	36.6	13.4	2.5	1101	9.0	0.0	4.1	348.7	
10/04/2021	23:58:44	17.2	21.0	12.8	84	97	60	17521		1.7	7.5	0.2	22.7	26.7	19.7	22.0	39.7	11.9	3.5	1101	9.5	0.0	8.4	348.7	
11/04/2021	23:58:44	16.9	21.8	11.9	81	99	64	17644		1.3	6.2	0.2	22.6	26.3	19.4	21.0	39.2	11.0	3.7	1101	10.7	1.3	8.6	348.7	
12/04/2021	23:58:44	15.6	21.6	8.8	84	98	69	16994		0.7	3.7	0.0	22.5	27.0	18.8	20.6	40.6	8.4	3.5	1101	10.8	0.7	9.1	348.7	
13/04/2021	23:58:44	17.1	22.1	11.7	80	99	59	20922		0.6	3.8	0.2	23.6	28.3	19.6	22.6	40.9	10.8	4.4	1101	10.6	1.7	8.5	348.7	
14/04/2021	23:58:44	16.4	21.0	11.7	85	97	63	8416		1.7	6.3	0.0	22.5	24.1	20.8	18.7	37.0	12.1	1.9	1101	6.7	0.2	5.8	348.7	
15/04/2021	23:58:44	17.6	21.1	15.8	81	94	65	16964		1.7	5.3	0.0	23.5	28.1	20.4	23.1	41.5	14.9	3.7	1101	9.7	0.0	2.1	348.7	
16/04/2021	23:58:44	17.3	21.7	13.0	88	99	68	17279		1.0	5.6	0.2	24.3	28.1	21.5	22.8	44.7	13.0	3.4	1101	9.8	0.8	12.8	348.7	
17/04/2021	23:58:44	17.4	23.2	9.6	79	100	57	22332		1.1	5.8	0.2	24.1	29.0	19.9	23.2	42.6	9.8	4.8	1101	11.2	1.4	8.4	348.7	
18/04/2021	23:58:44	17.7	23.4	10.2	61	88	39	21546		1.1	4.3	0.0	24.6	29.4	20.4	23.5	43.5	9.8	5.0	1101	11.2	0.0	0.0	348.7	
19/04/2021	23:58:44	17.8	23.8	9.1	64	94	36	21569		1.3	6.3	0.0	24.7	29.4	20.5	23.6	43.0	9.5	5.1	1101	11.4	0.0	0.0	348.7	
20/04/2021	23:58:44	17.1	25.1	8.0	70	98	40	17748		1.3	5.0	0.0	24.0	27.9	20.5	21.7	45.8	8.5	4.2	1101	11.4	1.2	6.4	348.7	
21/04/2021	23:58:44	16.3	20.8	10.3	76	95	59	13324		1.6	6.0	0.0	23.1	25.5	20.5	20.3	40.3	10.1	3.0	1101	9.5	0.0	2.5	348.7	
22/04/2021	23:58:44	17.2	22.3	12.2	79	98	55	21078		1.0	5.1	0.0	24.0	28.6	20.5	23.5	42.9	12.6	4.5	1101	10.4	0.7	8.2	348.7	
23/04/2021	23:58:44	17.2	22.8	10.4	84	97	66	15445		1.5	5.1	0.0	23.9	27.9	20.9	22.2	42.7	10.7	3.3	1101	9.9	0.1	4.2	348.7	
24/04/2021	23:58:44	18.4	21.8	16.8	82	91	70	16327		3.1	7.4	0.2	24.2	27.3	22.1	23.4	43.7	15.7	3.5	1101	9.3	1.0	2.0	348.7	
25/04/2021	23:58:44	17.7	21.8	11.5	87	98	75	16017		1.8	5.8	1.2	24.2	26.7	22.3	22.2	40.1	11.6	3.2	1101	10.2	0.7	6.6	348.7	
26/04/2021	23:58:44	17.0	22.1	11.5	91	99	73	16951		1.3	5.8	18.8	22.6	25.7	20.5	20.7	38.6	11.0	3.3	1101	8.6	0.9	15.8	348.7	
27/04/2021	23:58:44	16.5	23.1	10.3	85	100	54	17177		0.9	4.5	2.6	21.5	24.0	18.8	19.2	34.8	11.0	3.6	1101	11.5	1.8	10.3	348.7	
28/04/2021	23:58:44	15.5	21.6	9.1	81	100	57	18402		1.3	5.8	0.2	20.2	22.8	17.6	18.0	32.0	9.6	3.9	1101	11.3	1.3	9.5	348.7	
29/04/2021	23:58:44	14.0	20.1	7.3	77	99	48	15495		1.1	5.7	0.4	19.2	21.4	16.7	16.6	34.6	8.2	3.3	1101	9.1	0.7	9.0	348.7	
30/04/2021	23:58:44	16.3	22.6	11.1	58	77	35	21137		1.7	5.0	0.0	19.5	23.7	16.0	19.4	38.9	8.7	5.1	1101	11.1	0.0	0.0	348.7	
MÉDIAS		16.7	22.0	10.7	79	97	68	17083	2	1.3	6.3		22.6	26.2	19.6	20.8	38.3	10.8	3.7		9.9	0.8	7.0		
SOMAS								512778					24.8						110.3		288.6	18.3	211.3		
MÁXIMOS			26.1			100		22232			7.6	18.8		29.4			46.8			11.6		1.8	16.8		
MÍNIMOS				7.3			36	6710							18.0			7.0			4.8				
									nº dias	4															

T	temperatura do ar em °C, a 1.5 metros de altura (md, mx, mn- médias, máximas e mínimas diárias)
HR	humidade relativa do ar em %, a 1.5 metros de altura (md, mx, mn- médias, máximas e mínimas diárias)
RG Int	energia acumulada diariamente (integral) em KJ.m ⁻² , proveniente da medição da radiação solar global em W.m ⁻²
DV	média geométrica diária de direcção do vento a 2.0 metros de altura (0º ou 360º=Norte; 90º=Este; 180º=Sul; 270º=Oeste)
VV	velocidade do vento em m.s ⁻¹ a 2.0 metros de altura (md, mx- médias e máximas diárias)
P	precipitação acumulada diariamente em mm ou litros.m ⁻² e número de dias em que se verificou e ocorrência da mesma
Ts	temperatura do solo em °C a 15cm de profundidade (md, mx, mn- médias, máximas e mínimas diárias)
Tr	temperatura da neve ou de superfície em °C (md, mx, mn- médias, máximas e mínimas diárias)
ET0	acumulado diário de evapotranspiração potencial em mm (calculado pelo método de Penman-Monteith)
Ins	insolação - acumulado diário do número de horas em que a radiação solar global é superior a 120W.m ⁻²
HF>75 & Tr>15 & R>120	somos diárias do número de horas em que se verifica a condição (HF - humidade de folha em %; T - temperatura do ar em °C; R - radiação solar global em W.m ⁻²)
HF>75	acumulado diário do número de horas em que a humidade de folha é superior a 75%
T<7 ao	acumulado anual do número de horas, desde o início de Outubro até ao final Abril, em que a temperatura do ar é inferior a 7°C

Nota: Os dados apresentados podem ser utilizados, desde que seja feita referência à Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve, como entidade obtentora dos mesmos.

Endereço de correio eletrónico para fornecimento de dados: agrometeorologia@drapalg.min-agricultura.pt

Anexo 9: Informação da estação meteorológica de Tavira da DRAP Algarve. (continuação).



ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA DE TAVIRA

Data	Hora	T md	T mx	T mn	HR md	HR mx	HR mn	RG Int	DV md	VV md	VV mx	P	Ts md	Ts mx	Ts mn	Tr md	Tr mx	Tr mn	ET0	EMA	Inc	HF>75	HF>75	T<7 ao	
(dd-mm-aaaa)	(hh:mm:ss)	(°C)	(°C)	(°C)	(%)	(%)	(%)	(kJ.m ⁻²)	(graus)	(m.s ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(mm)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(mm)	(mm)	(h)	R>120	T>15 R>120	(nh)	(nh)
01/09/2021	23:58:44	22.0	28.4	15.6	72	91	49	14239	255	1.3	6.3	0.0	30.2	32.9	27.6	25.0	34.6	18.0	3.7	1101	9.2	0.0	0.0		
02/09/2021	23:58:44	22.4	27.3	16.2	67	88	47	19404	248	1.3	5.1	0.0	30.2	33.9	26.9	25.9	34.9	17.8	4.8	1101	11.0	0.0	0.0		
03/09/2021	23:58:44	24.0	29.8	16.2	62	90	42	19201	250	1.5	5.6	0.0	30.5	34.2	27.2	26.5	36.1	18.3	5.3	1101	10.9	0.0	0.0		
04/09/2021	23:58:44	23.5	29.9	16.0	62	88	41	19185	233	1.2	4.9	0.0	30.7	34.5	27.4	26.5	36.9	18.4	5.1	1101	11.0	0.0	0.0		
05/09/2021	23:58:44	23.4	28.9	15.5	70	92	51	17886	63	0.9	4.8	0.0	30.5	34.6	26.9	26.4	38.0	17.0	4.5	1101	10.2	0.3	6.3		
06/09/2021	23:58:44	23.6	27.2	19.3	81	95	70	16162	174	1.1	4.8	0.0	31.0	34.2	28.4	27.1	35.6	21.0	3.8	1101	10.1	0.2	3.6		
07/09/2021	23:58:44	23.2	27.3	19.4	83	98	54	19174	324	1.7	6.2	0.0	30.8	34.3	28.2	26.4	34.4	21.0	4.4	1101	10.3	0.7	8.3		
08/09/2021	23:58:44	22.6	28.4	16.9	76	97	54	20089	253	2.0	8.2	0.0	30.2	33.6	27.3	24.9	33.1	18.4	5.0	1101	10.8	1.2	7.7		
09/09/2021	23:58:44	23.3	29.4	17.1	70	95	45	15562	267	1.8	6.5	0.0	29.6	32.6	26.8	25.1	33.4	18.1	4.4	1101	10.6	0.6	4.5		
10/09/2021	23:58:44	22.4	26.7	14.6	71	95	54	18168	253	1.5	5.5	0.0	29.7	33.1	26.5	25.2	33.1	17.1	4.6	1101	10.5	0.6	2.4		
11/09/2021	23:58:44	24.2	29.4	15.8	63	91	45	18005	300	1.2	5.4	0.0	30.5	34.4	27.3	27.1	36.6	19.6	5.0	1101	9.9	0.0	0.0		
12/09/2021	23:58:44	20.7	27.3	13.3	79	96	48	17186	240	0.9	4.0	0.0	29.6	33.2	26.4	24.5	34.6	16.3	4.0	1101	10.5	0.9	8.9		
13/09/2021	23:58:44	22.9	26.8	19.2	85	95	69	9629	105	1.1	4.6	0.0	29.0	30.6	27.5	24.6	31.5	20.7	2.4	1101	8.7	0.6	8.6		
14/09/2021	23:58:44	21.0	24.7	16.7	91	98	73	9668	203	1.7	7.8	32.2	26.4	28.6	22.5	21.9	25.5	18.3	2.1	1101	7.1	2.0	10.2		
15/09/2021	23:58:44	20.3	25.5	15.5	88	100	69	14778	260	0.9	4.3	0.2	25.6	28.1	23.3	21.4	28.6	17.2	3.2	1101	8.5	0.8	10.5		
16/09/2021	23:58:44	21.9	27.2	16.1	79	99	58	18974	255	1.1	5.0	0.0	26.7	28.9	22.9	22.6	29.5	17.0	4.5	1101	10.3	1.0	8.3		
17/09/2021	23:58:44	24.2	28.1	17.5	64	88	47	17593	280	1.5	5.4	0.0	26.0	29.0	23.5	23.5	30.1	17.9	4.8	1101	10.4	0.0	0.0		
18/09/2021	23:58:44	22.5	27.1	18.1	57	80	37	18185	327	2.3	6.2	0.0	25.4	28.3	22.9	22.2	28.9	17.1	5.3	1101	10.5	0.0	0.0		
19/09/2021	23:58:44	23.0	29.0	16.7	54	88	30	17931	307	1.9	5.6	0.0	25.2	28.8	22.1	22.4	30.1	16.9	5.4	1101	10.4	0.0	0.0		
20/09/2021	23:58:44	23.9	29.3	17.1	54	84	36	17654	321	1.8	5.5	0.0	26.1	29.9	22.9	23.3	30.2	18.0	5.3	1101	10.4	0.0	0.0		
21/09/2021	23:58:44	23.7	28.9	19.3	61	88	43	17065	35	1.4	5.4	0.0	27.0	31.0	23.6	23.9	31.7	18.2	4.7	1101	10.1	0.0	0.0		
22/09/2021	23:58:44	22.6	28.5	18.6	74	92	51	13882	294	0.8	4.2	0.4	27.4	30.0	25.0	24.4	41.0	18.7	3.5	1101	9.3	0.2	2.5		
23/09/2021	23:58:44	20.7	25.2	16.7	83	96	62	16172	34	1.3	6.0	11.8	26.5	29.1	24.3	22.5	34.9	16.2	3.6	1101	9.1	0.2	8.3		
24/09/2021	23:58:44	19.3	24.2	14.6	82	99	58	17419	253	1.3	5.9	0.2	24.7	27.0	22.5	21.3	34.1	13.9	3.8	1101	10.0	0.8	9.7		
25/09/2021	23:58:44	19.5	25.0	14.1	86	99	54	17389	265	1.3	6.5	0.2	24.1	26.9	21.6	21.7	34.9	13.8	3.7	1101	9.8	0.8	10.9		
26/09/2021	23:58:44	19.5	25.9	13.1	78	99	80	17863	259	1.0	4.6	0.2	24.1	27.4	21.0	22.1	37.0	12.9	4.2	1101	10.0	0.9	8.3		
27/09/2021	23:58:44	23.2	29.8	19.6	63	77	39	16847	321	1.9	5.4	0.0	24.9	28.5	21.9	24.0	39.9	15.9	4.8	1101	10.1	0.0	0.0		
28/09/2021	23:58:44	23.4	28.1	18.0	59	75	41	16577	333	2.3	7.8	0.0	25.7	29.3	22.8	24.8	38.5	15.4	5.2	1101	10.1	0.0	0.0		
29/09/2021	23:58:44	23.2	31.5	13.5	48	74	28	16930	359	1.8	6.6	0.0	25.3	29.6	21.5	24.1	41.9	10.7	5.5	1101	10.2	0.0	0.0		
30/09/2021	23:58:44	22.5	27.5	14.9	59	93	39	15981	257	1.2	4.9	0.0	26.3	30.0	23.3	24.8	40.6	14.2	4.5	1101	9.6	0.0	0.4		

MÉDIAS	22.4	27.7	16.6	71	91	60	18827	274	1.4	6.8			27.8	30.8	24.7	24.2	34.3	17.1	4.4	10.0	0.4	3.8
SOMAS							604788				46.2								131.4	289.6	11.7	118.1
MÁXIMOS		31.6					20089			8.2	32.2			34.8			41.9			11.0	2.0	10.9
MÍNIMOS			13.1				8828								21.0			10.7		7.1		

T	temperatura do ar em °C, a 1.5 metros de altura (md, mx, mn- médias, máximas e mínimas diárias)
HR	humidade relativa do ar em %, a 1.5 metros de altura (md, mx, mn- médias, máximas e mínimas diárias)
RG Int	energia acumulada diariamente (integral) em kJ.m ⁻² , proveniente da medição de radiação solar global em W.m ⁻²
DV	média geométrica diária de direcção do vento a 2.0 metros de altura (0° ou 90°=Norte, 90°=Este, 180°=Sul, 270°=Oeste)
VV	velocidade do vento em m.s ⁻¹ a 2.0 metros de altura (md, mx- médias e máximas diárias)
P	precipitação acumulada diariamente em mm ou litros.m ⁻² e número de dias em que se verificou a ocorrência da mesma
Ts	temperatura do solo em °C a 15cm de profundidade (md, mx, mn- médias, máximas e mínimas diárias)
Tr	temperatura de relva ou à superfície em °C (md, mx, mn- médias, máximas e mínimas diárias)
ET0	acumulado diário de evapotranspiração potencial em mm (calculado pelo método de Penman-Monteith)
Ins	insolação - acumulado diário do número de horas em que a radiação solar global é superior a 120W.m ⁻²
HF>75 & R>120	somas diárias do número de horas em que se verifica a condição (HF - humidade de folha em %; T - temperatura do ar em °C; R - radiação solar global em W.m ⁻²)
HF>75	acumulado diário do número de horas em que a humidade de folha é superior a 75%
T<7 ao	acumulado anual do número de horas, desde o início de Outubro até ao final Abril, em que a temperatura do ar é inferior a 7°C

Nota: Os dados apresentados podem ser utilizados, desde que seja feita referência à Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve, como entidade obtentora dos mesmos.

Fontes de origem estatística para o levantamento de dados: [www.agricultura.gov.pt](#)

Anexo 9: Informação da estação meteorológica de Tavira da DRAP Algarve. (continuação).



ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA DE TAVIRA

Data	Hora	T md	T mx	T mn	HR md	HR mx	HR mn	RG Int	DV md	W md	VV mx	P	Ts md	Ts mx	Ts mn	Tr md	Tr mx	Tr mn	ET0	EMA	Ins	HF>75	HF>75	T<7 ao
(dd-mm-aaaa)	(hh:mm:ss)	(°C)	(°C)	(°C)	(%)	(%)	(%)	(KJ.m ⁻²)	(graus)	(m.s ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(mm)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(mm)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)
01/06/2021	23:58:44	18.4	23.9	11.9	72	91	49	17590	302	1.8	7.6	0.0	27.9	31.5	25.5	26.1	47.3	13.4	4.2	1101	11.0	0.0	0.3	
02/06/2021	23:58:44	20.1	25.8	10.5	64	96	43	24101	267	1.6	6.0	0.0	27.7	32.8	23.2	29.3	50.9	11.2	5.9	1101	12.4	0.8	6.8	
03/06/2021	23:58:44	21.1	26.0	15.9	57	76	37	24246	253	2.4	6.6	0.0	28.9	33.6	24.8	30.8	51.4	15.2	6.3	1101	12.5	0.0	0.0	
04/06/2021	23:58:44	21.3	26.9	14.8	46	59	32	24614	212	2.2	7.7	0.0	29.1	34.2	24.7	31.0	53.8	14.0	6.8	1101	12.6	0.0	0.0	
05/06/2021	23:58:44	20.9	26.2	13.4	57	82	40	23448	243	1.4	5.1	0.0	29.7	34.5	25.7	31.2	53.7	14.5	5.8	1101	12.4	0.0	0.0	
06/06/2021	23:58:44	23.1	31.6	12.3	57	97	30	24728	286	1.3	5.1	0.0	29.9	35.3	25.2	32.5	57.0	13.0	6.8	1101	12.4	1.4	5.9	
07/06/2021	23:58:44	27.2	33.3	18.1	41	80	27	24545	144	1.4	4.8	0.0	31.5	36.8	27.0	35.9	58.8	17.1	7.5	1101	12.5	0.0	0.0	
08/06/2021	23:58:44	25.5	32.8	16.0	48	84	27	24111	152	1.2	4.6	0.0	32.0	37.1	27.4	34.6	59.2	16.1	7.0	1101	12.3	0.0	0.0	
09/06/2021	23:58:44	24.3	32.1	14.5	50	82	23	23010	30	1.1	5.0	0.0	31.8	36.7	27.6	33.3	57.3	14.7	6.6	1101	11.9	0.0	0.0	
10/06/2021	23:58:44	23.3	28.9	15.8	62	97	38	23818	97	1.2	6.5	0.0	31.9	36.7	27.8	33.4	55.3	15.8	6.0	1101	12.3	0.0	3.0	
11/06/2021	23:58:44	21.7	27.7	15.1	71	99	36	24994	113	1.5	6.2	0.0	31.3	35.8	27.3	32.2	53.6	15.5	6.0	1101	12.4	0.1	9.0	
12/06/2021	23:58:44	20.6	24.9	14.8	77	96	59	18721	325	1.3	5.6	0.0	30.5	33.7	28.0	29.4	51.9	16.4	4.3	1101	11.4	0.0	6.5	
13/06/2021	23:58:44	21.5	26.4	14.5	74	98	55	22951	330	1.3	5.6	0.0	30.8	35.6	27.4	32.2	53.3	16.0	5.6	1101	11.6	0.0	4.4	
14/06/2021	23:58:44	19.9	25.0	13.9	79	99	61	25720	320	1.4	6.7	0.0	30.4	34.9	26.4	30.8	51.5	14.0	5.6	1101	12.4	1.7	9.2	
15/06/2021	23:58:44	19.9	24.4	15.3	82	99	61	20102	211	1.5	6.4	0.0	29.9	33.8	27.3	28.8	50.8	15.8	4.4	1101	10.9	0.1	7.6	
16/06/2021	23:58:44	19.7	24.6	13.8	82	98	56	16589		1.3	6.8	0.0	29.2	32.5	26.6	27.1	51.3	14.6	3.8	1101	10.7	0.3	3.9	
17/06/2021	23:58:44	20.5	25.9	15.9	79	97	57	19291		2.0	6.9	0.4	28.6	32.0	26.2	28.2	49.9	16.5	4.4	1101	11.1	0.4	7.7	
18/06/2021	23:58:44	19.6	24.8	14.7	66	91	44	22667		2.0	7.0	0.2	28.9	33.0	25.8	28.6	50.3	15.4	5.4	1101	11.9	0.1	3.8	
19/06/2021	23:58:44	18.9	25.1	11.2	68	96	45	11061		1.1	5.8	0.0	27.1	29.0	25.0	22.9	39.4	12.2	3.0	1101	9.0	0.1	1.8	
20/06/2021	23:58:44	16.8	23.0	9.6	85	96	69	11608		1.7	6.5	0.2	24.9	26.2	23.0	20.9	43.2	10.4	2.4	1101	10.9	2.5	7.2	
21/06/2021	23:58:44	18.2	24.5	9.9	72	99	53	13044		1.7	6.7	0.2	23.8	26.5	21.2	21.7	47.1	10.0	3.4	1101	10.7	0.1	7.3	
22/06/2021	23:58:44	21.6	29.3	15.6	61	79	33	23609		2.3	6.5	0.0	26.6	31.8	22.1	29.8	51.5	13.9	6.0	1101	12.0	0.0	0.0	
23/06/2021	23:58:44	23.5	28.3	18.1	55	70	37	24517		2.2	5.6	0.0	29.0	33.8	24.8	32.7	53.7	16.6	6.8	1101	12.5	0.0	0.0	
24/06/2021	23:58:44	24.5	29.2	16.7	55	86	44	24606		1.5	5.0	0.0	30.5	35.5	26.5	34.4	57.2	18.1	6.7	1101	12.6	0.0	0.0	
25/06/2021	23:58:44	23.4	29.6	15.8	63	88	39	24520		1.3	4.8	0.0	30.9	35.8	26.6	33.4	55.9	15.9	6.3	1101	12.6	0.0	0.4	
26/06/2021	23:58:44	21.7	26.8	14.6	73	93	56	23973		1.2	5.3	0.0	31.1	35.7	27.0	32.4	55.1	16.0	5.6	1101	12.5	0.1	5.2	
27/06/2021	23:58:44	21.5	28.9	13.2	61	82	36	24774		1.8	6.4	0.0	30.4	34.8	26.2	31.4	52.4	13.3	6.0	1101	12.7	0.0	2.1	
28/06/2021	23:58:44	22.4	30.3	11.4	47	76	23	25040		1.8	6.6	0.0	30.5	35.3	26.1	31.8	55.1	12.3	7.0	1101	12.6	0.0	0.0	
29/06/2021	23:58:44	23.3	29.2	16.7	50	66	35	25015		2.4	7.2	0.0	30.9	35.5	26.7	32.9	56.0	15.6	7.2	1101	12.7	0.0	0.0	
30/06/2021	23:58:44	21.6	27.2	12.1	56	79	36	25185		1.6	6.2	0.0	30.8	35.4	26.6	32.1	54.3	13.3	6.3	1101	12.7	0.0	0.0	
MÉDIAS		21.5	27.4	14.2	84	88	43	22120	345	1.8	6.0		29.8	33.9	25.9	30.4	52.8	14.8	6.8	11.9	0.3	3.1		
SOMAS								883808				1.8						188.6		368.2		7.8	92.2	
MÁXIMOS		33.3			99			26720			7.7	0.4		37.1		21.2	68.2			12.7	2.6	9.2		
MÍNIMOS			8.8			23		11081												9.0				
										nº dias		1												

T temperatura do ar em °C, a 1.5 metros de altura (md, mx, mn- médias, máximas e mínimas diárias)
 HR humidade relativa do ar em %, a 1.5 metros de altura (md, mx, mn- médias, máximas e mínimas diárias)
 RG Int energia acumulada diariamente (integral) em KJ.m⁻², proveniente da medição de radiação solar global em W.m⁻²
 DV média geométrica diária de direcção do vento a 2.0 metros de altura (0° ou 360°=Norte, 90°=Este, 180°=Sul, 270°=Oeste)
 W velocidade do vento em m s⁻¹ a 2.0 metros de altura (md, mx- médias e máximas diárias)
 P precipitação acumulada diariamente em mm ou litros.m⁻² e número de dias em que se verificou a ocorrência da mesma
 Ts temperatura do solo em °C a 15cm de profundidade (md, mx, mn- médias, máximas e mínimas diárias)
 Tr temperatura de neve ou de superfície em °C (md, mx, mn- médias, máximas e mínimas diárias)
 ET0 acumulado diário de evapotranspiração potencial em mm (calculado pelo método de Penman-Monteith)
 Ins insolação - acumulado diário do número de horas em que a radiação solar global é superior a 120W.m⁻²
 HF>75 & T>15 & R>120 somas diárias do número de horas em que se verifica a condição (HF - humidade de folha em %; T - temperatura do ar em °C; R - radiação solar global em W.m⁻²)
 HF>75 acumulado diário do número de horas em que a humidade de folha é superior a 75%
 T<7 ao acumulado anual do número de horas, desde o início de Outubro até ao final Abril, em que a temperatura do ar é inferior a 7°C

Nota: Os dados apresentados podem ser utilizados, desde que seja feita referência à Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve, como entidade obtentora dos mesmos.
 Endereço de correio eletrónico para fornecimento de dados: anoprecificacaoneta@drap.algarve.gov.pt

Anexo 10: Análise de covariância para a análise do TSS (°Brix) em que as variáveis covariantes foram a data de colheita (dias após antese, DAA) e o peso do fruto (em cima) e valores médios ajustados (em baixo).

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: Brix

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Modelo corrigido	118,521 ^a	3	39,507	14,092	<,001
Intercepto	321,253	1	321,253	114,588	<,001
Colheita	1,633	1	1,633	,583	,449
Peso	31,156	1	31,156	11,113	,002
Polinização	46,702	1	46,702	16,658	<,001
Padrão	154,195	55	2,804		
Total	12977,083	59			
Total corrigido	272,715	58			

a. R Quadrado = ,435 (R Quadrado Ajustado = ,404)

Polinização

Variável dependente: Brix

Polinização	Média	Estatística do teste Padrão	Intervalo de Confiança 95%	
			Limite inferior	Limite superior
1,00	13,776 ^a	,310	13,155	14,397
2,00	15,603 ^a	,315	14,972	16,235

a. As covariáveis que aparecem no modelo são avaliadas nos seguintes valores: Colheita = 43,2034, Peso = ,4546.

Anexo 11: Análise de covariância para a análise da acidez em que as variáveis covariantes foram a colheita (dias após antese, DAA) e o peso (em cima) e valores médios ajustados (em baixo).

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: Acidez

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Modelo corrigido	,029 ^a	3	,010	1,821	,154
Intercepto	,156	1	,156	29,682	<,001
Colheita	,003	1	,003	,642	,427
Peso	,015	1	,015	2,884	,095
Polinização	,002	1	,002	,399	,530
Padrão	,290	55	,005		
Total	2,064	59			
Total corrigido	,318	58			

a. R Quadrado = ,090 (R Quadrado Ajustado = ,041)

Polinização

Variável dependente: Acidez

Polinização	Média	Estatística do teste Padrão	Intervalo de Confiança 95%	
			Limite inferior	Limite superior
1,00	,166 ^a	,013	,139	,193
2,00	,178 ^a	,014	,151	,206

a. As covariáveis que aparecem no modelo são avaliadas nos seguintes valores: Colheita = 43,2034, Peso = ,4546.

Anexo 12: Análise de covariância para a análise do índice de maturação em que as variáveis covariantes foram a colheita (dias após antese, DAA) e o peso (em cima) e valores médios ajustados (em baixo).

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: Índice_maturação

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Modelo corrigido	11770,471 ^a	3	3923,490	3,427	,023
Intercepto	6543,176	1	6543,176	5,715	,020
Colheita	791,031	1	791,031	,691	,409
Peso	5163,948	1	5163,948	4,511	,038
Polinização	1005,146	1	1005,146	,878	,353
Padrão	62967,531	55	1144,864		
Total	654350,133	59			
Total corrigido	74738,002	58			

a. R Quadrado = ,157 (R Quadrado Ajustado = ,112)

Polinização

Variável dependente: Índice_maturação

Polinização	Média	Estatística do teste Padrão	Intervalo de Confiança 95%	
			Limite inferior	Limite superior
1,00	94,948 ^a	6,260	82,403	107,493
2,00	103,427 ^a	6,370	90,662	116,192

a. As covariáveis que aparecem no modelo são avaliadas nos seguintes valores: Colheita = 43,2034, Peso = ,4546.