

Maria do Rosário Capela Lopes

**Estudo da floração e polinização do
abacateiro no Algarve**



Universidade do Algarve
Faculdade de Ciências e Tecnologia
2020

Maria do Rosário Capela Lopes

**Estudo da floração e polinização do
abacateiro no Algarve**

Mestrado em Hortofruticultura

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Amílcar M. Marreiros Duarte



Universidade do Algarve

Faculdade de Ciências e Tecnologia

2020

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.”

Agradecimentos

Ao meu colega e amigo João Duarte, agradeço o apoio e motivação incondicional que ajudou a tornar este trabalho uma válida e agradável experiência de aprendizagem e a sua disponibilidade na recolha e tratamento dos dados, contribuindo para chegar ao fim deste percurso.

Ao meu orientador Professor Doutor Amílcar Duarte, agradeço a confiança que em mim depositou, bem como a sua total disponibilidade e encorajamento naqueles momentos cruciais desta difícil jornada.

À minha família, agradeço a enorme compreensão pelas minhas ausências, pela falta de tempo disponível. Agradeço ainda a paciência e amor demonstrados nos meus momentos menos bons.

Aos meus colaboradores durante a contagem de flores e colheitas de fruta especialmente à Rita e à Beatriz, por toda a ajuda prestada.

Ao Professor Doutor Carlos Guerrero pela cedência de imagens aéreas do pomar.

À Doutora Cláudia Florindo e à Unidade de Microscopia do CBMR financiada pela FCT (UID/BIM/04773/2013 CBMR e PPBI-POCI-01-0145-FEDER-022122) pelas fotografias e auxílio na observação de detalhes da flor, com ajuda de lupa e microscópio.

À Professora Doutora Helena Gonçalves, a ajuda prestada na análise estatística dos dados.

Ao Eng^o Benjamim Silva, à Dr^a Joana Galvão e ao Eng^o José Furtado, pela disponibilidade e facilidades no acesso ao pomar e aos Srs. Joaquim José e Nuno Rasteiro, pela ajuda prestada na recolha de dados.

À Direção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve e particularmente ao Eng^o Paulo Oliveira, Técnico Superior desta instituição, pela disponibilização de dados meteorológicos.

Por fim, o meu sentido agradecimento a todas as pessoas que contribuíram para a concretização desta dissertação.

Resumo

O abacateiro possui características únicas a nível da floração. Apesar das flores serem hermafroditas, apresentam um mecanismo sequencial das suas funções reprodutivas, primeiro abrem como femininas e depois, numa segunda abertura, são funcionalmente masculinas, dificultando a autopolinização. Este mecanismo denomina-se sincronia dicogâmica protogínica. Dependendo do momento do dia em que isso ocorre, os abacateiros são classificados em dois grupos, grupo A e grupo B, que quando colocados em conjunto no mesmo pomar, permitem a polinização entre si. As condições meteorológicas, nomeadamente a temperatura, humidade relativa e nebulosidade modificam o comportamento de ambos os grupos, principalmente, hora de início e duração de cada uma das fases da flor.

Uma vez que a maior parte dos estudos sobre floração e polinização em abacateiro têm sido conduzidos em zonas com características edafoclimáticas diferentes das do Algarve, é necessário estudar estes processos, com vista a desenvolver conhecimento e técnicas culturais que permitam aumentar a produtividade dos pomares.

Considerando que a cultivar 'Hass' (grupo A) é a mais valorizada comercialmente, aparecendo como cultivar principal em quase todos os pomares portugueses, com polinizadoras do grupo B, foi definida como objetivo avaliar a pertinência da instalação de árvores polinizadoras e a compatibilidade entre 'Hass' e 'Ettinger', 'Bacon' e 'Zutano'. Assim, avaliou-se o seu comportamento floral, através da observação ao longo do dia, durante vários dias, registando o número de flores abertas e seus estágios fenológicos.

Os resultados obtidos mostram que a abertura das flores da cultivar 'Hass' na fase feminina se concentra principalmente entre as 11 e as 14 horas, podendo apresentar sobreposição com a fase masculina da mesma cultivar. Verificou-se que nos dias mais frios a abertura das flores era mais tardia e permaneciam abertas durante mais tempo. Nas cultivares polinizadoras a abertura das flores na fase masculina é variável, sendo a cultivar 'Bacon' a que apresenta uma maior sobreposição com a 'Hass' ao longo do dia. Verificou-se também que há uma forte correlação entre a produção do ano anterior e o estado fenológico no início dos lançamentos reprodutivos, havendo um claro atraso nas árvores cuja produção foi mais elevada.

Palavras-chave: Dicogamia, floração, 'Hass', polinização, protogínia.

Abstract

Study on avocado flowering and pollination in the Algarve

The avocado has unique characteristics in terms of flowering. Although the flowers are hermaphrodite, they present mechanisms that do not allow self-pollination. The flowers open twice, first as female, then close and, in a second opening, are functionally male. This mechanism is called protogynic dicogamous synchrony. Depending on the cultivar, the flowers open in the female phase in the morning or in the afternoon. Avocado trees are classified according to their floral behavior in two groups, group A and group B, which allow cross-pollination between them. Changes in temperature, relative humidity and cloudiness modify the behavior of both groups, namely, time of onset and duration of each phase of the flowering.

Since most of the studies on flowering and pollination in avocado have been conducted in areas with different soil and climatic characteristics than in the Algarve, it is necessary to study these processes under our conditions, in order to develop knowledge and farming techniques to increase the productivity of orchards.

Considering that the cultivar 'Hass' (group A) is the most commercially valued, appearing as main cultivar in almost all Portuguese orchards, with pollinators of group B, it was defined as an objective to evaluate the pertinence of the installation of pollinating trees and the compatibility between 'Hass' and 'Ettinger', 'Bacon' and 'Zutano'. Thus, it was evaluated its floral behavior, through observation throughout the day, during several days, registering the number of open flowers and their phenological stages.

The results show that the opening of the flowers of the cultivar 'Hass' in the female phase is mainly concentrated between 11 and 14 hours, and may overlap with the male phase of the same cultivar. It was found that in the coldest days the opening of the flowers was later and remained open for a longer time. In pollenizers, the flower opening in the male phase is variable, with the cultivar 'Bacon' having the greatest overlap with 'Hass' throughout the day. It was also found that there is a strong correlation between the production of the previous year and the phenological state at the beginning of the reproductive launches, with a clear delay in the trees whose production was higher.

Keywords: Dicogamy, flowering, 'Hass', pollination, protogyny.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1	A Cultura do Abacateiro	2
2.1.1	Classificação e origem	2
2.1.2	História da cultura	3
2.1.4	A cultura do abacateiro no mundo	4
2.2	Morfologia	5
2.2.1	Planta.....	5
2.2.2	Flor.....	5
2.2.3	Fruto.....	6
2.2.4	Fenologia.....	7
2.3	Floração do abacateiro	10
2.3.1	Época e duração da floração.....	10
2.3.2	Dicogamia	11
2.3.3	Tipos de rebentos e inflorescências.....	13
2.4	Polinização e fecundação.....	14
2.4.1	Agentes polinizadores	14
2.4.2	Interação entre planta e insectos polinizadores	15
2.4.3	Efeito das condições ambientais sobre a floração e os agentes polinizadores	16
2.4.4	Polinização, fecundação e vingamento	16
2.4.5	Distância às polinizadoras.....	18
2.5	O abacateiro no Algarve	19
2.5.1	Cultivares	19
2.5.2	Condições edafoclimáticas do Algarve	20
3	OBJETIVOS	22
4	MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1	Local onde decorreu o estudo	23
4.1.1	Descrição geral da parcela.....	23
4.1.2	Localização das árvores incluídas no estudo.....	24

4.1.3	Caracterização climática	25
4.2	Descrição dos procedimentos efectuados	27
4.2.1	Fenologia e caracterização da floração	27
4.2.2	Fenologia da planta	31
4.2.3	Floração e vingamento do fruto	32
4.2.4	Determinação da produtividade	32
4.2.5	Influência da distância ao apiário mais próximo	33
4.2.6	Influência da data da colheita na floração	34
4.2.7	Influência da produção do ano anterior na floração	35
4.2.8	Produtividade e qualidade do fruto	35
4.3	Tratamento dos dados e análise estatística	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1	Fenologia e caracterização da floração	37
5.1.1	Sincronia diária da floração	37
5.1.2	Fenologia da planta	46
5.1.3	Floração, abscisão e vingamento. Efeito da orientação dos ramos	49
5.1.4	Relação entre o início da floração, o vingamento inicial e a produtividade	53
5.1.5	Influência da distância às polinizadoras sobre a frutificação	54
5.1.6	Influência da distância ao apiário mais próximo sobre a frutificação	55
5.1.7	Influência da produção do ano anterior na floração e no vingamento	57
5.1.8	Influência da data da colheita sobre a floração e o vingamento	60
5.2	Produtividade e qualidade do fruto	64
5.2.1	Relação entre o número de frutos por árvore e o seu tamanho	64
6	CONCLUSÕES	65
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

1 INTRODUÇÃO

O abacateiro está distribuído por todas as áreas tropicais e subtropicais do globo. No Algarve, as condições edafoclimáticas permitem o seu bom desenvolvimento, podendo atingir boas produções e, consequentemente, um bom rendimento para os produtores. Por isso, a cultura do abacateiro tem vindo cada vez mais a fazer parte da escolha dos fruticultores algarvios (Costa *et al.*, 2018).

O aumento das áreas plantadas com abacateiro nos últimos anos faz com que haja necessidade de estudar esta cultura em pormenor, começando, desde logo, pelas suas particularidades do ponto de vista biológico.

O reduzido número de pragas e doenças que até à data têm atacado a cultura, instalação e manutenção pouco exigentes, fácil condução do pomar, as boas produções obtidas e razoáveis preços de mercado foram as razões que levaram muitos agricultores a apostar nesta cultura que até há poucos anos era praticamente desconhecida.

Em qualquer espécie frutícola, a floração e o vingamento do fruto são extremamente importantes. No caso do abacateiro, a quantidade de flores produzidas habitualmente é abundante podendo uma árvore produzir mais de um milhão de flores.

Havendo falta de informação relativamente à floração do abacateiro na região, uma vez que a maior parte dos estudos disponíveis foram realizados em zonas com características edafoclimáticas diferentes das do Algarve, parece-nos pertinente estudar estes processos nas nossas condições, com vista a obter conhecimento que permita aumentar a produtividade, tanto através de técnicas culturais como da própria instalação dos pomares.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Cultura do Abacateiro

2.1.1 Classificação e origem

O abacateiro, *Persea americana* Mill., é um membro da família *Lauraceae*, que comporta cerca de 3 000 espécies, repartidas por 50 géneros (Schaffer *et al.*, 2013). As Lauráceas estão entre as mais antigas angiospérmicas, com registo fóssil desde o início do período cretáceo (Friis, 2010). É uma família botânica com distribuição tropical e subtropical, presente nos bosques da Euroásia e América.

O género *Persea* é composto por cerca de 85 espécies encontradas e classificadas em toda a América, desde os Estados Unidos até ao Chile. Dentro da espécie *P. americana* é possível distinguir três tipos ou grupos, com a categoria taxonómica a ser alvo de controvérsia. Para alguns especialistas, os diferentes grupos constituem variedades botânicas ou sub-espécies bem diferenciadas, enquanto outros estudiosos referem-se a raças: a raça mexicana (*P. americana* var. *drymifolia*), a raça guatemalense (*P. americana* var. *guatemalensis*) e a raça antilhana (*P. americana* var. *americana*). Esta classificação nem sempre é fácil de aplicar, devido à grande quantidade de híbridos entre abacateiros de diferentes raças. Algumas das cultivares comerciais mais importantes são híbridos entre abacateiros de várias raças. Seja qual for o nível taxonómico, o cruzamento entre genótipos de abacateiros de diferentes grupos é comum. A diferença mais notável entre grupos é a resistência ao frio que cada um suporta, sendo os abacateiros da raça das Antilhas os mais suscetíveis ao frio. Os guatemalenses têm uma tolerância intermédia e os mexicanos são os mais tolerantes, os únicos capazes de suportar temperaturas abaixo de zero.

A raça mexicana (*P. americana* var. *drymifolia*) é a raça nativa das regiões elevadas do México e da Cordilheira dos Andes e, por isso, é bastante resistente ao frio, suportando até -6°C. Os frutos são pequenos, com alto teor de óleo (mais de 20%), a casca é fina e lisa e o caroço é relativamente grande em relação à polpa. O fruto apresenta formato de pera e as folhas possuem aroma de anis.

A raça antilhana (*P. americana* var. *americana*) é constituída por abacateiros conhecidos como “comuns” ou “manteiga”. São originários das regiões baixas e tropicais da América Central e da América do Sul. Os frutos são grandes, em forma de pera, com baixo conteúdo de óleo (menor que 8%), apresentam pedúnculo curto, casca lisa e coriácea e

tendem a ser verde amarelados quando maduros. . O caroço é relativamente grande e geralmente encontra-se solto na cavidade do fruto. É a raça menos resistente ao frio, suportando, no máximo, -2°C.

A raça guatemalense (*P. americana* var. *guatemalensis*) é originária das regiões altas da América Central. Os frutos possuem pedúnculo longo e casca espessa e rugosa. O caroço normalmente está preso à polpa. Os frutos são de formato redondo e conteúdo de óleo é mais alto que o da raça Antilhana (8 a 20%).

2.1.2 História da cultura

Existem registos fósseis que evidenciam o consumo do abacate, com cerca de 10 000 anos, nomeadamente pelas civilizações maias e astecas. Em 1450, Tupac Inco Yupanqui marchou do Peru para o Equador onde conquistou várias aldeias, uma das quais tinha árvores com frutos abundantes (abacateiros), às quais os moradores chamavam “paltas”. Daí o nome da cidade de Paltas (atualmente Catacocha), de onde foi distribuído para o resto do sul da América. Ainda hoje, em muitos países da América do Sul, o abacateiro é conhecido como “palta”. O povo indígena náuatle (América Central) deu-lhe o nome de ahuacatl (o qual significa “testículo”, em referência à sua forma), que originou, em espanhol, a palavra “aguacate” (Cuevas González & Soriano Cabezas, 2007). O primeiro nome mencionado pela tribo Chibchas na Colômbia era Cura, nome pelo qual ainda hoje é conhecido em algumas cidades da Venezuela. O primeiro documento escrito conhecido na América em que foi mencionado o abacate é de Martín Fernández de Enciso (Soma de Geografia) e data de 1519. Este autor descreve o abacate como uma fruta encontrada na cidade de Yaharo, perto de Santa Marta (Colômbia) em 1519. O abacateiro era amplamente cultivado antes da conquista espanhola.

Após as viagens dos navegantes portugueses e espanhóis, o abacateiro é trazido para a Europa. No ano de 1601, são descritos abacateiros em Valência (Espanha), de onde passaram para Portugal, e, no século XVII, já se falava sobre abacates em toda a Europa. Porém, a cultura só mereceu a atenção dos agricultores no século XIX. Os primeiros pomares comerciais de abacate são relatados por Popenoe (1924) na segunda metade do século XIX e na primeira metade do século XX, no México, Cuba e Israel, respetivamente (Hueso & Cuevas, 2014).

2.1.4 A cultura do abacateiro no mundo

Os países líderes na produção são o México, com aproximadamente 2 185 000 toneladas, a República Dominicana, com superfície menos regular, atinge 644 000 toneladas, seguidas pelo Peru, 505 000 toneladas, a Indonésia, 410 000 toneladas, Colômbia, 327 000 toneladas, Brasil, 236 000 toneladas e Quênia, 234 000 toneladas. Israel e África do Sul, que dedicam a maior parte das suas produções a exportações para a Europa, têm uma produção de cerca de 132 000 e 127 500 toneladas, respetivamente (FAOSTAT, 2020). Nos últimos anos a produção mundial tem vindo a aumentar. Em 2018, atingiu 6 407 171 toneladas numa superfície de cerca de 628 000 ha (FAOSTAT, 2020)¹.

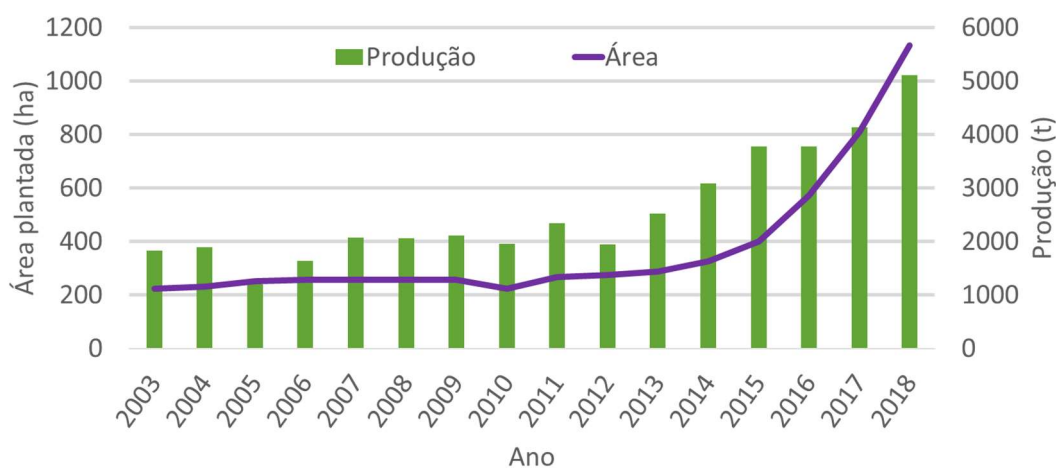


Figura 1 - Evolução da produção e da área plantada no Algarve (Fonte: DRAPALG)

Em 2007 o Algarve dispunha de uma área plantada de 256 ha. Com o interesse que a cultura tem suscitado nos últimos anos e com as plantações que têm sido feitas, estimava-se que em 2018 a área total da cultura rondasse os 1 133 ha (Figura 1) (Costa *et al.*, 2018).

¹ Este valor foi retirado do site da FAO, mas foi corrigido, dado haver um claro erro na área de abacateiro do Malawi, com forte repercussão na área total da cultura.

2.2 Morfologia

2.2.1 Planta

O abacateiro é uma árvore de porte médio a alto, geralmente de 12 a 25 metros, quando de pé franco, e de 6 a 12 metros, se enxertada, de caule cilíndrico e lenhoso, com casca aromática, com estrias longitudinais e de cor cinza escuro. A copa é simétrica, podendo ser espalhada. As folhas são coriáceas, lanceoladas e lustrosas na página superior, sem estípulas, de pecíolo curto e alternadas. Quando novas, possuem uma coloração avermelhada que vai desaparecendo com o amadurecimento.

O sistema radicular é do tipo axial, com ramificações secundárias. As raízes do abacateiro não possuem radícula. Em condições propícias de profundidade e arejamento do solo, podem atingir mais de 6 m, no entanto, aproximadamente 80% do volume radicular concentra-se até 1 m de profundidade.

O abacateiro é tido como uma árvore pouco eficiente no que respeita ao vingamento do fruto. Enquanto outras fruteiras, como a macieira, vingam um fruto por cada seis ou dez flores que abrem, o abacateiro apenas vingam um fruto em cada mil flores. Uma árvore adulta pode produzir cerca de 1,6 milhões de flores, no entanto, a taxa de vingamento é de apenas 0,001 a 0,23% (Sedgley, 1980). É por isso que o abacateiro produz um número tão elevado de flores para alcançar produções razoáveis (Gardiazabal & Rosenberg, 1990). A fruta é rica em óleos mono e poliinsaturados, em percentagens que variam de 8% a 25%, o que envolve grande consumo de energia para a árvore.

2.2.2 Flor

As flores do abacateiro são pequenas, hermafroditas, brancas ou verde-amareladas, com 0,5 a 1,5 cm de diâmetro. São produzidas em grandes quantidades e dispostas em panículas terminais nos ramos mais novos. O perianto é composto por um verticilo externo com três sépalas e um interno com três pétalas idênticas às sépalas. Por isso, alguns autores consideram todas estas peças florais como tépalas (Cuevas González & Soriano Cabezas, 2007). O androceu é composto por três verticilos com três estames cada e um verticilo interno com 3 estaminoides. As anteras são dorsifixas e abrem-se longitudinalmente por 4 válvulas. Em ambos os lados dos estames do verticilo interior

encontram-se os nectários, de cor amarela alaranjada (Scholefield, 1982). Cada flor tem um pistilo, com um único ovário e respetivos estilete e estigma (Figura 2).

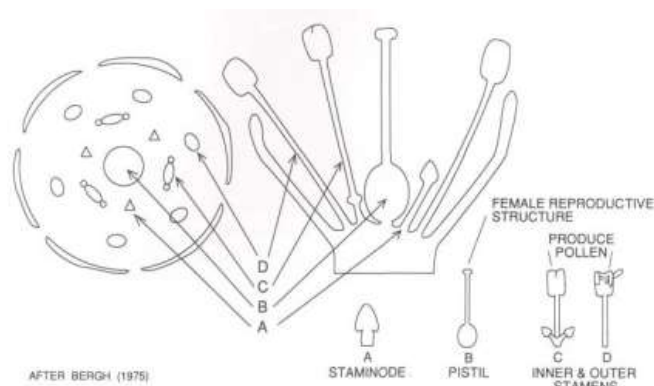


Figura 2 – Esquema representativo da flor de abacateiro

Fonte: (Lovatt, 1990)

2.2.3 Fruto

O fruto é uma drupa de pericarpo delgado (casca), e mesocarpo carnoso (parte comestível). Possui uma semente envolvida pelo endocarpo, cobrindo os cotilédones. O pedúnculo é de tamanho médio a longo. O pedicelo está inserido no centro ou lateralmente no fruto. Podem ocorrer grandes variações de tamanho, cor, forma, casca, polpa e semente, dependendo das raças e cultivares. A cor da casca varia do verde ao vermelho-escuro, violáceo ou negro. O seu peso pode variar de 50 g a 2,5 Kg (Calabrese, 1992). Na Figura 3, estão representadas as estruturas reprodutivas do abacateiro.

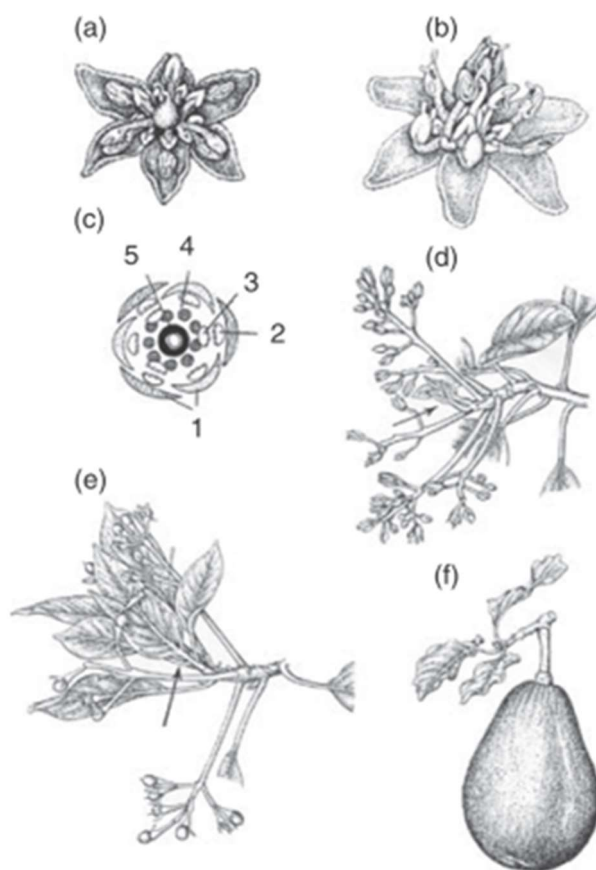


Figura 3 – Estruturas reprodutivas do abacateiro (*P. americana* Mill.) a) Flor na fase feminina; b) Flor na fase masculina; c) diagrama floral (1-tépalas; 2 e 3-estames; 4-estaminóide; 5-pistilo); d) inflorescência determinada; e) inflorescência indeterminada; f) fruto (Salazar-García et al., 1998)

2.2.4 Fenologia

Desde 1958 (Venning & Lincoln, 1958) que foram feitas várias propostas de descrição dos estádios de desenvolvimento do abacateiro, faltando, no entanto, uma abordagem padronizada com outras culturas. Até aos anos 90, a maioria das descrições fenológicas em fruteiras era baseada na escala Fleckinger, (1948), na qual estavam descritos apenas estádios de desenvolvimento das inflorescências e da flor. Bleiholder *et al.*, (1989) introduzem pela primeira vez uma escala de dois dígitos para as angiospérmicas, a escala BBCH (*Biologische Bundesanstalt und Chemische Industrie*), onde são identificados os diferentes estádios de desenvolvimento. A escala BBCH é um sistema para codificação uniforme de estágios de crescimento semelhantes de todas as espécies de plantas mono e dicotiledóneas.

Uma vez que não existia uma escala BBCH para o abacateiro e de forma a facilitar a interpretação do processo de desenvolvimento floral, Salazar-García *et al.* (1998) desenvolveram uma escala (Figura 4 e Quadro 1) que descreve as características do desenvolvimento de rebentos vegetativos e rebentos florais, desde o estágio vegetativo (Estádio 1) até à antese (Estádio 11). Esta informação foi adotada para uso em campo por investigadores e produtores de abacate.

A adaptação da escala BBCH ao abacateiro ocorreu posteriormente. Para plantas que apresentam mais de um ciclo de crescimento por ano, como é o caso do abacateiro, foi necessário desenvolver uma escala BBCH ampliada, com três dígitos (Alcaraz *et al.*, 2013). Nesta escala é introduzido um dígito central, para distinguir os lançamentos de primavera dos de verão e/ou outono, a qual poderá também ser aplicada em regiões onde haja uma segunda floração (Figuras 4 e 5) (Alcaraz *et al.*, 2013).

A aplicação da escala BBCH ampliada fornece uma consistente descrição dos diferentes estágios de crescimento fenológico de uma determinada cultura. É uma ferramenta importante para padronizar as observações feitas em diferentes ambientes e/ou sob diferentes condições experimentais.



Figura 4 - Escala de classificação das fases fenológicas do abacateiro, segundo Salazar-García *et al.*, 1998.

Quadro 1 - Escala BBCH para o Abacateiro, segundo Alcaraz *et al*, 2013

BBCH code	Description (mesostage 1)
<i>Principal growth stage 0: vegetative bud development</i>	
010	Vegetative buds dormant
011	Beginning of bud swell
013	End of bud swell
017	Beginning of bud break
019	End of bud break
<i>Principal growth stage 1: primary leaf expansion</i>	
110	First leaves separating
111	First leaf unfolded
112	More leaves unfolded. First leaf at 20% of its full size
113	More leaves unfolded. First leaf at 30% of its full size
11.	Stages continue until . . .
119	All leaves unfolded and fully expanded
<i>Principal growth stage 2: axillary (syllaptic) shoot formation</i>	
210	No syllaptic shoots visible
211	First syllaptic shoot visible
212	Two syllaptic shoots visible
213	Three syllaptic shoots visible
21.	Stages continue until . . .
219	Nine or more syllaptic shoots visible
<i>Principal growth stage 3: primary shoot extension</i>	
310	Beginning of shoot extension
311	10% of final shoot length
312	20% of final shoot length
31.	Stages continue until . . .
319	90% or more of final shoot length
<i>Principal growth stage 5: reproductive development</i>	
510	Reproductive buds dormant
511	Beginning of reproductive bud swell
512	End of reproductive bud swell
513	Reproductive bud break
515	Inflorescences 50% of final length
517	Inflorescences 70% of final length
519	End of inflorescence extension
<i>Principal growth stage 6: flowering</i>	
610	First flowers open
611	10% of flowers opened
612	20% of flowers opened
61.	Stages continue until . . .
619	90% or more of flowers opened
<i>Principal growth stage 7: fruit development</i>	
710	No ovary growth visible
711	Initial ovary growth
712	First fruitlet abscission
715	50% of final fruit size
71.	Stages continue until . . .
719	90% or more of final fruit size

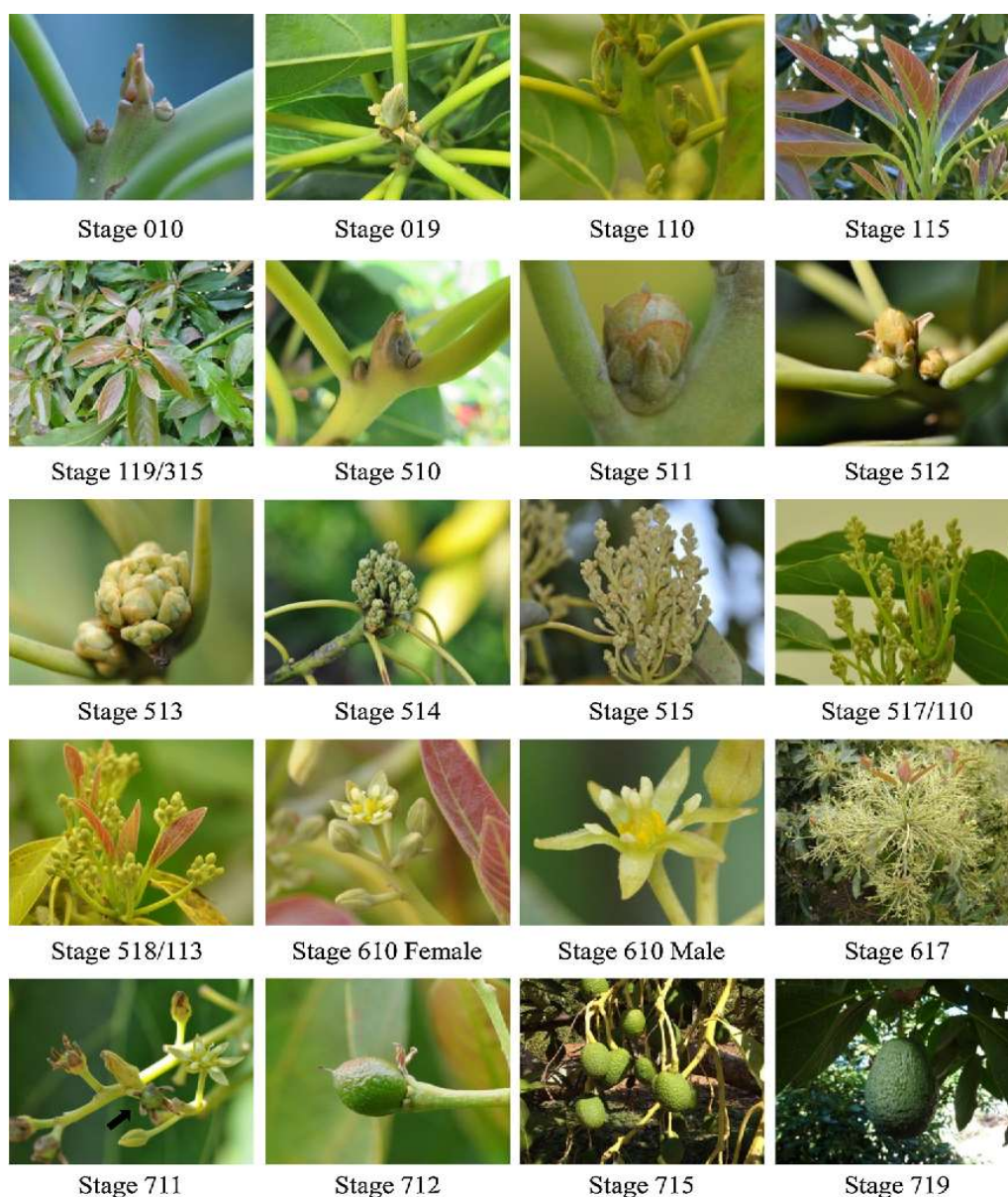


Figura 5 - Estados fenológicos para o abacateiro, segundo Alcaraz *et al*, 2013

2.3 Floração do abacateiro

2.3.1 Época e duração da floração

A floração no abacateiro prolonga-se durante várias semanas, entre meados de fevereiro e finais de maio, dependendo da cultivar e das condições meteorológicas. A localização e o genótipo da planta afetam o tempo de floração e o período de colheita dos frutos (Reni *et al.*, 2016).

2.3.2 Dicogamia

A flor do abacateiro é hermafrodita, mas os seus órgãos sexuais amadurecem em períodos distintos. Durante a primeira abertura das tépalas, a flor atua como feminina, com o estigma fresco e recetivo, enquanto os estames permanecem imaturos e se mantêm junto às tépalas. Após o fecho completo da flor, sucede uma segunda abertura no estado masculino, em que o estigma está escurecido e murcho e os estames levantados libertam o pólen, sucedendo-se um encerramento definitivo da flor.

Nirody (1922) foi o precursor dos estudos do comportamento das flores de abacateiro, observando que elas apresentam dupla abertura. Posteriormente, Stout (1923) classificou as cultivares de abacateiro em dois grupos: A e B. Essa classificação é baseada no comportamento das flores em relação ao período em que mostram a deiscência das anteras e a recetividade do estigma.

Nas plantas do grupo A, as flores abrem pela manhã, na fase feminina, tendo o estigma (órgão feminino) recetivo e os estames dobrados, sem emitir pólen. Por volta do meio-dia, as flores fecham e só voltam a abrir no dia seguinte, aproximadamente à mesma hora. Nessa altura, o estigma tem uma coloração escura e não está recetivo, enquanto que os estames estão erectos e as anteras estão em condições de libertar o pólen, estando a flor, portanto, na fase masculina. Nas plantas do grupo B, as flores abrem pela primeira vez durante a tarde, com a parte feminina ativa, enquanto que os estames estão inclinados e inativos. Ao entardecer, as flores fecham, abrindo na manhã seguinte com os órgãos masculinos ativos e o estigma não recetivo (Stout, 1923). Este fenómeno é conhecido pelo nome de sincronia diária dicogâmica protogínica. Existe dicogamia porque a maturação dos órgãos sexuais masculinos e femininos é desfasada. Trata-se da protoginia, porque a abertura da flor como feminina é sempre anterior à abertura como masculina. O ciclo floral do abacateiro acontece simultaneamente em todas as flores que alcançam a antese, daí o nome de dicogamia sincronizada. Esta sincronia é diurna porque a abertura da flor se dá durante o dia, num ciclo diário (Salazar-García *et al.*, 2013).

Com esta sincronia, a autopolinização é impossível, porque todas as flores de uma mesma cultivar estão na fase feminina ou na masculina, não havendo flores em fases diferentes, que possam ser polinizadas entre si. A dicogamia exibida pela flor do abacateiro permite a polinização cruzada entre cultivares com floração complementar (Robinson, 1931); (Ish-Am & Eisikowitch, 1991). Este comportamento, mantém-se inalterado em determinadas zonas tropicais e subtropicais, no entanto, registam-se alterações noutras

regiões, não se verificando a sincronização e a sequencialidade deste processo (Avilán & Rodríguez, 1995).

Muitos investigadores estudaram os padrões de floração do abacateiro e tentaram relacionar as anomalias da dicogamia com as condições ambientais (Robinson & Savage, 1926)(Whiley *et al.*, 2002). Sedley e seus colaboradores descreveram o efeito da temperatura na dicogamia floral das cultivares que compõem os grupos 'A' e 'B', juntamente com os aspetos de polinização e fertilização dos frutos (Sedgley, 1977) (Sedgley & Annels, 1981) e (Sedgley & Grant, 1983).

Nas suas observações, Nirody (1922) notou que baixas temperaturas (entre 14 °C e 15 °C) ou dias nublados, atrasam a abertura das flores de alguns minutos a uma hora. Quando Stout (1923) realizou o estudo que conduziu à divisão das cultivares de abacateiro nos grupos A e B, os dias eram quentes, secos, soalheiros e sem neblina durante a noite, ressalvando, no entanto, que o tempo frio e nublado retarda a abertura e o fechamento das flores. Stout (1933) observou um comportamento anormal nalgumas flores que, não fazendo a primeira abertura, abriram uma única vez, funcionalmente masculinas, tendo-lhe parecido que esse fenómeno foi induzido por condições meteorológicas, especialmente temperaturas inferiores a 25 °C. Mais tarde Bringhurst (1952) observou para a cultivar 'Hass' (grupo A) que a fase feminina das flores aparecia por volta do meio-dia, com tempo relativamente quente e perto do pôr do sol, durante o tempo frio. Em dias muito frios, a fase feminina das flores não ocorria e, portanto, o comportamento cíclico era alterado.

As alterações de temperatura, humidade relativa (HR) e nebulosidade modificam o comportamento de ambos os grupos, nomeadamente, hora de início e duração de cada uma das fases da flor. Com temperaturas diurnas de 20-22 °C, a fertilização ocorre adequadamente, mas as fases feminina e masculina não se separam completamente, ocorrendo uma certa sobreposição entre os períodos de abertura das duas fases da flor (Calabrese, 1992). Com temperaturas entre 20 e 25 °C, as aberturas das flores nos estágios feminino e masculino sobrepõem-se por várias horas. Temperaturas acima de 28 °C provocam o aumento da abscisão de botões florais individuais e flores e inflorescências inteiras caem antes de as flores abrirem (Sedgley, 1980). Quando as temperaturas são mais baixas, há um atraso nos ciclos de abertura das flores. Nesse caso, as flores de abacateiros do grupo A, como o 'Hass', depois da abertura como femininas, só abrem como masculinas no terceiro dia (Alcaraz & Hormaza, 2009). Nos abacateiros do grupo

As flores que abriam como femininas durante a tarde permanecem abertas na manhã do dia seguinte e só abrem como masculinas no quarto dia do ciclo (Alcaraz & Hormaza, 2009).

2.3.3 Tipos de rebentos e inflorescências

O abacateiro produz dois tipos de inflorescências: determinadas, em que o eixo primário se desenvolve e tem uma flor terminal (Schroeder, 1986) e indeterminadas, onde o meristema apical continua a crescer vegetativamente, sendo os primeiros mais produtivos, uma vez que nos segundos as flores frequentemente secam antes do vingamento, devido à competição com os rebentos vegetativos (Figura 6). Na ótica do produtor é, no entanto, mais desejável que ocorra vingamento nos rebentos de crescimento indeterminado. Nestes rebentos, os lançamentos vegetativos cobrem os frutos, prevenindo assim o escaldão, que pode conduzir à sua queda ou à diminuição do valor comercial da fruta. Os rebentos de crescimento indeterminado dão ainda origem a fruta de maior calibre, aumentando o seu valor comercial e, tendo maior crescimento vegetativo, favorecem as florações dos anos seguintes (Duarte *et al.*, 2018).

O tipo de inflorescência indeterminado é mais abundante (Schroeder, 1986); (Salazar-García *et al.*, 1998); no entanto, o tipo determinado é comum em árvores em stress. Por inflorescência são normalmente produzidas aproximadamente 100 flores. Num estudo de Salazar-García *et al* (1998), verificou-se que o número de flores por inflorescência não foi significativamente diferente entre os dois tipos de inflorescência.

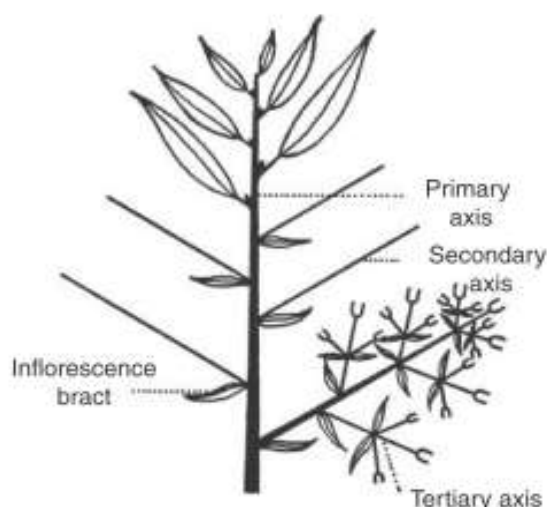


Figura 6 - Diagrama de um ramo floral de abacateiro, segundo (Reece, 1942). in (Schaffer *et al.*, 2013)

Em condições normais, o destino dos gomos produzidos pelos diferentes rebentos vegetativos durante o ano é influenciado pela carga de frutos e pelas condições ambientais presentes durante as primeiras semanas de crescimento da parte aérea. Esses gomos podem dar origem a flores ou rebentos vegetativos ou permanecer inativos.

2.4 Polinização e fecundação

2.4.1 Agentes polinizadores

A polinização no abacateiro é entomófila. Bekey (1989) sugeriu que a polinização se deve exclusivamente a insetos, devido à natureza pesada e pegajosa do pólen, o que dificulta o seu movimento pelo vento. Outros autores salientam que o vento ou a gravidade podem desempenhar um papel importante na propagação do pólen para os estigmas das flores (Davenport *et al.*, 1994). Porém, o papel do vento como polinizador é controverso. A maioria dos investigadores rejeita que o vento tenha um papel relevante na polinização do abacateiro (Cabezas & Cuevas, 2007).

Existem várias espécies de insetos que atuam como agentes polinizadores. Na América Central e no México, a polinização é assegurada por diversas espécies, sobretudo de himenópteros como as abelhas sem ferrão do género *Trigona* (Wysoki *et al.*, 2002). Noutras regiões, os agentes polinizadores mais frequentes e eficientes são as abelhas (*Apis mellifera*) e os abelhões ou besouros (*Bombus terrestris*) (Cabezas & Cuevas, 2007). A abelha europeia (*Apis mellifera*) é o inseto polinizador mais frequente na maioria das regiões produtoras (Ish-Am & Eisikowitch, 1993) (Robbertse *et al.*, 1998); (Carabalí *et al.*, 2017).

Para uma polinização eficaz (com fecundação) as abelhas devem visitar um grande número de flores em ambas as fases da flor (Shoval, 1987). Num estudo realizado no Brasil, onde os insetos foram excluídos das flores de abacateiro usando sacos, verificou-se uma redução de 81% no número de frutos, (Malerbo-Souza, 2000). Os benefícios da polinização cruzada relativamente à autopolinização, para aumentar a produção de frutos e o rendimento, já eram relatados por Clark (1923) no princípio do séc XX. Nesta época já se referia a importância das abelhas como agentes polinizadores, realçando que uma boa polinizadora sem agentes polinizadores é inútil. Peterson (1955) e Lemmerts (1942) *in* (Schaffer *et al.*, 2013), concluíram que grandes dípteros e himenópteros são insetos necessários para a polinização do abacateiro.

As abelhas melíferas do clima mediterrâneo são consideradas os principais polinizadores e a sua disponibilidade limita o grau de polinização no abacateiro. Estudos realizados recentemente na Colômbia revelam que, naquelas condições, a presença de quatro colmeias por hectare é suficiente para ter uma boa polinização dos abacateiros, mesmo quando a distância ao apiário mais próximo é de 250 metros (Peña & Carabalí, 2018).

2.4.2 Interação entre planta e insectos polinizadores

Os estaminóides e os nectários são importantes para atrair insetos polinizadores (Scholefield, 1982). A adoção da dicogamia como estratégia reprodutiva, implica que para uma eficaz transferência de pólen os insetos têm que visitar as flores em ambas as fases. Isto consegue-se mediante a produção sequencial de néctar, como atrativo floral.

Segundo (McGregor, 1976), o néctar é secretado a partir dos estaminóides durante o período da fase feminina da flor e pelos nectários durante o período correspondente à fase masculina. No entanto, (Sedgley, 1985), por outro lado, afirma que tanto os estaminóides quanto os nectários estão ativos durante as duas fases da flor.

Ish-Am e Eisicowitch (1998) mostraram que as flores de abacateiro não são muito atraentes para as abelhas. Referem-se ao facto de o néctar de abacateiro ter cerca de 100% de sacarose, em comparação com o néctar de outras flores que contém principalmente frutose e glicose. Estes autores também mencionam que o néctar do abacateiro contém outro tipo de açúcar chamado perseitol ((2S,3R,5R,6R) -heptane-1,2,3,4,5,6,7-heptol) que só existe no abacate. Hofshi (2002) refere que a flor difere de outras flores preferidas pelas abelhas e mencionou ainda a presença de sacarose como uma das razões pelas quais as abelhas não preferem este néctar.

Apesar da enorme quantidade de flores, o abacateiro segrega menos de metade do néctar do que igual área de laranjeira. Isto faz com que o abacateiro seja uma espécie relativamente pouco atrativa para as abelhas, mas o suficiente para que realizem uma polinização eficaz (Ish-Am & Eisikowitch, 1998). Esta preferência das abelhas pelas flores de citrinos, relativamente às flores de abacateiro, faz com que se as árvores de citrinos estiverem até 3 km de distância, podem comprometer uma eficaz polinização do pomar de abacateiros.

Mesmo assim, e tendo em conta que por vezes as abelhas são atraídas para outras culturas e plantas espontâneas, recomenda-se que sejam instaladas entre dez a doze colmeias por

hectare. As dificuldades na polinização e a competição entre frutinhas são importantes causas de queda de flores/frutos, constituindo fatores limitantes da produtividade dos pomares.

2.4.3 Efeito das condições ambientais sobre a floração e os agentes polinizadores

A floração normalmente dura de três a quatro semanas, mais tempo em zonas mais frias (Yasir *et al.*, 2010), levando aproximadamente oito meses até à maturação dos frutos. O tempo de floração está relacionado com o genótipo da cultivar e com as condições climáticas. Quanto mais baixa a temperatura, mais longo é o período de floração. As cultivares da raça guatemalense geralmente florescem mais tarde do que as das outras duas raças.

A época da floração é importante para uma colheita lucrativa, daí que a seleção das cultivares é de grande relevância. Se a floração ocorrer no final do inverno-início da primavera, as baixas temperaturas podem afetar o desenvolvimento do pólen e/ou do fruto. No entanto, se for apenas no final da primavera ou no início do verão, pode resultar em frutos reduzidos ou inexistentes, devido às temperaturas excessivamente altas.

Quando as flores estão abertas na fase feminina, existem apenas algumas horas durante as quais a polinização pode ocorrer. As baixas temperaturas, especialmente se acompanhadas por neblina, chuvisco ou chuva, reduzem drasticamente a atividade das abelhas, o que compromete ainda mais a polinização. Além disso, a essas temperaturas o crescimento do tubo polínico cessa antes de atingir o óvulo e, assim, não ocorre fertilização. Em certas condições ambientais pode haver polinização entre plantas do mesmo grupo e, até, entre flores da mesma planta. Isso explica porque razão algumas árvores isoladas produzem um número significativo de frutos.

2.4.4 Polinização, fecundação e vingamento

Tomer e Gottreigh (1975) descreveram anormalidades no desenvolvimento dos óvulos e óvulos defeituosos, indicando que nem toda a flor de abacateiro tem potencial para produzir fruta. Papademetriou (1974) descreveu o pólen de abacate como esférico, com uma membrana grossa e mencionou que em condições de temperaturas entre cerca de 7 °C min. e 12 °C max., o pólen permaneceu viável por pelo menos 151 horas, afirmando que o pólen armazenado sob baixas temperaturas pode durar vários dias.

Em oposição ao conceito geral da necessidade da existência de árvores dos dois grupos, a autopolinização e a polinização próxima podem ocorrer entre flores da mesma árvore ou cultivar quando há uma sobreposição de aberturas de flores nas fases femininas e masculinas. Estudos realizados na Flórida mostraram que grande parte do vingamento pode dever-se a autopolinização (Davenport *et al.*, 1994). Robbertse (1998) indica que as abelhas desempenham um papel importante na polinização do abacateiro e sem elas a quantidade de frutos é muito baixa. Na Figura 7 está respresentado um esquema da fertilização na flor do abacateiro.

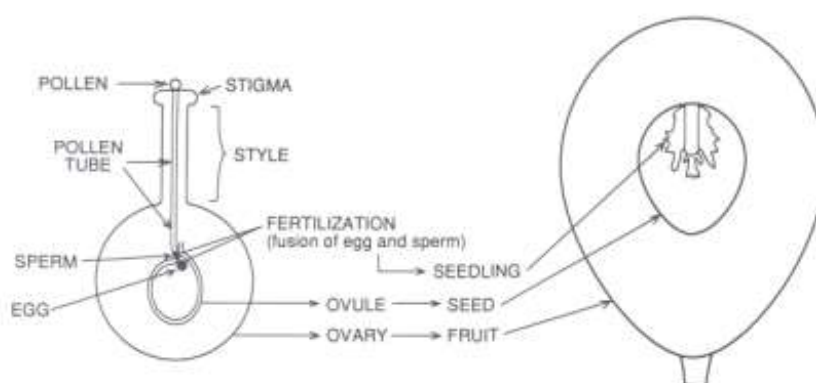


Figura 7 – Esquema da fertilização na flor de abacateiro

Fonte: (Lovatt, 1990)

A polinização sem fertilização pode estimular o aumento do ovário. O resultado são frutos partenocárpicos com aproximadamente 2-3 mm ou menos de diâmetro (Sedgley, 1980) e aproximadamente 4 mm de comprimento (Tomer & Gazit, 1979) que sofrem abscisão 2 a 4 semanas depois da floração . O desenvolvimento de frutos maiores sem sementes, normalmente chamados de "cukes", não são resultado de crescimento partenocárpico, mas são o produto da fertilização (Tomer & Gazit, 1979). Após a fertilização, o embrião e o endosperma de um "cuke" falham o seu desenvolvimento adequadamente, resultando em embriões abortados (Steyn *et al.*, 1993 in (Schaffer *et al.*, 2013)). A persistência desses frutos sem sementes é rara na maioria das cultivares de abacateiro, embora seja relativamente comum para 'Fuerte' (Blumenfeld & Gazit, 1974) e em ramos de árvores aneladas de 'Hass' (Garner *et al.*, 2008).

Existem três requisitos para um vingamento bem-sucedido no abacateiro, sobreposição dos períodos de floração das cultivares dos dois grupos, atividade significativa de insetos, incluindo abelhas e temperatura acima de 10 °C durante a floração e nos três dias

seguintes, para que não haja interrupção do crescimento do tubo polínico. Num estudo realizado na Califórnia por Garner *et al.* (2008) que envolveu dez árvores 'Hass' em alternância, verificou-se uma média de abscisão de 75.000 e 339.000 flores respetivamente nos anos "off" e "on" da colheita, o que indica que nos anos 'off' a floração é muito menos abundante,. Concluiu igualmente que a maioria das flores caídas não foi polinizada. A abscisão de frutos imaturos atingiu o pico, 1 mês após o pico de abscisão de flores, com uma média de 50 a 280 frutos por dia.

Investigadores que usaram polinização livre e polinização controlada (manual) observaram que muitos frutos que caem durante o período geralmente chamado de queda de junho, são ovários que tiveram um crescimento inicial, mas que resultam de ovários não fertilizados (Tomer & Gazit, 1979) (Sedgley, 1980).

Após a queda de junho, ainda pode ocorrer uma importante queda de frutinhas, queda relacionada com elevadas temperaturas, stress hídrico e competição com o crescimento vegetativo da árvore. A aplicação de fertilizantes pode estimular o crescimento vegetativo e, quando executada durante o período crítico para a retenção de frutos, pode levar ao aumento da queda (Lahav, 1999).

A cultivar 'Hass' tem um grande período de colheita, boa qualidade do fruto, mas tem um fraco vingamento em algumas regiões.

2.4.5 Distância às polinizadoras

A eficiência da polinização cruzada é função da distância entre o polinizador e as árvores polinizadas, bem como da duração do período de sobreposição das flores masculinas e femininas. Arpaia e Hofshi (2004) mencionaram três pontos a considerar; Sincronia do ciclo de floração da polinizadora, com o ciclo de floração da cultivar 'Hass'; Polinizadoras múltiplas para uma melhor sobreposição e uma boa colocação espacial das polinizadoras.

Existem vários estudos que comprovam que há um aumento de rendimento da cultivar 'Hass', quando é cultivada próximo de polinizadoras. (Guil & Gazit, 1992) descobriram que durante um período de quatro anos, três pomares 'Hass' plantados ao lado dos pomares de 'Ettinger' apresentaram significativos aumentos de rendimento. As linhas 'Hass' na fronteira com 'Ettinger' produziam 17 a 20 t/ha anualmente, enquanto a uma distância de 50 m o rendimento era de apenas 8 a 10 t/ha e mais longe, o rendimento diminuiu para 5 t/ha. Gardiazabal e Gandolfa (1995) classificaram a 'Hass' como uma auto-polinizadora

Tem sido demonstrado que algumas cultivares são melhores dadoras de pólen do que outras. Um exemplo notável é a cultivar israelita 'Ettinger', que se tem afirmado um dador de pólen superior para 'Hass' (Degani *et al.*, 1989). Além disso, foi demonstrado que os frutos de 'Hass' resultantes de flores polinizadas com 'Ettinger' sobrevivem até à maturação melhor que os resultantes de polinização com pólen de flores 'Hass'. A polinização cruzada, neste caso, torna-se um fator importante para maximizar a produtividade (Davenport, 1992).

Durante muitos anos, investigadores e produtores têm procurado cultivares que possam ser mais produtivas que 'Hass' ou estender o período de colheita. Após alguns estudos com 'Pinkerton', 'Shepard', 'Reed', 'Gwen', 'Whitsell' e 'Esther', principalmente nos EUA, Austrália e África do Sul (Whiley, 1992), nenhuma destas cultivares passou completamente em todos os critérios impostos pelos produtores, embaladores, indústria e consumidores. Em países onde a raça mexicana e guatemalteca são cultivadas, destacam-se as 'Fuerte' e 'Hass' como duas cultivares de grande importância económica.

Tendo em conta que a cultivar 'Hass' (grupo A) é a mais valorizada comercialmente, ela aparece como cultivar principal em quase todos os pomares no Algarve. Assim, é necessário plantar polinizadoras do grupo B, que polinizarão a 'Hass' e serão polinizadas por ela. A proporção de polinizadoras varia entre pomares, mas aconselha-se de três a cinco por cento do total de árvores do pomar. Uma vez que as épocas de floração das cultivares polinizadoras nem sempre são coincidentes com as épocas de floração da 'Hass' e podem variar de um ano para outro, é preferível conjugar duas ou três polinizadoras do grupo B, por exemplo, 'Zutano', 'Bacon' e 'Ettinger'.

2.5.2 Condições edafoclimáticas do Algarve

O rendimento do abacateiro é condicionado pelo tipo de clima de cada região. Em Israel, foi realizado um estudo durante 27 anos, revelando que existem fatores ambientais que podem comprometer o rendimento da cultura. Chuvas de inverno, geadas (especialmente temperaturas abaixo de $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), episódios de baixa temperatura (5 noites ou mais com média min. $<10\text{ }^{\circ}\text{C}$) durante a floração, um elevado stress térmico, alto deficit de pressão de vapor durante o vingamento e baixa temperatura do solo antes do pico de floração, levam a um rendimento reduzido (Lomas e Zamet, 1994, in (Whiley *et al.*, 2002). Os danos causados pelas geadas reduzem o crescimento dos frutos e o rendimento das

árvores, representando um problema para o produtor, que deve desenvolver métodos de proteção, nomeadamente a instalação de aspersores.

As áreas com ventos fortes são prejudiciais porque a madeira do abacateiro é quebradiça e as flores e frutos podem ser danificadas. Áreas ao longo da costa também são indesejáveis porque os abacateiros são sensíveis à salinidade.

O abacateiro pode ser cultivado numa ampla variedade de tipos de solo, mas requer uma boa drenagem, já que não suporta o encharcamento. A má drenagem e o pH do solo inferior a 6,2 são condições favoráveis para o desenvolvimento da podridão radicular provocada pela *Phytophthora*. O pH ideal do solo para o abacateiro está entre 6,2 e 6,5.

O Algarve possui características edafoclimáticas adequadas para o cultivo do abacateiro. O clima caracteriza-se por escassos períodos de precipitação, geralmente concentrados nos meses de novembro a março. Assim, a instalação de abacateiros fica condicionada às zonas com disponibilidade de água para rega. Por isso, os pomares de abacateiro estão limitados às zonas situadas nos perímetros de rega das barragens ou com aquíferos significativos. Por outro lado, apesar de o Algarve ter um alto nível de insolação e temperaturas amenas, há muitas zonas em que a ocorrência de geadas é frequente e a sua severidade é grande. Assim, a instalação de pomares de abacateiros só se pode fazer na zona mais quente do Algarve e sobretudo em situações orográficas pouco propícias para a ocorrência de geadas. Estas limitações à instalação de pomares fica bem evidente quando analisamos a distribuição da cultura na região (Figura 8).



Figura 8 – Distribuição da cultura do abacateiro na região do Algarve

Fonte: Costa J.; Rosa A.; Oliveira P. (DRAPALG) (2018)

3 OBJETIVOS

Neste trabalho foi estudado o comportamento floral de 4 cultivares de abacateiro, nas condições climáticas da região do Algarve, com vista a estabelecer a sua relação com o vingamento do fruto e determinar a eficiência de cada uma das polinizadoras, contribuindo para que, na instalação de futuros pomares e no manejo dos existentes, se possa maximizar a produtividade. Para tal, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar a floração das cultivares ‘Hass’, ‘Bacon’, ‘Ettinger’ e ‘Zutano’;
- Descrever o processo de floração das cultivares ‘Hass’, ‘Bacon’, ‘Ettinger’ e ‘Zutano’, determinando as horas de abertura e encerramento da flor em cada uma das suas fases (feminina e masculina);
- Relacionar o comportamento floral com as condições meteorológicas;
- Caracterizar o vingamento da cultivar ‘Hass’, relacionando-o com a distância às polinizadoras, a distância ao apiário mais próximo, a data da colheita e a produção da época anterior.
- Relacionar o peso médio do fruto por árvore com a data da colheita.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local onde decorreu o estudo

4.1.1 Descrição geral da parcela

O pomar utilizado neste estudo fica localizado no sítio dos Carreiros, na campina de Faro. As árvores foram plantadas em 2013, com um compasso de 6 m x 4 m. A cultivar base é a ‘Hass’ e as polinizadoras são ‘Bacon’, ‘Ettinger’ e ‘Zutano’, todas em porta-enxerto ‘Dusa’. Na Figura 9 podemos ver uma imagem aérea do pomar, resultante de “mosaico” obtido a partir de fotografias tiradas por uma câmara Parrot sequoia+, multiespectral, transportada por drone, no dia 8 de outubro de 2018.



Figura 9 - Vista geral do pomar (Imagem cedida pelo Prof. Carlos Guerrero).

O pomar dispõe de aspersores ao longo das linhas, para fazer face a eventuais períodos críticos, de formação de geada. Estes aspersores também são utilizados nos períodos de temperaturas mais elevadas e baixa humidade relativa. O controlo de infestantes é feito através de uma tela colocada ao longo das linhas e passagem com corta-mato acoplado ao tractor, nas entrelinhas.

O pomar está dividido em 4 setores de rega, que a seguir passam a ser designados simplesmente por setores. No setor 1 as polinizadoras estão implantadas em linhas transversais às da plantação, com 8 a 9 árvores de intervalo (Figura 10). Nos setores 2, 3 e 4, as polinizadoras encontram-se em linhas, com 9 a 11 linhas de ‘Hass’ entre cada duas linhas de polinizadoras.

Na primavera de 2018 os apiários dos setores 1, 2 e 3 estavam povoados com 10 colmeias cada. Em 2019 os apiários, com igual número de colmeias, ficaram colocados nos setores 1, 3 e 4.

4.1.2 Localização das árvores incluídas no estudo

Na Figura 10, está representado o croqui de instalação do pomar, onde se pode ver a distribuição das polinizadoras em filas e as árvores submetidas às diversas amostragens realizadas no âmbito deste trabalho, tanto para o estudo do vingamento, como para a fenologia da flor, bem como a distribuição dos apiários.

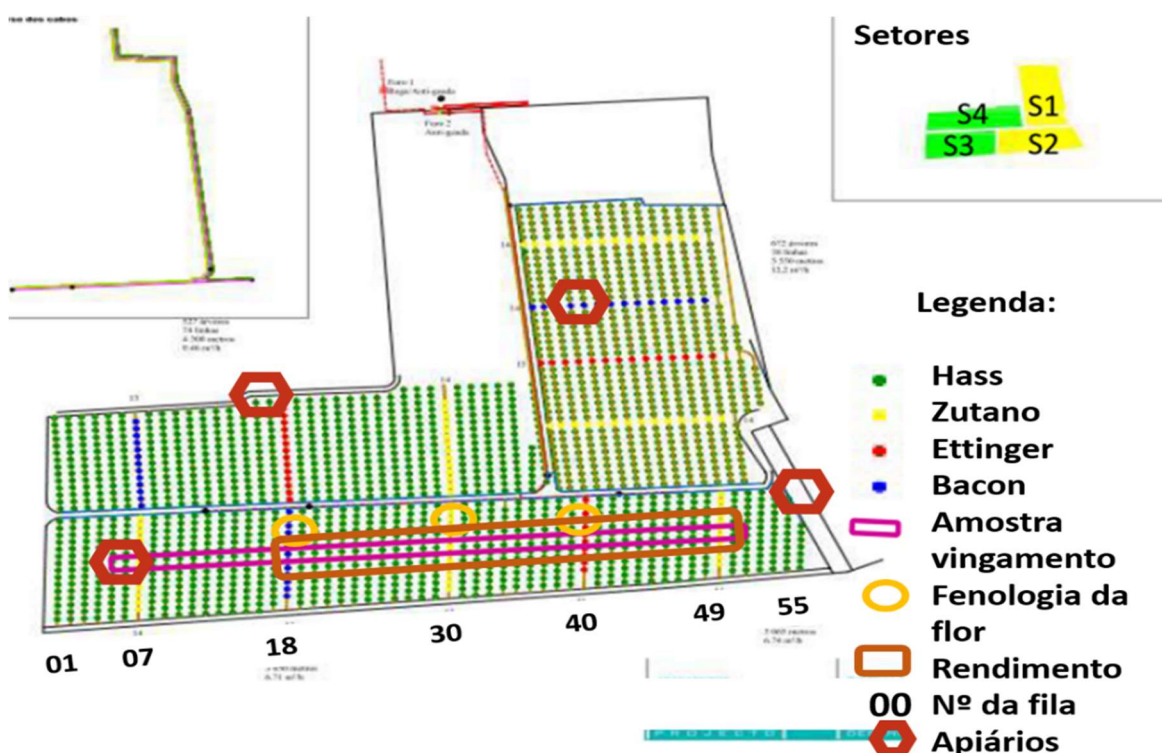


Figura 10– Croqui da instalação do pomar e dos ensaios

À data do início do estudo sobre vingamento, os setores 2 e 3 eram os que se apresentavam mais homogêneos, pelo que foi decidido realizar este estudo em árvores desses dois sectores. Foi igualmente nestes setores que se selecionaram árvores para estudar a

produtividade e para as observações dos estados fenológicos das flores e das árvores, conforme representado na Figura 10.

4.1.3 Caracterização climática

O clima na zona onde se situa o pomar onde foi conduzido este estudo pode ser caracterizado de acordo com os dados da estação meteorológica situada no aeroporto de Faro (37°1'N; 7°58' O), a cerca de 5,5 km de distância do pomar, para a qual existe uma normal climática de 30 anos. O regime de precipitação é o típico de um clima mediterrânico, com os meses de maior precipitação durante o Outono /Inverno e com precipitação quase nula durante o Verão (Figura 11).

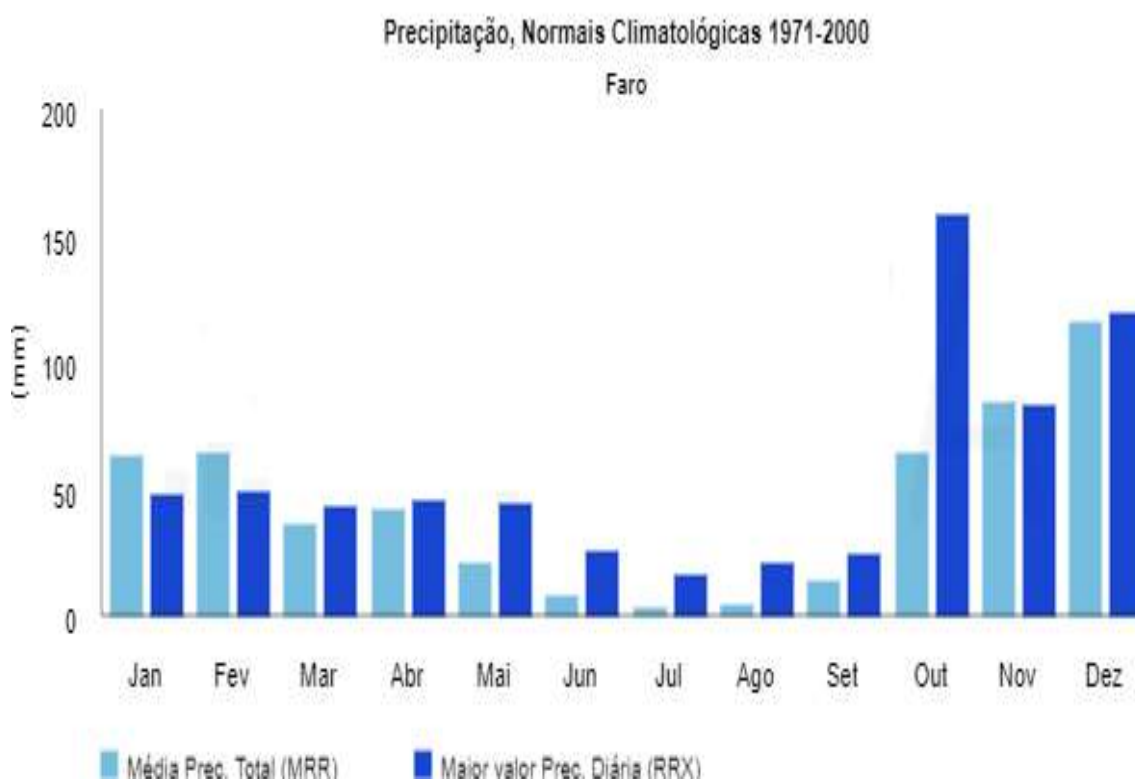


Figura 11 – Normal climática relativa à precipitação na estação meteorológica de Faro (aeroporto).

A temperatura do ar nos meses mais frios atinge mínimas próximas dos 0°C e nos meses mais quentes a temperatura máxima pode chegar até cerca dos 40°C (Figura 12).

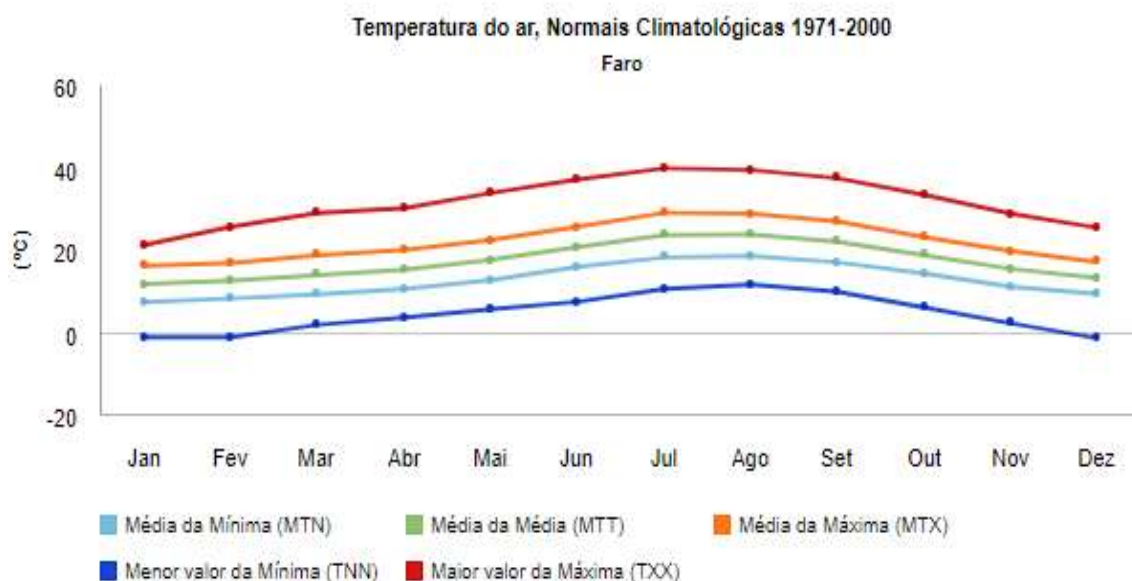


Figura 12 – Normal climática relativa à temperatura do ar na estação meteorológica de Faro (aeroporto).

Nos meses de julho e agosto, o número médio de dias com temperatura superior a 30°C é de cerca de 10 (Figura 13).

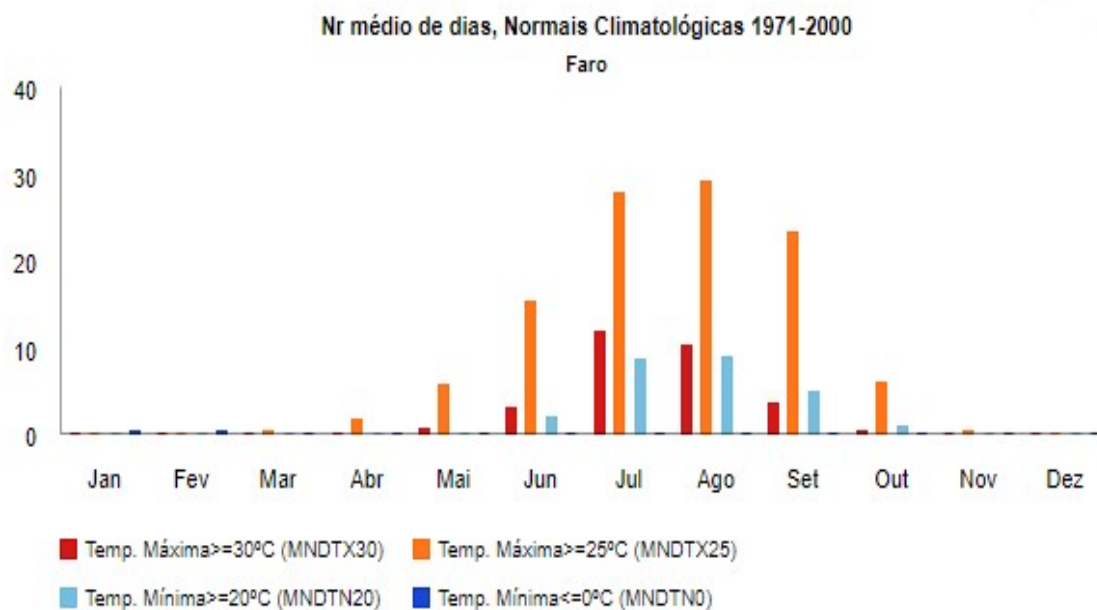


Figura 13 – Normal climática relativa ao número de dias com valores extremos da temperatura do ar na estação meteorológica de Faro (aeroporto).

Para efeitos de caracterização do estado do tempo durante os ensaios, foram usados os dados da estação automática do Patacão, localizada no Centro de Experimentação Hortofrutícola da DRAP Algarve (37°02' 48,8''N; 7°56' 49,8''O), situada à mesma altitude (13 m) e a cerca de 3 km do pomar em estudo.

4.2 Descrição dos procedimentos efectuados

4.2.1 Fenologia e caracterização da floração

Este estudo foi realizado em 2 anos consecutivos, 2018 e 2019. Teve início na primavera de 2018 durante o período de floração e desenvolvimento do fruto e terminou no ano seguinte, no verão. Tendo como objetivo a caracterização da floração (fenologia da flor), foram escolhidas árvores das 4 cultivares em estudo, em bom estado sanitário e com bom desenvolvimento, como representado na Figura 10. Os registos sobre a fenologia foram feitos, em 4 árvores da cultivar principal ('Hass') e 2 árvores de cada uma das polinizadoras, tendo-se verificado que estas árvores eram representativas de todas as árvores da mesma cultivar em todo o pomar.

Observações realizadas na floração de 2018

No ano de 2018, as observações iniciaram-se no dia 9 de maio e prolongaram-se até ao final do mês de maio, mais propriamente até ao dia 24, já na última fase da floração da cultivar 'Hass' e das cultivares do tipo B, ('Bacon', 'Ettinger' e 'Zutano'). A monitorização das flores ao longo dos dias, foi registada para cada flor, em cada uma das 4 cultivares. Em cada uma das árvores seleccionadas foram marcadas 4 inflorescências, seleccionados ráquis de 5 flores e em cada ráquis registada a posição da flor, o seu estádio e a hora da observação.

Ao longo dos 15 dias em que decorreram as observações, foi registado o estádio da flor de hora a hora, durante períodos até 12 horas (entre as 6 e as 18.00 horas), com o cuidado de obter registos completos (12 horas) com características meteorológicas diferentes. Uma vez que foram encontradas contradições entre as várias escalas relativa às fases da flor, nomeadamente as de Gadish Am & Dan Eisikovich (1993) (Figura 14) e Cabezas *et al.* (2002), foi desenvolvida uma escala numérica simplificada, de 1 a 10, (Figura 15) baseada nas escalas anteriores.

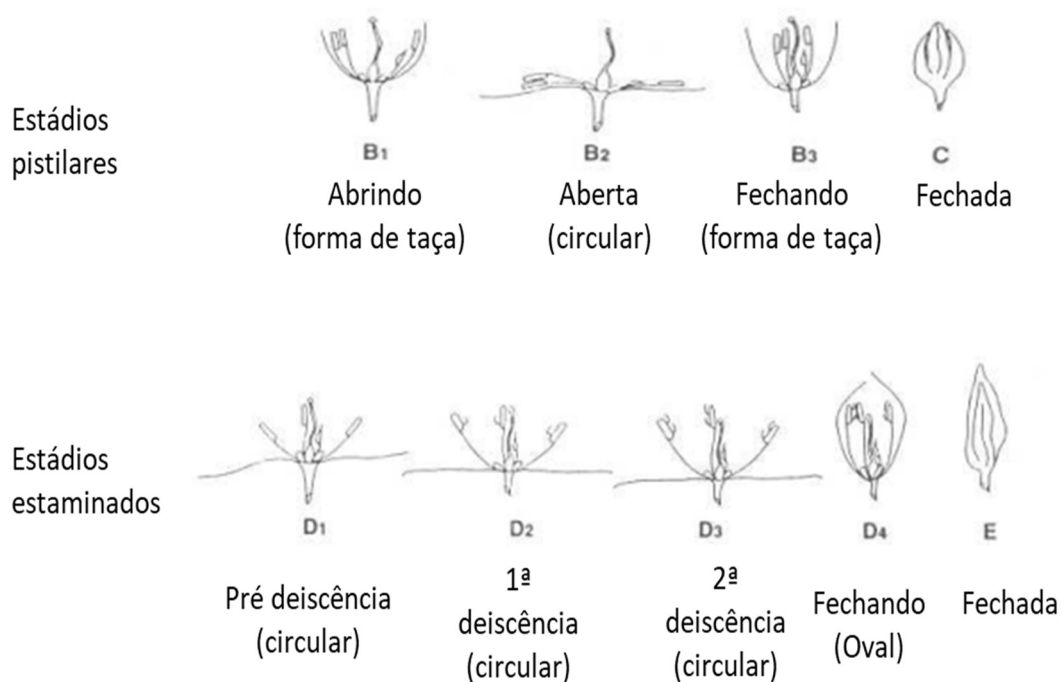


Figura 14 - Estados fenológicos da flor do abacateiro segundo Gadish Am & Dan Eisikovich (1993).

De forma a facilitar os registos do estado fenológico da flor e uma vez que todos estes estádios são sequenciais, foi usada a escala desenvolvida para cada uma destas fases correspondendo o nº 1 ao botão inchado antes da 1ª abertura, o nº 2 ao estágio B₁ e assim sucessivamente até ao nº 10, que corresponde ao estágio E (Figura 14). Para facilitar a identificação de cada estágio, foram utilizadas imagens das flores, recolhidas ao longo do estudo (Figura 15).










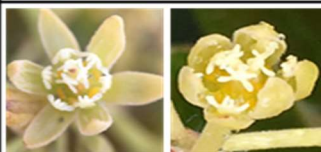

Descrição	*	**	***	Funcionalidade	Fotos
Botão amarelo. Botão inchado antes da primeira abertura.		E	1	Não funcional	
Abrindo (forma de taça) Início da Antese.	B ₁	F1f	2	Feminina	
Aberta (circular) A flor apresenta pistilo recetivo.	B ₂	F2f	3	Feminina	
Fechando (forma de taça). Fase variável onde o pistilo começa a escurecer ou, excepcionalmente ainda permanece recetivo.	B ₃	F3f	4	Variável	
Fechada A flor permanece fechada até à abertura na fase masculina.	C	C	5	Não funcional	
Pré deiscência (circular). Início da fase masculina da flor, os estames exteriores acompanham as tépalas na abertura até cerca de 45°, as válvulas estão bem visíveis mas fechadas.	D ₁	F1m	6	Não funcional	
As tépalas abrem até à perpendicular ao eixo. Os estames permanecem com as válvulas fechadas. O pistilo está escuro.		F2m			
1ª deiscência (circular). Os estames centrais encontram-se com as válvulas abertas, há libertação de pólen.	D ₂	F3m	7	Masculina	
2ª deiscência (circular). Todos os estames estão com as válvulas abertas, libertando pólen.	D ₃	F4m	8	Masculina	
Fechando (oval). Nesta fase é possível ver que ainda há libertação de pólen.	D ₄	F5m	9	Variável	
Fechada. Última fase da flor. A partir daqui, pode dar origem a um fruto, ou, caso não tenha havido fecundação, há abscisão da flor.	E	F2c	10	Não funcional	

Figura 15 - Estádios da fenologia da flor (*Gadish Am & Dan Eisikovich (1993); **Cabezas, C.; Hueso, J. J. & Cuevas, J. (2002); *** Escala numérica própria. Fotografias de J. Duarte)

As flores marcadas individualmente, foram seguidas desde o estágio 1 (escala numérica adotada) até ao estágio 10, registando-se a duração de cada um desses estádios fenológicos.

Considerou-se que uma flor estava na fase feminina quando tinha o estilete ereto, o estigma brilhante e os estames deitados sobre as pétalas, com as válvulas fechadas (Figura 16), como flores na fase masculina as que apresentavam o estilete murcho, com o estigma acastanhado e os estames com as válvulas abertas, libertando pólen (Figura 17).

Observações realizadas na floração de 2019

Em 2019 as observações dos estádios da flor, iniciaram-se em 16 de abril e terminaram em 4 de maio. A periodicidade não foi regular, havendo dias em que se obtiveram registos durante 18 horas diárias, com um intervalo de 1 hora, prolongando-se até às 23 horas. Foram marcadas individualmente cerca de 20 flores fechadas em cada árvore, em ráquis de 5 flores cada, seguindo o mesmo método do ano anterior.

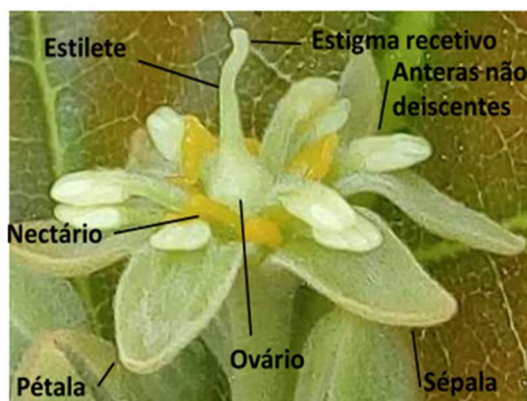


Figura 16 - Flor na fase feminina.

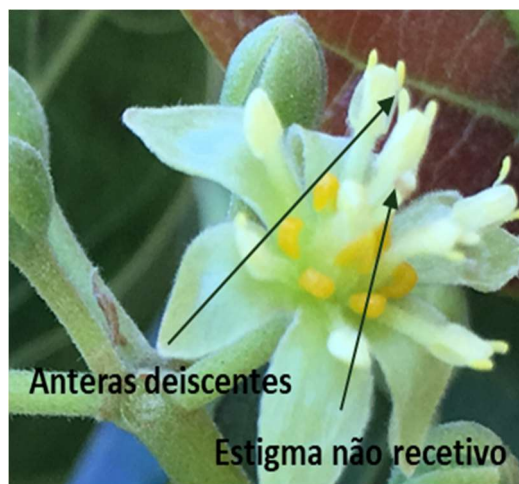


Figura 17 - Flor na fase masculina.

Paralelamente às observações efetuadas ao longo dos dias, registaram-se as condições meteorológicas consideradas mais importantes para a cultura, designadamente, a precipitação, a nebulosidade, o vento e sua evolução ao longo do dia. Os dados de temperatura e humidade relativa do ar foram recolhidos da estação meteorológica do Patacão. As temperaturas mais baixas especialmente durante a noite e os dias nublados foram alvo de maior atenção. Dos vários dias de observações, foram selecionados os que apresentavam condições meteorológicas diferentes entre si, permitindo a caracterização de diferentes comportamentos florais em resultado de diferentes condições meteorológicas. Foram escolhidos 3 dias em abril, com 18 horas de observações cada um e, em maio, 4 dias.

4.2.2 Fenologia da planta

Com o objetivo de complementar a informação recolhida em 2018, uma vez que no ano anterior as cultivares em estudo já se encontravam em plena floração, à data do início das observações, foi elaborado um plano mais abrangente em 2019, com início das observações em finais de fevereiro, onde foram selecionadas 235 árvores, das quais, 162 da cultivar ‘Hass’, 16 da cultivar ‘Bacon’, 12 da cultivar ‘Ettinger’ e 45 da cultivar ‘Zutano’. Ao longo de 11 semanas foram efetuados registos do estado fenológico por árvore, de cada uma das cultivares (‘Hass’, ‘Bacon’, ‘Ettinger’ e ‘Zutano’), nas quais foi caracterizada a evolução da floração e dos rebentos vegetativos, o número de frutos vingados e o aumento do tamanho do fruto, mediante observações semanais. Para o registo do número de frutos vingados, utilizou-se uma escala de 0 a 5, onde foram criadas 6 classes de produtividade, de acordo com o quadro 3. Estas árvores ficaram em observação no período de floração, desde finais de fevereiro até julho e foram registadas as alterações do seu estado fenológico de acordo com a escala BBCH (Quadro 1 e Figura 14). Foi considerado o estado fenológico dominante aquele que já tinha sido atingido pela maioria dos órgãos da planta. Perto do final da floração pôde-se avaliar a carga de fruta vingada em cada árvore.

Quadro 3 - Classificação das árvores, segundo o número de frutos vingados.

Valor	nº de frutos por árvore
0	0
1	1 a 20
2	20 a 100
3	100 a 300
4	300 a 500
5	mais de 500

4.2.3 Floração e vingamento do fruto

A quantificação da floração e do vingamento foi realizada em 2018. Foram selecionadas 45 árvores, de entre as quais 40 da cultivar ‘Hass’ e em cada árvore foram marcados 4 ramos, nos 4 pontos cardeais. Em cada ramo, e de acordo com a orientação Sul, Este, Norte e Oeste, foi colocada uma etiqueta de papel, onde era inscrita a informação do ramo e da respetiva árvore, no total de 160 etiquetas. A contagem das flores foi realizada em 7 de maio em cada inflorescência. Nesta contagem foram tidas em conta todas as flores que estavam ainda presentes, fechadas e abertas, e as que já não se encontravam lá, mas cujo ponto de inserção no respetivo ráquis era claramente identificável (Figura 6). Nas observações seguintes, que decorreram ao longo dos meses de maio, junho e julho, para acompanhar o processo de vingamento do fruto, foi determinado o número de flores e/ou frutos vingados, presentes em cada ramo, independentemente do seu estado de desenvolvimento. Para além disso, foram feitas observações no mês de setembro, novembro e março de 2019 (data da colheita), com a contagem de frutos em cada ramo. Estes dados permitiram determinar a queda de frutos após o vingamento, mas que poderá estar associada ao calor dos meses de verão ou outros factores meteorológicos, mecânicos, etc.

4.2.4 Determinação da produtividade

A produtividade foi determinada nas campanhas 2018/19 e 2019/20, em árvores individuais que foram colhidas separadamente e foram apurados os pesos totais de fruta por árvore. O número total de frutos foi também determinado para cada árvore, por contagem direta ou através da determinação do peso médio do fruto numa amostra aleatória de pelo menos 10 frutos. Na campanha 2018/19 estas determinações foram feitas em 162 árvores dos sectores 2 e 3, de acordo com o descrito anteriormente (Figura 10). Na campanha 2019/20, não foi possível repetir a determinação em todas as árvores porque parte delas foram colhidas pelo produtor sem nosso conhecimento. Assim nesta segunda campanha a produtividade foi determinada apenas em 46 árvores.

Na campanha 2018/19, as árvores foram colhidas em diferentes datas, à medida que a empresa foi tendo escoamento para a produção. Mesmo assim, salvaguardou-se que as oitavas árvores de cada fila tivessem sido todas colhidas no mesmo dia, de forma a evitar que diferentes datas de colheita pudessem afectar a floração do ano seguinte neste conjunto de árvores também usadas para a caracterização da floração e do vingamento.

Estas 40 árvores marcadas, da cultivar 'Hass' (Figura 19), foram todas colhidas no dia 6 de março de 2019.

Para perceber se a distância às polinizadoras (Figura 18) influencia o vingamento, foram comparadas as produções das árvores mais distantes das polinizadoras, com as produções das árvores mais próximas.



Figura 18 - Polinizadora da cultivar 'Zutano'



Figura 19 – Árvore da cultivar 'Hass'

4.2.5 Influência da distância ao apiário mais próximo

No ano de 2018, antes do início da época de floração, foram instaladas 30 colmeias distribuídas pelos apiários dos setores 1, 2 e 3. Na época de 2019 foi usado o mesmo número de colmeias, desta vez nos setores 1, 3 e 4 (Figura 20).



Figura 20 - Colmeias colocadas no setor 1

Foi calculada a distância entre cada uma das árvores referidas no ponto anterior (em que se determinou a produtividade) e o apiário mais próximo.

4.2.6 Influência da data da colheita na floração

Simultaneamente ao estudo do vingamento, foi decidido verificar a influência da carga de fruta e da data da colheita na floração do ano seguinte. Para além das árvores escolhidas para o estudo do vingamento, foram seleccionadas em cada linha, mais 4 árvores, alargando assim o material em estudo. Os frutos destas árvores foram colhidos entre dezembro de 2018 e abril de 2019, respeitando a procura de mercado, com uma periodicidade mais ou menos semanal. Eram seleccionadas em cada data de colheita 10-12 árvores, de forma a respeitar as mesmas distâncias às polinizadoras e aos apiários evitando a influência de outras variáveis, segundo um esquema que abrangia toda a área em estudo. Na figura Figura 21, estão representadas as árvores colhidas nas 6ª e 7ª colheitas, a título exemplificativo.

As datas de colheita foram registadas na mesma base de dados em que foram registados os valores da colheita e da distância de cada árvore à polinizadora mais próxima e ao apiário mais próximo.

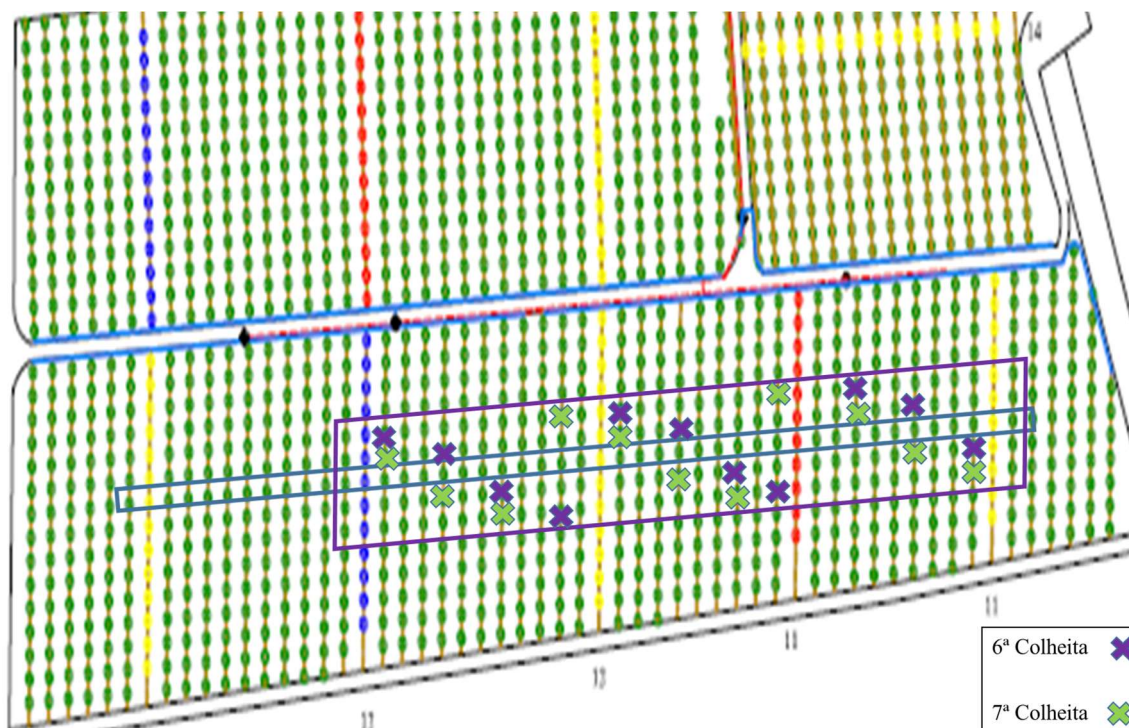


Figura 21 - Esquema exemplificativo das 6ª e 7ª colheitas

4.2.7 Influência da produção do ano anterior na floração

O registo de todos os dados de produção e de floração por árvore, nas duas campanhas permitiu criar uma base de dados que foi usada para comparar a produção da campanha 2018/19 com a floração do ano seguinte.

Paralelamente pretendemos analisar a influência da carga de fruta do ano anterior e se esse fator iria ou não prejudicar a floração e diminuir significativamente a colheita seguinte. A data da colheita foi registada, contabilizado o número de frutos colhidos em cada uma das árvores, bem como o peso da sua produção.

4.2.8 Produtividade e qualidade do fruto

Ao longo dos meses em que foram colhidas as árvores em estudo, foram apurados os pesos totais de fruta por árvore, contados os frutos e selecionadas amostras de entre as árvores com baixa produção (até 40 Kg), média produção (+ 40 Kg até 65 Kg) e produção alta (+ de 65 Kg). Cada conjunto de árvores incluía entre 5 a 6 árvores. Estas amostras, de 10-12 frutos por árvore, foram levadas para o laboratório, onde os frutos foram pesados e medidos individualmente. Para cada fruto, foram registados o peso, a altura e dois diâmetros. Os frutos foram pesados numa balança técnica marca Radwag (Figura 22) e medidos o seu comprimento e os seus diâmetros com uma craveira digital Mitutoyo.



Figura 22 - Pesagem individual dos frutos

4.3 Tratamento dos dados e análise estatística

Os dados recolhidos foram organizados em folhas de cálculo usando o programa Excel. Este programa foi também usado para a realização de alguns dos cálculos de médias e erros padrão, assim como para a elaboração dos gráficos apresentados.

A análise estatística dos dados foi feita com recurso ao programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versão 25. Como primeiro passo, as diversas variáveis foram testadas quanto à sua normalidade. Estes testes foram feitos segundo o modelo Kolmogorov-Smirnov (com correlação de significância de Lilliefors). Nos casos de variáveis que não apresentavam uma distribuição normal, procedeu-se à sua transformação, através do cálculo da raiz quadrada de $(x+1)$, em que x é a variável original. Para além do método da transformação da variável, utilizou-se a ANCOVA não paramétrica proposta por Quade e descrita por Marôco (Marôco, 2014). Neste procedimento, quer os valores da variável dependente, quer os valores da covariável são ordenados por ordem crescente de forma independente dos grupos. É realizada uma regressão linear simples entre as ordens da variável independente e da covariável e gravam-se os resíduos não padronizados do modelo. Por último procede-se a uma ANOVA nos resíduos anteriormente apurados, usando a variável independente como fator. Se existirem mais de dois grupos, utilizam-se testes “Post-hoc” para identificar os grupos onde ocorreram diferenças significativas entre as médias da variável dependente, depois de contabilizado o efeito da covariável.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Fenologia e caracterização da floração

5.1.1 Sincronia diária da floração

A estratégia utilizada em 2018 não permitiu seguir a abertura individual das flores. Das 80 flores marcadas individualmente, não foi possível verificar a duração dos estados fenológicos para cada flor, mostrando que o número de flores escolhido foi insuficiente para a recolha de dados.

Em 2019, aumentou-se o número de flores da cultivar ‘Hass’ para o dobro, no entanto, as flores marcadas individualmente revelaram-se ainda assim insuficientes, uma vez que muitas delas não chegaram a completar o ciclo fenológico. No abacateiro, mais de 99% das flores produzidas não chega a dar frutos, sendo que a maioria das flores sofre abscisão prematuramente (Alcaraz & Hormaza, 2019).

No entanto, foi possível registar com sucesso o comportamento de algumas flores ao longo de todo o seu período fenológico, permitindo assim fazer um mapa cronológico de todos os estados. É possível verificar que no caso da cultivar ‘Hass’ (Figura 23), para todas as flores, não há muita variação no que respeita ao tempo que dura cada uma das fases, entre o estado 1 e o estado 10 da classificação adotada (Figura 15, pág. 29). As flores permanecem abertas entre 3 a 4 horas no estado 3. Embora possamos considerar o período em que permanecem no estado 2, como fazendo parte da fase feminina, a possibilidade de haver polinização efetiva é muito pequena, uma vez que os estaminóides não se encontram acessíveis e por esse facto não há atração dos agentes polinizadores. Após este período, as flores fecham durante 14-15 horas, para voltarem a abrir uma segunda vez, como masculinas. Imediatamente após a segunda abertura, a flor ainda não se apresenta funcionalmente masculina. Apenas a partir do estado 7, início da deiscência dos estames, quando metade das válvulas estão abertas, se torna possível a transferência de pólen. Cerca de 3 horas após a abertura, os estames apresentam todas as válvulas abertas (estado 8) e a flor encontra-se plenamente funcional como flor masculina. No gráfico, apresentam-se a sombreado as fases feminina (amarelo) e masculina (verde), considerando que são os estados fenológicos da flor em que há a maior possibilidade de fecundação do ovário (estado 3) e maior disponibilidade de pólen (estado 8).

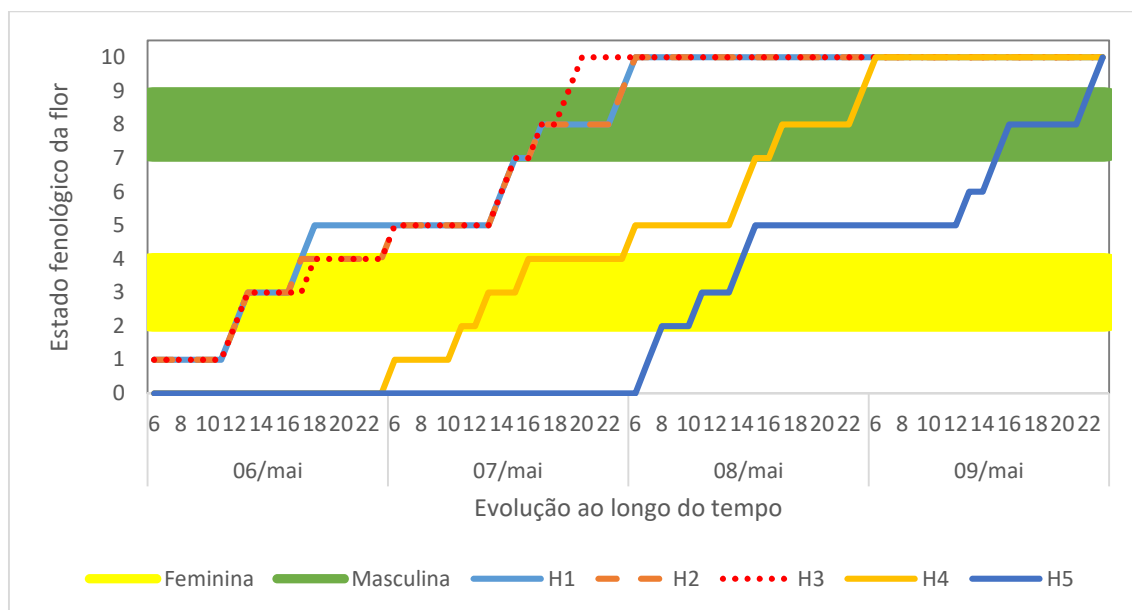


Figura 23 - Evolução do estado fenológico de cinco flores (H1 a H5) da cultivar 'Hass' (tipo A)

No que diz respeito às cultivares do tipo B (Figura 24), observou-se uma maior discrepância de resultados, em relação ao que é referido na bibliografia. Em alguns casos a flor não chegava a abrir completamente, permanecendo no estado 2 durante um período de 2-3 horas, fechando de seguida e só voltando a abrir após 21-22 horas, período após o qual permaneciam abertas durante 7-8 horas, no estado 8. Das cinco flores cuja evolução é representada na Figura 24 só uma terminou o ciclo com o segundo encerramento. As restantes quatro flores que não completaram o encerramento, permaneceram no estado 9.

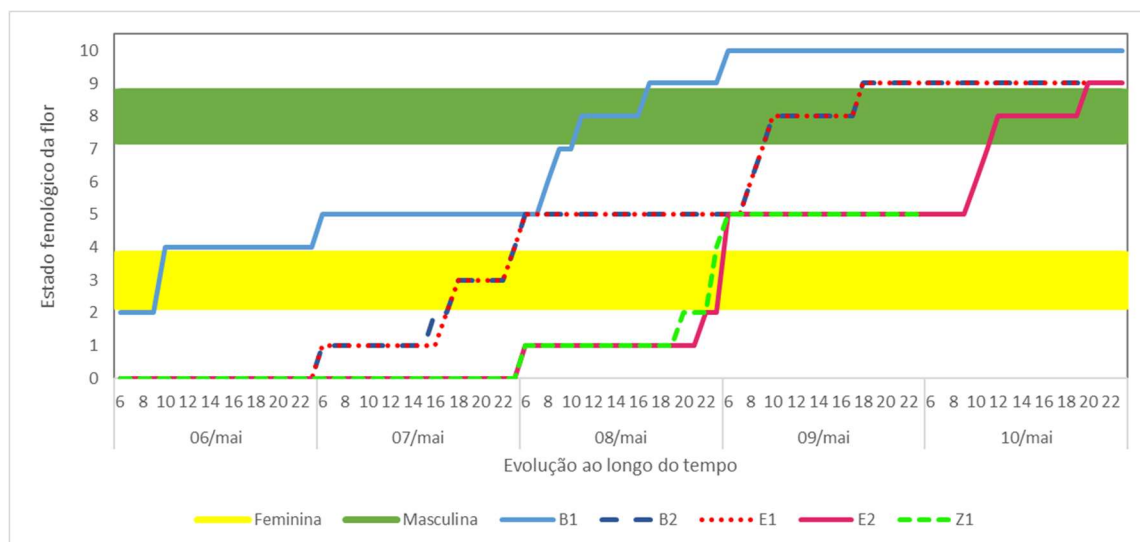


Figura 24 - Evolução estado fenológico das flores das cultivares do tipo B, 'Bacon' (B1 e B2), 'Ettinger' (E1 e E2) e Zutano (Z1)

Houve casos em que as flores marcadas, mostraram um comportamento diferente do esperado. Durante a primeira (e única) abertura, apresentam os 2 estados, abrem nas primeiras horas como femininas e passado algum tempo, sem fechar, começam a

apresentar a deiscência das anteras. Como exemplo, podemos observar uma flor da cultivar 'Zutano', que no mesmo dia (10 maio 2019), com um intervalo de poucas horas, passou pelos estados femininos e masculino (Figura 25). Esta flor, para além deste comportamento ao nível da fenologia, apresenta uma característica que não é comum na espécie. Possui 12 estames (4 + 8 em vez de 3 + 6) e 8 tépalas (4 + 4 em vez de 3 + 3).

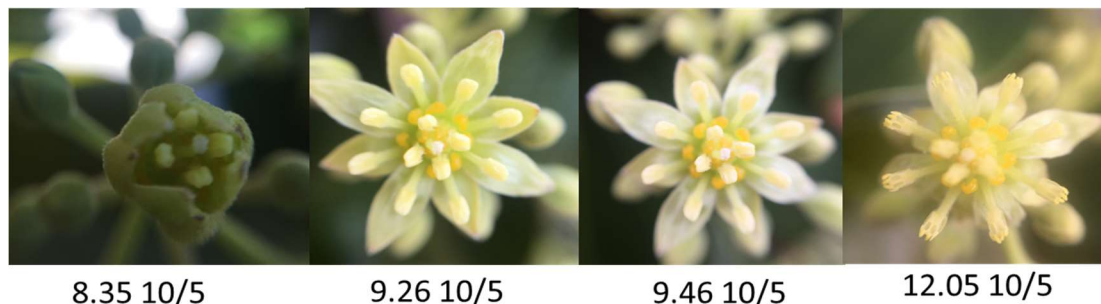


Figura 25 – Evolução de uma flor da cultivar 'Zutano', com 4/3 do número normal de tépalas e estames, ao longo da manhã.

No período de observações de 7 a 24 de maio de 2018, no que respeita à monitorização do estado fenológico de cada cultivar, verificou-se que a abertura das flores da cultivar 'Hass' na fase feminina ocorreu sempre por volta das 11h00, tendo fechado entre as 14h00 e as 15h00, exceto no dia mais frio e húmido (11 de maio), em que permaneceram abertas aquando da última observação, às 19 horas (Figura 26). Apenas no dia 9 a abertura das flores na fase masculina da cultivar 'Hass' ocorreu depois do fecho das flores que se encontravam na fase feminina, tal como descrito na literatura, por vários autores, desde 1923 (Stout, 1923). No dia 11 não foram observadas flores de 'Hass' na fase masculina e no dia 14 as flores na fase masculina abriram antes das da fase feminina, tendo-se isso prolongado até à última observação desse dia, pelas 19 horas.

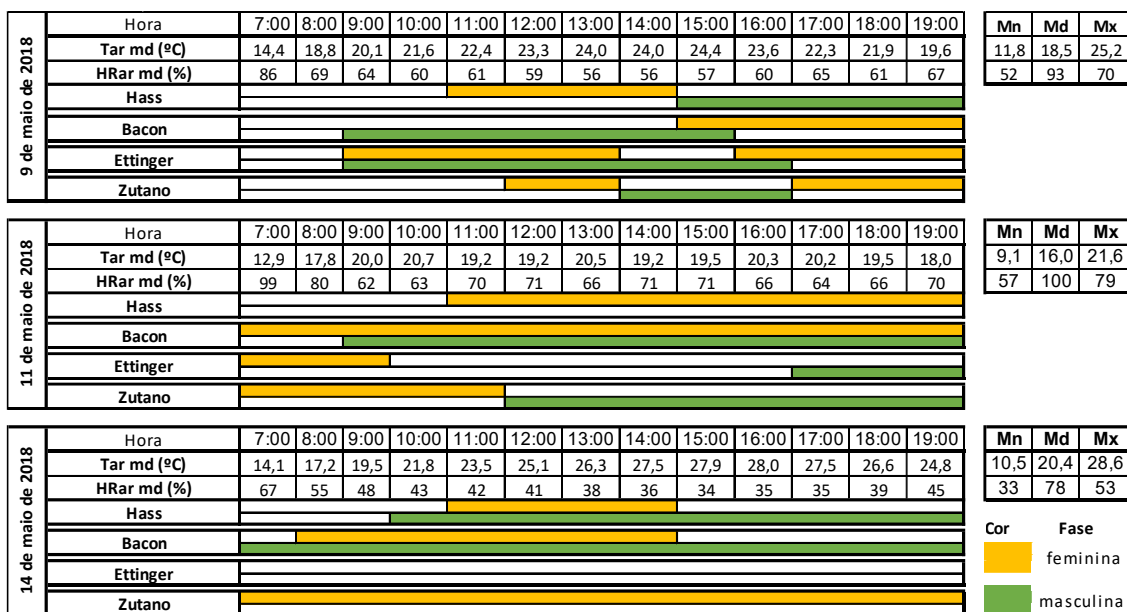


Figura 26 – Resumo da fenologia da floração nas 4 cultivares em 2018, em três dias com diferentes condições atmosféricas (A fase feminina corresponde aos estádios 2 e 3 e fase masculina, –aos estádios 7 e 8)

A duração das fases funcionais masculina e feminina de todas as cultivares variou ao longo do período de observações. Isso pode estar relacionado com o estado do tempo nesses dias. A cultivar ‘Bacon’, no dia 9 apresentava flores na fase masculina de manhã e flores na fase feminina à tarde, com um curto período de sobreposição. No dia 11 observaram-se flores abertas na fase feminina ao longo de todo o dia e, a partir das 9 horas, em simultâneo, flores na fase masculina. No dia 14, observaram-se flores na fase masculina ao longo de todo o dia e na fase feminina durante a manhã.

Na cultivar ‘Ettinger’, em 2018, no dia 9 de maio, verificou-se a existência de flores na fase feminina e na fase masculina, abertas em simultâneo durante a maior parte do dia. Verificou-se, inclusive, flores em que, estando o pistilo recetivo, já algumas anteras se encontravam deiscendo (Figura 27). No dia 11 encontraram-se flores abertas na fase feminina de manhã e na fase masculina à tarde, sem passarem pelo estado intermédio, comportamento, segundo a literatura, típico de cultivares do grupo A. No dia 14 não se observou qualquer flor aberta.



Figura 27 - Flor de 'Ettinger' com pistilo receptivo e algumas anteras abertas.

A cultivar 'Zutano' no dia 9 apresentou flores abertas na fase feminina em dois períodos (próximo do meio dia e ao final da tarde) e na fase masculina no período intermédio. No dia 11 de maio, tal como a cultivar 'Ettinger', abriu primeiro flores na fase feminina e depois na fase masculina. No dia 14 de maio apresentou ao longo de todo o período de observação exclusivamente flores na fase feminina.

Uma vez que as observações efetuadas em 2018 não permitiram uma completa caracterização do comportamento floral das diferentes cultivares, em 2019 foram feitas observações mais exaustivas e por um período mais alargado, durante 18 horas diárias, de forma a perceber se existiam flores abertas durante a noite. Verificámos que isso de facto acontece, não porque abrem durante a noite, mas porque permanecem abertas após o pôr do sol, até ao dia seguinte (Figura 28).

Foram observadas aberturas de flores mais tardias nos dias mais frios, em abril, tendo mesmo ocorrido um dia em que permaneceram abertas (16 abril) até à manhã do dia seguinte. A abertura de flores na fase feminina ocorreu durante períodos curtos (de 3 a 6 horas), no entanto sempre com presença de flores na fase masculina, as quais estiveram presentes durante todo o período diurno, garantindo assim a autopolinização. Nos dias mais amenos, em maio, este comportamento difere, não se podendo observar quaisquer flores na fase feminina durante todo o dia 6, surgindo de manhã no dia 7 e ao final da tarde nos dias 7, 8 e 9, sendo que em nenhum destes períodos, se verifica sobreposição com as flores na fase masculina.

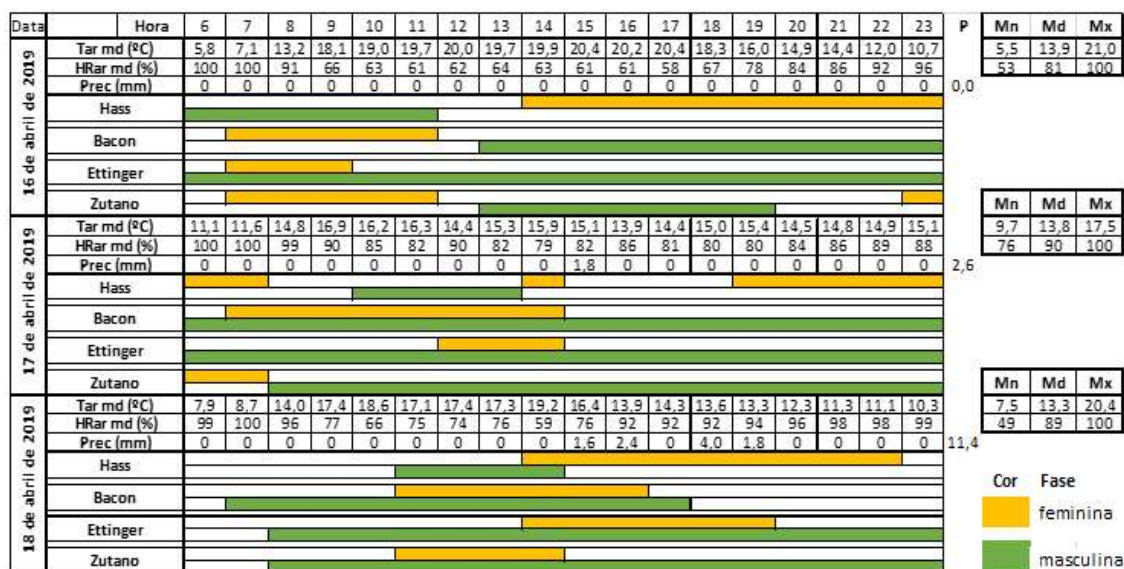


Figura 28 - Resumo da fenologia da floração nas 4 cultivares em abril de 2019, em três dias consecutivos (A fase feminina corresponde aos estádios 2 e 3 e fase masculina, aos estádios 7 e 8)

Em maio de 2019 foram registadas observações durante 4 dias consecutivos (Figura 29). Nos primeiros 2 dias (6 e 7 de maio), observou-se um comportamento semelhante ao verificado em 2018. Nos dias 8 e 9 de maio, observou-se finalmente um comportamento próximo do que seria espectável, com a abertura da cultivar ‘Hass’ como femininas e das polinizadoras como masculinas, na parte da manhã e vice-versa. No entanto, verificou-se que houve um período, na manhã do dia 8 de maio durante o qual a ‘Hass’ apresentou flores funcionalmente femininas, mas nenhuma das polinizadoras apresentou flores funcionalmente masculinas, dificultando a polinização. Foi notado que estas cultivares são mais afetadas pelas condições meteorológicas, tal como já tinha sido registado no ano anterior.

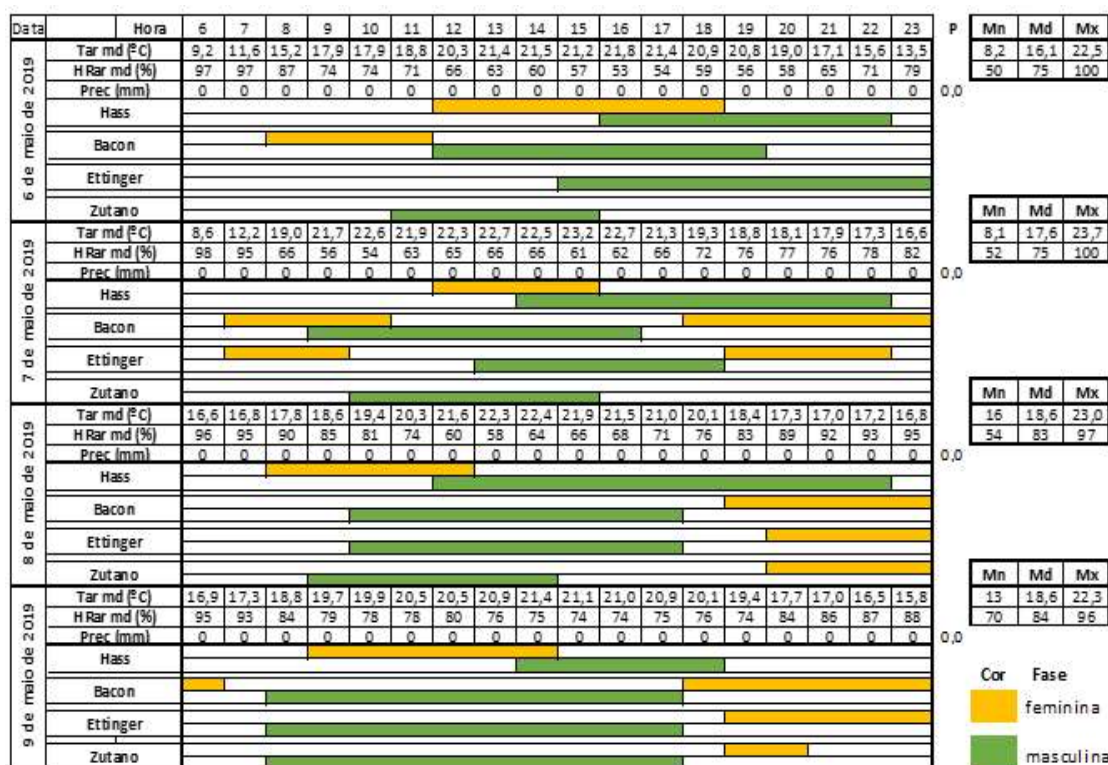


Figura 29- Resumo da fenologia da floração nas 4 cultivares em maio de 2019, em três dias consecutivos (A fase feminina corresponde aos estádios 2 e 3 e fase masculina, aos estádios 7 e 8)

As cultivares do tipo B, tiveram comportamentos diferentes entre si. Todas apresentaram um padrão idêntico, descrito na bibliografia, a fase masculina da flor abria de manhã, 2 dias após a abertura na fase feminina. No entanto, e apesar de manterem a sincronia diária descrita para estas cultivares, notaram-se algumas diferenças de comportamento entre as 3 cultivares estudadas.

Quanto às condições meteorológicas observadas em maio, com temperaturas mais amenas, no dia 6 de manhã, registou-se uma grande nebulosidade até perto das 11h30min, ficando o dia mais limpo a partir das 12 horas. O dia 7 de maio, amanheceu limpo, no entanto, a partir das 18 horas registou-se um aumento da intensidade do vento e uma maior nebulosidade. O dia 8 foi um dia particularmente mais húmido, com chuviscos de manhã e nublado, tornando-se bastante nublado e com vento forte, a partir das 9 da manhã, até ao final da tarde. No dia 9 de maio, às 6 horas registou-se alguma nebulosidade, chuviscos e vento fraco, que aumentou de intensidade perto das 15 horas.

Das 4 cultivares observadas, a cultivar ‘Hass’, nomeadamente a fase feminina, foi, a que nos 2 anos apresentou um comportamento mais constante.

Observou-se nas cultivares ‘Hass’ e ‘Bacon’, um período de sobreposição das duas fases na mesma árvore e até no mesmo ramo, como se pode verificar nas fotografias seguintes (Figura 30).



Figura 30 - Flores de ‘Hass’ nas duas fases, no mesmo ramo

Os dados demonstram que sob as condições meteorológicas observadas, houve períodos em que foram observadas flores ‘Hass’, funcionalmente masculinas e femininas, em simultâneo. No entanto, isso não aconteceu em todos os dias de observação. A abertura das flores das cultivares do grupo B parece ser particularmente afetada pelas variações de temperaturas. Ocasionalmente, as flores abriam apenas uma vez, passando da fase feminina (de manhã) para a masculina (à tarde), no mesmo dia. A partir do conjunto de dados recolhidos, parece haver sobreposição entre a floração de todas as cultivares do tipo B avaliadas e ‘Hass’. No entanto, a correspondência mais próxima de floração parece ser com a cultivar ‘Bacon’.

As observações, no que respeita à forma do pólen, demonstram que apresenta características pegajosas, tal como é descrito na literatura. Durante a abertura das válvulas dos estames, verifica-se que há a libertação do pólen, mas este permanece colado às paredes das anteras (Figura 31).



Figura 31 - Anteras libertando pólen, com as 4 válvulas abertas (esquerda) ou apenas com duas válvulas abertas (direita). Fotografia da direita realizada pela Doutora Cláudia Florindo.

Apesar de, de acordo com a bibliografia, o néctar da flor do abacateiro não ser muito atrativo para as abelhas (Ish-Am & Eisikowitch, 1991) (Bekey, 1989), é frequente encontrar as abelhas nas flores das várias cultivares, com maior frequência nas flores da cultivar 'Ettinger', onde é visível uma grande quantidade de néctar, em ambas as fases da flor (Figura 32).



Figura 32 - Abelha a recolher néctar numa flor de 'Hass'



Figura 33 - Flores da cultivar 'Ettinger' com néctar

No pomar em estudo verificou-se a existência de grande abundância de néctar em algumas flores (Figura 33). Para além das abelhas, foram observados muitos outros insetos visitando as flores do abacateiro, como por exemplo coleópteros, dípteros e himenópteros (Figura 34). É possível que alguns destes insetos actuem como agentes polinizadores (Wysoki *et al.*, 2002).



Figura 34 - Exemplos de insectos presentes nas flores, que poderão atuar como polinizadores no abacateiro

5.1.2 Fenologia da planta

Para estudar a fenologia da planta, foi considerado o estado fenológico dominante em cada planta, observado ao longo de várias semanas em 242 árvores (162 da cultivar 'Hass', 17 da cultivar 'Bacon', 16 da cultivar 'Ettinger' e 47 da cultivar 'Zutano'). Uma vez que, das árvores da cultivar 'Hass', cerca de metade (86 em 162) acabaram por não desenvolver qualquer inflorescência, os dados sobre o estado da floração são relativos às restantes 93 árvores. Na Figura 35 podemos ver que a 27 de fevereiro de 2019, quando se iniciaram estas observações, as inflorescências da cultivar 'Zutano' já se encontravam



Figura 36 - Floração de 'Zutano' (esquerda) e 'Bacon' (direita), no dia 27 de fevereiro de 2019.

A segunda rebentação vegetativa iniciou-se na segunda semana de março e prolongou-se durante a antese, fase em que se verificou a maior taxa de crescimento vegetativo. Embora a planta produza um elevado número de flores, tende a direcionar mais recursos para o crescimento vegetativo do que para a produção de flores e frutos.

Quanto ao número de frutos vingados, entre as 4 cultivares em estudo, as cultivares 'Bacon' e 'Ettinger' foram as que apresentaram um maior vingamento, enquanto que as cultivares 'Zutano' e 'Hass' apresentaram valores mais baixos (Figura 37). O baixo vingamento na cultivar 'Zutano' poderá estar relacionado com a ausência de polinização das suas flores, uma vez que não havia pólen disponível durante parte da sua floração. Na cultivar 'Hass', o baixo número de frutos vingados estará relacionado com o facto de haver muitas árvores que tiveram produções elevadas no ano anterior.

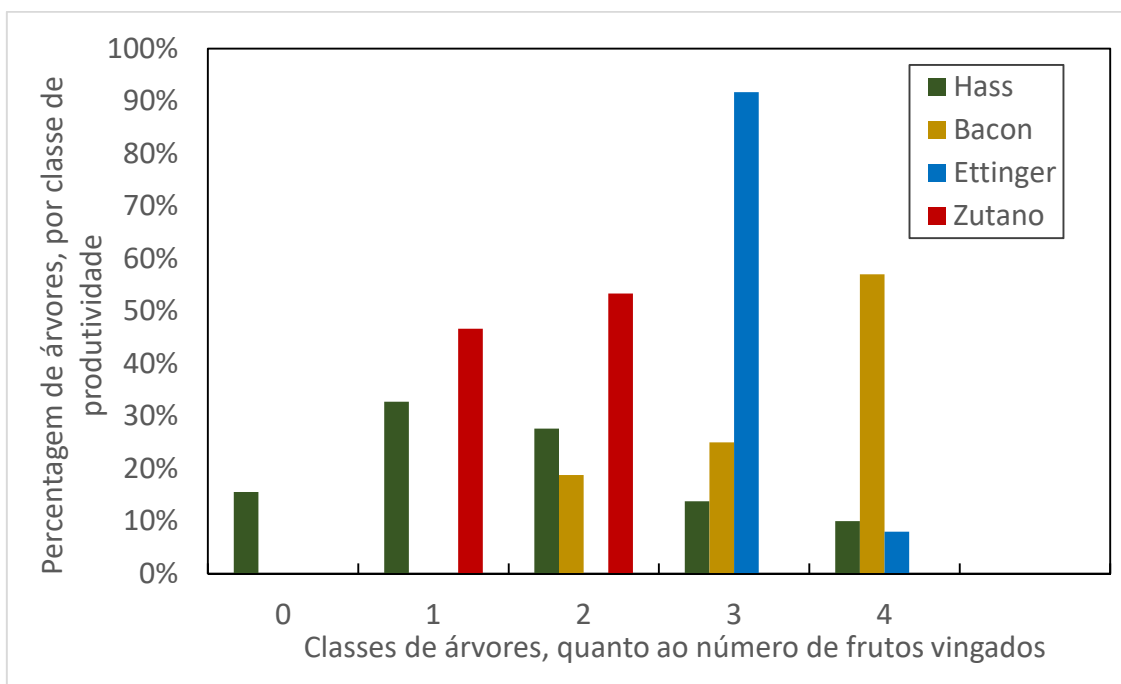


Figura 37 – Classificação das árvores das 4 cultivares em classes de produtividade, quanto ao número de frutos vingados em 2019

5.1.3 Floração, abscisão e vingamento. Efeito da orientação dos ramos.

Os seguintes dados referem-se ao vingamento por ramo das 40 árvores da cultivar 'Hass', selecionadas em 2018. Foram marcadas 4 inflorescências em cada árvore, segundo a orientação Sul, Este, Norte e Oeste. No dia 7 de maio foi feita uma avaliação da floração, com base no número de flores por inflorescência. Ao longo dos meses de maio, junho e julho, foram feitas contagens dos frutinhas ainda presentes em cada ramo. A contagem de flores por inflorescência, no dia 7 de maio, nas 160 inflorescências totalizavam 32 452 flores. Uma vez que algumas etiquetas que assinalavam as inflorescências caíram ou não foram encontradas, das 160 inflorescências marcadas, só 129 foram acompanhadas até ao final. No dia 24 de maio, restavam 4510 frutinhas, o que corresponde a 13,9% do total de flores inicial.

Na Figura 38 está representada a evolução do número de frutos por inflorescência ao longo dos meses. O número de frutos por inflorescência diminuiu muito durante os meses de maio e junho. No dia 12 de junho o número dos frutos que restavam por inflorescência era de 13, o que correspondia a 0,039% do número inicial de flores por inflorescência.

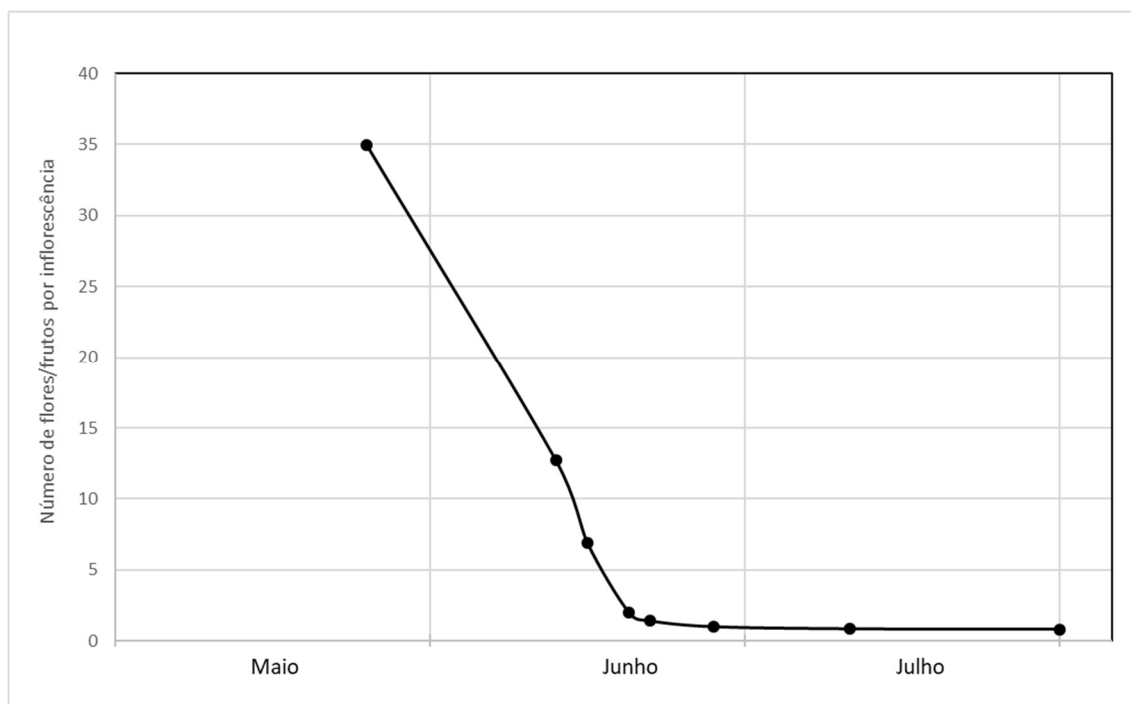


Figura 38 – Evolução do número de flores/frutos por inflorescência, ao longo do período de abscisão.

Nos ramos marcados, por orientação, restaram 28 inflorescências orientadas a Sul, 33 orientadas a Este, 39 orientadas a Norte e 29 a Oeste. A queda por ramo, está expressa no gráfico da Figura 39. Podemos verificar que nas inflorescências orientadas a Norte, havia mais frutinhas vingados no dia 24 de maio, do que nas outras orientações.

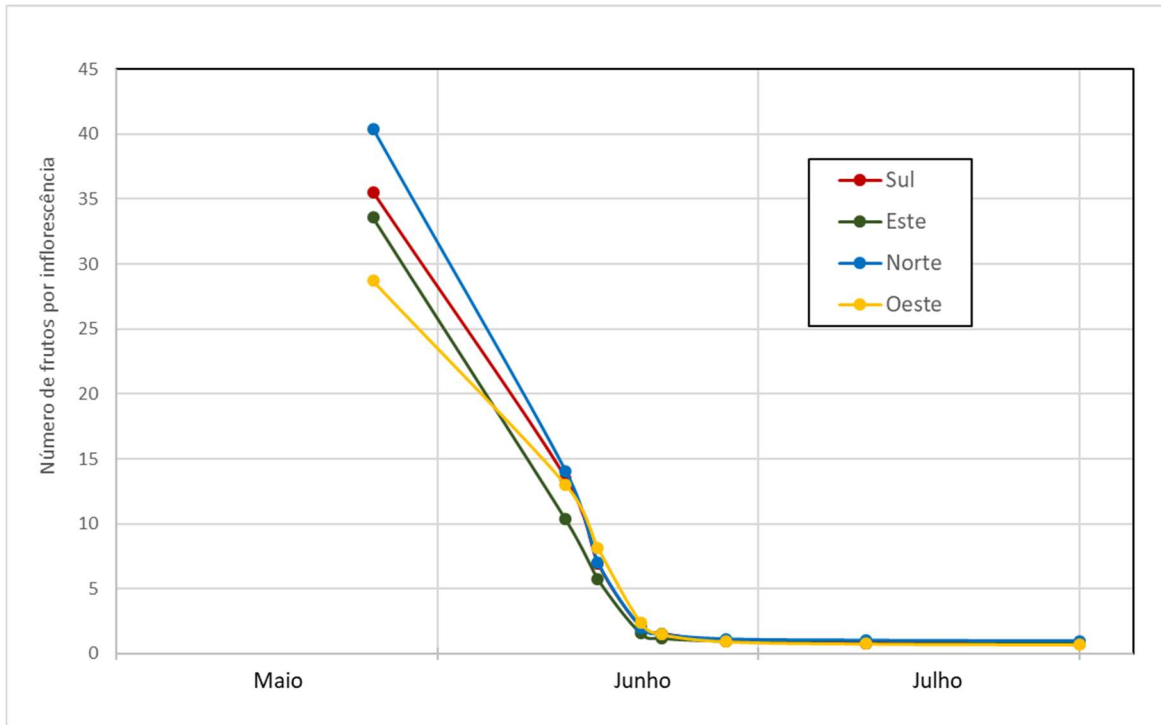


Figura 39 – Evolução do número de flores/frutos por inflorescência, ao longo do período de queda de frutos, segundo a localização da inflorescência relativamente à copa da árvore.

Considerando o processo de vingamento do fruto, para o conjunto de todas as inflorescências, a queda diária, ou seja o número total de frutinhas que cai por dia, está representado na Figura 40.

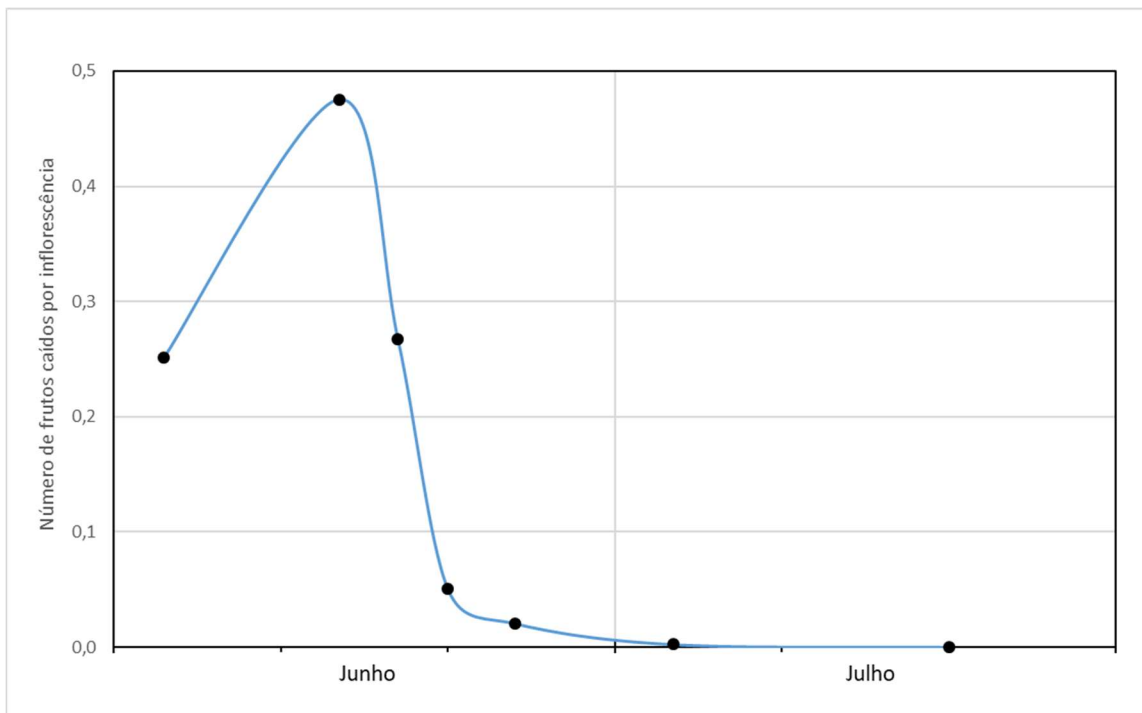


Figura 40 – Número total de flores/frutos caídos diariamente

No início do mês de junho, a queda é muito acentuada, o que podemos associar à competição entre frutinhas, um dos factores limitantes da produtividade dos pomares.

Além disso, após a queda de junho, ainda pode ocorrer uma importante queda de frutinhas, a qual se relaciona com elevadas temperaturas e baixa humidade relativa do ar. Se considerarmos a queda relativa, em percentagem do número de frutos caídos por dia relativamente ao número de frutos presentes na árvore (Figura 41), vemos que a queda ainda é importante até princípios de julho.

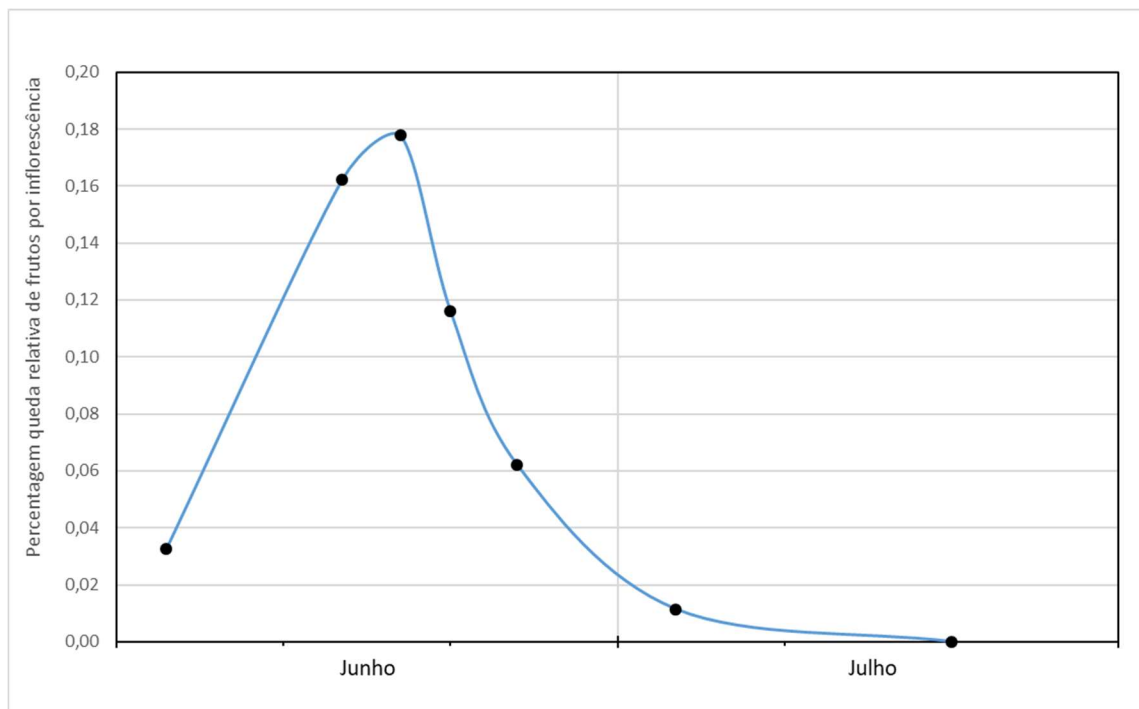


Figura 41- Evolução da percentagem de queda relativa de flores/frutos.

Após este período de queda fisiológica, foram feitos registos em setembro e novembro de 2018, para verificar se existiam quedas devidas ao calor durante os meses de verão. A última contagem de frutos foi realizada em março de 2019. A colheita destas árvores foi efetuada alguns dias depois e não se registaram alterações no número de frutos, em relação à última contagem. No Quadro 4, encontram-se representados os valores referentes a cada ramo marcado, segundo o quadrante. Apesar dos ramos orientados a Norte apresentarem um maior vingamento inicial de frutinhas, sofrem maior percentagem de queda e o seu vingamento final é menor que os ramos orientados a Este.

Quadro 4 - - Intensidade de vingamento, por quadrante, no ano 2018.

Parâmetros	Quadrante				Significância
	Sul	Este	Norte	Oeste	
Número de flores/ramo	288	215	224	191	N.S.
% frutinhos vingados (24/05/2018)	11,53	13,83	16,16	13,74	N.S.
% frutinhos vingados (10/07/2018)	0,27	0,37	0,41	0,33	N.S.
% frutinhos vingados (19/09/2018)	0,24	0,25	0,25	0,30	N.S.
% frutinhos vingados (05/03/2019)	0,15	0,13	0,14	0,19	N.S.

De acordo com a literatura, a taxa de vingamento de uma árvore adulta ‘Hass’ é de apenas 0,001 a 0,23% (Sedgley, 1980). De acordo com os dados obtidos, a taxa média de vingamento apurada é de 0,15%.

Segundo a análise estatística realizada, utilizando a variável transformada ($\sqrt{(x + 1)}$), uma vez que não existe normalidade das variáveis em estudo, os resultados obtidos não demonstram a existência de diferenças significativas no vingamento dos 4 ramos.

Recorreu-se à transformação inversa das variáveis e apresentam-se os resultados no Quadro 5.

Quadro 5 – Número de flores por ramo em cada um dos quadrantes da árvore.

Quadrante	Ramos/Quadrante	Número de flores
Sul	28	288
Este	33	215
Norte	39	224
Oeste	29	191
Total	129	227

Quadro resumo da análise de variância

NumFlorPramoTransRaisQx1	Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre Grupos	152,976	3	50,992	2,127	0,100 (N.S.)
Nos grupos	2996,644	125	23,973		
Total	3149,620	128			

5.1.4 Relação entre o início da floração, o vingamento inicial e a produtividade.

A relação entre o início da floração e a intensidade da mesma foi estudada durante o final do inverno e a primavera de 2019. As árvores foram classificadas por classes de produtividade (número de frutos vingados) (Quadro 6). Os níveis de vingamento inicial foram avaliados visualmente e classificados numa escala de 5 categorias durante o período entre 13 de março e 13 de junho (0=0 flores e 0 frutos vingados; 1=1-20 frutinhos vingados inicialmente; 2=21-100 frutinhos vingados; 3=101-300 frutinhos vingados e 4=mais de 300 frutinhos vingados). As mesmas categorias foram aplicadas para avaliação dos níveis de vingamento final, avaliado a 10 de julho. Neste ano, a floração iniciou-se no mês de março. Das 157 árvores observadas, no dia 13 de março já tinham iniciado a floração 6 árvores. Todas estas 6 árvores atingiram um nível de vingamento inicial de categoria 4 (mais de 300 frutinhos por árvore) e em todas elas o vingamento final foi também superior a 300 frutos (Quadro 6). Das 61 árvores que iniciaram a floração entre 21 de março e 9 de abril, 43 tiveram um vingamento inicial inferior a 20 frutinhos por árvore e 17 vingaram entre 21 e 100 frutos. Só uma destas árvores chegou a ter mais de 100 frutos vingados. Analizando a data de início da floração, podemos verificar que as árvores que apresentam uma floração mais precoce, iniciando-se no dia 13 de março, são as que apresentam classes de número inicial e final de frutos vingados mais elevadas. Um início mais tardio da floração está associado a níveis de vingamento inicial e final (julho) mais baixos e, conseqüentemente, uma menor produtividade. As árvores que têm uma floração mais precoce, apresentam uma floração mais intensa, dando origem a um maior número de frutinhos vingados.

Quadro 6 - Número de árvores, por classe de produtividade (número de frutos vingados) inicial e final e por data de início de floração.

Classe de produtividade (número de frutos vingados)	Data de início de floração			Total de árvores por classe
	13/mar	21/mar	09/abr	
Vingamento inicial	0	-	-	32
	1	0	22	65
	2	0	10	27
	3	0	16	17
	4	6	10	16
Totais por data	6	58	61	157
Vingamento final	0	-	5	50
	1	0	17	47
	2	0	17	35
	3	0	13	13
	4	6	6	12
Total de árvores por data	6	58	61	157

5.1.5 Influência da distância às polinizadoras sobre a frutificação

O efeito da proximidade de árvores polinizadoras sobre o vingamento do fruto foi determinado em 58 árvores situadas em diferentes filas e a diferentes distâncias das árvores polinizadoras.

Na Figura 42 podemos ver qual o número médio de frutos vingados por árvore, em conjuntos de árvores situados à mesma distância da polinizadora mais próxima. Para este efeito, considerou-se o número de frutos colhidos por árvore como o número de frutos

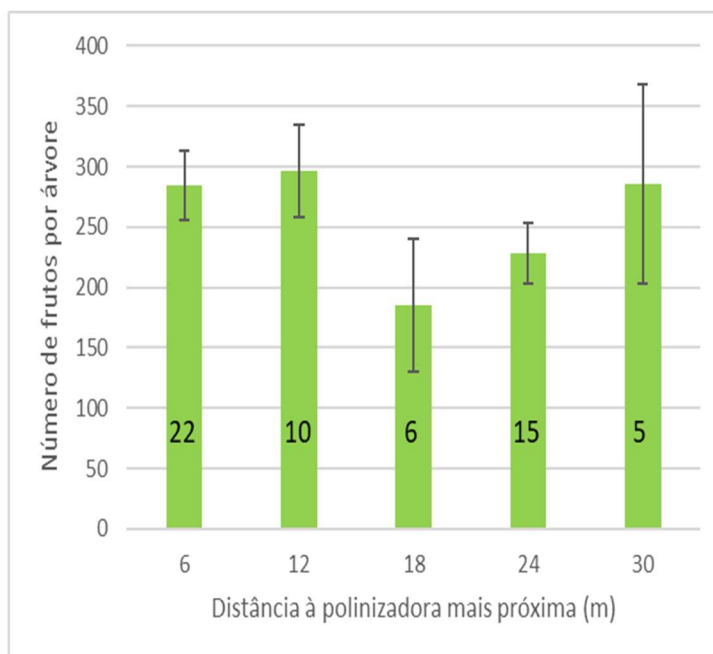


Figura 42 - Relação entre o número de frutos produzidos por árvore e a distância à polinizadora mais próxima. O número de árvores em cada grupo está inscrito sobre cada uma das barras.

vingados, tendo em conta que depois do vingamento não ocorreu nenhuma queda significativa de frutos.

As árvores situadas a 6 metros da polinizadora mais próxima (a fila de polinizadoras estava ao lado) produziram, em média, 285 frutos por árvore (Figura 42). Não houve uma diferença estatisticamente significativa entre as árvores de ‘Hass’ que tinham a polinizadora mais próxima a 6 metros e as que a tinham a 12 metros. As árvores situadas a 18 e a 24 metros da polinizadora mais próxima produziram menos que as situadas a 6 ou a 12 metros. O conjunto das árvores que se encontravam a 30 metros da polinizadora mais próxima foi de apenas 5 árvores. Quanto ao número de frutos produzidos por árvore, este grupo não diferiu estatisticamente de nenhum dos grupos anteriores.

Tendo em conta que na figura anterior o número de árvores em cada grupo era relativamente pequeno, os mesmos dados foram agrupados em apenas dois grupos: 1) o das árvores que se situavam na fila ao lado da fila de polinizadoras ou na imediatamente a seguir e 2), o das árvores que se situavam a maior distância

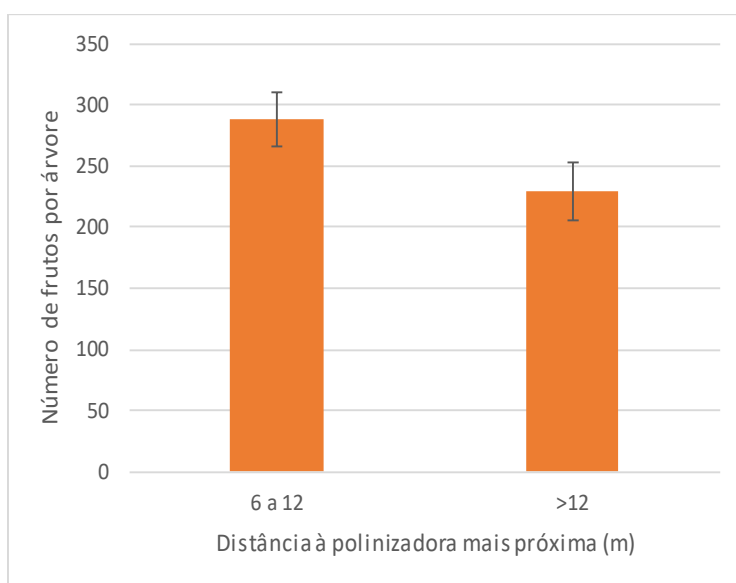


Figura 43 - Relação entre o número de frutos produzidos por árvore e a distância à polinizadora mais próxima.

das polinizadoras mais próximas. Considerando esta divisão, podemos ver que as árvores do primeiro grupo produziram mais frutos que as árvores do segundo grupo (Figura 43). Estes resultados indicam que a proximidade de polinizadoras tem um efeito positivo sobre o número de frutos produzidos por árvore.

5.1.6 Influência da distância ao apiário mais próximo sobre a frutificação

Sabe-se que a presença de abelhas no pomar é importante para a polinização e o vingamento do fruto (Cabezas & Cuevas, 2007). Porém, nem sempre é claro qual a densidade de colmeias e qual deve ser a localização. No pomar em que se realizou este estudo a densidade de colmeias foi de 10 colmeias por hectare na primavera de 2018 e de igual número na primavera de 2019. As colmeias estavam agrupadas em 3 apiários com

10 colmeias cada. No entanto, as distâncias de algumas das árvores em relação ao apiário mais próximo não foi a mesma nos dois anos em estudo, uma vez que na primavera de 2019 não existiu o apiário do setor 2, apenas o apiário do setor 3 estava ativo, o que aumentou a distância entre apiários.

Para determinar o efeito da presença de colmeias sobre a frutificação foi determinado o número de frutos colhidos em árvore situadas a diferentes distâncias do apiário mais próximo.

Na campanha 2018/19, com uma produtividade média elevada, o número de frutos colhidos por árvore não dependeu da distância da árvore ao apiário mais próximo (Figura 44).

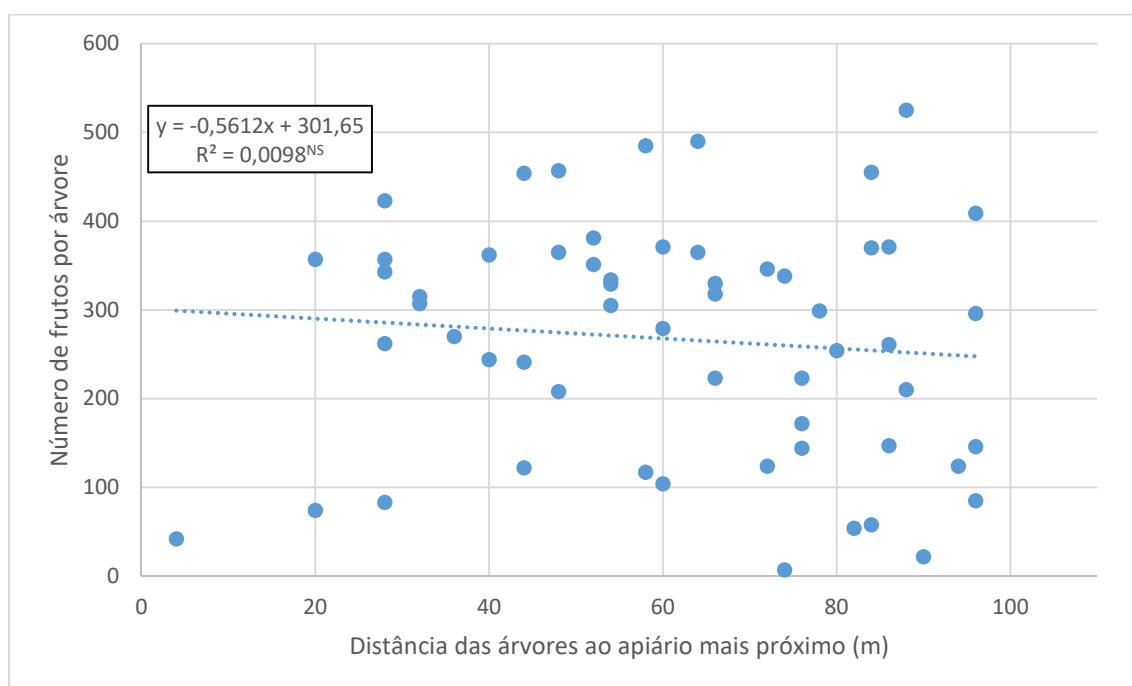


Figura 44 - Número de frutos colhidos 2018/19 em relação à distância ao apiário mais próximo

Na campanha 2019/20 as árvores tiveram uma produtividade bastante inferior à do ano anterior (Figura 45) o que coincidiu com a mudança do apiário do setor 2.

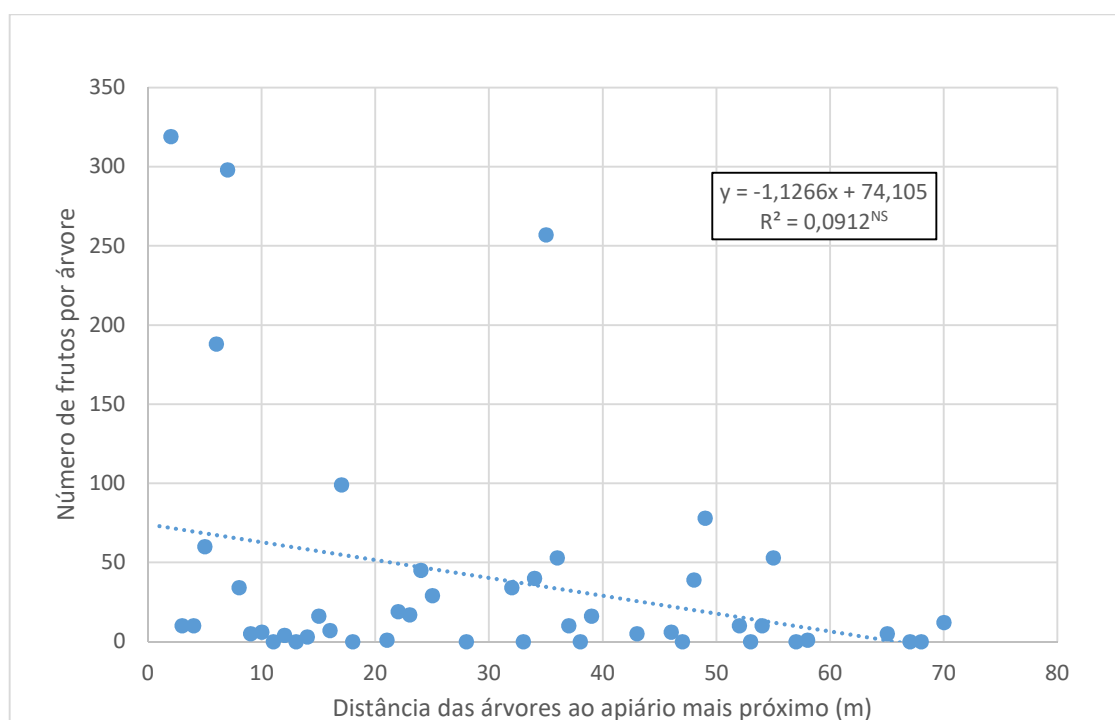


Figura 45 - Número de frutos colhidos 2019/20 em relação à distância ao apiário mais próximo

Analisando os resultados, verificamos que, mesmo as árvores mais distantes dos apiários, têm um número de frutos vingados semelhante ao das árvores mais próximas. Assim, podemos concluir que a distribuição dos apiários no pomar é correta, sendo o número de abelhas suficiente para a polinização.

5.1.7 Influência da produção do ano anterior na floração e no vingamento

Sabemos que os gomos florais produzidos pelos diferentes rebentos vegetativos durante o ano é influenciado pela carga de frutos e pelas condições ambientais. Esses gomos podem dar origem a flores ou rebentos vegetativos ou ainda, permanecer inativos.

Para perceber se a produção do ano anterior exercia algum efeito na floração do ano 2019, foram comparadas as médias de produção da campanha 2018/19, em função do estado fenológico das árvores aquando da primeira observação na floração do ano seguinte (17 fevereiro 2019) (Figura 46).

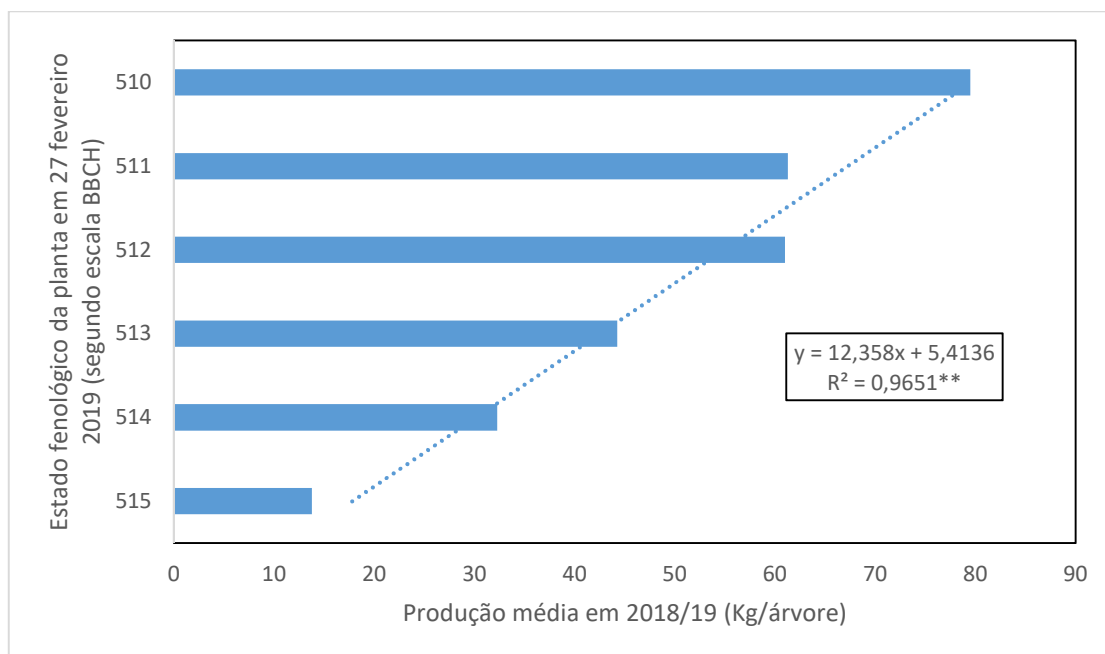


Figura 46 - Relação entre o estado fenológico das árvores no início das observações (17 de fevereiro) e a sua produção no ano anterior.

Analizando os dados referentes à evolução do estado fenológico segundo a escala BBCH, conclui-se que as árvores com uma maior produção em 2018/19, se encontravam mais atrasadas no seu desenvolvimento, em relação às que tiveram uma produção mais baixa. De igual modo verificou-se, no final das observações (10 julho 2019), que as árvores com maior vingamento (classe 3 e classe 4) tiveram uma média de produção no ano anterior de 40 Kg, enquanto que as que apresentavam menos fruta vingada (0, 1 e 2) tinha tido produções médias superiores a 50Kg.

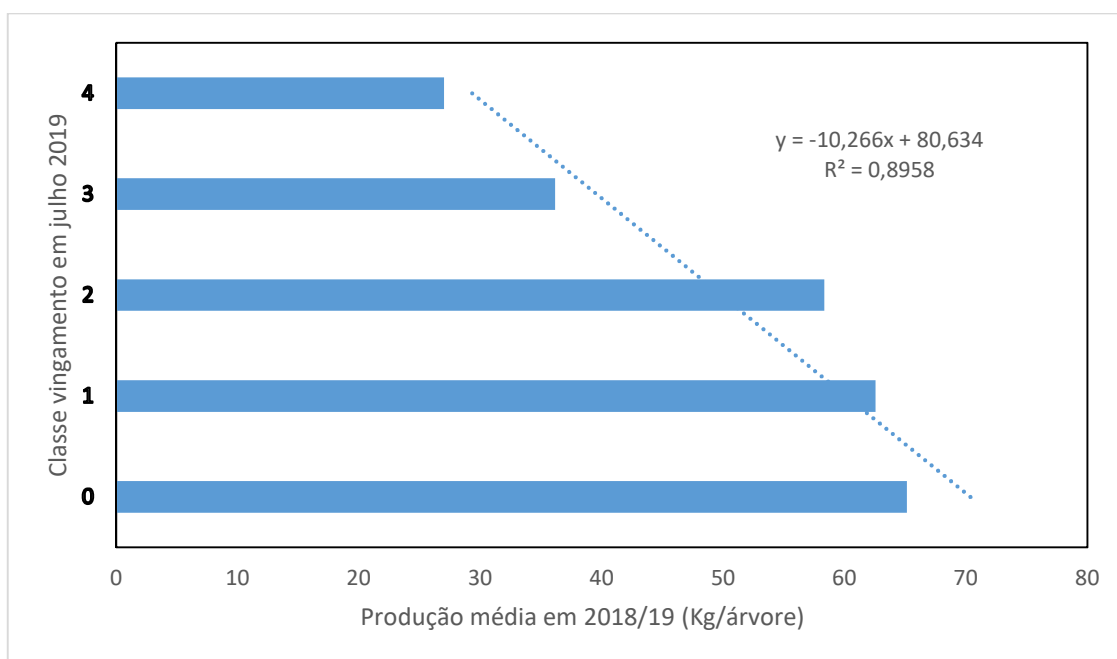


Figura 47 - Relação entre a produção ano anterior e as classes de produtividade observadas no mês de julho

Segundo os dados (Figura 47), verificou-se que as árvores com menor produção no ano anterior, em julho de 2019 tiveram uma intensidade de vingamento mais elevada, dando a indicação da existência de algum índice de alternância, embora os dados não sejam suficientes para afirmar este facto. Na Figura 48, está representada a relação entre as produções das safras 2018/19 e 2019/20.

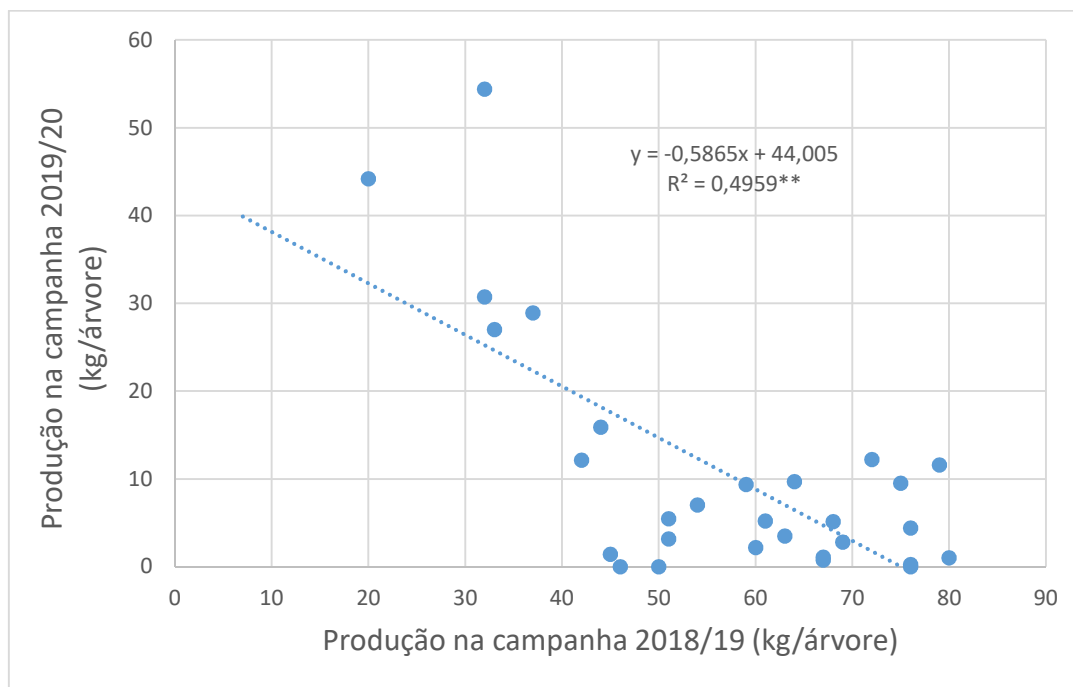


Figura 48 - Relação entre a produção de 2018/19 e a produção 2019/20

No sentido de clarificar ainda mais quais os fatores que influenciam o vingamento, foi realizada uma regressão múltipla em que foram consideradas como variáveis independentes: Colheita 2018/19 (kg); Data da colheita 2018/19 e Distância ao apiário mais próximo durante a floração (primavera de 2019). Podemos concluir que em relação à variável peso da colheita 2018/19 existem diferenças significativas relativamente ao número de frutos por árvore em julho. Os resultados desta análise (Quadro 7) demonstram mais uma vez que a colheita de cada árvore depende da quantidade de fruta que essa mesma árvore produziu no ano anterior e que os restantes parâmetros parecem não influenciar o vingamento.

Quadro 7 - Quadro de resultados da análise de regressão múltipla.

<i>Estatística de regressão</i>					
R múltiplo					0,8040709
Quadrado de R					0,646530012
Quadrado de R ajustado					0,621282155
Erro-padrão					9,983664795
Observações					46

ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significância</i>
Regressão	3	7657,1193	2552,373116	25,607323	0,0000
Residual	42	4186,2896	99,67356274		
Total	45	11843,408			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro-padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor P</i>
Interceptar	50,46887945	6,361410113	7,9335994	0,00000
Colheita 2018/19 (kg)	-0,729763276	0,089952548	8,112758237	0,00000
Data da colheita 2018/19	0,023160258	0,052184166	0,443817716	0,65945
Dist apiário 2019	0,043549982	0,075012972	0,580566007	0,56464

5.1.8 Influência da data da colheita sobre a floração e o vingamento

O efeito da época de colheita sobre o início da floração foi determinado em 118 árvores da cultivar ‘Hass’. Estas árvores foram colhidas em diferentes datas, entre dezembro de 2018 e abril de 2019 e a intensidade de floração foi determinada no período entre fevereiro e maio de 2019.

No Quadro 8 estão representadas as percentagens de árvores, em cada data de colheita, que não apresentavam qualquer flor ou muito poucas flores (que resultaram em menos de 20 frutos vingados por árvore). Neste quadro vemos que não parece haver relação entre a data de colheita e a intensidade de floração da campanha seguinte.

Quadro 8 – Síntese do número de árvores amostradas (2018/19), por data de colheita, que produziram mais de 40 Kg. Foram consideradas sem floração as que, na época seguinte (2019/20), vingaram menos de 20 frutos.

Data	2018				2019				Totais/ média
	17/dez	7/jan	17/fev	24/fev	6/mar	12/mar	26/mar	2/abr	
com floração	5	2	3	4	4	3	7	2	30
sem floração	7	7	7	6	28	4	3	6	68
total	12	9	10	10	32	7	10	8	98
% árvores s/ floração	58,3	77,8	70,0	60,0	87,5	57,1	30,0	75,0	64,5

Das 118 árvores, 20 produziram menos de 40 kg, o que é considerado uma baixa produção. Considerou-se que nas árvores com pouca produção, a data de colheita não afetaria a floração do ano seguinte, uma vez que o número de frutos a inibir a floração era baixo (Figura 49). Isso foi confirmado pelo facto de que todas essas árvores apresentaram floração no ano seguinte (mais de 20 flores por árvore), como se pode constatar no quadro 8 e a maioria delas (11) apresentaram floração intensa (mais de 300 flores por árvore).

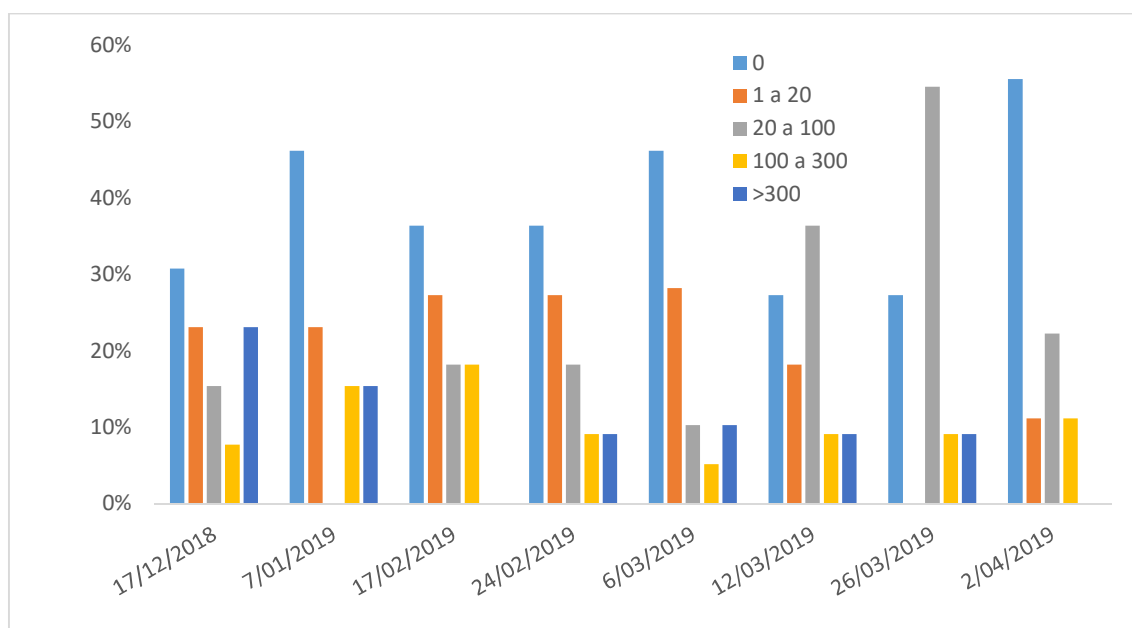


Figura 49 - Relação entre a data da colheita e o número de frutos produzidos no ano seguinte

Para determinar o efeito da data de colheita sobre a intensidade de floração foram consideradas apenas as 98 árvores que tinham produzido mais de 40 kg por árvore na campanha anterior. Uma vez que o efeito inibidor sobre a floração é muito baixo, em

árvores com pouca quantidade de fruta, selecionaram-se as árvores com uma carga superior a 40 Kg de fruta (Figura 50).

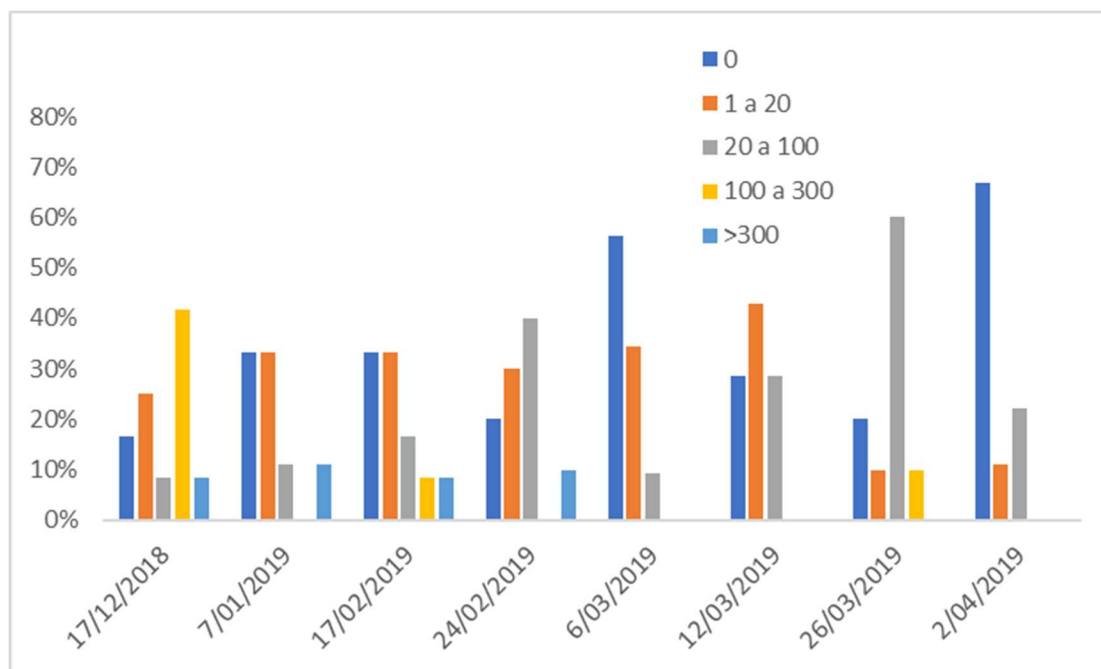


Figura 50 - Relação entre a data da colheita e percentagem de número de frutos vingados no ano seguinte em árvores que produziram mais de 40 kg

Analizando os dados obtidos, verifica-se que a data da colheita, por si só, não é um fator determinante do vingamento do ano seguinte. Nas árvores que foram colhidas mais tarde, dia 2 de abril, a percentagem de árvores sem floração aumentou, embora não se verifique uma tendência crescente ao longo do tempo. Quanto às árvores classificadas como classe 4 (árvores com mais de 300 frutos vingados), verifica-se que esse valor é muito superior nas árvores colhidas mais cedo, em 17 de janeiro, podendo indicar que esta época de colheita será vantajosa para a carga de fruta no ano seguinte. Quando a colheita se adia até abril, deixamos de ter árvores com maior número de frutos (classe 4). Apesar de não se encontrar relação entre a data da colheita e a classe de produtividade, sabemos que a prática da colheita tardia aumenta o comportamento alternante das árvores.

Recorreu-se à análise estatística para perceber se o número de frutos por árvore em julho é afetado significativamente pela data de colheita. Utilizaram-se como variáveis dependentes, a data da colheita-Data_C1D, o número de frutos por árvore em julho-Categoria_C2 e a covariável peso da colheita-Peso_C1 (Quadro 9). Numa primeira análise, considerando a variável dependente (Categoria_C2) de origem ordinal utilizou-se a ANCOVA não paramétrica proposta por Quade e descrita por Marôco (Marôco, 2014).

Para controlar o efeito do peso da colheita (covariável) sobre o número de frutos por árvore em Julho, utilizou-se a ANCOVA.

Quadro 9 - Quadro resumo dos dados de classes de produtividade em 10 de julho de 2019, relativamente à data de colheita da campanha 2018/19.

		Classes de produtividade - Categoria					
		0	1	2	3	4	total
Data da colheita	Data						
	17/12/2018	2	5	2	2	2	13
	07/01/2019	4	3	1	2	2	12
	17/02/2019	2	5	2	2	0	11
	24/02/2019	3	3	4	1	1	12
	6/03/2019	15	13	5	2	4	39
	12/03/2019	2	2	6	0	1	11
	26/03/2019	2	1	6	1	1	11
	02/04/2019	4	2	2	1	0	9
Total árvores	34	34	28	11	11	118	

Quadro 10 - Quadro resumo da análise de variância dos dados de classes de produtividade em 10 de julho de 2019, relativamente à data de colheita da campanha 2018/19 (Data_C1Da)

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: Unstandardized Residual

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Modelo corrigido	10222,456 ^a	7	1460,351	2,004	,061
Intercepto	560,796	1	560,796	,770	,382
Data_C1Da	10222,456	7	1460,351	2,004	,061
Erro	80165,617	110	728,778		
Total	90388,073	118			
Total corrigido	90388,073	117			

a. R Quadrado = ,113 (R Quadrado Ajustado = ,057)

Da tabela da ANOVA (Quadro 10) obtém-se $p=0,061 > \alpha=0,05$ podemos então concluir que esta análise não revelou diferenças estatisticamente significativas entre as datas da colheita relativamente ao número de frutos por árvore em julho (Categoria_C2), depois de considerado o efeito da covariável peso da colheita (Peso_C1).

5.2 Produtividade e qualidade do fruto

5.2.1 Relação entre o número de frutos por árvore e o seu tamanho

Em plantas alternantes, como é o caso de alguns citrinos, após um ano com elevadas colheitas (ano de safra) vem uma floração escassa e, conseqüentemente, uma baixa produção (Pacheco & Duarte, 2016). Em alguns casos, a influência negativa da carga de fruta na floração e na produção do ano seguinte, pode ser parcialmente compensada pelo ganho no peso e na qualidade do fruto. Em 2019 a colheita de 58 árvores foi controlada de forma a determinar o número de frutos colhidos e o seu peso médio. De facto, parece haver uma relação inversa entre o número de frutos e o peso médio do fruto. Nas árvores que produziram mais de 400 frutos, estes não atingiram os 200 g de peso (Figura 51). Porém, mesmo nas árvores com maior número de frutos o seu tamanho permitia a sua comercialização. Além disso, em média, entre uma árvore que produz 500 frutos e outra que produz apenas 100 frutos (cinco vezes menos), a diferença de calibre é de cerca 75 g, ou seja, menos de 50%.

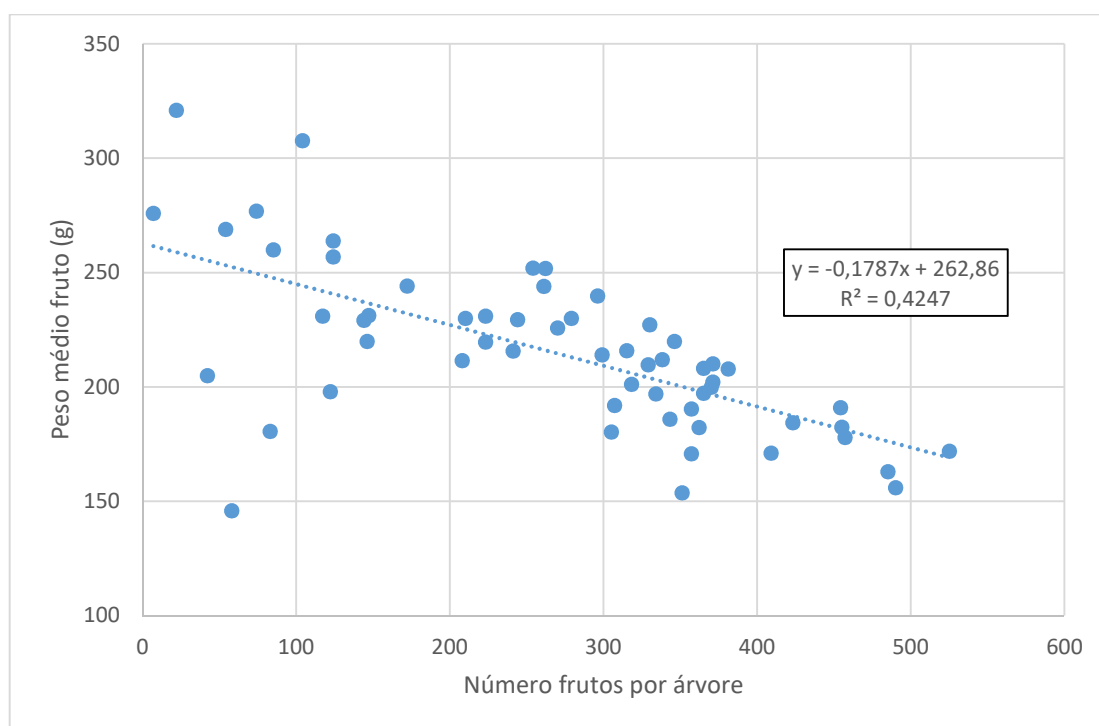


Figura 51 - Relação entre o número de frutos por árvore e o peso médio do fruto

Os dados recolhidos referentes ao peso médio, diâmetro médio e altura do fruto em diversas datas de colheita, não evidenciaram uma relação clara entre a data da colheita e o tamanho do fruto. Assim, não parece que um atraso na colheita de frutos traga vantagens para o agricultor, a menos que haja uma subida do preço da fruta com o tempo.

6 CONCLUSÕES

Nas condições em que se realizou este estudo, num pomar do concelho de Faro (Algarve), a floração do abacateiro decorreu de forma diferente do descrito na bibliografia (Stout, 1933). A temperatura é apontada como o fator determinante para o comportamento floral do abacateiro, sendo a HR associada à duração da viabilidade do estigma até à murchidão (Alcaraz & Hormaza, 2009). O intervalo ideal é entre os 20°C e os 25°C e a HR entre 57% e 63% (Anguiano *et al.*, 2007). Analisados os dados obtidos, podemos concluir que a abertura das flores é influenciada pela temperatura, nomeadamente, pelas mínimas diárias. Assim, nas condições em que se realizou este estudo, as flores do abacateiro ‘Hass’ nunca tiveram o ciclo de abertura e fecho habitualmente descrito para esta cultivar. Além disso, em dias com diferentes condições atmosféricas, o ciclo foi diferente.

Nas condições observadas, houve períodos em que foram observadas flores ‘Hass’ funcionalmente masculinas e femininas, em simultâneo. Tendo em conta os resultados, podemos afirmar que em certas condições atmosféricas pode haver polinização próxima (entre flores da mesma planta) ou mesmo autopolinização (da mesma flor). A abertura das flores das cultivares do grupo B parece ser particularmente mais afetada pelas variações de temperatura do que as da cultivar ‘Hass’.

O período de floração das cultivares ‘Hass’, ‘Ettinger’ e ‘Bacon’ dura cerca de 10 semanas, entre março e maio. A cultivar ‘Zutano’ apresenta um período de floração mais extenso, indo de fevereiro até ao início de maio, apresentando um desfasamento em relação à cultivar ‘Hass’, mesmo assim, pode ser importante como polinizadora da ‘Hass’, uma vez que assegura uma elevada quantidade de pólen quando abrem as primeiras flores.

A importância da presença de polinizadoras para a produtividade da ‘Hass’ foi determinada através do efeito da proximidade. Uma vez que o número de frutos por árvore foi ligeiramente superior nas árvores situadas a menor distância das polinizadoras, parece haver uma influência positiva destas sobre a produtividade da cultivar ‘Hass’.

Não ficou demonstrada diferença na produtividade entre as árvores que se encontravam mais próximas dos apiários, o que pode indicar que o número de colmeias é suficiente para assegurar a polinização de todo o pomar.

A produção do ano anterior, revelou-se um fator muito importante e apresentou efeitos significativos no atraso da floração e no vingamento/colheita da campanha seguinte.

Não se verificou haver uma relação significativa, quanto à influência da data da colheita na floração do ano seguinte, no entanto, e segundo alguns autores, a prática da colheita tardia para aumentar a matéria seca e o teor de óleo dos frutos, ou para esperar por um preço de mercado mais alto, aumenta o comportamento alternante das árvores, o que condiciona a produção do ano seguinte (Whiley *et al.*, 2002). A influência da data da colheita no tamanho do fruto também não ficou demonstrada.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaraz , M. L. & Hormaza , J. I., 2019. Reproductive biology of avocado (*Persea americana*). *Acta Hortic. 1231*, Volume ISHS 2019. DOI 10.17660, p. 23-28.
- Alcaraz, M. & Hormaza, J. I., 2009b. Selection of potential pollinizers for ‘Hass’ avocado based on flowering time and male-female overlapping. *Sci. Hort.*, Volume 121, p. 267-271.
- Alcaraz, M. L. & Hormaza, J. I., 2009. Avocado Pollination and Fruit Set – A Perspective from Spain. *California Avocado Society 2009 Yearbook 92*, p. 113-135.
- Alcaraz, M., Thorp, T. & Hormaza, J. I., 2013. Phenological growth stages of avocado (*Persea americana*) according to the BBCH scale. *Sci. Hortic.* 164, p. 434-439.
- Anguiano, C.J., Alcántar, R.J., Toledo, B.R., Tapia, L. M., Vidales-Fernández, J. A., 2007. Soil and Climate Characterization of The Avocado-Producing Area of Michoacán. Proceedings VI World Avocado Congress. p.12-16.
- Arpaia, M. & Hofshi, R., 2004. The avocado flower and the pollination-fruitset process- Ideas from a California perspective. Proceedings of 2nd Seminario Internacional de Paltos, 29 September – October, 2004, Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda., Quillota, Chile, p.22
- Avilán, L. & Rodríguez, M., 1995. *Epoca de floración y cosecha del aguacate en la región norte de Venezuela*; Volume 45(1), p. 35-50.
- Bekey, R., 1989. To bee or not to be - pollination of avocados. *Calif. Grower*, 13(2), p. 30-32.
- Bleiholder, H., Van den Boom, T., Langelüddeke, P. & Stauss, R., 1989. Einheitliche Codierung der phänologischen Stadien bei Kultur- und *Schadpflanzen*. *Gesunde Pflanzen* 41, p. 381–384.
- Blumenfeld, A. & Gazit, S., 1974. Development of seeded and seedless avocado fruits. *J. Am Soc. Hort. Sci.* Volume 99, p. 442-448.
- Bringhurst, R., 1952. Sexual reproduction in the avocados. *California Avocado Society Yearbook 36*, Volume California Avocado Society Yearbook 36, p. 210-214.
- Cabezas Soriano, C., Martín Hueso, J. & González, C., 2002. *Estados fenológicos tipo del Aguacate*. Espanha: Cajamar, p. 426.
- Cabezas, C. & Cuevas, J., 2007. Vectores de polinización del aguacate en el sureste español. *Actas VI Congreso Mundial del Aguacate*, p. 231-236.
- Calabrese, F., 1992. El Aguacate. *V Congreso Mundial del Aguacate*, Granada, p. 155-160.
- Carabalí, A., Pinchao, S., Lamprea, I., Peña, J.F., Carabalí, D. 2017. Insectos polinizadores del aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass en Colombia. Bogotá: Corpoica., p. 96.
- Clark, O. I., 1923. Avocado pollination and bees. *Calif. Avocado Assoc. Yearb.*, Volume 7, p. 57-62.

- Costa, J., Rosa, A. & Oliveira, P., 2018. Breve história, situação atual e perspectivas de futuro da cultura do abacateiro na região do Algarve. *Revista APH*, Volume 129, p. 33-34.
- Cuevas, J.; Cabezas, C., 2007. Floral organs removal in avocado: opening and closing control. *Proceedings VI World Avocado Congress*, p.313-314.
- Davenport, T., 1992. Is a pollinator required to maximize avocado production? *Proc. of Second World Avocado Congress, Workshop 2 University of Florida*, p. 667-668.
- Davenport, T. L., Parnitzki, P., Fricke, S. & Hughes, M. S., 1994. Evidence and significance of self-pollination of avocados in Florida. *Journal of the American Society for Horticultural Science* Volume 119, p. 1200-1207.
- Degani, C., El-Batari, R. & Gazit, S., 1997. Outcrossing rate, yield and selective fruit abscission in 'Ettinger' and 'Ardith' avocado plots. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, Volume 122, p. 813-817.
- Degani, C., Goldring, A. & Gazit, S., 1989. Pollen parent effect on outcrossing rate in 'Hass' and 'Fuerte' avocado plots during fruit development. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Volume 114, p. 106-111.
- Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, 2010. *Produção integrada da cultura do abacateiro*. Lisboa: Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas.
- Duarte, A., Lopes, R., Furtado, J. & Duarte, J., 2018. Alguns aspetos da floração e vingamento do abacateiro. *Revista da APH*, Volume 129, pp. 29-32.
- FAOSTAT, 2020. FAOSTAT. [Online] Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> [Acedido em 01 2020].
- Fleckinger, J., 1948. Les stades végétatifs des arbres fruitiers, en rapport avec les traitements. *Pomologie Francaise (Suppl.)*, p. 81-93.
- Friis, I., 2010. Atlas of the potential vegetation of Ethiopia. s.l. *Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab*, p.307.
- Gardiazabal, F. & Gandolfa, S., 1995. A study of self-pollination and cross-pollination in avocado (Persia Americana Mill.) Cv Hass of different varieties. *Proceedings of the World Avocado Congress III*, p. 53-56.
- Gardiazabal, F. & Rosenberg, G., 1990. *Cultivo del palto*. Quillota. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, p. 210.
- Garner, L., Ashworth, V., Clegg, M. & Lovatt, C., 2008. The impact of outcrossing on yields of 'Hass' avocado. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, Volume 133, p. 648- 652.
- Guil, I. & Gazit, S., 1992. Pollination in Hass avocado cultivar. *Proceedings of the Second World Avocado Congress*, p. 241.
- Hofshi, R., 2002. Should the California avocado industry consider 'snap' harvesting? *AvoResearch*. Volume 2, p. 1-4.
- Hueso, J. & Cuevas, J., 2014. *La fruticultura del siglo XXI*. Espanha: Cajamar Caja Rural, p. 404.

- Ish-Am, G. & Eisikowitch, D., 1991. New insight into avocado flowering in relation to its pollination. *California Avocado Society Yearbook*, p. 125-137.
- Ish-Am, G. & Eisikowitch, D., 1993. The behaviour of honey bees (*Apis mellifera*) visiting avocado (*Persea americana*) flowers and their contribution to its pollination. *Journal of Apicultural Research*, Volume 32, p. 175-186.
- Ish-Am, G. & Eisikowitch, D., 1998. Low attractiveness of avocado (*Persea americana* Mill.) flowers to honeybees (*Apis mellifera* L.) limits fruit set in Israel. *J. Hort. Sci. Biotech.*, Volume 73, p. 195-204.
- Lahav, E. Z. D., 1999. Flowers, fruitlets and fruit drop in avocado trees. Chapingo Serie Horticultura 5 Num. Especial. *Proc. of Fourth World Avocado Congress*, p. 95-100.
- Lovatt, C. J., 1990. Factors Affecting Fruit Set/Early Fruit Drop in Avocado. *California Avocado Society*, Volume Yearbook 74, p. 193-199.
- Malerbo-Souza, 2000. Polinização em flores do abacateiro (*Persea americana* Mill.). *Acta Scientiarum*, Maringá, Volume.22, n. 4, p. 937-941.
- Marôco, J., 2014. Análise de Equações Estruturais-Fundamentos teóricos, Software e Aplicações. 2ª ed. Lisboa, p. 389.
- McGregor, S. E., 1976. Insect pollination of cultivated crop-plants. Em: *Agriculture handbook* N°. 496. s.l.: U.S.D.A., p. 93-98.
- Nirody, B., 1922. Investigations in avocado breeding. *California Avocado Society Yearbook*, Volume 6, p. 65-78.
- Pacheco, P. & Duarte, A., 2016. Caracterização da rebentação da tangerineira ‘Setubalense’ em anos de safra e de contrassafra. *Actas Portuguesas de Horticultura*, 25, p. 43-49.
- Papademetriou, M., 1974. A study of the viability avocado pollen under natural conditions. *Avocado Society 1974-5 Yearbook California*, Volume 58, p. 74-76.
- Peña, J. F. & Carabalí, A., 2018. Effect of Honey Bee (*Apis mellifera* L.) Density on Pollination and Fruit Set of Avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. *J. Apic. Sci.*, Volume 62, p.1-10.
- Popenoe, W., 1924. *Manual of tropical and subtropical fruits*. MacMillan, New York p. 47.
- Reece, P., 1942. Differentiation of avocado blossom buds in Florida. *Bot. Gaz.*, Volume 104, p. 323-328.
- Reni, L. et al., 2016. Selection of Avocado Plants Based on Fruit Characters, Fat Content, and Continual Harvest along the year in West Java-Indonesia. *Inter. J. on Adv. Sci. Eng. Inf. Tech.* Volume 6 (1)., p. 77-83.
- Robbertse, P., Johannsmeier, M. & Morudu, T., 1998. Pollination of Hass avocados. *South African Avocado Growers Association Yearbook*. Volume 21, p. 63-68.
- Robinson, T., 1931. Some aberrant forms of flower mechanism in the avocado. *California Avocado Society Yearbook*, Volume 15, p. 107-111.

- Robinson, T. R. & Savage, E. M., 1926. Pollination of the avocado. *USDA Departmental circular 387*, Volume 387, pp. 1-16.
- Salazar-García, S., Garner, L. & Lovatt, C., 2013. Reproductive biology. In: *The avocado: botany, production and uses*. Oxfordshire, UK: CABI, p. 118-167.
- Salazar-García, S., Lord, E. & Lovatt, C., 1998. Inflorescence and flower development of the 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.) during 'on' and 'off' crop year. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* Volume 123(4), p. 537–544.
- Schaffer, B. A., Wolstenholme, B. N. & Whiley, A. W., 2013. Biotechnology In *The Avocado: Botany, Production and Uses*. 2nd edition. p. 605.
- Scholefield, P., 1982. A scanning electron microscope study of flowers of avocado, litchi, macadâmia and mango. *Scientia Horticulturae*, Volume 16, p. 263--272.
- Schroeder, C., 1986. Physiological gradient In avocado Fruit. *California Avocado Society Yearbook* , Volume 69, p. 137-143.
- Sedgley, M., 1977. The effect of temperature on floral behaviour, pollen tube growth and fruit set in the avocado *J. Hortic. Sci.* Volume 52, p. 135–141.
- Sedgley, M., 1980. Anatomical investigation of abscised avocado flowers and fruitlets. *Annals of Botany* Volume 46, p. 771- 777.
- Sedgley, M., 1985. Some effects of day length and flower manipulation on the floral cycle of two cultivars of avocado (*Persea americana* Mill, Lauraceae), a species showing protogynous dichogamy. *J. of Exper. Bot.* Volume 36, p. 823-832.
- Sedgley, M. & Annels, C., 1981. Flowering and fruit-set response to temperatures, during flowering on floral cycle and pollen tube growth in nine avocado cultivars. *Sci. Hortic*, Volume 18, p. 207–213.
- Sedgley, M. & Grant, W., 1983. Effect of low temperatures during flowering on floral cycles and pollen tube growth in nine avocado cultivars. *Sci. Hortic*. Volume 18, p. 207–213.
- Shoval, S., 1987. Pollination rate and pollen tube growth of avocado, in relation to yield. *M. Sc. Thesis*. Rehovot: The Hebrew Univ. p.161.
- Stout, A., 1933. A study in cross-pollination of avocado in California. *Calif. Avoc. Association Ann. Report*, Volume 8, p. 29-45.
- Stout, A. B., 1933. The pollination of avocados. *Fla. Agric. Exp. Sta. Bull.* 257, p. 44.
- Tomer, E. & Gazit, S., 1979. Early Stages In Avocado (PERSEA AMERICANA MILL.) *Fruit. Bot. Gaz.* 140(3), p. 304-309.
- Tomer, E. & Gottreigh, M., 1975. Abnormalities in avocado (*Persea americana* Mill.) ovule development. *Botanical Gazette*, Volume 139, pp. 81-86.
- Venning, F. & Lincoln, F., 1958. development morphology of the vegetative axis of avocado (*Persea americana* Mill.) and its significance to spacing. pruning practices and yields of the grove. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* Volume 71, p. 350–356.

- Whiley, A. W., 1992. Avocado varieties and rootstocks-a review .In: *Proceedings of the Avocado*. Research workshop. Queensland Dept. of primary industries, Brisbane, Australia, p. 15-20.
- Whiley, A.W., Schaffer, B. and Wolstenholme, B.N. (2002) *The Avocado: Botany, Production and Uses*. CAB International, Wallingford, UK, p. 432.
- Wysoki, M. et al., 2002. Pests and Pollinators of Avocado. *Tropical Fruit Pests and Pollinators: Biology, Economic Importance*. Wallingford: *CAB International Publishing.*, p. 223-294.
- Yasir, M., Das, S. & Kharya, M. D., 2010. The phytochemical and pharmacological profile of *Persea Americana* Mill. *Pharmacognosy Reviews*, Volume 4(7), p.77-84.