

# MODELAGEM FENOLÓGICA DO PESSEGUEIRO

COM BASE EM EXIGÊNCIA DE FRIO  
E GRAUS-DIA DE DESENVOLVIMENTO



Filipe Bittencourt Machado de Souza,  
Leonardo França da Silva, Luciano José Minette  
Ana Vitória Remígio de Gois, João José da Silva Júnior,  
Marcelo Fagioli, Cristiano Marcio Alves de Souza  
Cássio Furtado Lima, Ana Izabella Freire



2026

Filipe Bittencourt Machado de Souza  
Leonardo França da Silva  
Luciano José Minette  
Ana Vitória Remígio de Gois  
João José da Silva Júnior  
Marcelo Fagioli  
Cristiano Marcio Alves de Souza  
Cássio Furtado Lima  
Ana Izabella Freire

# MODELAGEM FENOLÓGICA DO PESSEGUEIRO COM BASE EM EXIGÊNCIA DE FRIO E GRAUS-DIA DE DESENVOLVIMENTO

1ª EDIÇÃO



SÃO LUÍS - 2026



**EDITORA NOVUS**

SÃO LUÍS - MA - 2026

 WWW.EDITORANOVUS.COM.BR  EDITORANOVUS@GMAIL.COM

### **Diagramação e Edição**

Eduardo Mendonça Pinheiro

### **Edição de Arte**

Romilson Carneiro Rodrigues

### **Normalização**

José Marcelino Nascimento Veiga Júnior

### **Conteudista**

Filipe Bittencourt Machado de Souza

Leonardo França da Silva

Luciano José Minette

Ana Vitória Remígio de Gois

João José da Silva Júnior

Marcelo Fagioli

Cristiano Marcio Alves de Souza

Cássio Furtado Lima

Ana Izabella Freire

© 2026 Copyright – Direitos reservados. A Editora Novus é detentora dos direitos autorais relativos à edição, diagramação e ao projeto gráfico da presente obra. Os autores permanecem titulares dos direitos autorais de seus respectivos textos. Esta publicação está licenciada sob a Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0), permitindo a reprodução, o download e o compartilhamento total ou parcial do conteúdo, desde que a fonte seja devidamente citada, com atribuição obrigatória de autoria, e que a obra seja disponibilizada exclusivamente em Acesso Aberto (Open Access). Não é permitida qualquer forma de alteração, adaptação ou modificação do conteúdo, bem como sua disponibilização em plataformas de acesso restrito ou com finalidade comercial.



### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**S729m**

Souza, Filipe Bittencourt Machado de

Modelagem fenológica do pessegueiro com base em exigência de frio e graus-dia de desenvolvimento. / Filipe Bittencourt Machado de Souza [et al.]. – São Luís: Editora Novus, 2026.

46 f.: il. color.

Publicação digital (e-book) no formato PDF

ISBN: 978-65-84364-34-9

DOI: 10.29327/5850700

1. Fenologia. 2. Graus-dia. 3. Dormência. 4. Climatologia agrícola. 5. Pessegueiro. 6. Fruticultura. I. Souza, Filipe Bittencourt Machado de [et al.]. II. Título.

CDU: 634.25:551.5

Elaborado por José Marcelino Nascimento Veiga Júnior – CRB 13/320

## CONSELHO EDITORIAL

Dr<sup>a</sup> Anali Linhares Lima  
M.Sc. Alan Jefferson Lima de Moraes  
Dr. André Leonardo Demaison Medeiros Maia  
Dr<sup>a</sup> Anna Christina Sanazario de Oliveira  
Dr<sup>a</sup> Aurea Maria Barbosa de Sousa  
Dr<sup>a</sup> Camila Pinheiro Nobre  
Dr. Claudio Alves Benassi  
Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
Dr<sup>a</sup> Claudiene Diniz da Silva  
Dr. Diogo Guagliardo Neves  
M.Sc. Eduardo Oliveira Pereira  
Dr<sup>a</sup> Elba Pereira Chaves  
Dr. Elmo de Sena Ferreira Junior  
M.Sc. Érica Mendonça Pinheiro  
Dr. Fabio Antonio da Silva Arruda  
M.Sc. Fernanda Tabita Barroso Zeidan  
Dr. George Alberto da Silva Dias  
Dr<sup>a</sup> Gerbeli de Mattos Salgado Mochel  
Dr<sup>a</sup> Giselle Cutrim de Oliveira Santos  
Dr<sup>a</sup> Herlane de Olinda Vieira Barros  
Dr<sup>a</sup> Ivete Furtado Ribeiro Caldas  
M.Sc. José Carlos Durans Pinheiro  
M.Sc. Josiney Farias de Araújo

M.Sc. Julianno Pizzano Ayoub  
M.Sc. Lucianna Serfaty de Holanda  
Dr<sup>a</sup> Luciara Bilhalva Corrêa  
Dr<sup>a</sup> Luana Martins Cantanhede  
Dr<sup>a</sup> Maria Raimunda Chagas Silva  
Dr<sup>a</sup> Marina Bezerra Figueiredo  
M.Sc. Mayanne Camara Serra  
Dr<sup>a</sup> Michela Costa Batista  
Dr. Moisés dos Santos Rocha  
Dr<sup>a</sup> Priscila Xavier de Araújo  
M.Sc. Ramaiany Carneiro Mesquita  
Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia Silva de Oliveira  
M.Sc. Rosany Maria Cunha Aranha  
Dr. Saulo José Figueiredo Mendes  
Dr<sup>a</sup> Samantha Ariadne Alves de Freitas  
Dr<sup>a</sup> Sandra Imaculada Moreira Neto  
M.Sc. Shirley Ribeiro Carvalho  
Dr<sup>a</sup> Sinara de Fátima Freire dos Santos  
M.Sc. Tatiana Mendes Bacellar  
Dr<sup>a</sup> Thais Roseli Corrêa  
Dr<sup>a</sup> Thalita Karolline de Queiroz Pereira  
Dr. Wellington de Assunção  
Dr. William de Jesus Ericeira Mochel Filho

Acesse [www.editoranovus.com.br/corpo-editorial-2/](http://www.editoranovus.com.br/corpo-editorial-2/) para conhecer os membros do Corpo Editorial

### **Parecer editorial e avaliação por pares**

Os trabalhos que integram esta obra foram submetidos à apreciação do Conselho Editorial da Editora Novus e avaliados por pareceristas externos, por meio do sistema de revisão por pares (peer review), tendo sido considerados aptos para publicação.

**Nota editorial:** Trata-se de uma produção de caráter independente, na qual os direitos autorais permanecem sob a titularidade de seus respectivos autores. Eventualmente, alguns textos podem apresentar desdobramentos de pesquisas, comunicações ou trabalhos acadêmicos previamente apresentados ou defendidos, cabendo aos autores a observância rigorosa das boas práticas acadêmicas, especialmente no que se refere à prevenção do autoplágio. O conteúdo das obras é de responsabilidade exclusiva dos autores, não refletindo, necessariamente, o posicionamento da Editora Novus, dos organizadores, dos revisores ou dos membros do Conselho Editorial.

# PREFÁCIO

A fruticultura de clima temperado ocupa posição de destaque no cenário agrícola mundial, não apenas pela relevância econômica de suas culturas, mas também pela complexidade biológica e climática que envolve seus sistemas produtivos. Entre essas espécies, o pessegueiro se destaca por sua ampla adaptabilidade, valor comercial e sensibilidade às condições ambientais, especialmente à dinâmica térmica responsável pela superação da dormência e pela regulação de seus ciclos fenológicos. Nesse contexto, compreender os mecanismos que condicionam o desenvolvimento dessa frutífera tornou-se indispensável para o avanço científico e para a sustentabilidade da produção agrícola.

A obra *Modelagem Fenológica do Pessegueiro com Base em Exigência de Frio e Graus-Dia de Desenvolvimento* apresenta uma contribuição relevante para esse campo do conhecimento ao reunir, de forma clara e fundamentada, os principais aspectos botânicos, fisiológicos, climáticos e fenológicos relacionados ao cultivo do pessegueiro. O trabalho conduz o leitor por uma análise abrangente da interação entre temperatura, dormência, brotação e floração, evidenciando como a exigência de frio e o acúmulo térmico influenciam diretamente o comportamento da cultura.

Ao longo dos capítulos, observa-se um esforço consistente em integrar conhecimentos clássicos da fisiologia vegetal com abordagens contemporâneas de modelagem agrometeorológica, permitindo uma compreensão mais ampla das respostas do pessegueiro diante das variações climáticas. O uso dos graus-dia de desenvolvimento como ferramenta de previsão fenológica demonstra a importância crescente dos modelos matemáticos e climáticos aplicados à agricultura moderna, especialmente em um cenário marcado pelas mudanças climáticas e pela necessidade de maior precisão no planejamento agrícola.

Outro mérito desta obra reside na capacidade de aproximar teoria e aplicação prática. Os conteúdos aqui apresentados não se restringem ao ambiente acadêmico, mas oferecem subsídios importantes para pesquisadores, estudantes, extensionistas e produtores interessados em aprimorar o manejo da cultura, selecionar cultivares mais adaptadas e compreender os impactos das condições ambientais sobre a produtividade e a qualidade dos frutos.

Além disso, o texto evidencia a importância de abordagens multidisciplinares na fruticultura contemporânea, integrando fisiologia vegetal, climatologia, fenologia e manejo agrícola em uma perspectiva científica sólida e atual. Essa integração é fundamental para a construção de sistemas produtivos mais resilientes, eficientes e sustentáveis.

Assim, esta obra representa uma leitura valiosa para todos aqueles que buscam aprofundar seus conhecimentos sobre a dinâmica fenológica do pessegueiro e sobre os desafios impostos pela variabilidade climática à produção de frutas de clima temperado. Trata-se de um material que certamente contribuirá para o fortalecimento da pesquisa e para a evolução técnica da persicultura brasileira.

**Boa leitura!**

# SUMÁRIO

<b>PREFÁCIO .....</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUÇÃO</b>	
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>11</b>
<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	
Origem, classificação botânica e descrição da planta .....	12
Aspectos Climáticos e Necessidade de Frio .....	15
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>17</b>
<b>FENOLOGIA DA BROTAÇÃO E FLORAÇÃO EM PESSEGUEIRO</b>	
Desenvolvimento das gemas florais.....	25
Graus-dia de desenvolvimento (GDD).....	26
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>28</b>
<b>MÉTODO CENTROIDE MODIFICADO POR NASCIMENTO <i>et al.</i> (2009)</b>	
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>31</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>33</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>40</b>
<b>AUTORES .....</b>	<b>42</b>



Modelagem fenológica do pessegueiro com base em exigência de frio e graus-dia de desenvolvimento

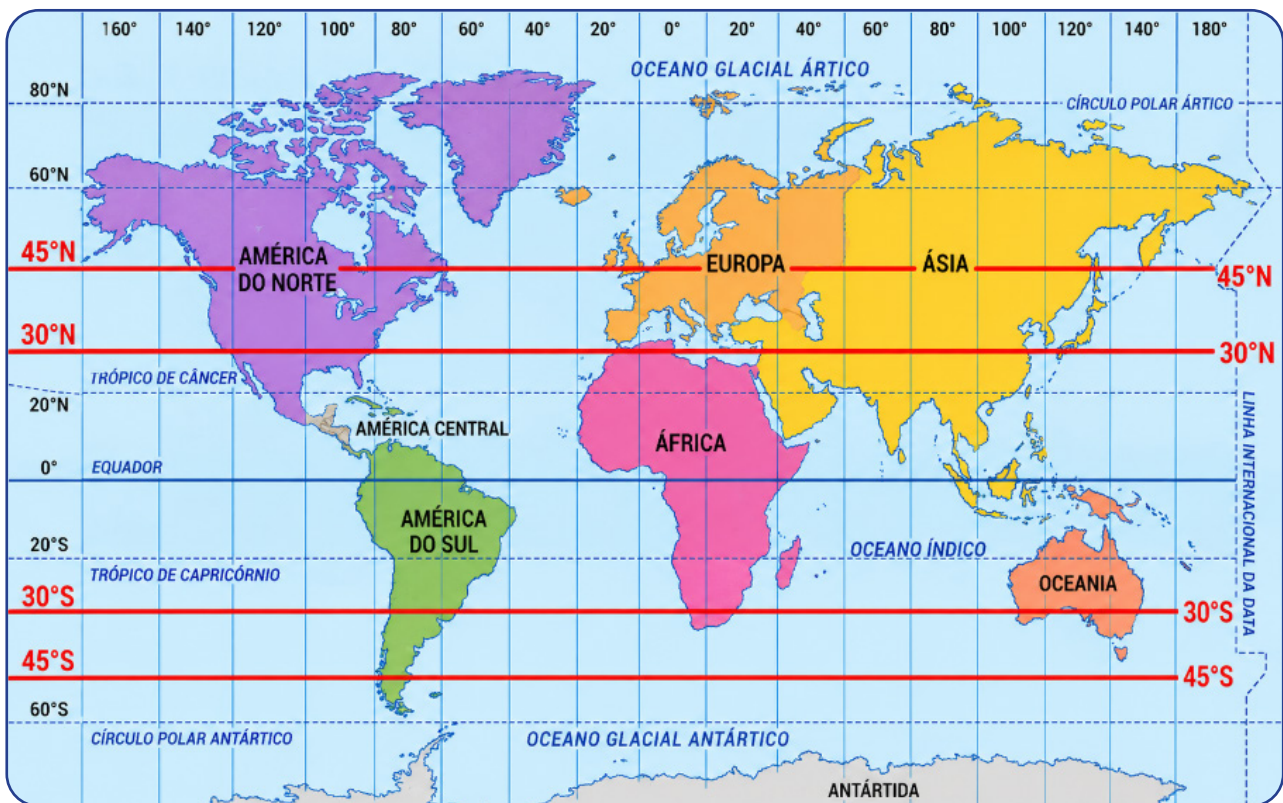
**1**

**INTRODUÇÃO**



O pessegueiro é uma espécie nativa da China, com registros de sua existência há 20 séculos a.C. Estudos indicam que, provavelmente, teria sido levado da China para a Pérsia e de lá, distribuído pela Europa. No Brasil, segundo relatos históricos, o pessegueiro foi introduzido em 1532 por Martim Afonso de Souza, com mudas trazidas da Ilha da Madeira e plantadas em São Vicente no atual estado de São Paulo (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2003).

O pessegueiro é uma das espécies de clima temperado que tem sido trabalhada e adaptada às condições de clima temperado e subtropical. Essa espécie atualmente ocupa grandes áreas de produção comercial, principalmente entre 30 e 45° de latitude N e S (Figura 1), principalmente, ressalta-se que os pêssegos adquirem melhor qualidade em locais onde as temperaturas no verão são elevadas (Raseira; Nakasu, 2002).



**Figura 1.** Mapa *mundi* com as faixas climáticas produtoras de pessegueiro encontradas nas regiões subtropicais e temperadas.

**Fonte:** Própria do autor.

Países como o Brasil, Austrália, México, África do Sul, Taiwan, Tailândia e Estados Unidos possuem programas de melhoramento voltados para a obtenção de cultivares de pessegueiro [*Prunus persica* (L.) Batsch] adaptadas ao baixo frio hibernal (Topp *et al.*, 2008). Devido a esses programas, existem cultivares que necessitam de pouco mais de 50 horas de frio para brotarem e florescerem satisfatoriamente. No Brasil, o Instituto Agrônômico (IAC) e a Embrapa Clima Temperado lançaram várias cultivares com baixa exigência em frio, com necessidade inferior a 100 horas, adaptadas às regiões de clima mais ameno, tipicamente subtropical, que permitiu o desenvolvimento da persicultura em outras regiões (Souza *et al.*, 2013).

A participação do Brasil na produção mundial é pequena, ficando apenas com a décima terceira colocação. A China, maior produtor mundial, produziu 12

milhões de t em 2012, o que representa 57,07% da produção mundial, seguida da Itália, Espanha e Estados Unidos (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012). O Brasil, em 2013, produziu 217.706 t de pêssegos em uma área de 18.091 ha, correspondendo a uma produtividade de 12,03 t ha<sup>-1</sup>. Em termos nacionais, a região Sul se destaca por produzir aproximadamente 65% da safra, por outro lado, nas últimas décadas, a região Sudeste aumentou significativamente sua produção (AGRIANUAL, 2016). O Estado de Minas Gerais é considerado o quarto maior produtor de pêssego, atrás do Rio Grande do Sul, São Paulo e Santa Catarina, com uma produção de 20.139 t em uma área de 893 ha, porém apresenta uma produtividade maior que a nacional, com 22,55 t ha<sup>-1</sup>. As principais regiões produtoras do Estado são o Sul de Minas, Campos das Vertentes e a Zona da Mata. Dessa área, a maior parte são cultivares de pêssegos de duplo propósito, ou seja, são frutas que atendem ao mercado ao natural e à indústria processadora.

Tem-se observado uma forte expansão persícola no Estado de Minas Gerais, principalmente em regiões subtropicais, onde o clima alcança poucas horas de frio hibernal. Apesar das várias cultivares lançadas pelo IAC e Embrapa, apenas são cultivadas atualmente as cultivares Aurora-1, Premier, Ouromel-2 e Ouromel-4, Tropical, Diamante, Eldorado e Biuti. Acredita-se que outras cultivares possam apresentar boa adaptabilidade e estabilidade e possa vir incrementar a persicultura em Minas Gerais e demais regiões produtoras do Brasil.



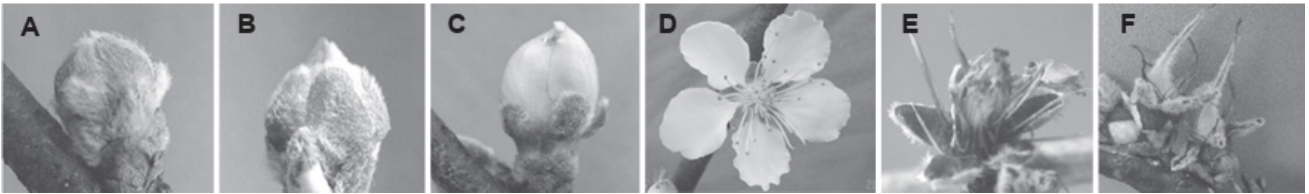
**Figura 2.** Cultivares de pessegueiros Aurora-1 e Ouromel-2 no município de Maria da Fé, Minas Gerais.

**Fonte:** Própria do autor.

Com isso, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão de literatura acerca dos principais aspectos relacionados ao pessegueiro, abrangendo sua origem, classificação botânica e características morfológicas da planta, bem como os fatores climáticos que influenciam seu desenvolvimento, com ênfase nas necessidades de frio para a superação da dormência.

Adicionalmente, busca-se compreender a fenologia da brotação e floração, destacando o desenvolvimento das gemas florais e os mecanismos fisiológicos envolvidos nesses processos (Figura 3). Também será abordado o conceito de graus-dia de desenvolvimento (GDD) como ferramenta para estimar e prever as

fases fenológicas da cultura.



**Figura 3.** Fases da floração de pessegueiro avaliados na determinação da incidência de *Monilinia fructicola*. **A.** gema inchada; **B.** botão rosado; **C.** botão aberto; **D.** plena floração (flor aberta); **E.** queda de pétalas; e **F.** queda de sépalas e início de frutificação.

**Fonte:** May-De Mio *et al.* (2008).

Dessa forma, a revisão visa integrar conhecimentos que permitam melhor entendimento da dinâmica de desenvolvimento do pessegueiro, contribuindo para o manejo adequado da cultura e para a tomada de decisões em sistemas produtivos, especialmente frente às variações climáticas.



Modelagem fenológica do pessegueiro com base em exigência de frio e graus-dia de desenvolvimento

# 2

## REVISÃO DE LITERATURA



## Origem, classificação botânica e descrição da planta

O pessegueiro cultivado, *Prunus persica* (L.) var. vulgaris Batsch, pertence à divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, subclasse Rosidae, ordem Rosales, família Rosaceae, subfamília Prunoideae, gênero *Prunus*, subgênero *Amygdalus*, seção *Euamygdalus* (Raseira et al., 2008).

O pessegueiro é uma planta de clima temperado. Os mais importantes centros de produção comercial encontram-se, entre as latitudes de 30° e 45° N e S. Em latitudes maiores, a temperatura mínima de inverno e as geadas de primavera são normalmente os fatores limitantes. A presença de grandes massas de água, como grandes lagos ou mares internos, faz estender estas zonas de cultivos, agindo como atenuantes do frio. Áreas continentais, afastadas dos grandes corpos de água, caracterizadas por baixas temperaturas de inverno e por severas geadas primaveris, raramente são centro produtores. Também sob condições especiais, este cultivo pode estender-se a regiões tropicais, em pontos elevados (Sasch et al., 1984).

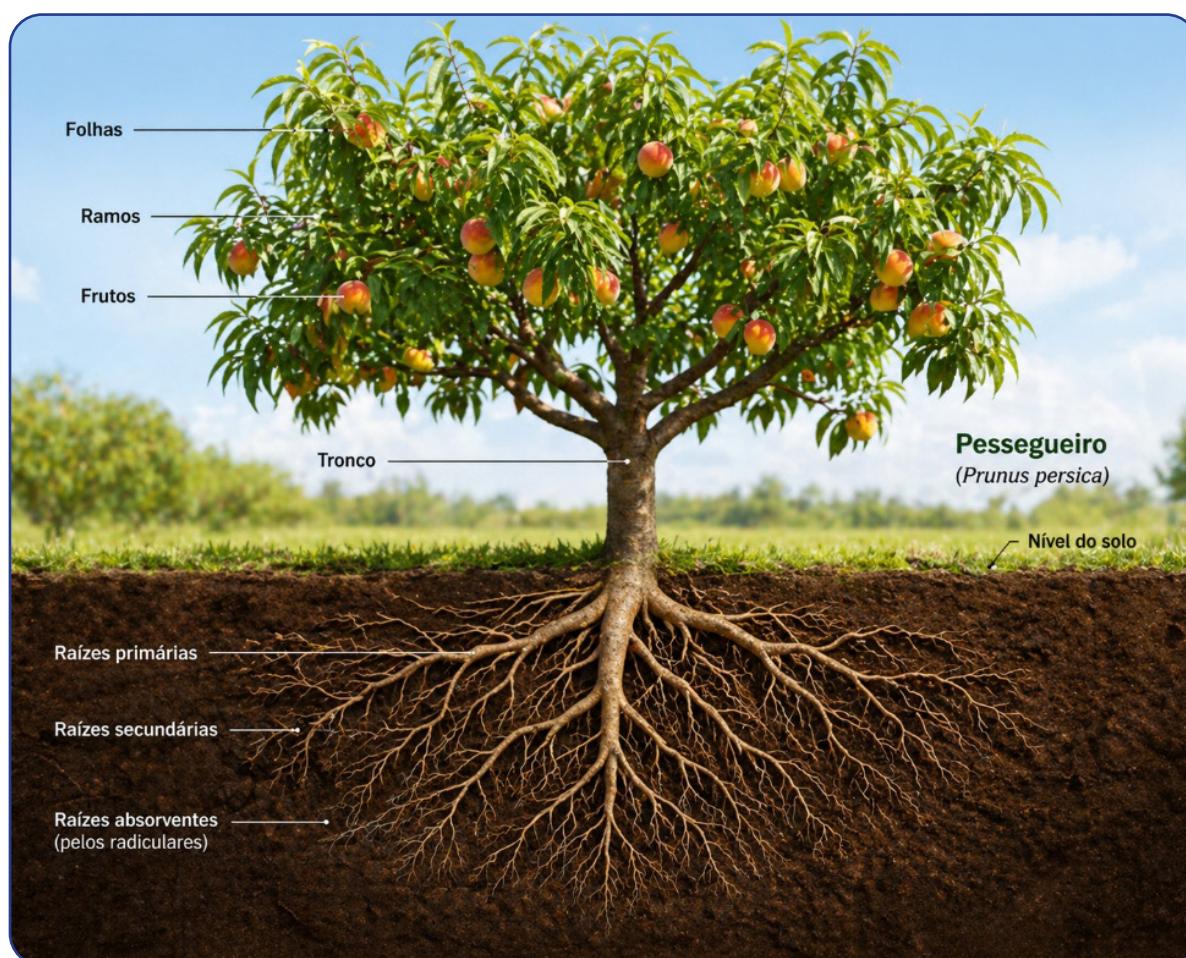
O pessegueiro é uma frutífera nativa da China, havendo relatos na literatura chinesa da sua existência desde 20 séculos a.C. No entanto, seu nome se originou na Pérsia, que erroneamente é tido como seu país de origem (Sachs; Campos, 1998).

No Brasil, o pessegueiro foi introduzido em 1532, por Martim Afonso de Souza, por meio de mudas trazidas da Ilha da Madeira e plantadas em São Vicente, São Paulo (MEDEIROS; RASEIRA, 1998).

O potencial econômico do cultivo de pessegueiros e nectarineiras, no Estado de São Paulo, apresenta-se na grande vantagem da colheita antecipada dos frutos, quando comparada não só com as principais regiões produtoras brasileiras, mas também com a maioria dos países localizados no Hemisfério Sul, como Chile, Argentina, Uruguai e África do Sul, adicionada à possibilidade de diversificação de cultivares mais adaptadas ao clima subtropical, cuja adoção pelos produtores poderia possibilitar o aumento na renda e na sazonalidade da oferta do produto (Leonel; Pierozzi; Tecchio, 2011).

A estrutura de uma planta de pessegueiro é composta pelo sistema radicular e pela parte aérea. Na parte aérea, encontram-se tronco, ramos, gemas, folhas, flores e frutos e, no sistema radicular, as raízes e os pelos absorventes que garantem a sustentação e a nutrição mineral das plantas (Figura 4) (Fachinello; Nachtigal; Kersten, 2008).

O pessegueiro possui raiz pivotante, entretanto, em plantas adultas, devido à ramificação lateral, essas raízes se tornam numerosas, extensas e pouco profundas, explorando uma área maior que a de projeção da copa, atingindo o dobro desta área. Este aumento se intensifica quando baixas disponibilidades de água no solo se tornam frequentes. O aprofundamento do sistema radicular depende da aeração do solo. Em solos bem drenados, profundos e arejados, as raízes distribuem-se numa profundidade de 20 a 80 cm, são sensíveis à presença de raízes de outras espécies ou, mesmo, de raízes de pessegueiro de plantas vizinhas (Raseira; Quezada, 2003).



**Figura 4.** Arquitetura morfológica do pessegueiro.

**Fonte:** OpenAI (2026).

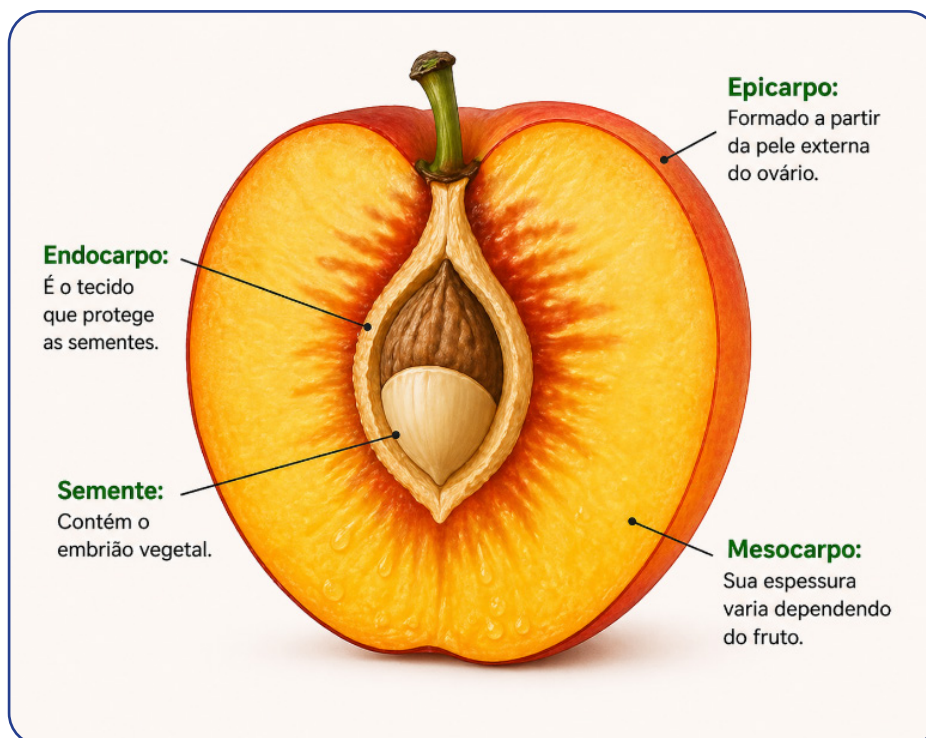
De acordo com a distribuição das gemas de flor, os ramos produtivos são classificados em mistos, ramos, dardos e “ladrões”. Os ramos mistos apresentam comprimento variando de 20 a 100 cm, com gemas floríferas e vegetativas, terminando, normalmente, em gema vegetativa. Os ramos são finos e flexíveis, medindo entre 15 a 30 cm de comprimento, nos quais prevalecem gemas floríferas. Seu ápice pode apresentar tanto gema vegetativa como florífera. Os dardos são ramos curtos de aproximadamente 5 cm, que têm gema apical vegetativa e diversas gemas floríferas, em torno de 4 a 8. Os ramos “ladrões” são vigorosos, originam-se da base da planta ou do tronco, crescem em posição vertical e podem emitir ramificações secundárias, geralmente inúteis para a produção, por apresentarem, principalmente, gemas vegetativas (Barbosa *et al.*, 1990).

As gemas floríferas e vegetativas formam-se nas axilas dos pecíolos foliares durante todo o período de crescimento dos ramos (Sachs; Campos, 1998). As gemas floríferas têm forma globosa e presença de pelos; já as vegetativas são pequenas e cônicas. Quando o ramo apresenta três gemas num só nó, normalmente, a gema central é vegetativa e as laterais são floríferas (Simão, 1998).

Um pessegueiro pode produzir de 15 a 40 mil flores e a maior concentração se localiza na região intermediária do ramo, da estação em desenvolvimento. A porcentagem de grãos de pólen viáveis é de aproximadamente 90% (Simão, 1998). As flores do pessegueiro são hermafroditas, solitárias ou reunidas em grupos de duas ou três, possuem coloração rósea ou branca, diferenciadas em cálice,

gamelósépalo e corola de pétalas livres (Fonfría *et al.*, 1999).

O fruto é uma típica drupa carnosa, com fino epicarpo, mesocarpo polposo e endocarpo lenhoso (Figura 5). A cor da epiderme, creme-esverdeada varia do amarelo-claro ao alaranjado e sobre essa pigmentação de fundo, muitas cultivares exibem uma coloração rósea à vermelha (Sachs; Campos, 1998).



**Figura 5.** Estrutura anatômica de um fruto do tipo drupa, formado pelo epicarpo, mesocarpo, endocarpo e semente.

**Fonte:** Própria do autor.

O crescimento dos frutos segue uma curva sigmoide, com crescimento rápido na primeira fase, depois uma fase de crescimento muito lento e finalmente, uma última fase de crescimento rápido, por ocasião do inchamento do fruto. Durante a fase de crescimento lento que se dá o endurecimento do endocarpo (caroço). O que difere as cultivares precoces das de maturação tardia, é que nas primeiras o período de crescimento lento é mínimo (Raseira; Quezada, 2003).

A coloração dos frutos é um dos parâmetros mais importantes na hora da compra dos frutos de pêsego, pois de acordo com Layne, Jiang e Rushing (2002), a grande maioria dos consumidores, seja no mercado interno ou externo, dá preferência para frutas com maior intensidade de vermelho, pois é associada a maiores teores de açúcares e a frutas saudáveis. No entanto, Herter, Saches e Flores (1998) acrescenta também o tamanho do fruto como fator determinante no momento da escolha do produto (Figura 6).



**Figura 6.** Frutos de alto padrão de pessegueiro.

**Fonte:** Próprio autor.

## Aspectos Climáticos e Necessidade de Frio

O pessegueiro é uma planta adaptada às áreas temperadas e subtropicais, embora as principais áreas produtoras situem-se entre as latitudes 30° S e 45° S e 30° N e 45° N. Temperaturas excessivamente baixas no inverno (< 0°C) e geadas tardias na primavera são os principais fatores limitantes para a produção de pêsegos nas zonas de clima temperado. Por outro lado, nas zonas de clima subtropical, as horas de frio necessárias às gemas vegetativas e floríferas, quando insuficientes, limitam a produção, da mesma forma que variações bruscas da temperatura durante os períodos de diferenciação das gemas, prefloração - floração e do crescimento e desenvolvimento dos frutos desta espécie (Scorza; Sherman, 1996).

O frio é considerado o principal fator exógeno envolvido na superação da endodormência de plantas de clima temperado. Na presença de baixas temperaturas, ocorre alteração do balanço hormonal, havendo aumento do nível de hormônios promotores de crescimento e diminuição do nível de inibidores de crescimento (Lavee, 1974). Segundo Hauagge (2000), existem dois fatores principais que determinam a adaptação de fruteiras de clima temperado em regiões quentes, sendo o primeiro a capacidade de um dado cultivar brotar, florescer e produzir frutos e, segundo a habilidade de produzir frutos de qualidade em temperaturas, na maioria das vezes, superiores à ótima. O primeiro fator é determinado, principalmente, pela necessidade de frio da espécie/cultivar. Em ambos os casos, geralmente, existe variabilidade que pode ser recombinação através do

melhoramento genético. Cada cultivar necessita de determinado período sob baixas temperaturas para que ocorra superação da endodormência (Ojima et al., 1984). A soma de horas com temperaturas inferiores a 7,2 °C é um dos métodos utilizados para calcular a necessidade de frio das plantas de clima temperado (Figura 7). No entanto, segundo Erez e Lavee (1971) e Samish, Lavee e Erez (1967), temperaturas superiores a 7,2 °C também podem ser efetivas na abertura de gemas. Estudos já comprovaram que temperaturas de até 12,4 °C, também exercem influência sobre a dormência das plantas, principalmente em cultivares de baixa necessidade de frio (Petri; Herter, 2004; Richardson; Seeley; Walker, 1974).



**Figura 7.** Pessegueiro sob temperaturas inferiores a 7,2 °C em Maria da Fé, Minas Gerais.

**Fonte:** Própria do autor.

Embora seja possível efetuar a superação da dormência com substâncias químicas, os resultados finais de crescimento, produção e qualidade são geralmente inferiores aos obtidos com cultivares adaptadas. De acordo com Marini (2006), existem cultivares de pessegueiro com baixa exigência em acúmulo de frio (< 250 horas), baixa moderada (250 – 400 horas), moderada (> 400 – 700 horas), moderada alta (> 700 – 900 horas) ou alta necessidade de frio (> 900 horas).

Antunes (1985), mediante zoneamento agroclimático para o Estado de Minas Gerais, classificou a região de Lavras como apta ao cultivo de fruteiras de clima temperado, dentro do grupo V. Esse grupo apresenta um acúmulo de até 150 horas de frio (> 7,2 °C), sendo possível o cultivo de culturas pouco exigentes em frio, como caquizeiros, figueiras, cajueiros e marmeleiros.

Basicamente, os fatores que determinam a adaptação de frutas de clima temperado em regiões tropicais são a aptidão de a cultivar brotar, florescer, crescer satisfatoriamente e produzir frutos de qualidade em temperaturas que geralmente, são superiores à média ótima. Estes fatores estão diretamente relacionados com a necessidade de frio da espécie e/ou cultivar (Citadin, 2001).



Modelagem fenológica do pessegueiro com base em exigência de frio e graus-dia de desenvolvimento

# 3

## FENOLOGIA DA BROTAÇÃO E FLORAÇÃO EM PESSEGUEIRO



O desenvolvimento das gemas florais de pessegueiro foi estudado por Monete Bastard (1968, 1969, 1971) e resume-se em duas fases: 1) fase de desenvolvimento lento – período em que as gemas necessitam acumular horas de frio para eliminar os efeitos dos inibidores. Compara-se este período como sendo a endodormência. 2) fase de desenvolvimento rápido – nesta fase há um rápido desenvolvimento das gemas (Figura 8). Compara-se esta fase com a ecodormência, conforme a classificação posterior de Lang *et al.* (1987). Nesta fase, a ocorrência de baixas temperaturas é indesejável e pode causar danos às gemas.



**Figura 8.** Gemas florais do pessegueiro.

**Fonte:** Própria do autor.

A dormência foi definida como fenômeno fisiológico caracterizado pela ausência de crescimento visível e pela atividade metabólica reduzida (Samish, 1954). Para Lang *et al.* (1987), este período se divide em paradormência, ecodormência e endodormência. A paradormência se refere à inibição correlativa em que o crescimento de um órgão é inibido pela ação de um ou vários órgãos. A eliminação ou supressão do órgão inibidor permite o retorno quase imediato do crescimento. A ecodormência é provocada por um ou vários fatores ambientais (temperatura, estresse hídrico etc.) inadequados para o desenvolvimento da gema. Já a endodormência é a inibição de crescimento cuja origem é intrínseca à estrutura considerada e tem seu efeito eliminado pela ação de temperaturas próximas a 7 °C.

Assim, o tempo de floração no pessegueiro é influenciado por dois fatores: a necessidade de acúmulo de frio para superação da endodormência, e o requerimento de calor na ecodormência. Uma vez satisfeitas as necessidades de frio e calor as plantas florescem (Citadin *et al.*, 2001). As gemas cuja necessidade de frio

foi satisfeita, mas que o crescimento é impedido por condições externas desfavoráveis ao crescimento, são denominadas ecodormentes (Crabbe; Barnola, 1996; Horvath *et al.*, 2003; Lang *et al.*, 1987). O requerimento de frio é geneticamente determinado (Samish, 1954), assim como a necessidade de calor (Citadin *et al.*, 2001; Citadin *et al.*, 2003), e pode variar também de acordo com a condição fisiológica da planta (Faust, 1989; Fernandez, 1996), espécie e estado de desenvolvimento (Fernandez, 1996).

Citadin *et al.* (2003) estudaram a herdabilidade da necessidade de calor para a antese e brotação, e verificaram que a seleção de indivíduos com alta necessidade de calor para a floração tende a retardar a floração, contudo, sem retardar com a mesma intensidade a época de brotação. Os mesmos autores supõem que os genes relacionados com a necessidade de frio e calor exercem grau de influência muito parecido na época de floração de pessegueiro, porém, nas gemas vegetativas a influência dos genes que controlam a necessidade de frio é superior, indicando que no controle genético para necessidade de calor é diferente para gemas florais e vegetativas. A seleção para a necessidade de calor seria mais efetiva para gemas florais, e a seleção para a necessidade de frio seria mais efetiva para vegetativas. Portanto, o comportamento de alguns cultivares que brotam antes da floração é explicado pelo pressuposto que os mesmos apresentam maior necessidade de calor para floração do que para brotação. A seleção de cultivares, com baixa necessidade de frio para brotação e floração, mas com alta necessidade de calor, principalmente para floração, pode ser uma estratégia interessante para evitar danos ocasionados por geadas tardias em regiões de clima ameno, com grande flutuação na temperatura durante o período de endodormência.

Couvillon e Erez (1985) verificaram que o requerimento de calor não é específico e que as datas de floração e brotação são determinadas pela quantidade de frio a que as espécies ou as cultivares foram expostas. Quando os ramos produtivos de macieira, ameixeira, pessegueiro e pereira foram expostos a maior quantidade de frio, reduziram o número de GDH °C necessário para brotação e floração, isto é, diminuíram a necessidade de calor para superação da ecodormência. Contudo, esta diminuição é mais expressiva nas gemas vegetativas do que nas gemas floríferas, provocando, nestes casos, a brotação antes da floração.

O efeito das baixas temperaturas na superação da endodormência em plantas frutíferas tem sido estudado por um grande número de pesquisadores. Weimberger (1950) foi quem primeiro propôs um modelo para estimar a floração em pessegueiro. O autor relacionou os efeitos de temperaturas inferiores a 7,2 °C, como as mais eficientes para superar a endodormência. Conforme Melgarejo (1999), um processo fisiológico complexo, como a endodormência, não pode depender exclusivamente de um único fator climático. Outros fatores, como variação da temperatura durante o inverno, radiação solar, luz, umidade do solo e do ar, do tipo do solo, entre outros, podem influenciar a saída da endodormência. No entanto, parece razoável usar modelos que utilizem somente a variação na temperatura como forma mais conveniente para definir quanto da necessidade de frio das espécies de clima temperado foi satisfeita durante o inverno (Gil, 1997).

Após o modelo proposto por Weimberger (1950), o efeito de outras faixas de temperaturas foi estudado na eliminação da endodormência. Erez e Lavee (1971) demonstraram que nem todas as temperaturas de inverno são eficazes, e que as temperaturas acima de 7,2 °C também contribuem embora em menor grau. Es-

ses pesquisadores observaram que as temperaturas de 3 °C e 10 °C têm a metade da eficiência na eliminação da endodormência em pessegueiro, quando comparadas à de 6 °C. Mais tarde, Richardson, Seeley e Walker (1974) propuseram um modelo de Unidades de Frio (UF) conhecido como modelo de Utah, que divide as temperaturas em faixas. Esse modelo atribui o acúmulo de 0,5 unidades de frio para temperaturas entre 1,5 - 2,4 °C e entre 9,2 -12,4 °C; uma unidade para temperaturas entre 2,5 e 9,1 °C (temperaturas mais eficazes do modelo); -0,5 unidades de frio com temperaturas entre 16-18 °C; e -1 unidade de frio a cada hora em que a planta for submetida a temperaturas acima de 18 °C. Seguindo a mesma linha de pesquisa, Shaltout e Unrath (1983) propuseram um modelo parecido ao anterior, também baseado na conversão de temperaturas horárias em unidades de frio, chamado de modelo da Carolina do Norte. A grande diferença com o modelo Utah é a contribuição, na eliminação da endodormência das temperaturas entre 7,2 °C e 19,2 °C.

Fishman, Erez e Couvillon (1987) propuseram o modelo dinâmico, que reconhece o efeito positivo de temperaturas moderadas na superação da endodormência, sendo este mais adequado às predições da necessidade de frio de frutíferas de clima temperado em condições subtropicais, que os modelos de Utah e Carolina do Norte.

Apesar de muito usada, a classificação de germoplasma de acordo com a necessidade de frio abaixo de 7,2 °C é cada vez menos aceita, devido ao fato de que temperaturas abaixo de 12 °C são efetivas na superação da endodormência em cultivares de pessegueiro de baixa necessidade de frio (Citadin *et al.*, 2002; Chavarria *et al.*, 2009). Estas características estão permitindo estender o cultivo desta espécie para regiões de inverno ameno, com baixo acúmulo de frio durante o inverno.

A influência da temperatura na superação da endodormência depende do nível, da intensidade e do estágio de desenvolvimento da gema (Couvillon; Erez, 1985). Zanette, Carvalho e Dron (2000) sugerem diferenças no nível de endodormência de gemas vegetativas e florais de macieira, entre cultivares e dentro da mesma cultivar, dependendo da sua localização no ramo e sua idade, sendo que gemas de um ano alcançam maior profundidade de endodormência em junho e as de dois anos em fim de maio.

A não ocorrência de frio em qualidade e quantidade suficientes e, conseqüentemente, a não eliminação da endodormência, altera totalmente o comportamento das espécies frutíferas de clima temperado, ocasionando desenvolvimento errático, caracterizado por redução no número de gemas brotadas, e na velocidade de crescimento, formação de rosetas, encurtamento dos internódios, crescimento verticalizado, baixo pegamento e deformação dos frutos, alteração no sabor e, em condições severas, a morte da planta (Crossa-Raynaud, 1955; Dennis Junior, 1987; Erez; Couvillon, 1987; Hauagge, 2000; Mauget; Rageau, 1988). Já o acúmulo de frio acima das reais necessidades das cultivares antecipa mais a brotação do que a floração (Citadin *et al.*, 2001). Carvalho e Zanette (2004), em experimento com macieira cv. "Imperial Gala" sob o acúmulo inadequado de frio e com frio suplementar, observaram que, gemas que receberam frio suplementar tiveram maior velocidade de brotação, taxa de brotações vigorosas e taxa final de brotação das gemas maior que gemas que receberam um acúmulo inadequado de frio. Isso pode ser devido ao menor acúmulo de carboidratos observado nos ramos de um ano de idade de macieira cv. "Imperial Gala", em condições de acú-

mulo de frio insuficiente (Carvalho; Zanette, 2004).

O acúmulo de frio inadequado também influencia na formação das gemas floríferas. Em pesquisas feitas por Oukabli e Mahhou (2007), em cerejeiras sob acúmulo inadequado de frio durante a formação e antese dos botões florais, observaram-se anormalidades dos órgãos reprodutivos, entre elas, a ausência ou abortamento de pistilos, ovário de pequena dimensão, anteras com sacos polínicos indeiscentes, anormalidades na diferenciação com primórdios florais entrelaçados, baixa microsporangênese, células mãe e de pólen imaturas e muitas gemas mostrando sinais de aborto. Resultados semelhantes foram relatados em gemas florais de macieira (Oukabli; Bartolini; Vitti, 2003). Assim como os baixos índices de floração e muitas vezes a falta de frutificação, também são indicações de inadequado acúmulo de frio no inverno para o desenvolvimento da flor e falta de adaptação climática da cultivar e/ou espécie (Oukabli; Mahhou, 2007). No pessegueiro sob condições de inverno ameno e acúmulo inadequado de frio, a quantidade de gemas florais abortadas é maior do que gemas vegetativas necrosadas (Brown, 1958; Monet; Bastard, 1971; Weinberger, 1967).

Dificuldades para entrar em endodormência, atraso na brotação e na saída da endodormência também têm sido associadas à falta de adaptação de espécies de clima temperado quando cultivadas em climas subtropicais (Labuschagne *et al.*, 2002; Pérez, 2001). Cultivares com maior necessidade de frio iniciam a queda das folhas mais cedo em regiões subtropicais, do que cultivares com menor necessidade em frio. Nestas plantas o período de endodormência inicia antes e é prorrogado, induzindo a brotação tardiamente, originando brotações laterais fracas e de forma escalonada. Já cultivares de baixo requerimento de frio entram em endodormência mais tarde e o período entre o final da desfolha e a floração dura em torno de três a cinco semanas nas condições de plantio do México (Pérez, 2002). Nas condições brasileiras de cultivo, esse comportamento pode ser alterado devido à ocorrência de doenças foliares como a ferrugem da folha (*Transchelia discolor*) (Assmann *et al.*, 2010) e a bacteriose (*Xanthomonas arboricola* PV *pruni*) (Medeiros *et al.*, 2011) que antecipam a queda das folhas.

A queda prematura de folhas, principalmente quando causada por problemas fitossanitários, induz o florescimento antecipado, que poderá ocorrer durante o período de outono, sobretudo, em cultivares de baixa necessidade de frio, diminuindo o número de gemas viáveis no final do inverno. A antecipação do florescimento é indesejada, pois normalmente coincide com períodos de riscos de geadas, que compromete a produção. A queda prematura de folhas diminui o acúmulo de reserva de amido nos ramos (Alves; May-De Mio, 2008), prolonga o período de florescimento (Alves; May-De Mio, 2008) e prejudica a brotação futura das gemas (Lloyd; Firth, 1990).

Além de adequado acúmulo de frio e calor para superação da endodormência e ecodormência, respectivamente, vários outros fatores estão ligados à boa produção das frutíferas de clima temperado, especialmente no pessegueiro. Entre eles, fatores anteriores à floração, como a formação de um bom número de gemas florais e a manutenção dos frutos após a floração (Bellini; Gianelli, 1975). No pessegueiro, a indução das gemas florais ocorre após o período de crescimento vegetativo (Monet; Bastard, 1970). Okie e Werner (1996) encontraram grande efeito da cultivar sobre a densidade de gemas florais em pessegueiros e nectarineiras. Promchot, Boonprakob e Byrne (2008) encontraram efeito positivo do ambiente na densidade de gemas. Já em damasqueiro, Albuquerque *et al.* (2004)

observaram que a diferença na densidade de gemas florais entre as cultivares foi significativa, mas não se observou influência do ambiente.

Além da cultivar, outros fatores ligados à planta afetam a formação das gemas florais, entre eles a idade, o balanço hormonal, a relação carbono/nitrogênio, o estado nutricional desta, fatores ligados ao manejo como poda e as condições ambientais (Childers, 1983). Fatores relacionados com a biologia floral influenciam a frutificação e, conseqüentemente, a produtividade, como a produção de gemas florais, queda de gemas, estágio de desenvolvimento do óvulo na antese, germinação de pólen, diferença de altura entre o estigma e o plano superior das anteras, pistilos abortados e o nível de autogamia (Ruiz; Egea, 2008).

Produção de flores de qualidade também é um fator importante para assegurar boa frutificação efetiva. Williams (1965) define “qualidade da flor” como a capacidade de uma flor em se tornar fruto. Esta capacidade difere entre flores (Gutián, 1994) e com as características relacionadas à planta, como as características genéticas, morfológicas e nutritivas (Lauri; Terouanne; Lespinasse, 1996) ou de reservas de amido (Rodrigo; Hormaza; Herrero, 2000). Alburquerque, Burgos e Egea (2004) verificaram que o desenvolvimento do óvulo, qualidade das flores e a frutificação final, em damasqueiro, parecem mais influenciadas por componentes genéticos do que por variações climáticas. Variedades que apresentam alta densidade de gemas floríferas e fertilidade média de gemas são, conseqüentemente, as mais produtivas. Já as variedades com baixa densidade de gemas floríferas, alta queda de flores e gemas de baixa fertilidade são as menos produtivas.

O efeito da temperatura na formação das gemas é variável conforme o estágio em que a gema se encontra. Durante a diferenciação, temperaturas próximas ou maiores que 25 °C são prejudiciais. No período de crescimento lento, chamado período de endodormência, as gemas apresentam alta sensibilidade a temperaturas moderadas. Já no estágio de crescimento rápido, os primórdios florais possuem sensibilidade às baixas temperaturas (Monet; Bastard, 1971).

Temperaturas na pré-floração também afetam o pegamento de frutos (Figura 9). Em pessegueiro, temperaturas elevadas têm influência negativa em algumas cultivares, como é o caso da cv. Granada (Couto *et al.*, 2010; Nava *et al.*, 2009). Botões florais expostos a temperaturas em torno de 25 °C apresentaram tecidos danificados (Monet; Bastard, 1971; Weinberger, 1956). Correlação negativa entre pegamento de frutos e temperaturas elevadas no período pré-floração também foi observada em macieira (Beattie; Folley, 1978; Jackson; Hamer, 1980; Jackson; Hamer; Wickenden, 1983) e em cerejeira (Beppu *et al.*, 1997). Por outro lado, temperaturas baixas na pré-floração têm demonstrado efeito positivo na frutificação em pereira (Browning; Miller, 1992).



**Figura 9.** Período Pré-floração dos ramos.

**Fonte:** Própria do autor.

O período de floração do pessegueiro é variável conforme a intensidade da endodormência das gemas e da temperatura (Figura 10). Em locais com taxa de aquecimento do ar baixa, o florescimento das plantas é precoce, e o período de florescimento é mais prolongado do que em locais de inverno mais tardio (Szabó; Nyéki; Szalay, 2000). O início da floração também é afetado pela temperatura. Em locais de clima temperado, o florescimento ocorre entre o sétimo e 14<sup>o</sup> dias antes da brotação (Sherman; Lyrene, 1998), porém em condições de clima subtropical, como os encontrados no Sul e Sudeste do Brasil, algumas cultivares de baixo requerimento de frio apresentam brotação antes da floração (Nienow; Floss, 2002; Silveira, 2003). A antecipação da brotação, em relação ao início da floração, pode causar danos à frutificação, possivelmente por competir por nutrientes com as gemas floríferas (Nienow, 1997). Este fato merece maior estudo, pois a antecipação da brotação e o retardo da floração é uma estratégia para evitar danos por geadas.



**Figura 10.** Período de floração do pessegueiro.

**Fonte:** Própria do autor.

As frutíferas de caroço, dentre elas o pessegueiro, geralmente apresentam altas taxas de frutificação efetiva, desde que, a floração coincida com dias ensolarados, amenos e secos, podendo variar de 13,5 a 83,2% (Szabó; Nyéki; Szalay, 2000). Em trabalho feito por Gariglio *et al.* (2009), em Santa Fé, Argentina, verificou-se o pegamento de frutos de 6,3 a 56,7% em 15 cultivares de pessegueiro e nectarineira. Já Barbosa *et al.* (1997), avaliando 22 pessegueiros e 13 nectarineiras em Jundiaí, estado de São Paulo, introduzidos da Universidade da Flórida, obtiveram pegamento de frutos de 12,5 a 66,3%.

A definição do percentual de pegamento (fixação) de frutos em pessegueiro geralmente ocorre nas primeiras quatro semanas após a antese (Figura 11) (Harrold, 1935). Entre os fatores que influenciam na percentagem de frutificação efetiva estão o abortamento de frutos (Stephenson, 1981) a abscisão de flores nas primeiras duas semanas após a antese devido à falta de polinização (Harrold, 1935) ou de fecundação (Sedgley; Griffin, 1989) e aqueles causados por desordens genéticas durante a microsporogênese (Radice; Ontivero; Giordani, 2003). Nava *et al.* (2009) observaram a ocorrência de desordens durante a formação dos grãos de pólen, bem como atraso no desenvolvimento ovular no pessegueiro Granada, quando as plantas foram submetidas a temperaturas superiores a 24 °C na pré-floração e floração. Condições climáticas inadequadas durante o período de floração também podem influenciar sobre o pegamento de frutos, por afetar a polinização, o crescimento do tubo polínico e a fertilidade do óvulo (Williams, 1965). Entre os fatores prejudiciais estão: chuva ou umidade relativa elevada, pois facilita a ocorrência de doenças nas flores, principalmente a podridão-parda, causada por *Monilinia fructicola* (Gradziel; Weinbaum, 1999) e a falta de água.



**Figura 11.** Fixação dos frutos de pessegueiro após quatro semanas após a antese.

**Fonte:** Própria do autor.

## Desenvolvimento das gemas florais

As etapas que conduzem à formação das flores do pessegueiro são: indução, iniciação ou diferenciação floral, desenvolvimento floral e maturação dos gametas.

A indução floral no pessegueiro inicia-se no verão, depois de uma etapa de intenso crescimento vegetativo (Monet; Bastard, 1970). Caracteriza-se por mudanças metabólicas, que induzem a diferenciação das gemas do estágio vegetativo ao reprodutivo (Jraidi, 1983).

A iniciação ou diferenciação floral é caracterizada por modificações morfológicas do meristema apical caulinar, que se transforma irreversivelmente em um meristema apical floral (Monet; Bastard, 1970). Nas condições climáticas do Brasil, essa etapa ocorre entre dezembro e janeiro (Barbosa *et al.*, 1990), dependendo da região. No Sul do Brasil, a diferenciação morfológica do órgão floral inicia-se, em geral, em meados do verão (janeiro-fevereiro) (Sachs; Campos, 1998).

Muitos fatores interferem na formação das gemas florais, entre os quais a relação carbono/nitrogênio (C/N), o balanço hormonal, o estado nutricional, as condições ambientais, a idade e o manejo das plantas (Childers, 1983). Para Ryugo (1988), os principais fatores são: a poda, a combinação porta-enxerto/copa, a adubação nitrogenada e o arqueamento de ramos.

Segundo Brown (1958), longos períodos de estresse hídrico promoveram redução do número de gemas florais em damasqueiros cv. Royal, atraso no período de diferenciação e desenvolvimento das gemas florais. Por sua vez, Albuquerque, Burgos e Egea (2003) observaram que o desenvolvimento de gemas florais de damasqueiro não foi afetado por deficiência no suprimento de água no outono e inverno. Estudo realizado com o pessegueiro “Granada” sob estufa mostrou

que, em condições de potenciais matriciais de água no solo, na ordem de -0,09 MPa, a 20 cm de profundidade, o desenvolvimento final das gemas florais e a frutificação não foram afetados (Nava, 2007).

Temperaturas superiores a 25 °C também são prejudiciais na diferenciação das gemas florais de pessegueiros. Durante a iniciação floral, os primórdios são tolerantes a temperaturas moderadas. Durante o lento crescimento do primórdio floral (período de dormência de gemas), os primórdios possuem alta sensibilidade a temperaturas moderadas. Na etapa de rápido crescimento dos primórdios florais, sob temperatura moderada, os primórdios possuem alta sensibilidade às baixas temperaturas (Monet; Bastard, 1971).

## Graus-dia de desenvolvimento (GDD)

O primeiro estudo quantitativo da relação planta-temperatura foi realizado por volta de 1730 e é atribuído a René A. F. de Réaumur (Réaumur, 1735 apud Streck *et al.*, 2004), que definiu graus-dia, ou unidade térmica, como sendo a temperatura média do dia (Coelho, 2004; Mota, 1989). O conceito de graus-dia assume que há uma relação linear entre o desenvolvimento relativo e a temperatura, independente da influência de outros elementos, como fotoperíodo, disponibilidade hídrica, época e local do plantio (Lima, 2006; Mota, 1989).

Desde 1730, quando Réaumur introduziu o conceito de unidades de calor ou tempo térmico, muitos métodos de cálculo das unidades de calor têm sido utilizados (McMaster; Wilhelm, 1997). No método original aplicado por Réaumur a constante térmica é calculada a partir da soma das temperaturas médias diárias acima de 0 °C, que podem ser determinadas para o ciclo total ou para cada fase (Mota, 1989). Esse método foi denominado de método direto, mas apresentava a limitação de ser afetado e variar em função das localidades consideradas (Coelho, 2004; Mota, 1989).

Uma das maneiras de se relacionar o desenvolvimento de um vegetal com a temperatura média do ar é o uso do sistema de unidades térmicas ou graus-dia de desenvolvimento (GDD) (Ruml; Vukovic; Milatovic, 2010; Souza, 1990). Graus-dia é definido como a quantidade de calor efetivamente acumulado durante o dia (Brunini *et al.*, 1976) e se baseia na premissa de que uma planta necessita de certa quantidade de energia, representada pela soma de graus térmicos necessários, para completar determinada fase fenológica (Gadioli *et al.*, 2000) e tem sido muito utilizado para representar o tempo biológico (Paula *et al.*, 2005).

Para o cálculo de graus-dia, subtrai-se a temperatura base de crescimento da espécie, do valor de temperatura média diária do local de estudo (Brunini *et al.*, 1976) e o resultado corresponde ao número de graus-dia acumulados, durante o dia, acima da temperatura base (Shaykewich, 1995). A temperatura base é a temperatura mínima abaixo da qual o vegetal paralisa o seu desenvolvimento (Shaykewich, 1995; Souza, 1990), sendo específica para cada espécie. Cada grau acima da temperatura base corresponde a um grau-dia. Cada espécie vegetal possui uma temperatura base para diferentes fases fenológicas ou pode-se adotar um valor único para todo o ciclo da cultura (Pezzopane *et al.*, 2008). Na literatura existem diferentes valores de temperatura base para o cálculo de graus-dia para a cultura do pessegueiro: DeJong (2005) utilizou 7 °C nos Estados Unidos, bem como Citadin *et al.* (2001) utilizaram 4,5 °C no Rio Grande do Sul, Brasil; Pére-

zPastor *et al.* (2004), 6 °C no sudeste da Espanha; Litschmann, Oukropec e Kirzan (2008), 7 °C República Checa e Gariglio *et al.* (2009), 4,5 °C no Centro-oeste da Argentina.



Modelagem fenológica do pessegueiro com base em exigência de frio e graus-dia de desenvolvimento

4

**MÉTODO CENTROIDE  
MODIFICADO POR  
NASCIMENTO *et al.*  
(2009)**



O método centróide proposto por Rocha *et al.* (2005) e modificado por Nascimento *et al.* (2009) consiste na comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos e sete referências ideais (ideótipos), criados com base nos dados experimentais.

Para utilização desse método, os ambientes foram classificados em favoráveis e desfavoráveis utilizando o índice ambiental proposto por Eberhart e Russel (1966).

Após a classificação dos ambientes e criação dos pontos referenciais (os ideótipos), utilizou-se a análise de componentes principais considerando, na matriz de médias de dimensão  $g \times a$ , sete linhas adicionais correspondentes aos ideótipos estabelecidos. A partir desses genótipos ( $g+7$ ) é feita a análise de componentes principais de maneira usual, obtendo-se escores utilizados na representação gráfica.

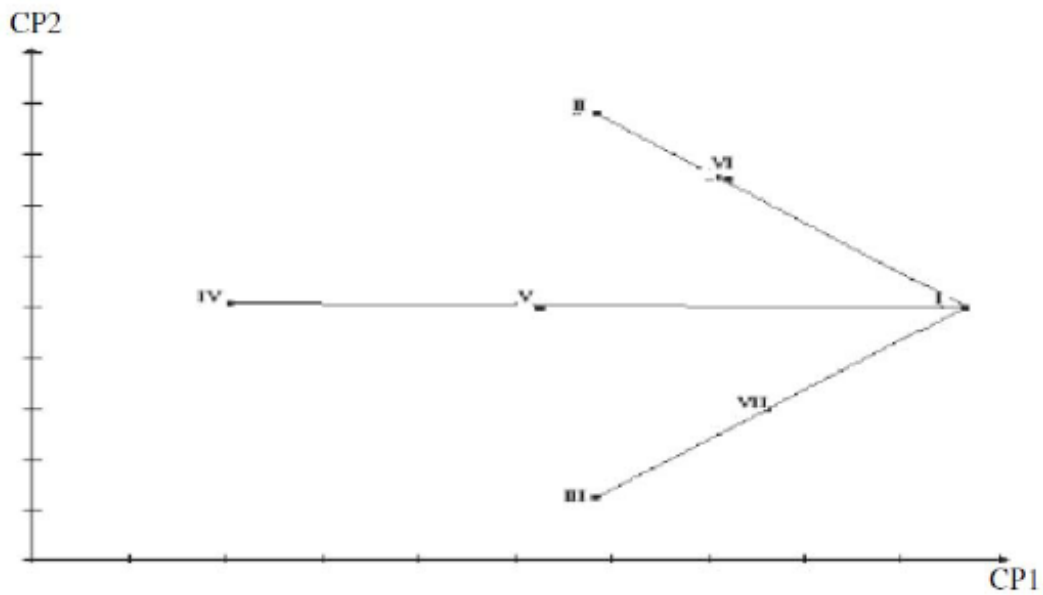
A posição dos genótipos em relação aos centróides (ideótipos) no gráfico de dispersão e os valores de distância cartesiana entre os pontos (genótipos) e cada um dos sete centróides possibilitam a sua classificação quanto à adaptabilidade e à estabilidade.

Uma medida de probabilidade espacial pode ser calculada utilizando o inverso da distância entre um genótipo e os sete ideótipos.

Os sete ideótipos são caracterizados da seguinte forma:

- a) Ideótipo de máxima adaptabilidade geral (ideótipo I) é aquele que apresenta os valores máximos observados para todos os ambientes estudados.
- b) Ideótipo de máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (ideótipo II) é aquele que apresenta máxima resposta em ambientes favoráveis e mínima resposta em ambientes desfavoráveis.
- c) Ideótipo de máxima adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (ideótipo III) é aquele que apresenta máxima resposta em ambientes desfavoráveis e mínima em ambientes favoráveis.
- d) Ideótipo de mínima adaptabilidade (ideótipo IV) é aquele que apresenta os menores valores observados em todos os ambientes estudados.
- e) Ideótipo de média adaptabilidade geral (ideótipo V) é aquele que apresenta respostas médias em cada ambiente.
- f) Ideótipo de média adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (ideótipo VI) é aquele cujos valores nos ambientes favoráveis são representados pelos valores máximos e, nos desfavoráveis, pelas médias obtidas pelo conjunto de genótipos estudados.
- g) Ideótipo de média adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (ideótipo VII) é aquele cujos valores, nos ambientes favoráveis, são representados pelas médias e, nos desfavoráveis, pelos valores máximos obtidos pelo conjunto de genótipos estudados.

A configuração dos sete ideótipos na dispersão gráfica apresenta um formato de seta (Figura 12):



**Figura 12.** Configuração obtida a partir dos sete centroides. Os sete pontos numerados com algarismos romanos representam os ideótipos. I, máxima adaptabilidade geral; II, máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis; III, máxima adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis; IV, mínima adaptabilidade; V, média adaptabilidade geral; VI, média adaptabilidade específica a ambientes favoráveis; VII, média adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis. CP1: componente principal 1; CP2: componente principal 2.



Modelagem fenológica do pessegueiro com base em exigência de frio e graus-dia de desenvolvimento

# 5

## CONSIDERAÇÕES FINAIS



A presente revisão de literatura permitiu consolidar o entendimento de que o desenvolvimento do pessegueiro é resultado de uma complexa interação entre fatores climáticos, fisiológicos e morfoestruturais, nos quais a exigência de frio desempenha papel central na regulação da dormência e na sincronização dos eventos fenológicos. A adequada satisfação dessa exigência térmica é determinante para a uniformidade da brotação e da floração, influenciando diretamente a formação de estruturas reprodutivas e, conseqüentemente, o potencial produtivo da cultura. Nesse sentido, desvios nas condições climáticas, especialmente em cenários de invernos mais amenos, podem comprometer a dinâmica fisiológica da planta, resultando em desuniformidade fenológica e redução de produtividade.

A análise dos aspectos botânicos e morfológicos evidencia que a compreensão da organização estrutural do pessegueiro, aliada ao conhecimento dos padrões de desenvolvimento das gemas, é fundamental para interpretar as respostas da planta às variações ambientais. O desenvolvimento das gemas florais, em particular, constitui um processo altamente sensível às condições térmicas, sendo regulado por mecanismos fisiológicos complexos que envolvem balanço hormonal e acúmulo de unidades de frio, os quais condicionam a transição entre os estádios de dormência e crescimento ativo.

No âmbito da fenologia, destaca-se que a caracterização precisa das fases de brotação e floração é essencial para o manejo agrônômico, permitindo o ajuste de práticas como poda, aplicação de reguladores de crescimento e planejamento da colheita. Nesse contexto, o uso de graus-dia de desenvolvimento (GDD) se apresenta como uma ferramenta robusta para a quantificação da soma térmica necessária ao progresso fenológico, possibilitando a modelagem e a previsão do ciclo da cultura com maior acurácia. A integração entre modelos de exigência de frio e de acúmulo térmico amplia a capacidade preditiva, constituindo uma abordagem estratégica para sistemas de produção mais tecnificados.

Adicionalmente, a literatura aponta que a variabilidade climática e as mudanças climáticas globais impõem desafios crescentes à fruticultura de clima temperado, exigindo a adaptação de cultivares, a redefinição de zonas aptas de cultivo e o aprimoramento de modelos agrometeorológicos. Nesse cenário, o conhecimento integrado dos fatores abordados nesta revisão torna-se essencial para subsidiar estratégias de manejo mais resilientes, que considerem tanto a variabilidade interanual quanto tendências de longo prazo.

Por fim, conclui-se que a articulação entre os conhecimentos botânicos, climáticos e fenológicos não apenas contribui para o entendimento da dinâmica de desenvolvimento do pessegueiro, mas também constitui base fundamental para a tomada de decisões em sistemas produtivos. Tal integração favorece a otimização do manejo, a redução de riscos produtivos e o aumento da eficiência dos sistemas agrícolas, reforçando a importância de abordagens multidisciplinares frente aos desafios impostos pelas condições ambientais contemporâneas.

## REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. 21. ed. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2016. 581 p.
- ALBURQUERQUE, N.; BURGOS, L.; EGEA, J. Apricot flower bud development and abscission related to chilling, irrigation and type of shoots. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 98, n. 3, p. 265-276, July 2003.
- ALBURQUERQUE, N.; BURGOS, L.; EGEA, J. Influence of flower bud density, flower bud drop and fruit set on apricot productivity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 102, p. 397-406, Dec. 2004.
- ALVES, G.; MAY-DE MIO, L. L. Efeito da desfolha causada pela ferrugem na floração e produtividade do pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 907-912, Dec. 2008.
- ANTUNES, F. Z. Zoneamento agroclimático para fruteiras de clima temperado no estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 124, p. 27-29, abr. 1985.
- ASSMANN, A. P. et al. Reação de cultivars de pessegueiro à ferrugem-da-folha. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 1, p. 32-40, jan. 2010.
- BARBOSA, W. et al. **Ecofisiologia do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do pessegueiro em região subtropical**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1990. 37 p. (Documentos IAC, 17).
- BARBOSA, W. et al. **Melhoramento do pessegueiro para regiões de clima subtropical-temperado**: realizações do Instituto Agrônomo no período de 1950 a 1990. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. 22 p.
- BEATTIE, B. B.; FOLLEY, R. R. W. Production variability in apple crops. II. The longterm behaviour of the english crop. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 8, n. 4, p. 325-332, July 1978.
- BELLINI, E.; GIANELLI, G. Sul valore tassonomico di alcuni caratteri del ramo nelpesco. **Rivista Ortoflorofrutt Italiana**, Ferense, v. 59, n. 6, p. 440-458, Dec. 1975.
- BEPPU, K. et al. Effects of temperature on flower development and fruit set of "Satohni-shiki" sweet cherry (*Prunus avium*). **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Kyoto, v. 65, n. 4, p. 707-712, May 1997.
- BROWN, D. S. The relation of temperature to the flower bud drop of peaches. **Proceedings of the American Society For Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 75, n. 1, p. 138-147, Mar. 1958.
- BROWNING, G.; MILLER, J. M. The association of year-to-year variation in average yield of pear cv. Conference in England with weather variables. **Journal of Horticultural Science**, Bangalore, v. 67, n. 4, p. 593-599, July 1992.
- BRUNINI, O. et al. Temperatura-base para alface cultivar "White Boston", em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v. 35, n. 19, p. 213-219, jul. 1976.
- CARVALHO, R. I. N de; ZANETTE, F. Conteúdo de carboidratos em gemas e ramos de maçeira durante o outono e inverno em região de baixa ocorrência de frio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 202-205, ago. 2004.
- CHAVARRIA, G. et al. Mild temperatures on bud breaking dormancy in peaches. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2016-2021, set. 2009.
- CHILDERS, N. F. **Modern fruit science**. 8. ed. New Jersey: Horticultural Publications, 1983. 912 p.
- CITADIN, I. et al. Avaliação da necessidade de frio em pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 703-706, dez. 2002.

- CITADIN, I. et al. Heat requirement for blooming and leafing in peach. **HortScience**, Alexandria, v. 36, n. 2, p. 305-307, Apr. 2001.
- CITADIN, I. et al. Herdabilidade da necessidade de calor para a antese e brotação em pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 118-123, 2003.
- COELHO, M. R. **Coefficiente de cultura (kc) e desenvolvimento inicial de duas variedades de cafeeiro (Coffea arabica L.) associados a graus-dia**. 2004. 64 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- COUTO, M. et al. Influence of high temperatures at blooming time on pollen production and fruit set of peach cvs. Macieland granada. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 872, n. 1, p. 225-230, Aug. 2010.
- COUVILLON, G. A.; EREZ, A. Influence of prolonged exposure to chilling temperatures on bud break and heat requirement for bloom of several fruit species. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 110, n. 1, p. 47-50, Jan. 1985.
- CRABBE, J.; BARNOLA, P. A new conceptual approach to bud dormancy in woody plants. In: LANG, G. A. (Ed.). **Plant dormancy, physiology, biochemistry and molecular biology**. Wallingford: CAB International, 1996. p. 83-113.
- CROSSA-RAYNAUD, P. Effets des hivers doux sur le comportement des arbres fruitiers à feuilles caduques. Observations faites en Tunisie à la suite de l'hiver 1954-1955. **Annual Service Botanical Agronomy**, Tunisie, v. 28, n. 1, p. 1-22, Feb. 1955.
- DEJONG, T. M. Using physiological concepts to understand early spring temperature effects on fruit growth and anticipating fruit size problems at harvest. **Summerfruit**, Davis, v. 7, n. 1, p. 10-13, Jan./Mar. 2005.
- DENNIS JÚNIOR, F. G. Producing temperate-zone fruits at low latitudes: an overview. **HortScience**, Alexandria, v. 22, n. 10, p. 1226-1227, Oct. 1987.
- EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madis, v. 6, n. 1, p. 36-40, Jan. 1966.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema de produção de pêssego de mesa na região da Serra Gaúcha**. Bento Gonçalves: Embrapa, 2003. Disponível em: <http://sistemasdeprodução.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pessego/Pessego-de-MesaRegiaoSerraGaucha/condução.htm> . Acesso em: 1 jan. 2016.
- EREZ, A.; COUVILLON, G. A. Characterization of the influence of moderate temperatures on rest completion in peach. **Journal American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 112, n. 4, p. 677-680, July 1987.
- EREZ, A.; LAVEE, S. The effect of climatic conditions on dormancy development of peach buds. **Journal of the American Society for horticultural Science**, Mount Vernon, v. 96, n. 6, p. 711-714, Nov. 1971.
- FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. **Fruticultura fundamentos e práticas**. Pelotas: Editora da Universidade Federal de Pelotas, 2008. 176 p.
- FAUST, M. **Physiology of temperate zone fruit trees**. New York: John Wiley & Sons, 1989. 338 p.
- FERNÁNDEZ, R. **Planificación y diseño de plantaciones frutales**. 2. ed. Barcelona: Mundi-Prensa, 1996. 220 p.
- FISHMAN, S.; EREZ, A.; COUVILLON, G. A. The temperature dependence of dormancy breaking in plants: two-step model involving a co-operative transition. **Journal of Theoretical Biology**, v. 124, n. 3, p. 473-483, Feb. 1987.
- FONFRÍA, M. A. et al. **Ameixa, cereja, damasco e pêssego: técnicas avançadas de desbaste, anelamento e fitorreguladores na produção de frutos de primeira qualidade**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1999. 91 p.

- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Disponível em: <<http://www.fao.org/home/en/>>. Acesso: 15 dez. 2012.
- GADIOLI, J. L. et al. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 377-383, jul./set. 2000.
- GARIGLIO, N. F. et al. Phenology and reproductive traits of peaches and nectarines in Central-East Argentina. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 66, n. 6, p. 757-763, nov./dez. 2009.
- GIL, G. **El potencial productivo**. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile, 1997. 333 p.
- GRADZIEL, T. M.; WEINBAUM, S. A. High relative humidity reduces anther dehiscence in apricot, peach, and almond. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 2, p. 322-325, Apr. 1999.
- GUITIÁN, J. Selective fruit abortion in *Prunus mahaleb* (Rosaceae). **American Journal of Botany**, Saint Louis, v. 81, n. 12, p. 1555-1558, Dec. 1994.
- HARROLD, T. J. Comparative study of the developing and aborting fruits of *Prunus persica*. **Botanical Gazette**, Chicago, v. 96, n. 3, p. 585-60, Mar. 1935.
- HAUAGGE, R. Melhoramento genético de fruteiras de clima temperado para adaptação a regiões subtropicais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE FRUTEIRAS, 2., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 56-81.
- HAUAGGE, R. Melhoramento genético de frutíferas de clima temperado para adaptação a regiões subtropicais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE FRUTÍFERAS, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Editora da UFV, 2000. p. 56-81.
- HERTER, F. G.; SACHES, S.; FLORES, C. A. Condições edafoclimáticas para instalação do pomar. In: MEDEIROS, C. A. B.; RASEIRA, M. C. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa-SPI, 1998. p. 20-28.
- HORVATH, D. P. et al. Knowing when to grow: signals regulating bud dormancy. **Trends in Plant Science**, Maryland Heights, v. 8, n. 11, p. 534-540, Nov. 2003.
- JACKSON, J. E.; HAMER, P. J. C.; WICKENDEN, M. F. Effects of early spring temperatures on the set of fruits of Cox's Orange Pippin apple and year-to-year variation in its yields. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 139, n. 1, p. 75-82, Apr. 1983.
- JACKSON, J. E.; HAMER, P. J. C. The causes of year-to-year variation in the average yield of Cox's Orange Pippin apple in England. **Journal of Horticultural Science**, Bangalore, v. 55, n. 2, p. 149-156, Apr. 1980.
- JRAIDI, M. B. **Contribution a l'etude de l'adaptation varietale du pecher aux conditions de milieu: anomalies florales et receptivite des ovules**. 1983. 169 p. These (Docteur) - Universite de Paris-Sud, Paris, 1983.
- LABUSCHAGNÉ, I. et al. Genotypic variation in prolonged dormancy symptoms in apple progenies. **HortScience**, Alexandria, v. 7, n. 1, p. 157-163, Feb. 2002.
- LANG, G. A. et al. Endo-, para- and ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. **HortScience**, Alexandria, v. 22, n. 2, p. 371-377, Apr. 1987.
- LAURI, P. E.; TEROUANNE, E.; LESPINASSE, J. Quantitative analysis of relationships between inflorescence size, bearing-axis size and fruit-set. An apple tree case study. **Annals of Botany**, Paris, v. 77, n. 7, p. 277-286, July 1996.
- LAVEE, S. Dormancy and bud break in warm climates: considerations of growth regulator involvement. Symposium on growth regulators in fruit production, Long Ashton. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 34, n. 1, p. 225-233, Dec. 1974.
- LAYNE, D. R.; JIANG, Z.; RUSHING, J. W. The influence of reflective film and retain on red skin coloration and maturity of gala apples. **Hort Technology**, Alexandria, v. 12, n. 4, p.

640-644, Oct. 2002.

LEONEL, S.; PIEROZZI, C. G.; TECCHIO, M. A. Produção e qualidade dos frutos de pessegueiro e nectarineira em clima subtropical do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 118-128, mar. 2011.

LIMA, E. P. **Graus-dia, temperatura base e coeficientes de cultura para cafeeiros arábica em fase de implantação**. 2006. 116 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

LITSCHMANN, T.; OUKROPEC, I.; KIRZAN, B. Predicting individual phenological phases in peaches using meteorological data. **Horticultural Science**, Praga, v. 35, n. 2, p. 65-71, Apr. 2008.

LLOYD, J. Y.; FIRTH, D. Effect of defoliation time on depth of dormancy and bloomtime for low-chill peaches. **HortScience**, Alexandria, v. 25, n. 12, p. 1575-1578, Dec. 1990.

MARINI, R. **How o grow big peaches: fruit and vegetable convetion and trade show**. Pennsylvania: Hershey, 2006. p. 01-08. Disponível em: <<http://njaes.rutgers.edu/peach/orchard/bigpeaches.pdf>>. Acesso em: 25 dez. 2015.

MAUGET, J. C.; RAGEAU, R. Bud dormancy and adaptation of apple tree to mildwinter climates. **Acta Horticulturae**, Lauven, v. 232, n. 1, p. 101-108, Sept. 1988.

MAY-DE MIO, L. L.; MOREIRA, L. M.; MONTEIRO, L. B.; JUSTINIANO JÚNIOR, P. R. Infecção de *Monilinia fructicola* no período da floração e incidência de podridão-parda em frutos de pessegueiro em dois sistemas de produção. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, n. 3, p. 227-234, 2008.

MCMASTER, G. S.; WILHELM, W. W. Growing degree-days: one equation,two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 87, n. 4, p. 291-300, Dec. 1997.

MEDEIROS, C. A. B.; RASEIRA, M. C. B. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa, 1998. 350 p.

MEDEIROS, J. G. S. et al. Reaction of peach tree genotypes to bacterial leaf spot caused by *Xanthomonas arboricola* pv.Pruni. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 1, p. 57-61, jan./ fev. 2011.

MELGAREJO, P. **El frío invernal, factor limitante para el cultivo frutal**. Madrid: Ediciones Madrid Vicente, 1999, 166 p.

MONET, R.; BASTARD, Y. Effect d'une temperature modérement élevée 25°C, surlas bourgeons floraux du pêcher. **Physiologie Végétale**, Paris, v. 9, n. 2, p. 209-226, Apr. 1971.

MONET, R.; BASTARD, Y. Initiation florale et phénomènes de dormance chez le pêcher, [*Prunus persica* (L.) Batsch]. **Compte Rendue Academie Scientifique**, Paris, v. 268, n. 16, p. 1931-1933, Aug. 1969.

MONET, R.; BASTARD, Y. Lês mécanismes de floraison chez le pêcher. **Bulletin Technique Informatif**, Paris, v. 248, n. 1, p. 173-176, Feb. 1970.

MONET, R.; BASTARD, Y. Morphogenése et croissance dès ébauches florales chezlê Pêche [*Prunus persica* (L.) Batsch]. **Compte Rendue Academie Scientifique**, Paris, v. 226, n. 16, p. 1845-1848, Aug. 1968.

MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola**. 7. ed. São Paulo: Nobel, 1989. 376 p.

NASCIMENTO, M. et al. Alteração no método centróide de avaliação da adaptabilidade genotípica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 3, p.263-269, Mar. 2009.

NAVA, G. A. **Desenvolvimento floral e frutificação de pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch) cv. Granada, submetido a distintas condições térmicas durante o período de pré-floração e floração**. 2007. 161 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

- NAVA, G. A. et al. Effect of high temperatures in the pre-blooming and blooming periods on ovule formation, pollen grains and yield of Granada peach. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 122, n. 1, p. 37-44, Sept. 2009.
- NIENOW, A. A. **Comportamento morfológico, fenológico e produtivo de cultivares de pessegueiro [Prunus pérsica (L.) Batsch], submetidos à poda de renovação após a colheita, na região de Jaboticabal, SP.** 1997. 171 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.
- NIENOW, A. A.; FLOSS, L. G. Florescimento de pessegueiros nectarineiras no planalto médio do Rio Grande do Sul, influenciada pelas condições meteorológicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 931-936, dez. 2002.
- OJIMA, M. et al. **Fruticultura de clima temperado na Estado de São Paulo:** diagnóstico da situação econômica e cultural e atividades de pesquisa no IAC. Campinas: Instituto Agrônomo, 1984. 72 p. (Boletim Técnico, 89).
- OKIE, W. R.; WERNER D. J. Genetic influence on flower bud density in peach and nectarine exceeds that of environment. **HortScience**, Alexandria, v. 31, n. 6, p. 1010-1012, Oct. 1996.
- OPENAI. *Ilustração esquemática de uma planta de pessegueiro com sistema radicular no solo.* [Imagem gerada por inteligência artificial]. ChatGPT, 2026. Disponível em: ChatGPT. Acesso em: 27 abr. 2026.
- OUKABLI A.; BARTOLINI, S.; VITI, R. Anatomical and morphological study of apple (*Malus x domestica* Borth.) flower buds growing under inadequate winter chilling. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Ashford, v. 78, n. 4, p. 580-585, Aug. 2003.
- OUKABLI, A.; MAHMOU, A. Dormancy in sweet cherry (*Prunus avium* L.) under Mediterranean climatic conditions. **Biotechnology, Agronomy, Society and Environment**, Genbloux, v. 11, n. 2, p. 133-139, Abr. 2007.
- PAULA, F. L. M. de. et al. Soma térmica de algumas fases do ciclo de desenvolvimento da batata (*Solanum tuberosum* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1034-1042, set./out. 2005.
- PEREIRA, J. F. M. et al. Curvas de crescimento, épocas de raleio e previsão do tamanho final do fruto em três cultivares de pessegueiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 9-10, p. 965-974, set./out. 1987.
- PÉREZ, G. S. Origen y análisis de la variación de los frutales en México. **Revista Germen de la Sociedad Mexicana de Fitogenética**, México, v. 13, n. 1, p. 1-23, Jan. 1997.
- PEREZ, L. H. Maçã: evolução da produção e do comércio internacional no Brasil e no mundo na década de 90. **Revista Informações Econômicas**, São Paulo, v. 32, n. 9, p. 46-52, set. 2002.
- PÉREZ, S. Variables associated with evolution and adaptation of peach seedlings to subtropical environments. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 592, n. 2, p. 143-148, Nov. 2001.
- PÉREZPASTOR, A. et al. Growth and phenological stages of 'Búlida' apricot trees in south-east Spain. **Agronomie**, Paris, v. 24, n. 1, p. 93-100, Feb. 2004.
- PETRI, J. L.; HERTER, F. G. Dormência e indução à brotação. In: MONTEIRO, L. B. et al. **Frutíferas de caroço:** uma visão ecológica. Curitiba: Editora da UFPR, 2004. p. 119-128.
- PEZZOPANE, J. R. M. et al. Exigência térmica do café arábica cv. Mundo Novo no subperíodo florescimento-colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1781-1786, nov./dez. 2008.
- PROMCHOT, S.; BOONPRAKOB, U.; BYRNE, D. H. Genotype and Environment Interaction of Low-chill Peaches and Nectarines in Subtropical Highlands of Thailand. **Thai Journal of Agricultural Science**, Bangkok, v. 41, n. 1-2, p. 53-61, Jan. 2008.

- RADICE, S.; ONTIVERO, M.; GIORDANI, E. Morphology and physiology of pollen grains of Italian *Prunus persica* (L.) Batsch cultivars grown in Argentina. **Advances in Horticultural Science**, Firenze, v. 17, n. 2, p. 93-96, Abr. 2003.
- RASEIRA, M. C. B. et al. Pêssego. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. F. (Ed.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas: volume 1**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 519-529.
- RASEIRA, M. C. B.; NAKASU, B. H. Cultivares. In: RASEIRA, M. C. B.; CENTELLAS-QUEZADA, A. **Pêssego: produção**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 41-59.
- RASEIRA, M. C. B.; QUEZADA, A. Classificação botânica, origem e evolução. In: MEDEIROS, C. A. B.; RASEIRA, M. C. B. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa Serviço de Produção de Informação, 2003. Cap. 4, p. 31-35.
- RICHARDSON, E. A.; SEELEY, S. D.; WALKER, D. R. A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. **HortScience**, Alexandria, v. 1, n. 3, p. 331-332, Jun. 1974.
- ROCHA, R. B. et al. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 255-266, abr./jun. 2005.
- RODRIGO, J.; HORMAZA, J. I.; HERRERO, M. Ovary starch reserves and flower development in apricot (*Prunus armeniaca*). **Physiologia Plantarum**, Oxford, v. 108, n. 1, p. 35-41, Jan. 2000.
- RUIZ, D.; EGEA, J. Analysis of the variability and correlations of floral biology factors affecting fruit set in apricot in a Mediterranean climate. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 115, n. 2, p. 154-163, Sept. 2008.
- RUML, M.; VUKOVIC, A.; MILATOVIC, D. Evaluation of different methods for determining growing degree-day thresholds in apricot cultivars. **International Journal of Biometeorology**, New York, v. 54, n. 4, p. 411-422, July 2010.
- RYUGO, K. **Fruit culture: its science and art**. New York: John Wiley & Sons, 1988. p. 107-116. 344 p.
- SACHS, S. et al. **A cultura do pessegueiro**. Pelotas: EMBRAPA, 1984. 156 p. (Circular Técnica, 10).
- SACHS, S.; CAMPOS, A. D. O pessegueiro. In: MEDEIROS, C. A. B.; RASEIRA, M. C. B. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa Serviço de Produção de Informação, 1998. Cap. 1, p. 13-19.
- SAMISH, R. M. Dormancy in woody plants. **Annales Physiologie Végétale**, Palo Alto, v. 15, n. 2, p. 183-204, Apr. 1954.
- SAMISH, R. M.; LAVÉE, S.; EREZ, A. A concept of dormancy in woody plants with special referent to the peach. In: INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS, 17., 1967, Rome. **Proceedings...** Rome: International Society for Horticultural Science, 1967. v. 3, p. 397-408.
- SCORZA, R.; SHERMAN, W. B. Peaches. In: JANICK, J.; MOORE, J. N. (Ed.). **Fruit breeding: tree and tropical fruits**. New York: John Wiley & Sons, 1996. p. 325-440.
- SEDGLEY, M.; GRIFFIN, A. R. **Sexual reproduction of tree crops**. London: Academic Press, 1989. 378 p.
- SHALTOU, A. D.; UNRATH, C. R. Rest completion prediction model for 'Starkrimson Delicious' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 108, n. 6, p. 957-961, Nov. 1983.
- SHAYKEWICH, C. F. An appraisal of cereal crop phenology modeling. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 75, n. 2, p. 329-341, Apr. 1995.

- SHERMAN, W. B.; LYRENE, P. M. Bloom time in low-chill peaches. **Journal of the American Pomological Society**, Texas, v. 52, n. 7 p. 226-228, July 1998.
- SILVEIRA, C. A. P. **Avaliação do efeito das horas de frio, épocas de aplicação e concentração de cianamida hidrogenada e óleo mineral na brotação, floração e frutificação efetiva de pessegueiro em condições de inverno subtropical**. 2003. 89 p. Tese (Doutorado em Agronomia - Fruticultura de Clima Temperado) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.
- SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: Editora da FEALQ, 1998. 760 p.
- SOUZA, F. B. et al. Produção e qualidade dos frutos de cultivares e seleções de pessegueiro na Serra da Mantiqueira. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 2, p. 133-139, abr. 2013.
- SOUZA, P. R. Alguns aspectos de influência do clima e temperatura sobre acultura do arroz irrigado no sul do Brasil. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 43, n. 389, p. 9-11, jan. 1990.
- STEPHENSON, A. G. Flower and fruit abortion; proximate causes and ultimate functions. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 12, n. 1, p. 253-279, Nov. 1981.
- STRECK, C. A. et al. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 755-760, maio/jun. 2004.
- SZABÓ, Z.; NYÉKI, J.; SZALAY, L. Autofertility of peach varieties in a variety collection. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 538, n. 2, p. 131-134, Oct. 2000.
- TOPP, B. L. et al. Ow-chill cultivar development. In: LAYNE, D. R.; BASSI, D. **The peach: botany, production and uses**. 7. ed. Cambridge: CABI, 2008. p. 106-138.
- WEINBERGER, J. H. Chilling requirements of peach varieties. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 56, n. 1, p. 122-128, Jan. 1950.
- WEINBERGER, J. H. Prolonged dormancy trouble in peaches in the Southeast in relation to winter temperatures. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 67, n. 1, p. 107-112, Jan. 1956.
- WEINBERGER, J. H. Studies on flower bud drop in peaches. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 91, n. 1, p. 78-83, Jan. 1967.
- WILLIAMS, R. R. The effect of summer nitrogen applications on the quality of apple blossom. **Journal of the Horticultural Science**, Ashford, v. 40, n. 1, p. 31-41, Feb. 1965.
- ZANETTE, F.; CARVALHO, R. I. N.; DRON, C. Effect of low temperature on dormancy intensity in one, two and three year-old-buds of apple tree. **Short Communications of Second International Symposium on Plant Dormancy**, Angers, v. 1, n. 1, p. 13-17, Feb. 2000.

# ÍNDICE REMISSIVO

## A

Adaptabilidade, 9, 29-30  
Acúmulo térmico, 25-27, 32  
Ambientes favoráveis, 29-30  
Antese, 19, 24, 26

## B

Brotação, 10, 17-24, 32  
Botões florais, 10, 22

## C

Clima subtropical, 8, 15, 23  
Climatologia agrícola, 5, 32  
Cultivares, 8-9, 16, 19-21  
Curva sigmoidal, 14

## D

Desenvolvimento fenológico, 10, 26-27  
Dormência, 5, 15-21, 32

## E

Ecodormência, 18-20  
Endodormência, 15-21  
Exigência de frio, 5, 15-16, 19-21, 32

## F

Fenologia, 5, 10, 17-27, 32  
Fixação de frutos, 24-25  
Floração, 10, 17-24, 32  
Frio hibernal, 8, 15-16

## G

Gemas florais, 10, 17-26  
Genótipos, 29-30  
Graus-dia de desenvolvimento (GDD), 10, 26-27, 32

## I

Ideótipos, 29-30

**M**

Método Centróide, 28-30

Modelagem agrometeorológica, 5, 32

**P**

Pessegueiro, 5, 8-32

Persicultura, 5, 9

Produção de frutos, 14, 24

Produtividade, 9, 21-24, 32

**S**

Sistema radicular, 12

Superação da dormência, 15-20

**T**

Temperatura, 5, 15-27

Tempo térmico, 26

## AUTORES



### **Filipe Bittencourt Machado de Souza**

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras (2009); Mestrado em Fitotecnia (sub área: Fruticultura) pela Universidade Federal de Lavras (2012); Doutorado em em Fitotecnia (sub área: Fruticultura) pela Universidade Federal de Lavras (2015) e período sanduíche em Horticulture pela Clemson University-USA (2014-15); Pós-doutorado em Agronomia/Fitopatologia (Microscopia Eletrônica) pela Universidade Federal de Lavras (2016); Pós-doutorado em Desenvolvimento Sustentável pelo Instituto Tecnológico da Vale (2017). Ex-Professor e coordenador do curso de Agronomia do Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos - UNITPAC (2018 - 2022). Membro da Associação dos Engenheiros Agrônomos do Estado do Tocantins (AEATO). Bolsista Produtividade do Estado do Tocantins pela Fundação de Apoio e Pesquisa do Estado do Tocantins (FAPT - EDITAL FAPT N 01/2019). Atualmente, professor Adjunto I da Faculdade de Agronomia e Veterinária (FAV) da Universidade de Brasília (UnB). Professor e orientador do programa de Pós-Graduação em Agronomia da FAV/UnB.

### **Leonardo França da Silva**

Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com especializações em Engenharia de Segurança do Trabalho e Engenharia de Produção. Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP) e Doutor em Engenharia Agrícola, com ênfase em Construções Rurais e Ambiente, pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Pós-doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), com foco em Modelagem Matemática de Sistemas Agrícolas. Atualmente, é Professor



Adjunto I da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília (UnB), campus Brasília. Atua como pesquisador colaborador em diversos grupos de pesquisa vinculados ao CNPq: AMBIAGRO/UFV (Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais), Engenharia de Sistemas Agrícolas Mecanizados (UFGD), LABOERGO/UFV (Ergonomia e Segurança Industrial, Segurança e Saúde do Trabalho, Ergonomia Florestal) e Núcleo PPJ/UFMG (Pesquisa e Apoio à Agricultura Familiar). Possui experiência nas áreas de Engenharia Agrícola, com ênfase em Construções Rurais e Ambiente, atuando também nos temas de Sustentabilidade em Sistemas de Produção Agropecuária, Ergonomia, Experimentação Agrícola, bem como no desenvolvimento de modelos e na simulação matemática aplicada à agricultura.



## **Luciano José Minette**

Professor Titular da Universidade Federal de Viçosa, no Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, atuando no programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal em nível de Mestrado, Doutorado e Pós-Doutorado. Possui Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa - 1984, Mestrado em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa - 1987, Doutorado em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa - 1995. Engenheiro

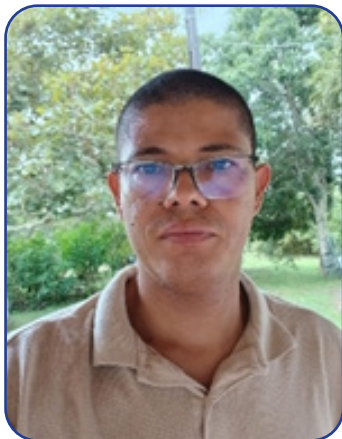
de Segurança do Trabalho pela Fundação Mineira de Educação e Cultura 2002. Participa de Convênios Institucionais da UFV. Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica - DEP com a Universidade Politécnica de Lyon, Annecy, Chambéry, Orleans, Montpellier e Nancy - França. Departamento de Engenharia Florestal com Universidade de Wisconsin-Madison EUA, Universidade de Washington EUA e Colorado State University EUA. Ministro as disciplinas de Ergonomia e Engenharia de Segurança do Trabalho para estudantes de onze cursos de Engenharia da Universidade Federal de Viçosa para a Graduação e as disciplinas de Ergonomia e Engenharia de Segurança do Trabalho para a Pós-Graduação em Ciência Florestal da UFV e Lato Sensu, na Engenharia de Produção e Mecânica. Coordenador do Curso Lato Sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica. Tem experiência em orientação de estudantes de Graduação, Mestrado, Doutorado e Pós-Doutorado na UFV. Oriento e cooriento e/ou orientei e coorientei estudantes de Pós-Graduação na Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Universidade Federal de Minas Gerais UFMG e Estadual do Centro Oeste do Paraná - UNICENTRO, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP. Atualmente, sou coordenador dos laboratórios de Saúde e Segurança do Trabalho - LSS, do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da UFV. Consultor Ad Hoc das Revistas *Árvore*, *Scientia Forestalis*, *Cerne*, *Ciência Florestal* e *Floresta*. Atuo em extensão universitária na Universidade Federal de Viçosa. Tem experiência nas áreas de Recursos Florestais, Engenharia de Produção e Engenharia Florestal, atuando principalmente em Ergonomia industrial e Florestal e Engenharia de Segurança do Trabalho.

## **Ana Vitória Remígio de Gois**

Engenheira Agrônoma formada pela Universidade de Brasília (UnB) e atualmente mestranda em Agronomia pela mesma instituição, onde desenvolve pesquisa na área de anatomia foliar da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), com foco na caracterização estrutural de genótipos cultivados no Distrito Federal. Sua formação acadêmica concentra-se em anatomia vegetal, morfologia e fisiologia de plantas, com ênfase na relação entre estrutura e função vegetal aplicada a culturas de importância agrônômica. Possui experiência profissional no setor agrícola, com atuação em vendas e assistência técnica de insumos na empresa Adubos Araguaia, além



de vivência prática em sistemas produtivos no estado do Mato Grosso, com enfoque em pecuária. Também apresenta experiência em atendimento e comercialização, incluindo atuação em floricultura. Atualmente, direciona sua trajetória para a pesquisa científica e a docência, buscando contribuir para o avanço da ciência agrônoma, especialmente em estudos relacionados à estrutura e funcionamento das plantas.



### **João José da Silva Júnior**

Professor Adjunto da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília (FAV/UnB), atua nas áreas de fertirrigação, manejo de irrigação, desenvolvimento de sensores de baixo custo e uso de VANTs na agricultura. Possui doutorado e mestrado em Engenharia de Água e Solo pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Tem experiência na capacitação profissional rural pelo SENAR/MG, com foco em operação e manejo de diferentes sistemas de irrigação. Já atuou como professor substituto na UFLA e como tutor em cursos de pós-graduação a distância na área ambiental. Também possui experiência em pesquisa aplicada, com passagens pela EMBRAPA, além de atuação em tecnologia de alimentos e pós-colheita de frutos tropicais.

### **Marcelo Fagioli**

Formado em Engenharia Agrônoma em 1989 pela FEIT/UEMG, Campus de Ituiutaba-MG. Mestrado e Doutorado pela Unesp de Jaboticabal, na área de Produção e Tecnologia de Sementes. É Professor do curso de Agronomia da UnB desde 2009, atuando em pesquisas com fitotecnia e melhoramento de plantas no ambiente do Cerrado.



### **Cristiano Marcio Alves de Souza**

Professor Titular da Universidade Federal da Grande Dourados. Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (1999) e Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (2004). Orientador nos Programas de Pós-graduação em Engenharia Agrícola (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) e Agronomia (Doutorado em Produção Vegetal) da UFGD. Áreas pesquisadas: projeto de máquinas agrícolas e pós-colheita de produtos agrícolas - atuando nos seguintes temas: agricultura digital e de precisão, colheita, semeadura, compactação do solo, tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas, secagem e aeração de grãos, modelagem, simulação e otimização de sistemas agrícolas, energia na agricultura.



## **Cássio Furtado Lima**

Professor efetivo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), campus Ananindeua, onde exerceu a chefia do Setor de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação. Doutorando em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), campus Viçosa (MG). Possui Mestrado em Ciência Florestal e graduação em Engenharia Florestal pela mesma instituição. Atuou como professor no IFPA campus Óbidos, onde coordenou o curso Técnico em Florestas e no Instituto Federal do Espírito Santo (IFES). Possui MBA em Gestão Pública e título de Engenheiro de Segurança do Trabalho. É especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, em Gestão Ambiental, licenciado em Matemática e técnico em Segurança do Trabalho pelo Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais. Tem experiência em cargos de gestão, bem como em atividades de ensino, pesquisa, extensão e inovação. Coordena e participa de projetos nas áreas de Mecanização, Colheita e Logística Florestal, Recursos Hídricos, Segurança do Trabalho.

## **Ana Izabella Freire**

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras - UFLA (2013). Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade Federal de Lavras - UFLA (2015). Doutora em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa - UFV (2019). Estagiária na empresa DUPONT DO BRASIL S.A - DIVISÃO PIONEER SEMENTES, atuando com produção de sementes de milho (2013). Licenciada em Letras Português/Inglês pela Faculdade Facece. Docente no Centro Universitário UNA. Docente no Curso Assistencial Theodomiro Santiago - CATS/ UNIFEI. Docente no Instituto Federal do Sul de Minas Gerais - Campus Inconfidentes. MBA em Logística e Supply Chain/ UNINTER. Docente no Curso Assistencial e Centro de Inteligência e Cultura - CACIC. Pós-doutorado pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós-doutorado concluído pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Docente da disciplina de Bioestatística no Centro de Ensino Superior em Gestão, Tecnologia e Educação (FAI).



**A** obra *Modelagem Fenológica do Pessegueiro com Base em Exigência de Frio e Graus-Dia de Desenvolvimento* apresenta uma análise abrangente dos fatores climáticos, fisiológicos e fenológicos que influenciam o desenvolvimento do pessegueiro. O livro aborda a dormência, a brotação, a floração e o uso de graus-dia como ferramenta de previsão fenológica, integrando conceitos de climatologia agrícola e manejo da cultura. Com linguagem técnica e fundamentação científica, a obra contribui para pesquisadores, estudantes e profissionais da fruticultura interessados na adaptação e produtividade do pessegueiro em diferentes condições climáticas.

ISBN 978-65-84364-34-9

