



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS

Aline Dapont Goedel

**Dinâmica fenológica e reprodutiva de variedades de oliveira  
no município de Rancho Queimado/SC**

Florianópolis

2024

Aline Dapont Goedel

**Dinâmica fenológica e reprodutiva de variedades de oliveira  
no município de Rancho Queimado/SC**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Ciências.

Orientador(a): Prof. Alberto Fontanella Brighenti,  
Dr.

Florianópolis

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pela autora, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Goedel, Aline Dapont

Dinâmica fenológica e reprodutiva de variedades de oliveira no município de Rancho Queimado/SC / Aline Dapont Goedel ; orientador, Alberto Fontanella Brighenti, 2024.

79 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Recursos Genéticos Vegetais. 2. Olea europaea L.. 3. fenologia da floração. 4. qualidade floral. 5. condições climáticas. I. Brighenti, Alberto Fontanella. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. III. Título.

Aline Dapont Goedel

**Dinâmica fenológica e reprodutiva de variedades de oliveira  
no município de Rancho Queimado/SC**

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 30 de agosto de 2024, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Alberto Fontanella Brighenti, Dr.  
Presidente/Orientador UFSC – CCA

Prof. Aparecido Lima da Silva, Dr.  
UFSC – CCA

Prof. Vagner Brasil Costa, Dr.  
UFPel – FAEM

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestra em Ciências.

Insira neste espaço a  
assinatura digital

Prof. Valdir Marcos Stefenon, Dr.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais

Insira neste espaço a  
assinatura digital

Prof. Alberto Fontanella Brighenti, Dr.  
Orientador

Florianópolis, 2024.

À Rosa.

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Rosa, sem a qual os caminhos não seriam trilhados até aqui e além.

Ao professor Alberto Fontanella Brighenti, pela parceria, paciência, amizade e apreciações de vinho ao longo dessa jornada.

Ao professor Aparecido Lima da Silva, grande mestre que inspira a todos que desfrutam de sua companhia.

À Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), ao Centro de Ciências Agrárias (CCA), ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais (RGV) e seus servidores.

À Quinta do Vienzo, nas figuras de Jester Macedo e Samoel Santos, pela oportunidade de aprendizado e desenvolvimento de estudos em olivicultura.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

Aos membros oficiais do Núcleo de Estudos em Olivicultura (NEOLIVE): Roque, Fernanda e João Guilherme. Todas as viagens a Rancho Queimado foram mais divertidas com vocês.

Aos amigos e colegas do Beto's Team: Adriano, Aparecido, Beto, Carol, Cubas, Duda, Fer, Francesco, Jackson, João, Keila, Luiz, Maria, Michelli e Roque.

Ao Núcleo de Estudos da Uva e do Vinho (NEUVIN), pela oportunidade de aprender. Em especial à Andressa, Fabio e Marcell.

Aos amigos do RGV, em especial Juliano, Jorge e Márcia.

À querida família Loss: Michelli, Arcângelo, Sofia e Lucas.

Aos melhores amigos do mundo, Jonatan e Rafael, pela casa, pelo caos, pelo apadrinhamento de pets, pelos silêncios e barulhos.

Obrigada!

“Tudo o que temos que decidir é o que fazer com o tempo que nos é dado.”

J.R.R. Tolkien

## RESUMO

A expansão da olivicultura para regiões subtropicais, como o sul do Brasil, revela um potencial significativo, especialmente em estados como Santa Catarina, onde a diversidade microclimática pode influenciar a adaptação das variedades de oliveira. A análise detalhada do desenvolvimento fenológico e reprodutivo das oliveiras em diferentes condições climáticas é essencial para avaliar a viabilidade e otimizar o cultivo nessas novas áreas. Portanto, o objetivo deste estudo foi identificar o desenvolvimento reprodutivo de variedades de oliveira cultivadas em clima subtropical úmido. Ambos os trabalhos foram desenvolvidos em olival comercial em Rancho Queimado, Santa Catarina, durante o ciclo produtivo 2023/24, com monitoramento das variedades Arbequina, Arbosana, Grappolo, Koroneiki e Picual. No primeiro trabalho, foram acompanhadas as principais etapas do desenvolvimento fenológico relacionado à floração e determinada a demanda térmica para a ocorrência dos estádios visualizados, traçando relação com as variáveis climatológicas no local de estudo. A variedade Arbequina destacou-se como a mais precoce entre as avaliadas, exigindo menos horas e unidades de frio para iniciar o ciclo reprodutivo. A fase de plena floração ocorreu simultaneamente para as variedades Arbequina, Koroneiki, Grappolo e Picual, com a Picual apresentando o menor acúmulo de graus-dia necessário até o início da floração. A temperatura média registrada entre o solstício de inverno e a floração final foi de 15 °C para as variedades monitoradas. Em Rancho Queimado, a umidade relativa permaneceu superior a 80% ao longo de todo o período analisado, e a pluviosidade foi observada em todas as fases da floração. O segundo trabalho teve como foco a identificação fenológica reprodutiva e a biologia floral das variedades, além da análise das condições climáticas durante o período reprodutivo. Durante o ciclo, as temperaturas máximas permaneceram abaixo de 25 °C, e as mínimas não ultrapassaram 17,5 °C. A pluviosidade superou 1.400 mm e a umidade relativa se manteve acima de 84%, resultando em elevado molhamento floral. A velocidade média do vento foi de 9,8 km/h. Arbequina e Koroneiki atingiram a plena floração em outubro, com Arbequina apresentando o estágio fenológico mais avançado e sendo a mais precoce das variedades. Arbosana sofreu interrupção no desenvolvimento devido à antracnose, e Grappolo e Picual não avançaram além do estágio fenológico 50. Arbequina e Koroneiki demonstraram maiores proporções de floração, enquanto Picual teve a maior proporção de flores estaminadas e a menor quantidade de óvulos. Não foram observadas diferenças significativas na quantidade de estigmas, carpelos e anteras entre as variedades. Picual produziu os maiores grãos de pólen, seguido por Arbequina, e Arbosana apresentou a menor produção de grãos de pólen. Os resultados deste estudo evidenciam a complexidade e os desafios da olivicultura em regiões subtropicais, como o sul do Brasil. A análise das variáveis fenológicas e climáticas revela a necessidade de uma abordagem detalhada para entender a adaptação das variedades de oliveira às condições locais, sugerindo que estratégias específicas podem ser necessárias para enfrentar as dificuldades e otimizar o cultivo nessas áreas.

**Palavras-chave:** *Olea europaea* L.; fenologia; floração; condições climáticas; qualidade floral.

## ABSTRACT

The expansion of olive cultivation into subtropical regions, such as southern Brazil, reveals significant potential, particularly in states like Santa Catarina, where microclimatic diversity may influence the adaptation of olive varieties. A detailed analysis of the phenological and reproductive development of olives under various climatic conditions is essential for assessing feasibility and optimizing cultivation in these new areas. This research aimed to identify the reproductive development of olive varieties grown in a subtropical humid climate. Both studies were conducted in a commercial olive grove in Rancho Queimado, Santa Catarina, during the 2023/24 harvest, monitoring the Arbequina, Arbosana, Grappolo, Koroneiki, and Picual varieties. The first study tracked key stages of phenological development related to flowering and determined the thermal requirements for these stages, correlating them with local climatic variables. The Arbequina variety emerged as the most precocious, requiring fewer chill hours and units to initiate the reproductive cycle. Full flowering occurred simultaneously in Arbequina, Koroneiki, Grappolo, and Picual, with Picual showing the lowest degree-days accumulation to reach flowering. The average temperature recorded between the winter solstice and final flowering was 15 °C for the monitored varieties. In Rancho Queimado, relative humidity remained above 80% throughout the study period, and precipitation was observed at all flowering stages. The second study focused on the phenological reproductive and floral biology identification of the varieties, as well as the analysis of climatic conditions during the reproductive period. During the cycle, maximum temperatures remained below 25 °C, and minimum temperatures did not exceed 17.5 °C. Precipitation exceeded 1,400 mm, and relative humidity remained above 84%, resulting in high floral wetness. The average wind speed was 9.8 km/h. Arbequina and Koroneiki reached full flowering in October, with Arbequina exhibiting the most advanced phenological stage and being the earliest of the varieties. Arbosana experienced development interruption due to anthracnose, while Grappolo and Picual did not progress beyond phenological stage 50. Arbequina and Koroneiki showed higher proportions of flowering, while Picual had the highest proportion of staminate flowers and the lowest number of ovules. No significant differences were observed in the quantity of stigmas, carpels, and anthers among the varieties. Picual produced the largest pollen grains, followed by Arbequina, while Arbosana produced the smallest amount of pollen grains. The results of this study underscore the complexity and challenges of olive cultivation in subtropical regions like southern Brazil. The analysis of phenological and climatic variables highlights the need for a detailed approach to understand the adaptation of olive varieties to local conditions, suggesting that specific strategies may be required to address challenges and optimize cultivation in these areas.

**Keywords:** *Olea europaea* L.; phenology; flowering; climate conditions; flower quality.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Conjunto de inflorescências (esquerda) e frutos (direita) da variedade de oliveira Arbequina em Rancho Queimado, Santa Catarina. ....	19
Figura 1.2. Porção de copa (esquerda) e detalhe da inflorescência (direita) da variedade de oliveira Arbosana em Rancho Queimado, Santa Catarina. ....	20
Figura 1.3. Conjunto de inflorescências (esquerda) e frutos (direita) da variedade de oliveira Grappolo em Rancho Queimado, Santa Catarina. ....	21
Figura 1.4. Conjunto de inflorescências (esquerda) e frutos (direita) da variedade de oliveira Koroneiki em Rancho Queimado, Santa Catarina. ....	22
Figura 1.5. Conjunto de inflorescências (esquerda) e frutos (direita) da variedade de oliveira Picual em Rancho Queimado, Santa Catarina. ....	23
Figura 2.1. Duração cronológica (A) e somatório de Graus-dia (B) dos principais estádios fenológicos relacionados ao desenvolvimento das inflorescências e floração, mensurados a partir do solstício de inverno (21 de junho de 2023) para cinco variedades de oliveira em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24. ....	39
Figura 2.2. Parâmetros climatológicos entre os principais estádios fenológicos relacionados ao desenvolvimento das inflorescências e floração, mensurados a partir do solstício de inverno (21 de junho de 2023) para cinco variedades de oliveira, em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24. ....	43
Figura 3.1. Dados meteorológicos mensais entre julho de 2023 e março de 2024 em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24. A) Temperatura (máxima, média e mínima) e radiação solar. B) Precipitação, molhamento floral acumulado, umidade relativa e velocidade do vento. ....	51
Figura 3.2. Registro dos estágios fenológicos reprodutivos da escala BBCH para cinco variedades de oliveira, em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24. ....	53
Figura 3.3. Análise dos componentes principais com parâmetros da biologia reprodutiva para cinco variedades de oliveira, em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24. ....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1. Estádios fenológicos do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da oliveira, conforme escala Biologische Bundesantalt, Bundessortenamtund Chemische Industrie (BBCH).....	24
Tabela 2.1. Principais estádios fenológicos de desenvolvimento das inflorescências e floração segundo escala BBCH registrados para variedades de oliveira em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24. ....	35
Tabela 2.2. Datas de registro dos principais estádios fenológicos relacionados ao desenvolvimento das inflorescências e floração, mensurados a partir do solstício de inverno (21 de junho de 2023) para cinco variedades de oliveira, em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24. ....	37
Tabela 2.3. Somatório de horas de frio e unidades de frio entre 1º de abril de 2023 e a data de registro do estágio fenológico 51 (início do intumescimento das inflorescências) para cinco variedades de oliveiras em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24. ....	41
Tabela 3.1. Intensidade de floração, quantidade de flores por inflorescência e porcentagem do tipo de flores (hermafroditas e estaminadas) para cinco variedades de oliveira, em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24. ....	56
Tabela 3.2. Quantidade de estigmas, carpelos, óvulos e anteras por flor para cinco variedades de oliveira, em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24. ....	57
Tabela 3.3. Porcentagem de estigmas receptivos em flores abertas e fechadas para cinco variedades de oliveira, em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24. ....	58
Tabela 3.4. Produção por antera e aspectos morfométricos de área, perímetro, altura e largura de grãos de pólen para cinco variedades de oliveira, em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24. ....	59

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>a</i>	Constante de unidades acumuladas de resfriamento
arcsin	Arco seno
BBCH	Biologische Bundesantalt, Bundessortenamtund Chemische Industrie
Cfb	Clima temperado oceânico
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
GD	Graus-dia
IOC	Conselho Oleícola Internacional
log	Logaritmo
T <sub>b</sub>	Temperatura basal inferior da espécie
T <sub>B</sub>	Temperatura basal superior da espécie
T <sub>h</sub>	Temperatura média por hora
T <sub>m</sub>	Temperatura diária mínima
T <sub>M</sub>	Temperatura diária máxima
T <sub>o</sub>	Temperatura ideal para o frio
T <sub>x</sub>	Temperatura limite
UF	Unidades de fri

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
1.1. OLIVICULTURA .....	16
1.2. OLIVICULTURA BRASILEIRA E CATARINENSE .....	16
1.3. VARIEDADES .....	17
1.1.1 <b>Arbequina</b> .....	<b>18</b>
1.1.2 <b>Arbosana</b> .....	<b>19</b>
1.1.3 <b>Grappolo</b> .....	<b>20</b>
1.1.4 <b>Koroneiki</b> .....	<b>21</b>
1.1.5 <b>Picual</b> .....	<b>22</b>
1.4. FENOLOGIA.....	23
1.5. ALTERNÂNCIA DE PRODUÇÃO.....	27
1.6. BIOLOGIA FLORAL E POLINIZAÇÃO .....	28
1.7. EFEITOS CLIMÁTICOS .....	30
<b>2. FENOLOGIA E DEMANDA TÉRMICA DURANTE A FLORAÇÃO DE VARIEDADES DE OLIVEIRA EM CLIMA SUBTROPICAL ÚMIDO</b> .....	<b>33</b>
1.8. INTRODUÇÃO .....	34
1.9. MATERIAL E MÉTODOS .....	35
1.10. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
1.11. CONCLUSÃO .....	44
<b>3. FENOFASES E BIOLOGIA REPRODUTIVA DE OLIVEIRAS EM RANCHO QUEIMADO, SANTA CATARINA</b> .....	<b>45</b>
1.12. INTRODUÇÃO .....	46
1.13. MATERIAL E MÉTODOS .....	48
1.14. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
1.15. CONCLUSÃO .....	61
<b>4. CONCLUSÕES</b> .....	<b>63</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>65</b>
<b>ANEXO A – ESCALA BBCH</b> .....	<b>77</b>

## INTRODUÇÃO

O aumento da demanda global por produtos saudáveis e naturais revela a olivicultura como um setor promissor e em constante evolução. Com longa tradição em países mediterrâneos como Espanha, Itália e Grécia, a produção de azeitonas e azeite de oliva tem se expandido para outras regiões, como as porções subtropicais da América Latina (TORRES et al., 2017).

A olivicultura brasileira é um setor emergente que tem ganhado destaque ao longo dos últimos anos. Embora ainda não alcance os patamares de produção de países europeus, o Brasil tem mostrado um grande potencial para o cultivo de oliveiras, principalmente nas regiões Sul e Sudeste (TERAMOTO et al., 2013). A produção de azeite nacional tem se destacado pela qualidade do material produzido, que tem sido reconhecido em competições internacionais (TAFARELO, 2022; ONDEI, 2023; SIMONETTI, 2023). Ademais, a atividade tem um impacto socioeconômico significativo, gerando empregos e renda para pequenos produtores rurais.

Entender a intrincada relação entre a fenologia da oliveira e sua adaptação em novas zonas de produção é crucial para o estabelecimento bem-sucedido da olivicultura em ambientes diversos. A fenologia desempenha um papel fundamental na determinação da adaptabilidade das variedades de oliveira às condições climáticas variáveis (AGUILERA et al., 2015; MARTINS et al., 2019). À medida que as oliveiras avançam por diferentes estádios fenológicos, como floração, frutificação e maturação, estão sujeitas à influência de temperatura, fotoperíodo, disponibilidade hídrica, entre outros fatores (ETTINGER et al., 2018). Consequentemente, a compreensão completa da fenologia da oliveira em diferentes contextos climáticos é indispensável para selecionar variedades adequadas e implementar práticas de manejo apropriadas para aprimorar a resiliência e a produtividade em regiões emergentes de produção (GABEL, 2023).

A oliveira é capaz de produzir uma grande quantidade de flores e, conseqüentemente, de pólen, o que garantiria uma fertilização adequada. Contudo, muitas das flores acabam sendo inviáveis em virtude da estratégia de reprodução de floração massal, da competição por recursos para sustentar o desenvolvimento de todos os possíveis frutos, das condições ambientais ou mesmo em função do equilíbrio biótico (BRETON & BERVILLÉ, 2013). Os olivais cultivados nas áreas tradicionais do globo se espalham por extensas áreas de produção, portanto a

dispersão do pólen entre as plantas é uma ocorrência comum (PINILLOS & CUEVAS, 2009). Entretanto, em condições de cultivo subtropicais, fatores relacionados à condição climática podem ter um impacto significativo na produtividade, devido às variações no avanço fenológico e na biologia reprodutiva floral. Dentre estes fatores, cita-se as temperaturas elevadas, precipitação pluviométrica abundante e umidade relativa muito alta ou extremamente reduzida (IOVANE et al., 2021; SPERONI et al., 2021). O acometimento de patologias vegetais e pragas também representam significativo impacto na qualidade do material floral (SCHEUNEMANN et al., 2019; MOREIRA et al., 2021).

Portanto, em condições climáticas subtropicais úmidas, para onde a olivicultura tem se expandido nas últimas décadas, são necessários estudos que caracterizem o desempenho das principais variedades de oliveira cultivadas. Desta forma, será possível recomendar materiais vegetais com melhor adaptabilidade regional, bem como determinar estratégias de manejo específicas para a realidade do produtor rural local.

## 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. OLIVICULTURA

A *Olea europaea* L., popularmente conhecida como oliveira, é uma das mais de 240 espécies da família botânica Oleaceae (LERSTEN & HORNER, 2009). A análise filogenômica de 44 amostras do gênero *Olea* demonstrou que o mesmo não é monofilético, tendo ancestrais diversos para sua origem (DONG et al., 2021). Dentro deste gênero, que conta com 35 espécies, *O. europaea* engloba todas as oliveiras silvestres e cultivadas, sendo a única cujos frutos são comestíveis (COUTINHO et al., 2009).

Dentre os cultivos provenientes do Mediterrâneo, a oliveira é um dos mais antigos a serem usufruídos pela civilização humana. Estudos identificaram evidências do consumo de frutos de oliveiras silvestres há 18.000, bem como da extração do azeite de oliva por volta de 7.000 anos antes do presente (BOUBY & TERRAL, 2016; GALILI et al., 2021). O avanço das áreas de produção domésticas da espécie ocorreu contiguamente às migrações das civilizações primárias ao longo de toda a Europa, Oriente Médio e norte da África, conseqüentemente se expandindo para outras áreas do globo (VALAMOTI et al., 2018; FANELLI et al., 2022).

O Conselho Oleícola Internacional (IOC) estima que o cultivo de oliveiras cobriu cerca de 10,7 milhões de hectares na safra 2024. Os maiores países produtores são Espanha, Itália, Tunísia, Grécia, Turquia, Marrocos e Portugal, todos localizados na bacia mediterrânea. O azeite de oliva é o produto de maior expressão global na produção oleícola, sendo produzidos na última safra aproximadamente 1,97 milhões de toneladas (OLIVE OIL TIMES, 2023). Já os últimos dados disponíveis sobre a produção de azeitonas de mesa são de 2022, a qual correspondeu a pouco mais de 2,8 milhões de toneladas (IOC, 2022).

### 1.2. OLIVICULTURA BRASILEIRA E CATARINENSE

Os primeiros exemplares de oliveiras do Brasil foram introduzidos há vários séculos, ainda nas condições de exploração colonial por parte da coroa portuguesa após sua expansão ultramarina (TERAMOTO, 2010). Remanescentes destes indivíduos podem ser encontrados especialmente nas regiões Sudeste e Sul do país,

nas quais também foi identificado princípio de interesse no cultivo da oliveira durante as décadas de 1940 e 1950, após aumento da imigração de europeus para terras brasileiras (TERAMOTO, 2010; DA CROCE et al., 2012, IBRAOLIVA, 2023).

Comercialmente, a olivicultura brasileira obteve maior expressão ao longo dos últimos dez anos. Os olivais para produção comercial estão espalhados pelos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, correspondendo a mais de 10 mil ha de área cultivada no país (BELARMINO et al., 2020; IBRAOLIVA, 2023). A quase totalidade dos produtos oriundos da olivicultura consumidos pelos brasileiros são importados e o volume tanto de azeite como azeitonas de mesa produzidos nacionalmente abastecem basicamente o mercado consumidor interno (TERAMOTO et al., 2013). Embora a produção brasileira ainda seja pequena em comparação com países como Espanha, Itália e Grécia, a qualidade dos azeites de oliva produzidos no Brasil tem sido reconhecida internacionalmente, o que tem impulsionado a indústria local e atraído investimentos para o setor (TAFARELO, 2022; ONDEI, 2023; SIMONETTI, 2023).

A olivicultura ainda é incipiente no contexto catarinense. O quadro atual de expansão do cultivo passa por gargalos técnicos e financeiros, como a demanda pela compreensão do desenvolvimento fenológico nos microclimas de Santa Catarina, da produtividade de olivais no estado, além do lapso de investimentos e incentivo à produção (BRUGNARA, 2018). Entretanto, pesquisas demonstram que o estado tem potencial produtivo em variadas regiões, especialmente nas porções mais frias. As variedades Arbequina, Arbosana e Koroneiki têm sido testadas no estado, demonstrando bons resultados agrônômicos e capacidade adaptativa às condições edafoclimáticas de Santa Catarina (DA CROCE et al., 2012; DA CROCE et al., 2016; BRUGNARA et al., 2019). No entanto, mais estudos *in loco* sobre a fenologia e desempenho produtivo ainda são necessários visando compreender o desenvolvimento dos olivais em novas áreas de exploração.

### 1.3. VARIEDADES

Segundo a estimativa da Divisão de Produção e Proteção do Germoplasma de Oliveiras da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a oliveira conta com pelo menos 2.600 distintas variedades ao longo do globo, além de inúmeros ecótipos locais (MUZZALUPO, 2012). No Brasil, os olivais

comerciais são compostos majoritariamente por variedades azeiteiras, sendo a Arbequina o maior destaque (BORGES et al., 2017). Entretanto, outras variedades vêm ocupando espaço na olivicultura nacional de maneira lenta e, em inúmeros casos, sem levar em consideração pesquisas de adaptabilidade (IBRAOLIVA, 2023).

O sistema mais comum para a classificação das oliveiras é baseado na finalidade de uso de seu fruto. As variedades azeiteiras foram selecionadas tendo como prioridade a capacidade de acúmulo de elevados teores de ácidos graxos em seus frutos. Os exemplos mais conhecidos são Arbequina, Arbosana, Coratina, Frantoio, Koroneiki e Picual. As azeitonas de mesa são produzidas pelo cultivo de variedades como Ascolana e Manzanilla de Sevilla, as quais foram aprimoradas levando em consideração o sabor e tamanho dos frutos. Já as variedades de dupla finalidade têm expressão intermediária de ambas as características azeiteiras e de mesa, sendo as mais comuns a Galega Alto D'Ouro e Penafiel (COUTINHO et al., 2009).

A escolha de variedades adequadas para cada objetivo de produção e para o ambiente de estabelecimento dos olivais assume papel central no avanço da olivicultura nacional e catarinense. Deste modo, a seguir são descritas as variedades em foco neste estudo e que apresentam potencial para cultivo no estado de Santa Catarina.

### **1.1.1 Arbequina**

Proveniente da região da Catalunha, no nordeste da Espanha (QUEST-RISTON, 2011) (Figura 1.1). É a variedade mais cultivada no Brasil. Com propósito de produção azeiteira, tem vigor baixo a médio, sendo ideal para cultivo em densidades médias a altas em clima do tipo mediterrâneo. Em condições de cultivo tradicional, a floração tem início na primeira semana de setembro e término no começo de outubro. Já a maturação dos frutos tem início em março e finda ao meio do mês de abril. É considerada resistente às temperaturas baixas, mediamente tolerante à antracnose e tuberculose, porém suscetível à verticilose, repilo e ao emplumado, bem como ao ataque da traça das oliveiras e às cochonilhas (COUTINHO et al., 2009; BARRANCO NAVERO et al., 2017). Desenvolve frutos pequenos e leves, com cerca de 2 g, além de poucas e pequenas lenticelas. Tem teor de ácidos graxos entre 16 e

18% e produz azeite para consumo rápido, em função da média estabilidade de seus componentes (LUCAS & CONDE, 2013).

Figura 1.1. Conjunto de inflorescências (esquerda) e frutos (direita) da variedade de oliveira Arbequina em Rancho Queimado, Santa Catarina.



Fonte: elaborada pela autora.

### 1.1.2 Arbosana

Variedade com aptidão azeiteira, é originária da região da Catalunha, na Espanha (QUEST-RISTON, 2011) (Figura 1.2). É bastante empregada em olivais superadensados em função do baixo vigor. Em locais de cultivo tradicional, é considerada rústica, muito produtiva, com floração e maturação tardias (RIUS & LACARTE, 2010). Não tolera solos com excesso de umidade. Tolerante o acometimento de repilo, verticilose e da mosca-da-oliveira, porém é bastante suscetível à galha-da-oliveira e à antracnose (FALCÃO, 2019; FILODA et al., 2021). Tem médio rendimento azeiteiro e baixa relação polpa-caroco, além de frutos pequenos, esféricos e assimétricos. Apresenta elevada composição de ácido oleico e polifenóis (CORDEIRO et al., 2014).

Figura 1.2. Porção de copa (esquerda) e detalhe da inflorescência (direita) da variedade de oliveira Arbosana em Rancho Queimado, Santa Catarina.



Fonte: elaborada pela autora.

### 1.1.3 Grappolo

Variedade proveniente da província de Pistoia, na região da Toscana italiana (Figura 1.3). É empregada exclusivamente para produção azeiteira. Popularmente, adquire outros nomes como Frantoie a Grappoli, Grappolo di Apulia ou Grappolo d'Inverno. O termo "grappolo" em italiano remonta à cacho de uva, em razão do formato de suas inflorescências que podem apresentar até cinco frutos. Tolerância a condições de frio acentuado e é considerada resistente ao repilo. Quanto aos aspectos vegetativos, apresenta vigor médio, densidade de copa média a alta e folhas de formato elíptico (DE OLIVEIRA et al., 2012). Produz frutos de tamanho médio e formato ovoide. Seu azeite apresenta aroma frutado médio a baixo, com leves notas de alcachofra e amêndoas e picância média. A composição de ácidos graxos revela mais de 78% de ácido oleico e cerca de 10% de ácido palmítico (MUZZALUPO, 2012).

Figura 1.3. Conjunto de inflorescências (esquerda) e frutos (direita) da variedade de oliveira Grappolo em Rancho Queimado, Santa Catarina.



Fonte: elaborada pela autora.

#### 1.1.4 Koroneiki

Originária de Koroni, península de Mani, no Peloponeso, sul da Grécia (QUEST-RISTON, 2011) (Figura 1.4). É cultivada em todo o planeta em virtude da excelente qualidade e estabilidade de seu azeite (VIDAL et al., 2019). Demonstra ótima capacidade de enraizamento e natural capacidade de manter a estrutura de copa aberta (BARRANCO NAVERO et al., 2017). Por expressar vigor considerado médio, seu cultivo é recomendado em espaçamentos mais adensados. Entre meados de setembro e o fim de outubro ocorre o estágio de floração desta variedade, enquanto a maturação ocorre entre abril até meados de maio. É considerada resistente a condições de seca, porém suscetível ao frio extremo especialmente plantas jovens. Quanto às doenças, é sensível à tuberculose, porém moderadamente resistente ao repilo e verticilose. Não tolera o acometimento de pragas como a traça das oliveiras e cochonilhas (COUTINHO et al., 2009). Produz frutos pequenos e leves (com menos de 2 g), teor de óleo de cerca de 16% além de poucas e pequenas lenticelas

aparentes. Seu azeite é considerado de alta estabilidade devido ao elevado conteúdo de ácido oleico (LUCAS & CONDE, 2013).

Figura 1.4. Conjunto de inflorescências (esquerda) e frutos (direita) da variedade de oliveira Koroneiki em Rancho Queimado, Santa Catarina.



Fonte: elaborada pela autora.

### 1.1.5 Picual

É a principal variedade cultivada na Espanha, de onde é originária (BARRANCO NAVERO et al., 2000) (Figura 1.5). Tolerante a baixas temperaturas, excesso de umidade e salinidade no solo, porém é sensível à escassez hídrica e solos calcáreos. Tem frutos terminados em ponta suave, de tamanho médio (de 2 a 4 g), excelente rendimento azeiteiro, alto conteúdo de ácido oleico e de polifenóis, caracterizando longo período de validade para seu azeite (LUCAS & CONDE, 2013). Tem brotação e maturação precoce em cultivos na Espanha, mas média em condições subtropicais (BARRANCO NAVERO et al., 2000; LUCAS & CONDE, 2013). É tolerante à antracnose e à bacteriose galha-da-oliveira, porém altamente suscetível ao repilo, verticilose e mosca-da-oliveira (BARRANCO NAVERO et al., 2000). Dependendo da condição local, pode ser considerada autofértil ou auto incompatível

quanto à polinização (DÍAZ et al., 2006; LUCAS & CONDE, 2013; PINILLOS & CUEVAS, 2009).

Figura 1.5. Conjunto de inflorescências (esquerda) e frutos (direita) da variedade de oliveira Picual em Rancho Queimado, Santa Catarina.



Fonte: elaborada pela autora.

#### 1.4. FENOLOGIA

A ciência da fenologia de plantas pode ser definida como o estudo da ocorrência de eventos biológicos vegetais em relação aos fatores ambientais sob os quais as mesmas estão submetidas (AGUILERA et al., 2015; MARTINS et al., 2019). A determinação da ocasião dos estádios fenológicos das plantas permite o gerenciamento eficaz do germoplasma de espécies de interesse agrônomo, bem como o estabelecimento de estratégias para sua reprodução e propagação. Ademais, é também através do conhecimento das fases da fenologia vegetal que são definidas práticas de manejo a campo (ETTINGER et al., 2018; GABEL, 2023).

Um dos métodos utilizados para a padronização da fenologia da oliveira é baseado na escala fenológica BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie) (ANEXO A). A escala é concisa e aderente aos eventos reais

de desenvolvimento da espécie. Amplamente empregada em países europeus, a escala BBCH é decimal com dois dígitos: o primeiro (0 a 9) correspondendo ao estágio de desenvolvimento principal e o segundo (0 a 9) informando o estágio secundário dentro da classe principal, conforme Tabela 1.1 (SANZ-CORTÉS et al., 2002).

Tabela 1.1. Estádios fenológicos do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da oliveira, conforme escala Biologische Bundesantalt, Bundessortenamtund Chemische Industrie (BBCH).

(continua)

Estádio fenológico principal 0 – Desenvolvimento das gemas vegetativas	
Estádio fenológico secundário	Descrição
00	Gemas foliares no ápice dos brotos desenvolvidos na safra anterior completamente fechadas, pontiagudas, sem pedúnculo e de cor ocre.
01	Gemas foliares começam a inchar e abrir, mostrando os novos primórdios foliares.
03	Gemas foliares alongadas e separadas da base.
07	Pequenas folhas externas abertas, não completamente separadas, permanecendo unidas pelo ápice.
09	Pequenas folhas externas ligeiramente mais abertas, cruzando-se no ápice.
Estádio fenológico principal 1 – Desenvolvimento das folhas	
11	Primeiras folhas completamente separadas, com cor verde-acinzentada.
	Folhas ligeiramente mais longas, sem atingir o tamanho final.
15	Primeiras folhas assumindo coloração esverdeada na face adaxial.
19	Folhas alcançando tamanho e formato típicos da variedade.
Estádio fenológico principal 3 – Desenvolvimento dos brotos foliares	
31	Brotos foliares atingindo 10% de seu tamanho final.
33	Brotos foliares atingindo 30% de seu tamanho final
37	Brotos foliares atingindo 70% de seu tamanho final.

Tabela 1.1. Estádios fenológicos do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da oliveira, conforme escala Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie (BBCH).

(continuação)

Estádio fenológico principal 5 – Desenvolvimento das inflorescências	
50	Gemas das inflorescências nas axilas foliares completamente fechadas. Formato pontiagudo, sem haste e de cor ocre.
51	Início do intumescimento das gemas das inflorescências.
53	Abertura das gemas das inflorescências. Início do desenvolvimento das inflorescências.
54	Crescimento das inflorescências.
55	Inflorescências completamente expandidas. Início da abertura dos botões florais.
57	Corolas esverdeadas, mais longas que o cálice floral.
59	Mudança de cor das corolas, de verde para branco/creme.
Estádio fenológico principal 6 – Florescimento	
60	Abertura das primeiras flores
61	Início do florescimento: 10% das flores abertas.
65	Pleno florescimento: pelo menos 50% das flores abertas.
67	Queda das primeiras pétalas.
69	Fim do florescimento. Estabelecimento do <i>fruit set</i> . Queda de ovários não fertilizados.
Estádio fenológico principal 7 – Desenvolvimento dos frutos	
71	Frutos alcançam 10% do tamanho final.
75	Frutos alcançam 50% do tamanho final. Início da lignificação do caroço (resistência ao corte por objeto afiado).
77	Frutos alcançam 90% do tamanho final. Possibilidade de colheita de azeitonas verdes.

Tabela 1.1. Estádios fenológicos do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da oliveira, conforme escala Biologische Bundesantalt, Bundessortenamtund Chemische Industrie (BBCH).

(conclusão)	
Estádio fenológico principal 8 – Maturação dos frutos	
80	Mudança de cor dos frutos de verde escuro para verde claro/verde amarelado
81	Início da pigmentação específica dos frutos conforme a variedade.
85	Aumento da pigmentação específica dos frutos conforme a variedade.
89	Maturidade de colheita: frutos com cor típica da variedade, permanecendo túrgidos e adequados para extração de óleo.
Estádio fenológico principal 9 – Senescência	
92	Frutos maduros demais, com perda de turgidez e início da queda.

Fonte: adaptado de SANZ-CORTÉS et al., 2002.

Através do acompanhamento da fenologia da oliveira, são observadas duas ondas de crescimento da planta, sendo a primeira durante a primavera e a segunda durante o outono. A onda primaveril é considerada a mais dominante e de maior impacto sobre o desenvolvimento da planta, em especial, quanto aos aspectos reprodutivos. Já a segunda onda tem menor significância e é expressa pelo alongamento dos ramos (HAMMAMI et al., 2022). Os fatores determinantes das variações na ocorrência das ondas de crescimento são as condições edafoclimáticas sob a qual a planta se encontra e as distintas variedades e genótipos de oliveiras (KOUR et al., 2018).

O avanço das fases fenológicas da oliveira é condicionado principalmente pela temperatura e, em menor impacto, pela disponibilidade hídrica (HAMZE et al., 2022; MARTINS et al., 2019). Quando identificada a variação desses fatores exógenos, há a alternância dos períodos de desenvolvimento, como a definição da entrada no período de repouso e da saída do mesmo, resultando em início da floração. Nas condições do Sul do Brasil, ocorre entre os meses de setembro e outubro (COUTINHO et al., 2009; BENLLOCH-GONZÁLEZ et al., 2018). No que diz respeito

às condições endógenas da planta, as mudanças ambientais refletem nas flutuações do metabolismo hormonal e, por conseguinte, em alterações morfológicas (ALAGNA et al., 2019).

A adaptação de variedades de espécies vegetais a zonas de cultivo distintos dos locais de sua origem, domesticação ou de melhor ambientação pode ser mensurada através do monitoramento de sua fenologia (CHMIELEWSKI, 2013). O efeito das mudanças climáticas nas zonas agricultáveis e, por consequência, sobre as espécies de interesse agrônômico são passíveis de mensuração através do monitoramento da fenologia vegetal (DE OLLAS et al., 2019; BELAJ et al., 2020). Para o caso das oliveiras, a majoritária variabilidade identificada em aspectos relacionados ao avanço fenológico é ocasionada pela condição ambiental (NAVAS-LOPEZ et al., 2019; HAMZE et al., 2022).

#### 1.5. ALTERNÂNCIA DE PRODUÇÃO

O fenômeno da alternância de produção ou bianualidade caracteriza-se pela elevada carga produtiva em uma safra (ano “*on*”), seguido por produção posterior reduzida ou mesmo por safra sem carga de frutos (ano “*off*”) (MONSELISE & GOLDSCHMIDT, 1982). Consequentemente, a oscilação da frutificação afeta diretamente os aspectos fenológicos e de floração da produção subsequente em proporções que dependem da variedade (LODOLINI & NERI, 2008). Apesar do desenvolvimento de práticas de manejo visando minimizar os efeitos da alternância de produção, o fenômeno ainda é observado com frequência, indicando que nem todas as técnicas surtem efeito sobre a ocorrência desse evento (LAVEE, 2007). É um fenômeno multifacetado que resulta da interação de diversos fatores exógenos e endógenos à planta (KOUR et al., 2018). Tipicamente ocorre em espécies frutíferas como para macieiras, pessegueiros, abacateiros, oliveiras, entre outras (MONSELISE & GOLDSCHMIDT, 1982).

Fatores exógenos afetam significativamente a alternância de produção das oliveiras. Entre esses, destacam-se as condições climáticas, como temperatura, umidade relativa, estresses edáficos e hídricos. Tais fatores variam de ano para ano, impactando diretamente a floração e, por consequência, a frutificação das oliveiras (KOUR et al., 2018). A disponibilidade de água, seja por meio de irrigação ou precipitação natural, desempenha um papel crucial, pois o estresse hídrico pode

prejudicar o desenvolvimento dos frutos (LODOLINI et al., 2016; SIAKOU et al., 2022). A interação desses fatores exógenos pode resultar em anos de alta produção seguidos por anos de baixa produção, caracterizando a alternância de produção típica das oliveiras.

Quanto aos fatores inerentes à planta, o balanço de hormônios vegetais, as reservas de nutrientes e os mecanismos de regulação genética são diferenciais. Hormônios como auxinas, citocininas, giberelinas e ácido abscísico têm papéis fundamentais na regulação do crescimento e desenvolvimento das plantas, modulando respostas fisiológicas que impactam processos essenciais como a floração e frutificação (YANIK et al., 2013; HAIM et al., 2021). As reservas de carboidratos e nutrientes, e sua eficiente alocação e mobilização, são determinantes críticos na manutenção da capacidade produtiva ao longo dos ciclos vegetativos (LAVEE, 2015; TURKTAS et al., 2017). Além disso, os mecanismos genéticos que governam a expressão gênica em resposta a estímulos internos e externos são essenciais para a regulação da alternância de produção, permitindo que a planta ajuste seu ciclo de vida de acordo com as condições ambientais vigentes, assegurando sua sobrevivência e reprodução eficiente ao longo das estações (YANIK et al. 2013; SHARMA et al., 2019).

A quantidade de frutos produzidos na cada safra impacta na capacidade de floração do ano subsequente. Quando considerado o desenvolvimento embrional, o desbalanço de componentes proteicos e de carboidratos ocasionado pelo desenvolvimento e maturação dos frutos interfere na natureza regulatória vegetal, uma vez que frutos são tidos como drenos de compostos nutricionais produzidos pela planta-mãe (HAIM et al., 2021). Desta forma, mudanças sazonais no conteúdo de proteínas nos meristemas apicais e axilares resultam em prejuízo na formação e desenvolvimento de gemas vegetativas e reprodutivas para a safra seguinte (YANIK et al., 2013).

## 1.6. BIOLOGIA FLORAL E POLINIZAÇÃO

As flores da oliveira são agrupadas em inflorescências do tipo panícula ou racemo (a depender da literatura), que se desenvolvem nas axilas e pontas dos ramos vegetativos. A indução floral ocorre durante os surtos de crescimento da primavera e também outonal, enquanto que o desenvolvimento das inflorescências se dá durante

os eventos fenológicos reprodutivos primaveris para as condições de cultivo do hemisfério sul. Cada inflorescência apresenta ramificações que podem desenvolver flores individuais ou agrupadas em números de três a cinco, sendo que o pedúnculo que une a flor ao ramo mede cerca de 2 mm. Dependendo das condições ambientais, nutricionais, fisiológicas e da variedade estudada, cada inflorescência pode conter de 10 a 40 flores (BARRANCO NAVERO et al., 2017).

Individualmente, as flores podem ser apenas estaminadas (duas anteras de tamanho padrão e pistilo subdesenvolvido) ou hermafroditas (duas anteras de tamanho padrão e um pistilo proeminente com um ovário desenvolvido), caráter conhecido como andromonoico (BARRANCO NAVERO et al., 2017). Quanto à simetria, as flores hermafroditas são regulares, sendo compostas geralmente por quatro sépalas, quatro pétalas, dois estames e dois carpelos, diferindo das flores estaminadas em função da porção feminina atrofiada. Os estames com duas anteras são sustentados por dois curtos filetes inseridos na corola. Já o pistilo é composto por um estilete curto e bifido, e o ovário é livre e bilocular (CABRAL, 2009). A proporção entre flores estaminadas e hermafroditas é variável conforme as condições ambientais, o ano de produção e, principalmente, de acordo com a variedade (BARRANCO NAVERO et al., 2017; NAVAS-LOPEZ et al., 2019).

O pólen das oliveiras é liberado em grande quantidade e seu transporte é efetuado através do vento (polinização anemófila) (CABRAL, 2009; BARRANCO NAVERO et al., 2017). No entanto, apesar do grande número de flores e de unidades de grão de pólen, menos de 2% das flores de oliveira são convertidas em frutos (TORRES et al., 2017). Nas zonas de cultivo do Mediterrâneo, onde há grande extensão de áreas com olivais cultivados e circunstâncias ambientais ideais para a olivicultura, não se identifica déficit de polinização relacionado à quantidade de pólen liberado pelas anteras florais (BARRANCO NAVERO et al., 2017). Entretanto, em condições como as observadas no sul brasileiro, com elevados índices de pluviosidade e umidade relativa, além de menor densidade de olivais comerciais, estudos específicos sobre a produção e as características dos grãos de pólen ainda são escassos.

## 1.7. EFEITOS CLIMÁTICOS

Dentre os fatores abióticos envolvidos na sequência de eventos fenológicos, os de maior impacto são os de ordem climática como temperatura, radiação solar, pluviosidade, umidade relativa e a velocidade do vento (NAVAS-LOPEZ et al., 2020). Em zonas de clima considerado mediterrâneo, a oliveira é normalmente cultivada em condições semiáridas, tipicamente caracterizadas por verões quentes, invernos amenos e precipitação pluviométrica baixa (COUTINHO et al., 2009). No entanto, a espécie é versátil no que diz respeito à adaptação às condições ambientais de desenvolvimento. As respostas biológicas a tais alterações de ambiente são visíveis ao longo do acompanhamento de sua fenologia, especialmente na expressão dos estádios de desenvolvimento de gemas, floração e estabelecimento de *fruit set* (CHMIELEWSKI, 2013).

Considerando as temperaturas basais inferior e superior, abaixo e acima das quais a oliveira apresenta prejuízos em suas funções metabólicas, os valores médios referem-se a 12,5 e 35 °C, respectivamente (BARRANCO NAVERO et al., 2017). A oliveira é mais sensível ao frio quando comparada com outras espécies frutíferas também cultivadas em zonas de clima mediterrâneo (WREGGE et al., 2015). Entretanto, a ocorrência de um período de baixas temperaturas constantes, sucedido de ocasiões com temperaturas mais elevadas são fundamentais para que a oliveira atinja o requerimento de frio necessário para a brotação das gemas que darão origem às inflorescências. A insuficiência de frio pode levar a deficiências na formação das gemas que darão origem às inflorescências e, por consequência, na ocasião da floração e na produção de frutos (ENGELEN et al., 2023). Mesmo sendo capaz de sobreviver a temperaturas próximas a 0 °C, a oliveira pode apresentar lesões principalmente em brotações e ramos jovens. Temperaturas abaixo dos 10 °C e acima de 40° C podem causar danos irreversíveis, afetando o desenvolvimento e persistência das peças florais e de ramos vegetativos e ocasionando, inclusive, a morte de plantas inteiras (BARRANCO NAVERO et al., 2017).

Durante o período crítico da floração, as temperaturas diárias ideais para plena receptividade estigmática, antese das anteras, polinização e fertilização devem ser de 2 a 7 °C e 12,5 a 23,5 °C como mínimas e máximas, respectivamente. Já para a ocasião de maturação dos frutos, descreve-se que a faixa de temperatura ideal para o acúmulo de compostos lipídicos nas olivas deve ficar entre 23 e 35 °C (HARTMANN

et al., 1980). Apesar dos valores médios relacionados à temperatura que são identificados na literatura clássica para este fator abiótico sobre o desenvolvimento de oliveiras, resultados discrepantes podem ser identificados em estudos que observam variedades específicas (BARRANCO NAVERO et al., 2005; MALIK & BRADFORD, 2009a; MALIK & BRADFORD, 2009b; BENLLOCH-GONZÁLEZ et al., 2019; ENGELEN et al., 2023). Desta forma, pode-se aferir que o desempenho dos genótipos de oliveira depende de suas características genéticas, havendo possibilidade de expansão da olivicultura para zonas não tradicionais de cultivo (LEITE & PANDOLFO, 2022).

A intensidade e a duração da exposição à luz solar afetam processos fisiológicos como a fotossíntese, a floração, a frutificação e a maturação dos frutos. A oferta de radiação solar adequada estimula a produção de hormônios vegetais que regulam esses processos, garantindo um desenvolvimento equilibrado da planta (GONÇALVES et al., 2005). Por outro lado, em condições de sombreamento ou baixa radiação, pode haver uma redução na atividade fotossintética, o que pode levar a um atraso na fenologia da planta, menor produção de frutos e redução na qualidade do azeite (DORAIS et al., 2003).

A precipitação pluviométrica e a umidade relativa do ambiente desempenham papéis determinantes no desenvolvimento da oliveira. No clima mediterrâneo, onde a olivicultura é tradicionalmente praticada, a precipitação é concentrada nos meses de inverno e início da primavera, com verões quentes e secos, condições que favorecem a diferenciação dos botões florais e a qualidade dos frutos, além de reduzir o risco do acometimento de doenças. A baixa umidade relativa também contribui para a translocação polínica e a concentração de compostos fenólicos nos frutos (BARRANCO NAVERO et al., 2017). Em contraste, nas novas zonas de cultivo em clima subtropical, a precipitação tende a ser mais distribuída ao longo do ano, com verões úmidos e maior incidência de doenças, o que pode prejudicar o processo de polinização e frutificação, além de impactar na qualidade do azeite. A alta umidade relativa nessas regiões favorece o desenvolvimento de fungos e bactérias, além de dificultar a diferenciação floral (WREGE et al., 2015). No entanto, com práticas agronômicas adequadas é possível adaptar o cultivo da oliveira a essas novas condições climáticas.

A ação do vento auxilia na polinização nos olivais, dispersando o pólen entre as flores e garantindo a fecundação, essencial para a produção de frutos em particular

em genótipos dependentes de polinização cruzada. (SEIFI et al., 2011; SÁNCHEZ-ESTRADA & CUEVAS, 2018). Além disso, o vento contribui para a regulação da temperatura das plantas, auxiliando na transpiração e evitando o superaquecimento, especialmente em regiões de clima quente (LOSCIALE et al., 2020; PARKER et al., 2021)). A movimentação do ar também ajuda a controlar a umidade relativa, reduzindo o risco de doenças fúngicas, bacterioses e o acometimento de pragas (KALAMATIANOS et al., 2019; PANOZZO et al., 2022). No entanto, ventos fortes e constantes podem causar danos mecânicos às plantas, como quebra de ramos e perda de folhas, afetando o crescimento e a produção da oliveira (GARDINER et al., 2016).

## 2. FENOLOGIA E DEMANDA TÉRMICA DURANTE A FLORAÇÃO DE VARIEDADES DE OLIVEIRA EM RANCHO QUEIMADO/SC

### RESUMO

A olivicultura se expandiu para áreas de cultivo não tradicionais, como o sul do Brasil. No estado de Santa Catarina, a diversidade microclimática revela potencial para a olivicultura. A adaptação das variedades pode ser identificada através do desenvolvimento fenológico reprodutivo nas condições climáticas do local de cultivo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a fenologia e demanda térmica durante a floração de oliveiras cultivadas em clima subtropical úmido. Neste estudo foram avaliadas a ocorrência das principais etapas de desenvolvimento das inflorescências, a duração cronológica, a soma dos graus-dia, horas de frio e unidades de frio do ciclo. Também foram computados os parâmetros climatológicos de temperaturas médias, máximas e mínimas, precipitação pluviométrica e umidade relativa. Desenvolveu-se o monitoramento de cinco variedades de oliveira cultivadas em Rancho Queimado, Santa Catarina, no ciclo produtivo 2023/24. Arbequina foi a mais precoce das variedades avaliadas, além de requerer menos horas e unidades de frio para início do ciclo reprodutivo. A fase de plena floração coincidiu entre Arbequina, Koroneiki, Grappolo e Picual. Picual demandou o menor acúmulo de graus-dia até o início da floração. A temperatura média entre o solstício de inverno e o florescimento final foi de 15 °C para as variedades monitoradas. Em Rancho Queimado, a umidade relativa permaneceu acima de 80% durante todo o período avaliado e foi registrada pluviosidade em todas as etapas da floração. O cultivo de oliveiras em clima subtropical úmido demanda monitoramento contínuo e prolongado para identificar variedades bem adaptadas às condições locais.

**Palavras-chave:** *Olea europaea*; temperatura basal; soma térmica; florescimento.

### ABSTRACT

Olive growing has expanded to non-traditional cultivation areas, such as southern Brazil. In the state of Santa Catarina, microclimatic diversity reveals potential for olive growing. Varieties can be adapted to the climatic conditions of the cultivation site through their reproductive phenological development. The objective of this study was to evaluate the phenology and thermal demand during flowering of olive trees grown in a humid subtropical climate. This study evaluated the occurrence of the main stages of inflorescence development, chronological duration, the sum of degree days, chilling hours and chilling units of the cycle. The climatological parameters of average, maximum and minimum temperatures, rainfall and relative humidity were also computed. The monitoring of five olive varieties grown in Rancho Queimado, Santa Catarina, in the 2023/24 production cycle was developed. Arbequina was the earliest of the varieties evaluated, in addition to requiring fewer hours and chilling units to start the reproductive cycle. The full flowering phase coincided with Arbequina, Koroneiki, Grappolo and Picual. Picual required the lowest accumulation of degree-days until the beginning of flowering. The average temperature between the winter solstice and final flowering was 15 °C for the monitored varieties. In Rancho Queimado, relative humidity remained above 80% throughout the evaluated period and rainfall was recorded at all

flowering stages. Olive cultivation in a humid subtropical climate requires continuous and prolonged monitoring to identify varieties well adapted to local conditions.

**Keywords:** *Olea europaea*; threshold temperature; thermal sum; blooming.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por produtos oriundos da olivicultura tem levado à expansão das áreas de cultivo em locais não tradicionais, como China, Índia, Austrália e América do Sul (TORRES et al., 2017). O Brasil ainda depende da importação de azeite e azeitonas de mesa. A atual área de cultivo de olivais no país é de aproximadamente 10 mil hectares, distribuída nos estados do Rio Grande do Sul, Minas Gerais, São Paulo e Paraná (IBRAOLIVA, 2023). Espera-se expansão da zona de produção brasileira e pesquisas revelam padrões internacionais de qualidade dos azeites produzidos nacionalmente (EMBRAPA, 2023).

Domesticadas e tipicamente cultivadas em áreas da Bacia do Mediterrâneo, com verões secos e temperaturas moderadas no inverno, as atuais variedades de oliveira enfrentam o desafio de adaptação às condições climáticas como as do Sul do Brasil (TORRES et al., 2017). Com clima caracterizado, em geral, por temperaturas amenas e chuvas bem distribuídas ao longo de todas as estações, Santa Catarina tem potencial para a produção de oliveiras devido à diversidade microclimática em seu território (PANDOLFO et al., 2021). Variedades como Arbequina, Arbosana e Koroneiki expressam boa produtividade e rendimento de óleo quando cultivadas em localidades de Santa Catarina, produzindo aproximadamente 15 t/ha de azeitonas e 2.000 l/ha de azeite (DA CROCE et al., 2016).

O registro da fenologia e da demanda térmica é uma estratégia importante para identificar a adaptação local de uma espécie cultivada. Parâmetros meteorológicos como temperatura do ar, precipitação pluviométrica e umidade relativa são fatores de impacto para o desenvolvimento das plantas, assumindo papel condicionante no desempenho de distintas variedades nas áreas de cultivo (RESTREPO-DÍAZ et al., 2010). Desta forma, esses fatores são determinantes na duração dos estádios fenológicos, assim como as condições do período de floração são para a previsão do ciclo, dos tratos culturais e da colheita (AGUILERA et al., 2015; MARTINS et al., 2019). Portanto, este estudo teve como objetivo identificar a fenologia

e a demanda térmica durante a floração de cinco variedades de oliveira cultivadas em clima subtropical úmido.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido durante o ciclo produtivo 2023/24 em olivais comerciais da Quinta do Vienzo, em Rancho Queimado, Santa Catarina, Brasil (27°38'43"S, 49°05'53"W, altitude de 760 m). O clima é do tipo Cfb (temperado úmido), com temperaturas moderadas durante todo o ano, verões amenos e invernos relativamente frios, com precipitação pluviométrica bem distribuída ao longo do ano, sem estação de seca definida (ALVARES et al., 2013). O solo é do tipo Cambissolo Húmico, comum em áreas de encostas e vales, caracterizado pela boa fertilidade e capacidade de retenção de água (POTTER et al., 2004). Foram monitoradas dez árvores selecionadas aleatoriamente das variedades Arbequina, Arbosana, Grappolo, Koroneiki e Picual. O olival com as variedades Arbequina, Arbosana e Koroneiki foi estabelecido em 2018, e com Grappolo e Picual em 2020.

A fenologia foi monitorada semanalmente durante todo o período de floração. O método de avaliação do progresso fenológico foi visual, considerando a máxima ocorrência possível de cada evento, com observação dos quatro quadrantes e toda a estrutura vertical de cada planta selecionada. Os eventos foram comparados com a escala fenológica Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie (BBCH) (Tabela 2.1).

Tabela 2.1. Principais estádios fenológicos de desenvolvimento das inflorescências e floração segundo escala BBCH registrados para variedades de oliveira em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24.

Estádios BBCH		Descrição
5 – Desenvolvimento das inflorescências	51	Início do intumescimento das gemas das inflorescências.
	55	Inflorescências completamente expandidas. Início da abertura dos botões florais.
	61	Início do florescimento: 10% das flores abertas.
6 – Florescimento	65	Pleno florescimento: pelo menos 50% das flores abertas.
	69	Fim do florescimento. Estabelecimento do <i>fruit set</i> . Queda dos ovários não fertilizados.

Fonte: adaptado de SANZ-CORTÉS et al., 2002.

Os dados meteorológicos de temperaturas máximas, mínimas e médias (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa (%) foram obtidos na estação de monitoramento 1050 da Epagri, em Rancho Queimado (EPAGRI, 2021). A mensuração dos graus-dia (GD) foi calculada pela soma das unidades térmicas de acordo com as seguintes equações (OMETTO, 1981):

$$(1) \text{GD} = \Sigma[(\text{TM}-\text{Tm})/2 + \text{Tm}-\text{Tb}], \text{ quando } \text{TB} > \text{TM} > \text{Tm} > \text{Tb};$$

$$(2) \text{GD} = \Sigma[(\text{TM}-\text{Tb})^2 / (2 * (\text{TM}-\text{Tm}))], \text{ quando } \text{TB} > \text{TM} > \text{Tb} > \text{Tm};$$

$$(3) \text{GD} = 0, \text{ when } \text{TB} > \text{Tb} > \text{TM} > \text{Tm};$$

$$(4) \text{GD} = \Sigma[(2 * (\text{TM}-\text{Tm}) * (\text{Tm}-\text{Tb})) + (\text{TM}-\text{tm})^2 - (\text{TM}-\text{TB})] / (2 * (\text{TM}-\text{Tm})), \text{ quando } \text{TM} > \text{TB} > \text{Tm} > \text{Tb};$$

$$(5) \text{GD} = \Sigma[0.5 * ((\text{TM}-\text{Tb})^2 - (\text{TM}-\text{TB})^2) / (\text{TM}-\text{Tm})], \text{ quando } \text{TM} > \text{TB} > \text{Tb} > \text{Tm};$$

Onde: TB é a temperatura basal superior para a espécie (°C), Tb é a temperatura basal inferior para a espécie (°C), TM é a temperatura máxima diária (°C) e Tm é a temperatura mínima diária (°C). Neste estudo foram consideradas 10 °C e 40 °C como temperaturas basais inferior e superior, respectivamente, para as variedades de oliveira monitoradas. A soma de graus-dia começou com o solstício de inverno no hemisfério sul, em 21 de junho de 2023, e terminou na data de ocorrência do estádio 69.

O número de horas de frio foi calculado com base na soma das temperaturas médias horárias menores ou iguais a 7,2 °C entre 1º de abril e a data de ocorrência do estádio fenológico 51. Para o mesmo período, as unidades de frio (UF) foram computadas de acordo com as equações a seguir (DE MELO-ABREU et al., 2004):

$$(1) \text{UF} = 0, \text{ quando } \text{Th} \leq 0;$$

$$(2) \text{UF} = \text{Th}/\text{To}, \text{ quando } 0 < \text{Th} \leq \text{To};$$

$$(3) \text{UF} = 1 - (\text{Th}-\text{To}) * [(1-a) / (\text{Tx}-\text{To})], \text{ quando } \text{To} < \text{Th} \leq \text{Tx};$$

$$(4) \text{UF} = a, \text{ quando } \text{Th} > \text{Tx};$$

Onde: Th é a temperatura média horária (°C), To é a temperatura ideal de resfriamento de 7,3 °C e Tx é a temperatura limite de 20,7 °C, acima da qual um número constante de unidades de frio acumuladas ( $a = -0,56\text{UF}$ ) é anulado.

Os resultados obtidos foram interpretados com base no uso de estatísticas descritivas de média e desvio padrão. Os procedimentos foram desenvolvidos no software RStudio (v4.1.2) com emprego do pacote "metan" (OLIVOTO & LÚCIO, 2020; R CORE TEAM, 2024).

### 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Arbequina foi a mais precoce das variedades a alcançar o início do intumescimento das gemas das inflorescências, em 19 de julho (Tabela 2.2). Dez dias depois, em 29 de julho, Picual entrou no mesmo estágio fenológico, seguida por Koroneiki, Grappolo e Arbosana em 2, 4 e 8 de agosto, respectivamente. Em relação ao estágio 55, Arbequina em 11 de agosto foi a primeira a apresentar plena expansão das inflorescências. Em olivais multivarietais, a coincidência na ocorrência dos estágios fenológicos permite a implementação simultânea de estratégias de manejo entre as variedades, como tratamentos fitossanitários e de adubação do início do ciclo reprodutivo (GABEL, 2023).

Tabela 2.2. Datas de registro dos principais estágios fenológicos relacionados ao desenvolvimento das inflorescências e floração, mensurados a partir do solstício de inverno (21 de junho de 2023) para cinco variedades de oliveira, em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24.

Estádio fenológico	Arbequina	Arbosana	Grappolo	Koroneiki	Picual
51 – Intumescimento das gemas	19 Jul ± 3*	8 Ago ± 3	4 Ago ± 4	2 Ago ± 9	29 Jul ± 4
55 – Expansão das inflorescências	11 Ago ± 7	2 Set ± 15	29 Ago ± 3	16 Set ± 11	27 Ago ± 4
61 – Início do florescimento	16 Set ± 12	3 Out ± 10	18 Set ± 4	25 Set ± 13	18 Set ± 3
65 – Plena floração	23 Set ± 10	–	24 Set ± 4	1º Out ± 12	23 Set ± 3
69 – Fim do florescimento	24 Out ± 3	–	10 Out ± 7	23 Out ± 4	28 Out ± 2

\* Valores posteriores ao símbolo ± correspondem ao desvio padrão. Fonte: elaborado pela autora.

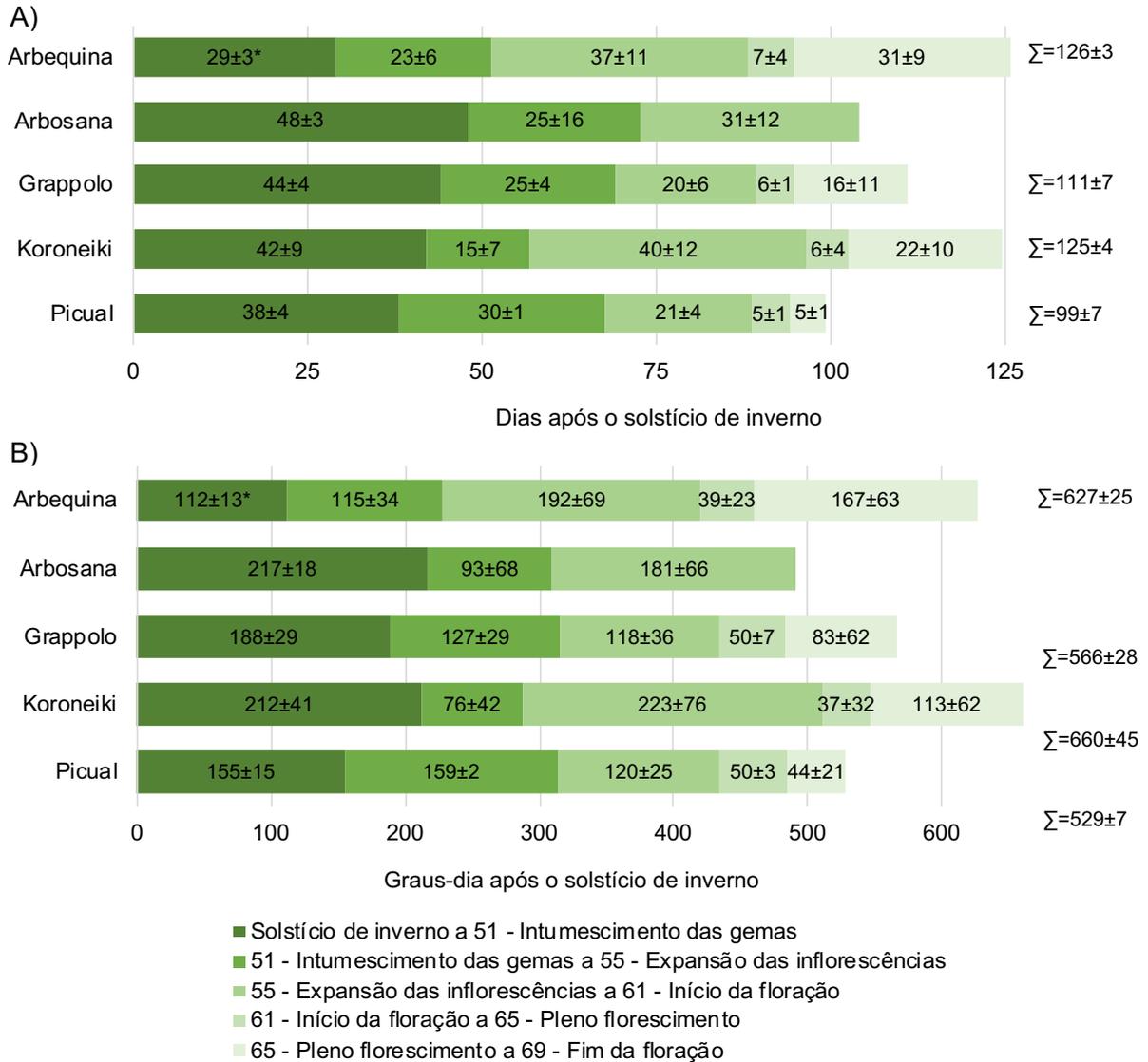
A duração prolongada do estágio 61 foi registrada entre setembro e outubro para Arbequina, Arbosana e Koroneiki, durando aproximadamente 23 dias. A plena floração (estádio 65) coincidiu entre Arbequina, Grappolo, Koroneiki e Picual. A

floração síncrona da oliveira é essencial, uma vez que diversas variedades são reconhecidas como parcial ou autoincompatíveis (DÍAZ et al., 2006; PINILLOS & CUEVAS, 2009; SEIFI et al., 2011; SÁNCHEZ-ESTRADA & CUEVAS, 2018). Arbequina e Picual, por exemplo, não apresentam autocompatibilidade, mas podem atuar como polinizadoras entre si (DÍAZ et al., 2006; LAZOVIC et al., 2022). Koroneiki, por outro lado, é considerada uma variedade com capacidade de autopolinização, não demandando obrigatoriamente coincidência do período de florescimento com outros genótipos. Além disso, apesar da suficiência da polinização aberta em regiões de cultivo tradicional, os olivais são escassos e isolados em áreas de Santa Catarina (PINILLOS & CUEVAS, 2009). Esse fato ressalta a importância do plantio de variedades que sincronizem seus períodos de floração no Brasil.

Informações referentes aos estádios 65 e 59, bem como aos períodos 61 a 65 e 65 a 69, não foram registradas para a variedade Arbosana devido à ocorrência severa de antracnose. Esta doença é causada por complexos de fungos do gênero *Colletotrichum*, patógenos cosmopolitas e multihospedeiros. A doença é considerada de potencial limitante para a olivicultura em algumas regiões do Brasil, sendo a Arbosana altamente suscetível ao ataque desse patógeno (DOMINGUES et al., 2016; FILODA et al., 2021). A condição climática do local de cultivo também é fator determinante para a ocorrência da antracnose. Longos períodos de chuva, alta umidade relativa e temperaturas amenas são típicos do clima subtropical úmido em Rancho Queimado. Estas condições também são ideais para a disseminação e infecção por *Colletotrichum* spp. em inflorescências de oliveira (CACCIOLA et al., 2012; MOREIRA et al., 2021). Conjuntos florais de plantas contaminadas por *Colletotrichum* sp. podem não completar seu desenvolvimento e, por consequência, impedir o avanço fenológico reprodutivo em variedades de oliveiras, ocasionando em produção nula (MORAL et al., 2009).

A duração cronológica total do desenvolvimento das inflorescências e do período de floração foi maior para as variedades Arbequina e Koroneiki, ambas atingindo o final da floração aproximadamente ao mesmo tempo (Figura 2.1-A). Por outro lado, Picual atingiu o estágio 69 em menos de 100 dias. Arbequina foi a variedade que alcançou mais precocemente todos os estádios fenológicos monitorados (estádio 65). Picual, de modo geral, apresentou faixa de duração mais estreita entre as fases relacionadas ao florescimento nas condições de condução do estudo.

Figura 2.1. Duração cronológica (A) e somatório de Graus-dia (B) dos principais estádios fenológicos relacionados ao desenvolvimento das inflorescências e floração, mensurados a partir do solstício de inverno (21 de junho de 2023) para cinco variedades de oliveira em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24.



\* Valores posteriores ao símbolo  $\pm$  correspondem ao desvio padrão. Fonte: elaborado pela autora.

As variedades Arbequina e Koroneiki permaneceram em floração (entre os estádios 61 e 69) em média 38 e 26 dias, respectivamente. Os mesmos genótipos com as mesmas idades, quando avaliados durante três ciclos no oeste de Santa Catarina, expressaram presença de flores por períodos mais longos, até 93 dias para Arbequina e 53 para Koroneiki (BRUGNARA & SABIÃO, 2022). A variação dos locais de cultivo, associada às mudanças climáticas e às previsões de seus impactos no cenário de clima subtropical úmido no sul brasileiro, resulta em efeitos significativos nos parâmetros climatológicos. Estes desempenham papel determinante na

expressão do desenvolvimento floral da oliveira. Plantas da mesma idade, quando cultivadas em ambientes diferentes, podem apresentar ciclos cronológicos distintos, bem como variável amplitude de ocorrência dos estádios fenológicos (PERAZZOLI et al., 2013; ZILLI et al., 2020).

O avanço das fases fenológicas também depende das condições climáticas, principalmente da temperatura do ar, sendo que uma temperatura basal determina o acúmulo de unidades de calor (AGUILERA et al., 2014; MARTINS et al., 2019). A menor demanda térmica hibernal para ocasionar o intumescimento das gemas das inflorescências (estádio 51) e iniciar o ciclo reprodutivo foi observada para Arbequina e Picual (Figura 2.1-B). No entanto, o acúmulo total de graus-dia para ambas as variedades no final do período de floração foi distinto, com 627 ( $\pm 27$ ) para a primeira e 529 ( $\pm 7$ ) para a segunda. As variedades com maior somatório de graus-dia foram Arbequina e Koroneiki, sendo que a primeira também tem maior demanda térmica para atingir a fase de plena floração (estádio 65).

Por ser a variedade mais precoce a adentrar na fase reprodutiva em Rancho Queimado, a Arbequina expressou menor somatório de horas e unidades de frio em relação às demais (Tabela 2.3). Tanto Koroneiki quanto Picual demandaram 149 horas de frio, além de unidades de frio muito semelhantes entre si. Arbosana e Koroneiki, variedades mais tardias de acordo com os resultados deste estudo, exibiram um acúmulo médio de 157 horas de frio e 617 unidades de frio. As variedades Arbequina e Picual iniciam seu ciclo reprodutivo com pelo menos 221 e 203 horas de frio e 339 e 369 unidades de frio em áreas de cultivo tradicional, respectivamente (DE MELO-ABREU et al. (2004). O menor acúmulo de horas de frio neste estudo pode ter sido compensado pelo maior acúmulo de unidades de frio no período entre 1º de abril e o registro do estágio 51 para essas variedades. Apesar da boa adaptabilidade das oliveiras às diferentes condições ambientais, o frio insuficiente pode impactar na qualidade das peças florais formadas, na ocorrência do florescimento e, conseqüentemente, na produtividade dos olivais, especialmente em zonas de cultivo marginal (ENGELEN et al., 2023).

Tabela 2.3. Somatório de horas de frio e unidades de frio entre 1º de abril de 2023 e a data de registro do estágio fenológico 51 (início do intumescimento das inflorescências) para cinco variedades de oliveiras em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24.

Parâmetro	Arbequina	Arbosana	Grappolo	Koroneiki	Picual
Data do estágio 51 – Intumescimento das gemas	19 Jul ± 3*	8 Ago ± 3	4 Ago ± 4	2 Ago ± 9	29 Jul ± 4
Horas de frio	134 ± 27	157 ± 38	157 ± 1	149 ± 0	149 ± 30
Unidades de frio	539 ± 10	617 ± 13	617 ± 0	596 ± 0	595 ± 14

\* Valores posteriores ao símbolo ± correspondem ao desvio padrão. Fonte: elaborado pela autora.

Ao longo do monitoramento deste estudo, as temperaturas médias se mantiveram próximas aos 15 °C durante todos os períodos monitorados (Figura 2.2). Para Arbequina, Grappolo e Picual, o ápice das temperaturas máximas foi registrado entre as fases do início do florescimento (estádio 61) e a plena floração (estádio 65). Por outro lado, os valores máximos quanto à temperatura para o ciclo da variedade Koroneiki aconteceram no período entre a da expansão das inflorescências (estádio 55) e o início do florescimento (estádio 61). Ao final do período de florescimento, no estágio fenológico 69, foi observada queda de temperatura para todas as variedades que atingiram este estágio durante o ciclo produtivo 2023/24. Considerando a série histórica entre 2012 e 2022, foi observada a tendência de aumento das temperaturas médias, máximas e mínimas entre o início e o fim do florescimento.

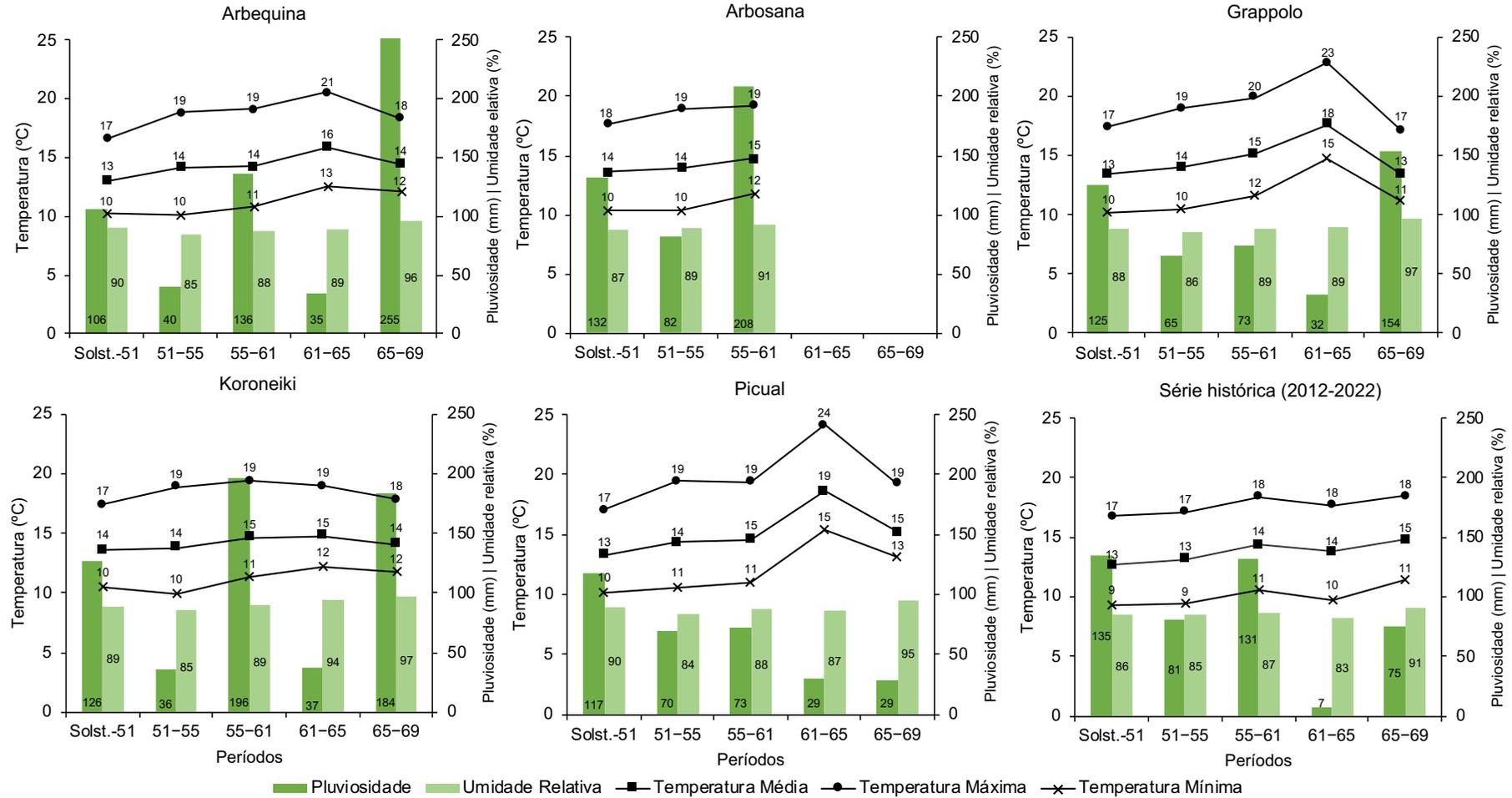
A umidade relativa se manteve acima dos 80% ao longo de todo o período de avaliação. Entre os estádios 65 e 69, relacionados ao pleno e fim do florescimento, a umidade relativa permaneceu acima de 95% durante o desenvolvimento de todas as variedades que atingiram o último estágio de floração avaliado. A precipitação pluviométrica foi registrada em todos os períodos monitorados e manteve-se superior ao identificado em zonas de cultivo tradicional (CABEZAS et al., 2020). Entre a ocorrência dos estádios de expansão das inflorescências e o final do florescimento de Arbequina e Koroneiki, houve registro de mais de 450 mm de chuvas, com a maioria acumulada entre os estádios 65 e 69 para a primeira e entre as fases 55 a 61 e 65 a 69 para a segunda. Em ambos os períodos mencionados houve maior acúmulo de precipitação pluviométrica quando comparados com a série histórica entre 2012 e 2022. Elevada umidade relativa e pluviosidade durante o período de floração das oliveiras pode ser prejudicial em termos de fitossanidade e polinização. Este cenário

climático identificado no local de condução deste estudo é ideal para o acometimento de doenças e pragas, como antracnose, repilo e cochonilhas (SCHEUNEMANN et al., 2019; MOREIRA et al., 2021; BUONAURO et al., 2023). Condições de clima úmido afetam a viabilidade e longevidade dos grãos de pólen das oliveiras, assim como seu transporte entre as anteras e o estigma floral (IOVANE et al., 2021; SPERONI et al., 2021).

O registro de temperaturas distintas da média histórica e os elevados volumes de pluviosidade durante os meses da primavera no local de estudo geraram impactos na expressão fenológica das variedades de oliveira monitorizadas. Os padrões climáticos no sul do Brasil durante o ano de 2023 foram afetados pela ocorrência do fenômeno meteorológico El Niño-Oscilação do Sul (ENOS), especialmente no que diz respeito à sua variabilidade. Os efeitos do El Niño tiveram início em setembro de 2023, resultando em altas temperaturas que chegaram a mais de 40°C em Santa Catarina (RODRIGUES et al., 2023). Além disso, durante os meses de setembro e outubro do mesmo ano, a precipitação foi 350 a 400% superior à média histórica de Rancho Queimado.

Os efeitos climáticos têm elevada correlação com os registros de datas das fases de floração da oliveira. Considerando grandezas térmicas como graus-dia e unidades de frio, há indicação de que a caracterização de fases fenológicas reprodutivas de genótipos de oliveira pode ser considerada um bom indicador de mudanças climáticas (ORLANDI et al., 2005). Conseqüentemente, o desenvolvimento das oliveiras também pode ser utilizado para interpretar essas mudanças, especialmente em áreas de cultivo tradicional. Neste contexto, as previsões consideradas até ao ano 2040 indicam uma redução das áreas agricultáveis para pelo menos uma variedade de oliveiras na Andaluzia, a maior região produtora de azeite do mundo (ARENAS-CASTRO et al., 2020). Neste cenário, a expansão da olivicultura para regiões marginais e com climas subtropicais apresenta grande potencial.

Figura 2.2. Parâmetros climatológicos entre os principais estádios fenológicos relacionados ao desenvolvimento das inflorescências e floração, mensurados a partir do solstício de inverno (21 de junho de 2023) para cinco variedades de oliveira, em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24.



Períodos: Solst.-51 – Solstício de inverno até Intumescimento das gemas; 51-55 – Intumescimento das gemas até Expansão das inflorescências; 55-61 – Expansão das inflorescências até Início do florescimento; 61-65 – Início do florescimento até Plena floração; 65-69 – Plena floração até Fim do florescimento. Fonte: elaborado pela autora.

A obtenção de um melhor desempenho produtivo nos olivais comerciais pode ser alcançada através da adoção da inclusão de diferentes genótipos. Porém, é importante que os materiais selecionados tenham boa adaptabilidade às condições climáticas do local de cultivo (NAVAS-LOPEZ et al., 2019). Conseqüentemente, é possível estabelecer o dimensionamento dos processos produtivos, reduzir o tempo de processamento pós-colheita e ampliar o período de disponibilidade do produto ao mercado consumidor (SILVA et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2012). Portanto, a fase incipiente do cultivo da oliveira no Brasil sob condições climáticas subtropicais úmidas necessita de monitoramento contínuo e a longo prazo, de forma a identificar o desempenho de variedades que demonstrem adaptabilidade adequada às especificidades do cultivo local.

## 2.4 CONCLUSÃO

Nas condições de Rancho Queimado no ciclo produtivo 2023/24, a variedade Arbequina foi a mais precoce a iniciar o período reprodutivo. O estágio de plena floração coincide entre Arbequina, Grappolo e Koroneiki e Picual. A maior duração entre o solstício de inverno e o final da floração foi registrada para Arbequina e Koroneiki. A variedade que demandou menor acúmulo de graus-dia para atingir o fim da floração foi Picual. A menor soma de horas e unidades de frio necessárias para iniciar o ciclo reprodutivo foi da variedade Arbequina. Arbosana e Koroneiki demandaram mais horas e unidades de frio para atingir o início intumescimento das gemas das inflorescências. A temperatura média entre o solstício de inverno e o final da floração durante o ciclo produtivo 2023/24 foi de 15 °C para as variedades avaliadas. Em Rancho Queimado, a umidade relativa permaneceu acima de 80% durante todo o período de avaliação, e a precipitação pluviométrica foi registrada em todos os estádios monitorados. O cultivo de oliveiras em clima subtropical úmido demanda monitoramento contínuo e prolongado para identificar variedades bem adaptadas às condições locais.

### 3. FENOFASES E BIOLOGIA REPRODUTIVA DE OLIVEIRAS EM RANCHO QUEIMADO/SC

#### RESUMO

A expansão da olivicultura para climas subtropicais apresenta desafios significativos, mas também um grande potencial. A compreensão da fenologia reprodutiva e biologia floral das oliveiras é fundamental para superar esses desafios e garantir o sucesso do cultivo nessas novas regiões. O objetivo deste estudo foi identificar a fenologia reprodutiva e biologia floral de variedades de oliveira cultivadas em clima subtropical úmido. O trabalho foi desenvolvido durante o ciclo produtivo 2023/24 em olival comercial na Quinta do Vienzo, Rancho Queimado, estado de Santa Catarina, monitorando as variedades Arbequina, Arbosana, Grappolo, Koroneiki e Picual. Foram analisados os dados climatológicos de temperatura, radiação solar, pluviosidade, umidade relativa, molhamento floral e velocidade do vento, provenientes da estação meteorológica da Epagri/CIRAM. A fenologia reprodutiva foi monitorada através da escala BBCH. Para caracterização da biologia reprodutiva, foram avaliados os parâmetros de intensidade de floração, quantificação de flores totais, hermafroditas e estaminadas, morfologia floral (número de estigmas, carpelos, óvulos e anteras), receptividade estigmática pré e pós-antese, produção polínica e morfometria de grãos de pólen (área, perímetro, altura e largura). As temperaturas máximas permaneceram abaixo de 25 °C e as mínimas não foram superiores a 17,5 °C durante o ciclo. A pluviosidade ultrapassou os 1.400 mm e a umidade relativa se manteve acima de 84%, com elevado molhamento floral. A velocidade média do vento foi de 9,8 km/h. Arbequina e Koroneiki floresceram plenamente em outubro, com Arbequina alcançando o estágio fenológico mais avançado e sendo a mais precoce das variedades. Arbosana teve seu desenvolvimento interrompido por antracnose, e Grappolo e Picual não avançaram além do estágio fenológico 50. Arbequina e Koroneiki expressaram maiores proporções de floração. Picual teve a maior proporção de flores estaminadas e a menor quantidade de óvulos. Não houve diferenças significativas na quantidade de estigmas, carpelos e anteras entre as variedades. Picual produziu os maiores grãos de pólen, seguido por Arbequina, enquanto Arbosana produziu menos grãos de pólen. O estudo destacou variações significativas no desenvolvimento reprodutivo e nas características da biologia floral das variedades de oliveira, evidenciando a influência das condições climáticas no ciclo produtivo 2023/24 em Rancho Queimado, Santa Catarina.

**Palavras-chave:** *Olea europaea* L.; fenologia reprodutiva; biologia floral; condições climáticas.

#### ABSTRACT

The expansion of olive growing to subtropical climates presents significant challenges but also great potential. Understanding the reproductive phenology and floral biology of olive trees is essential to overcome these challenges and ensure successful cultivation in these new regions. The aim of this study was to identify the reproductive phenology and floral biology of olive varieties grown in a humid subtropical climate. The work was developed during the 2023/24 harvest in a commercial olive grove at Quinta do Vienzo, Rancho Queimado, State of Santa Catarina, monitoring the varieties

Arbequina, Arbosana, Grappolo, Koroneiki and Picual. Climatological data on temperature, solar radiation, rainfall, relative humidity, floral wetness and wind speed, from the Epagri/CIRAM meteorological station, were analyzed. Reproductive phenology was monitored using the BBCH scale. To characterize reproductive biology, the following parameters were evaluated: flowering intensity, quantification of total, hermaphrodite and staminate flowers, floral morphology (number of stigmas, carpels, ovules and anthers), stigmatic receptivity before and after anthesis, pollen production and pollen grain morphometry (area, perimeter, height and width). Maximum temperatures remained below 25 °C and minimum temperatures did not exceed 17.5 °C during the cycle. Rainfall exceeded 1,400 mm and relative humidity remained above 84%, with high floral wetness. Average wind speed was 9.8 km/h. Arbequina and Koroneiki flowered fully in October, with Arbequina reaching the most advanced phenological stage and being the earliest of the varieties. Arbosana had its development interrupted by anthracnose, and Grappolo and Picual did not advance beyond phenological stage 50. Arbequina and Koroneiki expressed higher flowering proportions. Picual had the highest proportion of staminate flowers and the lowest number of ovules. There were no significant differences in the number of stigmas, carpels, and anthers among the varieties. Picual produced the largest pollen grains, followed by Arbequina, while Arbosana produced the fewest pollen grains. The study highlighted significant variations in the reproductive development and floral biology characteristics of the olive varieties, evidencing the influence of climatic conditions on the 2023/24 harvest in Rancho Queimado, Santa Catarina.

**Keywords:** *Olea europaea* L.; reproductive phenology; floral biology; climate conditions.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A olivicultura é uma atividade agrícola significativa na região do Mediterrâneo, onde o cultivo prospera em condições climáticas favoráveis. No entanto, à medida que a demanda global por azeite de oliva e azeitonas de mesa aumenta, há um interesse crescente em expansão da produção para regiões além das áreas tradicionais de cultivo. O sucesso dos olivais depende da compreensão das interações entre o genótipo das variedades, as condições ambientais e os processos reprodutivos (TORRES et al., 2017). Uma possível abordagem para promover a ampliação da olivicultura é a compreensão da fenologia reprodutiva e da biologia floral das oliveiras para identificar variedades mais adaptadas a climas não mediterrâneos (BARTOLINI & VITI, 2017).

O clima subtropical, caracterizado por alta umidade, pluviosidade significativa e temperaturas moderadas, apresenta desafios para o cultivo da oliveira em comparação às tradicionais regiões mediterrâneas. A alta umidade pode favorecer o acometimento de doenças que afetam diretamente as flores em formação (FILODA et

al., 2021). Chuvas intensas e frequentes afetam o desenvolvimento vegetal, a qualidade e a permanência dos grãos de pólen, reduzindo a polinização e, por consequência, a frutificação (BARTOLINI & VITI, 2017). Temperaturas moderadas podem influenciar a taxa de formação e desenvolvimento dos botões florais, o processo de antese floral e as características polínicas (TORRES et al., 2017; IOVANE et al., 2021). Além disso, a variação de temperatura ao longo do ano pode induzir a alternância de produção, um fenômeno comum em oliveiras, onde há anos de alta produção seguidos por anos de baixa produção (ROJAS-GÓMEZ et al., 2023). A compreensão dos efeitos climáticos sobre a fenologia reprodutiva e biologia floral das oliveiras é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de cultivo adequadas e para a seleção de variedades mais adaptadas a essas condições.

O estudo da biologia floral das oliveiras pode ser uma ferramenta poderosa para identificar a adaptabilidade de variedades a condições de cultivo fora do clima mediterrâneo. Ao analisar características como a fenologia reprodutiva, produção polínica, a receptividade estigmática e a morfologia floral, é possível avaliar a capacidade de uma variedade de se adaptar a diferentes regimes de temperatura, umidade e radiação. Por exemplo, variedades com floração tardia podem ser mais adequadas a regiões com risco de geadas tardias, enquanto aquelas com maior quantidade de pólen podem apresentar maior sucesso de polinização em condições de baixa umidade (ZHU et al., 2013). Além disso, a análise da morfologia floral pode revelar adaptações a diferentes polinizadores ou mecanismos de autopolinização, o que pode ser crucial para a produção de frutos em ambientes com baixa densidade de olivais (LAIB et al., 2019). Dessa forma, a biologia floral fornece caracterizações úteis para a seleção de variedades promissoras para o cultivo em novas regiões, contribuindo para a expansão da olivicultura em condições climáticas diversas.

Há escassez de trabalhos que relacionem o desenvolvimento fenológico e a biologia reprodutiva com a adaptabilidade de variedades de oliveira nas condições de cultivo em clima subtropical, como no sul brasileiro. Portanto, o objetivo deste estudo foi identificar a fenologia reprodutiva e biologia floral de variedades de oliveira cultivadas em clima subtropical úmido.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um olival comercial na Quinta do Vienzo, localizado em Rancho Queimado, Santa Catarina (27°38'43"S, 49°05'53"W, altitude de 760 m), durante o ciclo produtivo 2023/24. O clima local é caracterizado como temperado úmido (Cfb), com verões amenos e invernos moderadamente frios. Em relação às chuvas, elas são bem distribuídas ao longo do ano, sem estação seca definida (ALVARES et al., 2013). Os solos do município são jovens, ricos em matéria orgânica e apresentam boa fertilidade natural, classificando-os como Cambissolos Húmicos (POTTER et al., 2004).

No início de julho de 2023, dez plantas de cada uma das variedades Arbequina, Arbosana, Grappolo, Koroneiki e Picual foram selecionadas aleatoriamente e monitoradas entre 27 de julho de 2023 e 6 de março de 2024. O olival constituído por Arbequina, Arbosana e Koroneiki foi implantado em 2018. A área com as variedades Grappolo e Picual foi estabelecida em 2020. Todas as variáveis analisadas foram derivadas das plantas previamente selecionadas e o delineamento foi inteiramente casualizado, com repetições específicas para cada parâmetro avaliado.

As condições climáticas foram monitoradas com dados provenientes da Estação Meteorológica Automática da Epagri em Rancho Queimado (EPAGRI, 2021). Os parâmetros analisados foram temperaturas médias, máximas e mínimas (°C), radiação solar ( $W/m^2$ ), precipitação pluviométrica (mm), umidade relativa (%), molhamento floral acumulado (h) e velocidade média do vento (km/h). Os dados foram agrupados de acordo com os meses de monitoramento das variedades.

O monitoramento do desenvolvimento reprodutivo foi baseado na escala fenológica BBCH (SANZ-CORTÉS et al., 2002), observando visualmente os quatro quadrantes e toda a estrutura vertical para todas as plantas selecionadas. Em cada avaliação foi registrado o estágio fenológico predominante, bem como os estádios mais tardios e mais avançados. As fases gerais avaliadas corresponderam ao desenvolvimento das inflorescências (50 a 59), floração (60 a 69), desenvolvimento (71 a 79) e maturação (80 a 89) dos frutos.

Entre a ocorrência dos estádios fenológicos 57 a 59, a intensidade de floração ou carga floral foi avaliada visual e qualitativamente. A análise foi realizada observando todos os quadrantes das plantas selecionadas, atribuindo-se um valor

numérico representativo da porcentagem da superfície da copa ocupada por inflorescências. As porcentagens corresponderam aos níveis de carga floral estabelecidos pelo Conselho Oleícola Internacional (IOC) (AA.VV., 1997): 0% - nula; 1 a 20% – muito baixa; 20 a 40% – baixa; 40 a 60% – média; 60 a 80% – alta; 80 a 100% – muito alta.

A quantificação de flores por inflorescência foi realizada através da avaliação de dez panículas de cada indivíduo selecionado para monitoramento, coletadas de forma homogênea ao redor da superfície da copa para garantir boa representação do estado das plantas na área de cultivo. No total, foi registrado o número de flores em 100 inflorescências para cada uma das cinco variedades analisadas. A proporção de flores hermafroditas (perfeitas) e estaminadas (masculinas) foi determinada simultaneamente à quantificação das flores por inflorescência. A avaliação foi realizada entre a ocorrência dos estádios de floração 60 e 61.

Para cada uma das cinco variedades, foram utilizadas 50 flores (cinco de cada planta selecionada) para determinação do número de estigmas, carpelos, óvulos e anteras por flor. As avaliações foram realizadas em flores encontradas entre o estádio 59 de desenvolvimento da inflorescência e o estádio 60 de floração. As estruturas morfológicas foram visualizadas a olho nu e com auxílio de estereomicroscópio.

A receptividade estigmática foi observada através da correlação entre a maior aderência e germinação dos grãos de pólen e a atividade da enzima peroxidase no estigma floral (GALEN & PLOWRIGHT, 1987). A avaliação foi realizada com 100 flores em pré-antese e 100 flores abertas de cada variedade (sendo dez flores de cada planta selecionada em ambos os casos) coletadas entre os estádios 60 e 65 por meio da deposição de solução de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) a 3% sobre o estigma floral. Estigmas com formação de bolhas foram considerados receptivos.

A estimativa da quantidade de pólen por flor foi realizada com 10 flores hermafroditas no estádio 60 da escala BBCH para cada uma das variedades monitoradas. As anteras foram depositadas em microtubos individuais para cada flor analisada, os quais foram deixados destampados e mantidos por 24 horas a 27°C, na ausência de luz. Posteriormente, as anteras foram diluídas em solução de 1.000 µl de ácido láctico a 85%. Após 48 horas, o cômputo dos grãos de pólen foi realizado com uma alíquota de 10 µl de cada microtubo, depositada em câmara de contagem e observada em microscópio óptico (lente objetiva, com aumento de 40x). A quantificação considerou o número de grãos de pólen identificados nos campos A da

câmara de contagem, procedendo-se à multiplicação da média das contagens nos quatro campos pelo volume de 1.000 µl de solução de ácido láctico. O resultado foi dividido pelo volume da solução de ácido láctico da amostra (10 µl).

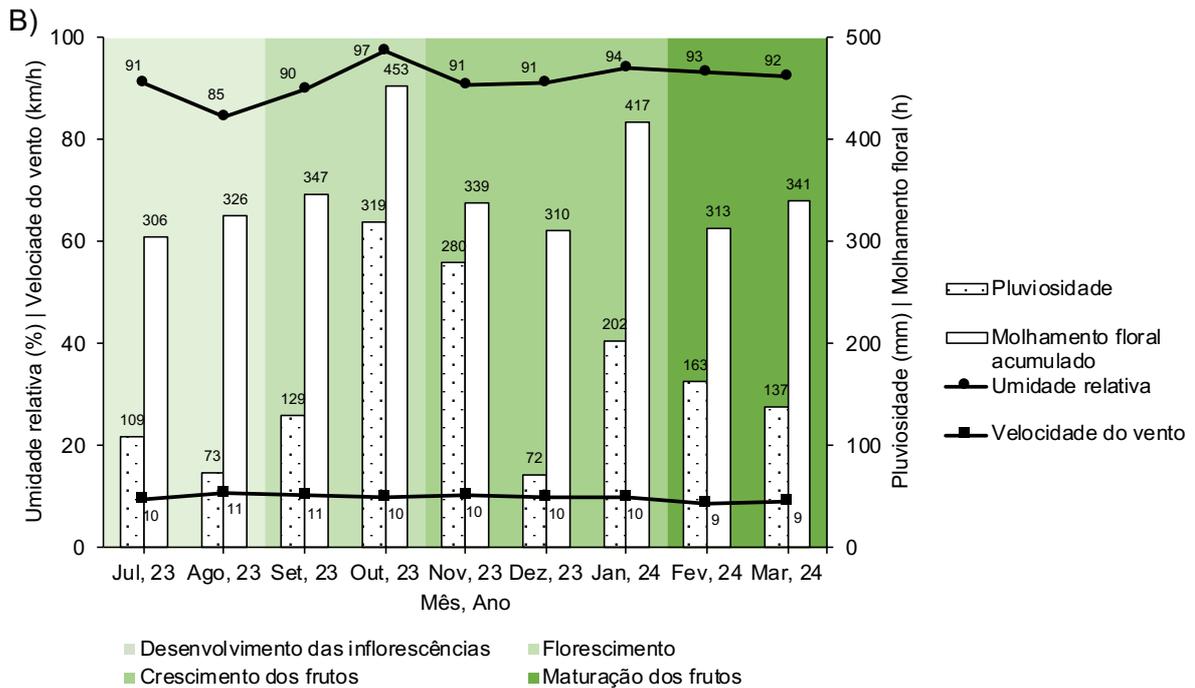
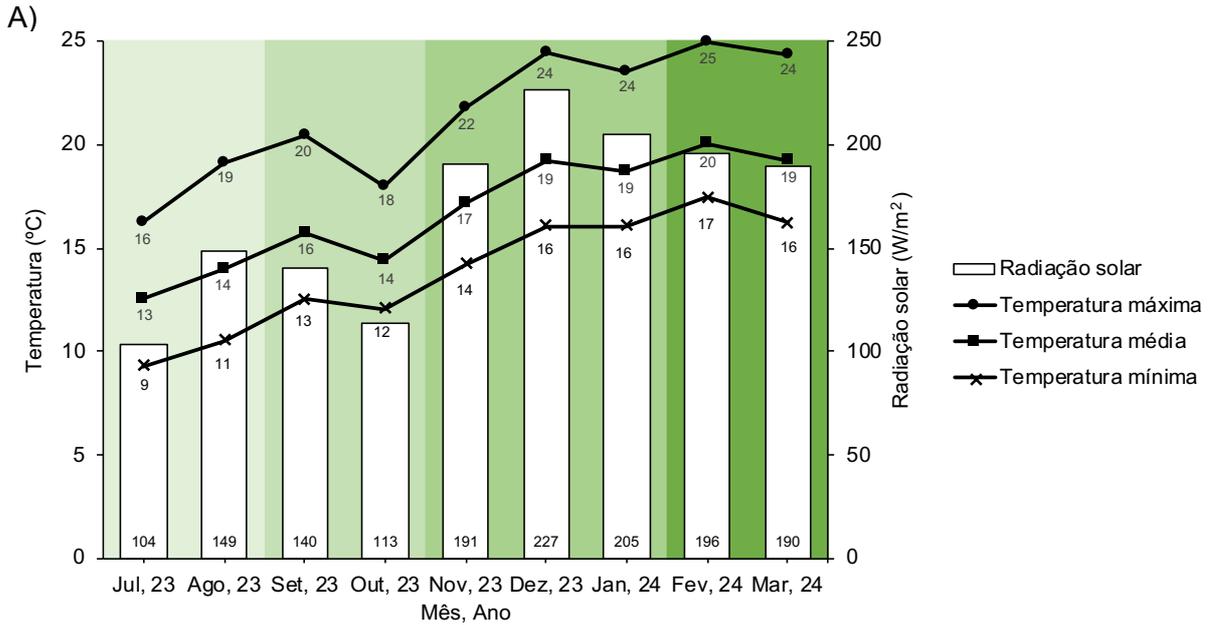
Para medição morfométrica dos grãos de pólen foram analisados os parâmetros área ( $\mu\text{m}^2$ ), perímetro, altura e largura ( $\mu\text{m}$ ). Os grãos de pólen foram obtidos de uma flor de cada uma das dez plantas selecionadas para monitoramento. Através do registro de imagens com câmera Nikon PrimeCam Intervision 12 acoplada a um microscópio óptico (objetiva com aumento de 40x), foram analisadas pelo menos 500 unidades, sendo 50 grãos de pólen de 10 flores de cada planta selecionada. O processamento das imagens foi realizado no RStudio com auxílio do pacote pliman (OLIVOTO, 2022).

Os dados climatológicos e de desenvolvimento fenológico reprodutivo foram analisados por meio de estatística descritiva. Os demais parâmetros foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, caso houvesse diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ). As variáveis de intensidade de floração e porcentagem de flores estaminadas foram transformadas usando a transformação de raiz quadrada arco seno [ $\arcsin(\text{raiz}((x+0,5)/100))$ ], e a quantidade de pólen por flor foi convertida usando  $\log(x+1)$ . Aspectos relacionados à caracterização da biologia reprodutiva das cinco variedades analisadas foram submetidos à análise dos componentes principais. Todas as análises foram realizadas utilizando o software RStudio (R CORE TEAM, 2024).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram registradas temperaturas máximas menores ou iguais a 20 °C e mínimas abaixo de 13 °C nos meses referentes ao desenvolvimento das inflorescências e ao florescimento das variedades de oliveira monitoradas durante o ciclo produtivo 2023/24 em Rancho Queimado, Santa Catarina (Figura 3.1-A). Idealmente, as temperaturas diárias para plena ocorrência da floração devem permanecer entre mínimas de 2 e 7 °C e máximas 12,5 e 23,5 °C (HARTMANN et al., 1980). Em todo o período de avaliação, as temperaturas médias não ultrapassaram 20 °C.

Figura 3.1. Dados meteorológicos mensais entre julho de 2023 e março de 2024 em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24. A) Temperatura (máxima, média e mínima) e radiação solar. B) Precipitação, molhamento floral acumulado, umidade relativa e velocidade do vento.



Fonte: elaborado pela autora.

A disponibilidade de radiação solar mostrou grande variação, considerando o contraste entre os períodos de florescimento das variedades e o crescimento e maturação de frutos. A radiação solar tem impacto significativo sobre as fases de crescimento das oliveiras, sendo maior no período de verão do que no inverno nas

áreas de cultivo tradicional do mediterrâneo. As fases de crescimento têm relação direta com os estádios reprodutivos, uma vez que a planta passa por mudanças significativas em seu metabolismo, na alocação de recursos e no desenvolvimento de estruturas reprodutivas, como flores e frutos (ORLANDI et al., 2013).

Pluviosidade acima dos 300 mm e umidade relativa próxima dos 100% foram registradas em outubro de 2023 (fase de floração), mesmo período no qual houve menor disponibilidade de radiação solar, além de molhamento floral acumulado elevado ao longo do período monitorado (Figura 3.1-B). Durante todo o ciclo reprodutivo, a precipitação pluviométrica ultrapassou os 1.400 mm e a umidade relativa se manteve acima dos 85%. Este cenário é bastante comum ao se analisar as novas zonas de cultivo do sul brasileiro, onde há constância na precipitação pluviométrica e em altos índices de umidade relativa (PANDOLFO et al., 2021). Tal situação revela desafios de adaptabilidade das variedades atualmente cultivadas no Brasil, uma vez que em condições habituais a pluviosidade é próxima aos 600 mm durante em todo o ciclo e umidade relativa entre 40 e 60% (COUTINHO et al., 2009).

A velocidade média do vento se manteve constante durante o ciclo, permanecendo em torno de 10 km/h. Este fator ambiental é importante no aspecto de dispersão polínica das oliveiras, uma vez que esta é uma espécie anemófila (FAMIANI et al., 2019). Atualmente, ainda não há estudos sobre polinizadores atuantes nos olivais brasileiros, entretanto pesquisas revelam incremento na fertilização e produtividade quando utilizados vetores durante a ocasião da floração (EL-SODA et al., 2017). No sul do Brasil, onde os olivais são escassos e as condições ambientais dificultam a translocação do pólen, estudos sobre polinizadores e sobre as condições de vento na região podem impactar no processo reprodutivo das oliveiras. Outro importante resultado do movimento das correntes de ar diz respeito à translocação da umidade dentro das áreas dos olivais, levando a alterações microclimáticas e na duração do molhamento de folhas e flores (ROWLANDSON et al., 2015).

Na Figura 3.2 são expostos os estádios fenológicos de acordo com as datas de avaliação para as cinco variedades monitoradas durante o ciclo 2023/24. O primeiro registro de predominância do estágio de floração foi identificado para Arbequina, em 11 de setembro de 2023. Neste interim, as demais variedades permaneceram em fases que correspondem à emissão e crescimento das inflorescências (estádios 50 a 59). O pleno florescimento foi coincidente a partir do início de outubro de 2023 para as variedades Arbequina e Koroneiki. Considerando o

apanhado de fases relacionadas ao florescimento (estádios 60 a 69), a duração total foi de 45 dias para a primeira e 35 para a segunda. O estágio 79, referente a frutos verdes e com possibilidade de colheita precoce, ocorreu no início de fevereiro de 2024 para Arbequina e Koroneiki. Entre estas variedades, Arbequina registrou o estágio predominante mais avançado da escala BBCH, correspondendo ao aumento da pigmentação específica da variedade (estádio 85).

Figura 3.2. Registro dos estágios fenológicos reprodutivos da escala BBCH para cinco variedades de oliveira, em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24.

(continua)

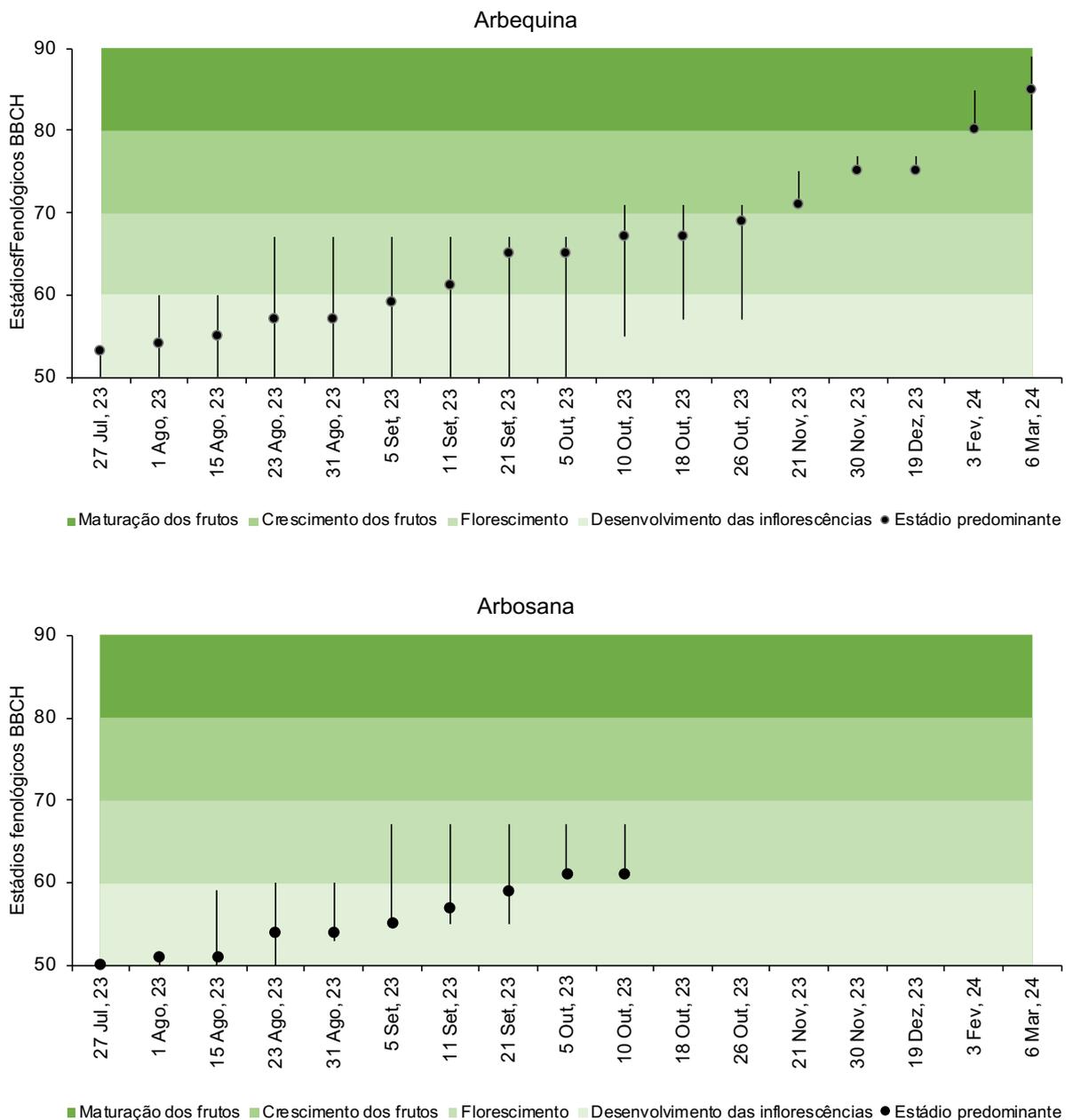


Figura 3.2. Registro dos estágios fenológicos reprodutivos da escala BBCH para cinco variedades de oliveira, em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24.

(continuação)

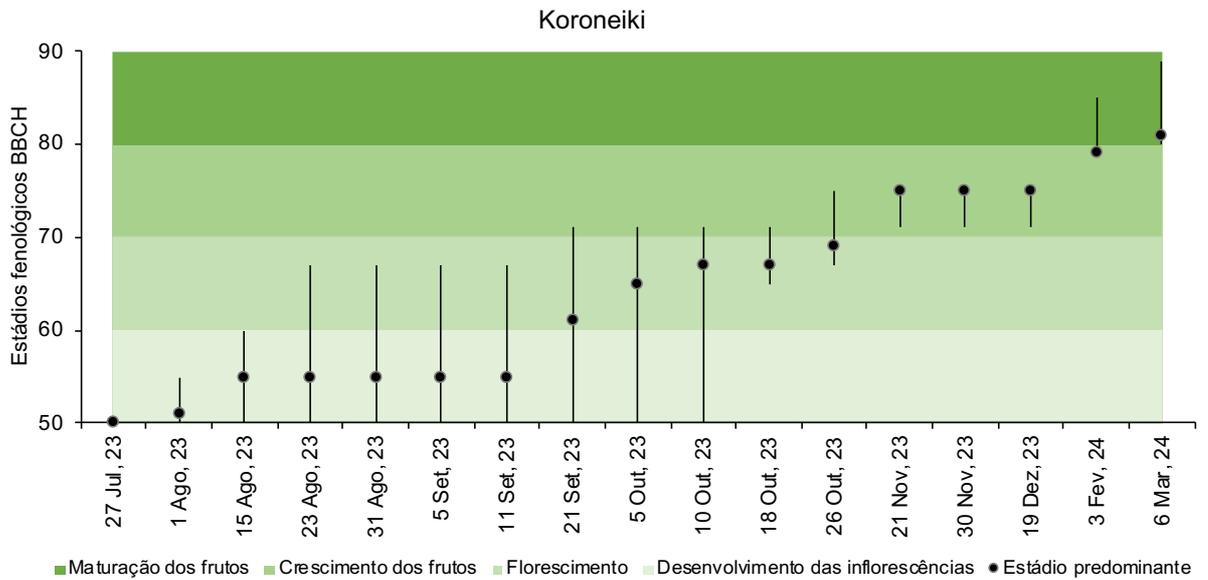
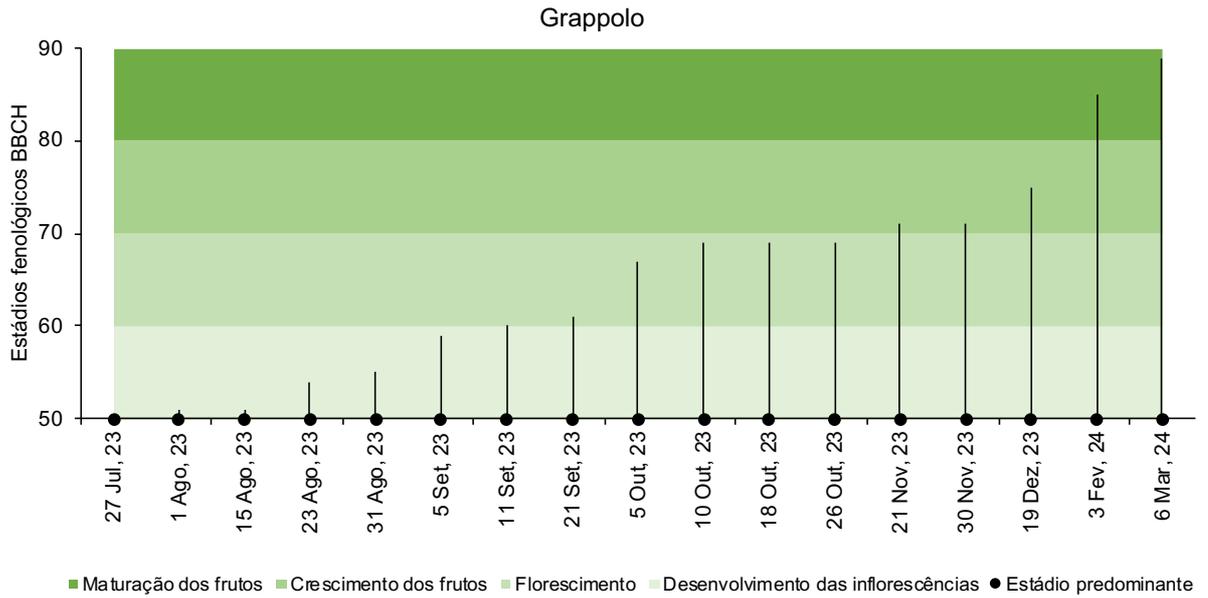
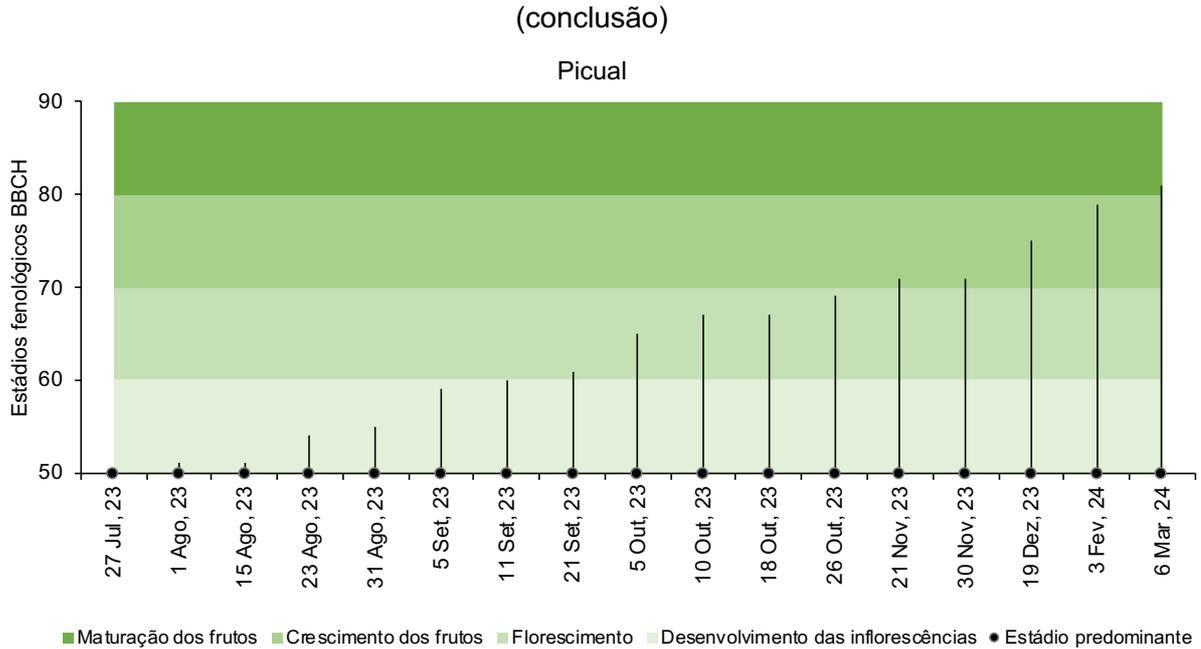


Figura 3.2. Registro dos estágios fenológicos reprodutivos da escala BBCH para cinco variedades de oliveira, em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo produtivo 2023/24.



Legenda: Linhas acima e abaixo do ponto de predominância correspondem a ocorrência dos estágios mais avançados e atrasados, respectivamente. Fonte: elaborado pela autora.

Quanto a Arbosana, o acometimento severo de antracnose, causada pelo patógeno *Colletotrichum* sp., impossibilitou o desenvolvimento reprodutivo da variedade além do início do florescimento (estádio 61), especialmente a partir da segunda quinzena de outubro de 2023. Arbosana é notadamente suscetível à esta doença, fator que pode ser limitante para sua produção em ambientes de clima úmido (FILODA et al., 2021). Já as variedades Grappolo e Picual não registraram predominância além do estágio fenológico 50, com botões das inflorescências nas axilas foliares se mantendo completamente fechados e com formato pontiagudo. Plantas de Grappolo e Picual com idades similares às monitoradas neste estudo expressaram florescimento adequado quando cultivadas no mediterrâneo típico e no Brasil, em condições climáticas mesotérmicas em Minas Gerais (MOREIRA et al., 2016; MEDINA-ALONSO et al., 2023). Portanto, o clima tem efeito sobre o desenvolvimento das inflorescências e, por consequência, no avanço das demais fases fenológicas.

A análise comparativa da fenologia das variedades revelou diferenças no tempo de início e duração dos estádios de desenvolvimento. Tais variações no desenvolvimento fenológico influenciam diretamente o manejo da espécie, permitindo ajustar a aplicação de produtos fitossanitários para o controle de pragas e doenças específicas (ETTINGER et al., 2018). Adicionalmente, a fenologia desempenha um papel importante na definição da época ideal para a colheita, maximizando a qualidade dos frutos e a extração de óleo (OLIVEIRA et al., 2012). Essa informação é fundamental para a adaptação dos genótipos a diferentes condições edafoclimáticas, contribuindo para a expansão da olivicultura em novas regiões e para a obtenção de produtos com características sensoriais diferenciadas.

A intensidade de floração variou de média a muito baixa para as variedades monitoradas durante o ciclo 2023/24, com Arbequina e Koroneiki expressando maiores porcentagens de flores por superfície de copa (Tabela 3.1). Arbosana apresentou carga floral baixa, porém maior número de flores por inflorescência e mais de 87% de flores do tipo hermafroditas, número inferior apenas ao registrado para Arbequina. Quanto à porcentagem de flores estaminadas (ou imperfeitas), maiores valores foram observados na variedade Picual, a qual apresentou intensidade de floração considerada muito baixa.

Tabela 3.1. Intensidade de floração, quantidade de flores por inflorescência e porcentagem do tipo de flores (hermafroditas e estaminadas) para cinco variedades de oliveira, em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24.

Variedade	Intensidade de floração (%)	Escala AA. VV.	Flores por inflorescência	Hermafroditas (%)	Estaminadas (%)
Arbequina	49,00 a <sup>(1)</sup>	Média	14,43 d	89,74 a	10,26 e
Arbosana	24,75 b	Baixa	18,99 a	87,45 b	12,55 d
Grappolo	1,78 d	Muito baixa	15,89 c	80,09 d	19,91 b
Koroneiki	49,00 a	Média	14,61 d	84,19 c	15,82 c
Picual	13,00 c	Muito baixa	17,54 b	77,21 e	22,79 a
<i>p</i>	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV	6,9%		23,67%	8,95%	5,66%

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ). Fonte: elaborado pela autora.

Em zonas de cultivo típico, menos de 2% da carga floral resulta em frutificação efetiva. Portanto, quanto menor a intensidade de floração, menor a probabilidade do

alcance da taxa de conversão habitual, especialmente em condições climáticas não tradicionais de produção (TORRES et al., 2017). A condição andromonoica e o tipo de polinização anemófila nas oliveiras revelam que a presença de flores hermafroditas e estaminadas é uma válida estratégia de evolução da espécie, haja vista o aumento da produção polínica a nível de planta, cujo objetivo é incrementar a circulação de grãos de pólen na área dos olivais (CUEVAS & POLITO, 2004). Quanto à alternância de produção típica de frutíferas como a oliveira, a proporção de flores estaminadas tende a ser maior em anos produtivos. Porém, estudos indicam que a produtividade das oliveiras não tem relação direta com a quantidade de flores masculinas, uma vez que apenas uma a três flores por inflorescência são convertidas em frutos (LAVEE, 2007).

Não foram identificadas anomalias quanto à quantidade de estigmas e carpelos por flor entre as variedades monitoradas no ciclo 2023/24 (Tabela 3.2). Ambos os parâmetros se mantiveram similares ao registrado para estas variedades de oliveiras (FABBRI et al., 2004). O número de anteras por flor não diferiu estatisticamente entre as variedades, entretanto foram observadas flores com dois ou mais conjuntos de órgãos masculinos em todos os genótipos comparados. A quantidade de óvulos por flor foi maior para as variedades Arbequina, Arbosana e Grappolo, e menor para Picual. No entanto, para todas as variedades monitoradas, o número de óvulos foi inferior a quatro, quantidade usualmente encontrada em análises morfológicas, e dos quais apenas um é fertilizado após a translocação do grão de pólen até o pistilo (SEIFI et al., 2011; FARINELLI et al., 2012).

Tabela 3.2. Quantidade de estigmas, carpelos, óvulos e anteras por flor para cinco variedades de oliveira, em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24.

Variedade	Estigmas	Carpelos	Óvulos	Anteras
Arbequina	1,00 <sup>ns</sup>	2,00 <sup>ns</sup>	3,72 a <sup>(1)</sup>	2,02 <sup>ns</sup>
Arbosana	1,00	2,00	3,94 a	2,04
Grappolo	1,00	2,00	3,82 a	2,06
Koroneiki	1,00	2,00	3,46 b	2,02
Picual	1,00	2,00	2,94 c	2,04
<i>p</i>	0,4082	0,4082	<0,0001	0,8101
CV	0,00%	0,00%	15,53%	9,21%

<sup>ns</sup> Não significativo. <sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ). Fonte: elaborado pela autora.

Todas as variedades apresentaram porcentagem de estigmas receptivos acima dos 90%, tanto em flores fechadas quanto em flores abertas (Tabela 3.3). Independentemente do estado floral, o estigma das flores de Picual foi receptivo em todas as ocasiões, entretanto para essa variedade não houve diferença para flores fechadas considerando também Arbequina, Arbosana e Koroneiki. Considerando flores já abertas, o percentual de estigmas receptivos foi menor para Grappolo, porém não diferindo de Arbequina. A elevada receptividade em flores fechadas pode servir como indicativo da capacidade de autopolinização e ser aproveitada para fins de melhoramento, visando controle da hibridização de genótipos de interesse (ZAMBON et al., 2018). A elevada receptividade na ocasião de flores já abertas pode favorecer a deposição polínica sobre o estigma durante um longo período, tanto de grãos de pólen de uma mesma variedade como de genótipos distintos (FABBRI et al., 2004)

Tabela 3.3. Porcentagem de estigmas receptivos em flores abertas e fechadas para cinco variedades de oliveira, em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24.

Variedade	Flores fechadas (%)	Flores abertas (%)
Arbequina	98,00 a <sup>(1)</sup>	95,00 ab
Arbosana	100,00 a	99,00 a
Grappolo	94,00 b	92,00 b
Koroneiki	100,00 a	100,00 a
Picual	100,00 a	100,00 a
<i>p</i>	0,0093	0,0004
CV	4,28%	4,6%

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ). Fonte: elaborado pela autora.

A produção de grãos de pólen varia grandemente entre flores, variedades, condições e local de cultivo, mas também de acordo com a variação produtiva bianual típica das oliveiras (ORLANDI et al., 2020; IOVANE et al., 2021). Neste estudo, Arbequina, Grappolo, Koroneiki e Picual não diferiram entre si quanto à quantidade de grãos de pólen produzidos por unidade de flor (Tabela 3.4). Arbosana, por outro lado, expressou valores menores durante o ciclo 2023/24 em Rancho Queimado, Santa Catarina. Tal resultado pode estar associado à ocorrência de antracnose severa, implicando em prejuízo o processo de microsporogênese ou mesmo na deterioração polínica. Em áreas de produção citrícola, por exemplo, conídios de fungos do

complexo *Colletotrichum* foram capazes de infectar e colonizar tanto as células-mãe de micrósoros como os grãos de pólen (MARQUES et al., 2013).

Em estudo desenvolvido no sul do Brasil, a quantidade de grãos de pólen identificada neste trabalho foi similar para a variedade Arbequina, inferior para Arbosana e Koroneiki, e superior para Picual (CHACÓN-ORTIZ et al., 2022). Em áreas de produção com clima mediterrâneo, Koroneiki pode produzir, em média, 46 mil unidades de grão de pólen por antera, valor também superior ao identificado nesta condição de estudo e neste ciclo. Considerando as variedades Arbequina e Arbosana, em zonas de cultivo típico ambas tendem a produzir mais de 60 mil micrósoros por antera, sendo que a segunda expressa maior sazonalidade de produção de acordo com variação bianual (ROJAS-GÓMEZ et al., 2023). A produção por antera é indicativa da produção de frutos, pois uma maior quantidade de pólen incrementa a fertilização e a concorrência entre os gametófitos masculinos, além de refletir um número superior de inflorescências (REALE et al., 2006).

Tabela 3.4. Produção por antera e aspectos morfométricos de área, perímetro, altura e largura de grãos de pólen para cinco variedades de oliveira, em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24.

Variedade	Produção por antera	Área ( $\mu\text{m}^2$ )	Perímetro ( $\mu\text{m}$ )	Altura ( $\mu\text{m}$ )	Largura ( $\mu\text{m}$ )
Arbequina	52.727,18 a <sup>(1)</sup>	411,50 b	72,00 b	23,79 b	21,17 b
Arbosana	15.444,20 b	379,03 d	69,20 c	22,82 c	20,25 c
Grappolo	44.568,00 a	395,33 c	68,82 c	22,59 c	21,01 b
Koroneiki	37.333,20 a	361,56 e	66,32 d	21,96 d	19,84 d
Picual	36.000,00 a	432,46 a	74,84 a	24,46 a	21,56 a
<i>p</i>	0,0005	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV	6,26%	13,76%	9,44%	9,79%	8,02%

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ). Fonte: elaborado pela autora.

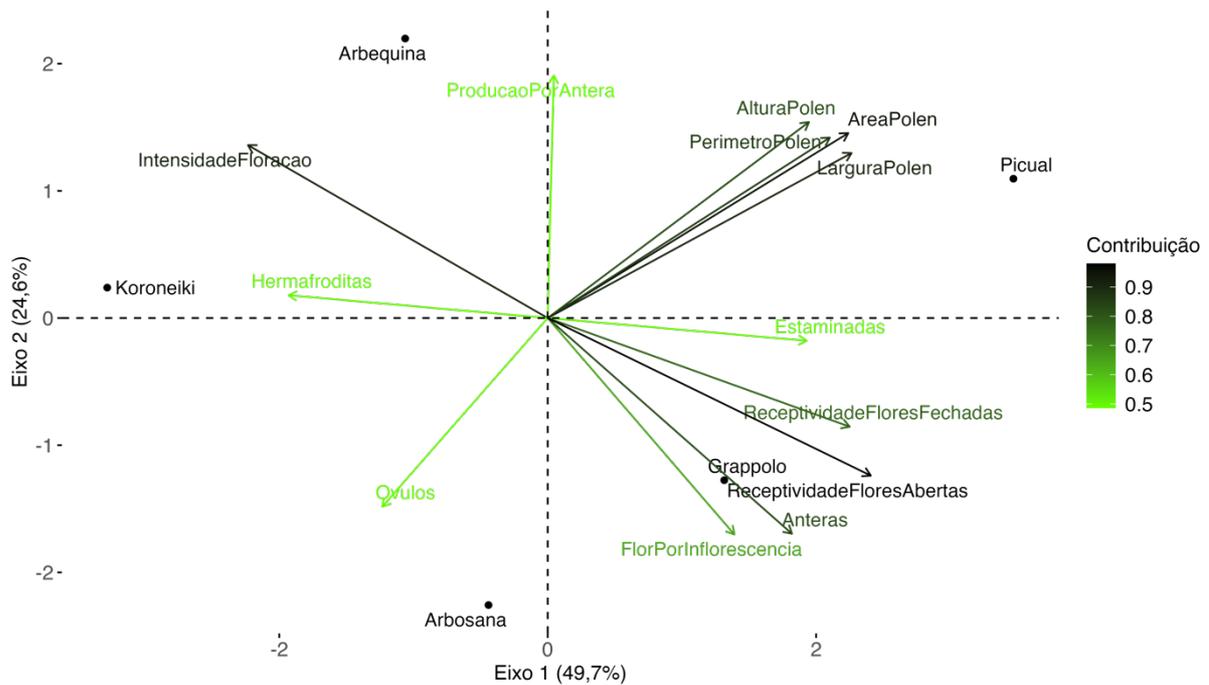
A identificação das dimensões dos grãos de pólen de variedades com potencial de produção em zonas não tradicionais é essencial para compreender a dispersão dos micrósoros, uma vez que a translocação polínica nas oliveiras geralmente ocorre pelo vento, e o tamanho dos grãos de pólen é determinante para o sucesso desse transporte (DÖLEK & ÖZKAYA, 2021; GARCIA et al., 2021). De modo geral, as menores dimensões foram identificadas para grãos de pólen produzidos pelo genótipo Koroneiki. Em condições de clima mediterrâneo ou árido, as dimensões das

células polínicas desta variedade tendem ser menores do que em clima úmido (KOUBOURIS et al., 2012; KHALEGHI et al., 2019). Este estudo revelou que o maior tamanho médio de grão de pólen foi produzido pela cultivar Picual, seguido por Arbequina. Assim como para Koroneiki, as dimensões identificadas neste estudo para grãos de pólen de Picual também foram maiores do que valores registrados na zona mediterrânea portuguesa (RIBEIRO et al., 2008). Também é importante considerar que o tamanho dos grãos de pólen não difere entre flores hermafroditas e estaminadas (CUEVAS & POLITO, 2004).

A relação entre o tamanho dos grãos de pólen e sua capacidade de transporte pelo vento está intrinsecamente ligada à aerodinâmica e ao peso do grão, onde grãos menores e mais leves são transportados mais eficientemente, cobrindo maiores distâncias (CULLEY et al., 2002; HARDER & JOHNSON, 2008). Em climas subtropicais úmidos, a capacidade de absorção de água pelo pólen emerge como um fator crítico na eficiência da polinização anemófila. Grãos de pólen que absorvem menos água tendem a manter um peso mais baixo, o que facilita sua dispersão pelo vento e preserva sua viabilidade ao evitar a saturação em ambientes de alta umidade (FRANCHI et al., 2002). Assim, variedades cujo pólen possui menor capacidade de absorção hídrica podem apresentar uma vantagem adaptativa em climas subtropicais úmidos, favorecendo a polinização anemófila e, conseqüentemente, o sucesso reprodutivo.

A análise dos dados relacionados à biologia reprodutiva demonstrou que mais de 70% da variabilidade total foi explicada pelos dois primeiros componentes (Figura 3.3). A proporção de contribuição indicou que, dentre os parâmetros avaliados, o tipo de flor (hermafroditas e estaminadas), a produção de grãos de pólen por antera e a quantidade de óvulos por flor tiveram menor representatividade. Quanto às variedades monitoradas, apenas Arbequina e Koroneiki permaneceram no mesmo quadrante, as duas correlacionadas pela intensidade de floração, a qual foi similar entre ambas e considerada média. Os parâmetros relacionados à dimensão dos grãos de pólen confirmam a alta correlação entre si, demonstrando que a variedade Picual produziu micrósoros de maior tamanho.

Figura 3.3. Análise dos componentes principais com parâmetros da biologia reprodutiva para cinco variedades de oliveira, em Rancho Queimado, Santa Catarina, ciclo 2023/24.



Fonte: elaborado pela autora.

Apesar da receptividade estigmática e da quantidade e características físicas dos grãos de pólen serem indicativos da capacidade de fertilização de oliveiras, os fatores não podem ser observados isoladamente. As condições endógenas da planta-mãe durante a mega e microsporogênese, o contexto climático e a situação ambiental durante translocação polínica até o carpelo floral também influenciam o êxito do processo (SEIFI et al., 2015). A temperatura do ar, o genótipo e a interação entre ambos são significantes para a performance do grão de pólen, cujo objetivo principal é a germinação do tubo polínico e fertilização dos óvulos (SELAK et al., 2013). Portanto, o sucesso reprodutivo da oliveira depende de uma complexa correlação entre fatores internos e externos, que juntos determinam a viabilidade e o potencial de fertilização dos grãos de pólen, impactando diretamente a frutificação e a produtividade das plantas.

### 3.4 CONCLUSÃO

As condições climáticas durante o ciclo 2023/24 em Rancho Queimado, Santa Catarina, revelaram temperaturas máximas inferiores a 25 °C e mínimas abaixo dos

17,5 °C durante todo o ciclo. A pluviosidade acumulada ultrapassou 1.400 mm e a umidade relativa se manteve acima de 85%. Houve queda de temperaturas e radiação solar, e máxima umidade relativa, molhamento foliar e pluviosidade durante o mês de outubro de 2023, ocasião da plena floração.

As variedades de oliveira monitoradas apresentaram diferentes estádios fenológicos durante o ciclo 2023/24. Arbequina e Koroneiki atingiram pleno florescimento em outubro e alcançaram estágio de frutos verdes em fevereiro de 2024. Arbequina registrou o estágio mais avançado, enquanto Arbosana teve seu desenvolvimento interrompido por antracnose. Grappolo e Picual não avançaram além do estágio 50, permanecendo com botões fechados.

Durante o ciclo 2023/24, Arbequina e Koroneiki tiveram maior intensidade de floração. Picual registrou a maior porcentagem de flores estaminadas e Arbosana o maior número de flores hermafroditas. Não houve diferenças significativas entre a morfologia floral das variedades. Arbosana teve menor quantidade de pólen e as demais variedades não diferiram significativamente entre si na produção de pólen por flor. Picual produziu os maiores grãos de pólen.

O estudo destacou variações significativas no desenvolvimento reprodutivo e nas características da biologia floral das variedades de oliveira, evidenciando a influência das condições climáticas no ciclo 2023/24 em Rancho Queimado, Santa Catarina. Recomenda-se o aprofundamento nos aspectos avaliados e monitoramento contínuo do desempenho dos genótipos.

#### 4. CONCLUSÕES

Sob as condições de Rancho Queimado no ciclo 2023/34, Arbequina foi a primeira a iniciar o período reprodutivo. A floração ocorreu simultaneamente entre Arbequina, Grappolo, Koroneiki e Picual. A maior duração entre o solstício de inverno e o término da floração foi observada nas variedades Arbequina e Koroneiki.

Picual demandou menor acúmulo de graus-dia para completar a floração. A Arbequina exigiu a menor quantidade de horas e unidades de frio para iniciar o ciclo reprodutivo, enquanto Arbosana e Koroneiki precisaram de mais horas e unidades de frio para alcançar o intumescimento das gemas das inflorescências.

Durante o ciclo 2023/24, a temperatura média entre o solstício de inverno e o término da floração foi de 15 °C para as variedades avaliadas. Em Rancho Queimado, a umidade relativa se manteve acima de 80% e precipitação pluviométrica foi registrada em todos os estádios da floração.

As condições climáticas para o ciclo 2023/24 em Rancho Queimado apresentaram temperaturas máximas abaixo de 25 °C e mínimas inferiores a 17,5 °C ao longo de todo o ciclo. A pluviosidade acumulada excedeu 1.400 mm, e a umidade relativa permaneceu acima de 85%. Em outubro de 2023, durante a plena floração, houve uma redução na temperatura e na radiação solar, aumento na umidade relativa, molhamento foliar e pluviosidade.

No ciclo 2023/24, as variedades de oliveira monitoradas mostraram diferentes estádios fenológicos. Arbequina e Koroneiki chegaram ao pleno florescimento em outubro e atingiram o estágio de frutos verdes em fevereiro de 2024. Arbequina foi a variedade que alcançou o estágio mais avançado, enquanto a Arbosana teve seu desenvolvimento interrompido devido à antracnose. Grappolo e Picual não passaram do estágio 50, mantendo os botões ainda fechados.

Arbequina e Koroneiki apresentaram maior intensidade de floração neste estudo no ciclo 2023/24. Picual teve a maior porcentagem de flores estaminadas, enquanto Arbosana exibiu o maior número de flores hermafroditas. A morfologia floral das variedades não mostrou diferenças significativas. Arbosana produziu a menor quantidade de pólen, e as outras variedades não apresentaram diferenças notáveis na produção de pólen por flor. Picual produziu os maiores grãos de pólen entre as variedades.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos realizados em Rancho Queimado durante o ciclo 2023/24 revelaram um clima subtropical úmido, caracterizado por temperaturas amenas, alta umidade relativa e precipitação elevada. Essas condições climáticas, especialmente a alta umidade e a ocorrência de chuvas durante a floração, podem favorecer o desenvolvimento de doenças fúngicas como a antracnose, como observado na variedade Arbosana.

As variedades de oliveira apresentaram diferentes comportamentos fenológicos em resposta às condições climáticas. A Arbequina se destacou por ser a mais precoce em todas as fases fenológicas, enquanto a Picual apresentou um desenvolvimento mais lento. A alta umidade e as temperaturas amenas podem ter influenciado a duração das fases fenológicas e a sincronia entre as variedades.

As variedades de oliveira apresentaram diferenças significativas em relação às características florais, como porcentagem de flores estaminadas e hermafroditas, quantidade de pólen e tamanho dos grãos de pólen. Essas diferenças podem ter implicações na produção de frutos e na qualidade do azeite.

Os resultados destes estudos indicam que o desenvolvimento das variedades de oliveira nas condições climáticas de Rancho Queimado durante o ciclo produtivo 2023/24 foi variável. Alguns genótipos como Arbequina, por exemplo, demonstraram maior adaptação e melhor desempenho. Por outro lado, a variedade Arbosana teve maior susceptibilidade a doenças e apresentou desenvolvimento mais limitado neste ciclo.

Os estudos realizados demonstram a importância de monitorar continuamente o desenvolvimento fenológico das oliveiras em regiões de clima subtropical úmido. O acompanhamento das condições climáticas e das respostas de diferentes variedades é fundamental para identificar as mais adequadas para cada região e para otimizar as práticas de cultivo.

## REFERÊNCIAS

- AA.VV. Metodologia per la descrizione delle varietà di olivo. **Progetto RESGEN 96/9, COI - CE**. 1997. Disponível em: [http://agricoltura.regione.campania.it/pubblicazioni/pdf/germoplasma\\_olivo.pdf](http://agricoltura.regione.campania.it/pubblicazioni/pdf/germoplasma_olivo.pdf)
- AGUILERA, Fátima et al. Heat accumulation period in the Mediterranean region: phenological response of the olive in different climate areas (Spain, Italy and Tunisia). **International journal of biometeorology**, v. 58, p. 867-876, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0666-7>
- AGUILERA, Fátima et al. Phenological models to predict the main flowering phases of olive (*Olea europaea* L.) along a latitudinal and longitudinal gradient across the Mediterranean region. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, p. 629-641, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0876-7>
- ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/050>
- ARENAS-CASTRO, Salvador et al. Projected climate changes are expected to decrease the suitability and production of olive varieties in southern Spain. **Science of the total environment**, v. 709, p. 136161, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136161>
- BARRANCO NAVERO, Diego et al. **World catalogue of olive varieties**. 1ª ed. International Olive Oil Council, 2000. Disponível em: <https://www.internationaloliveoil.org/product/world-catalogue-of-olive-varieties/>
- BARRANCO NAVERO, Diego et al. Frost tolerance of eight olive cultivars. **HortScience**, v. 40, n. 3, p. 558-560, 2005. Disponível em: <https://oa.upm.es/21872/>
- BARRANCO NAVERO, Diego et al. **El cultivo del olivo 7ª ed**. Ediciones Mundi-Prensa, 2017.
- BARTOLINI, Susanna; VITI, R. Olive floral biology and climatic elements: twenty-eight years of observations. In: **International Symposium on Flowering, Fruit Set and Alternate Bearing 1229**. 2017. p. 299-304. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1229.45>
- BELAJ, Angjelina et al. Phenological diversity in a World Olive Germplasm Bank: Potential use for breeding programs and climate change studies. **Spanish journal of agricultural research**, v. 18, n. 1, p. 701, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5424/sjar/2020181-15017%20>
- BELARMINO, Luiz Clovis et al. Análise econômica exploratória da olivicultura no Brasil e Espanha. **Anais..[do] VIII Simpósio da Ciência do Agronegócio**, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.gov.br/busca-de-publicacoes/>

</publicacao/1130040/analise-economica-exploratoria-da-olivicultura-no-brasil-e-espanha>

BENLLOCH-GONZÁLEZ, María et al. Global warming effects on yield and fruit maturation of olive trees growing under field conditions. **Scientia horticultrae**, v. 249, p. 162-167, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.01.046>

BORGES, Thays H. et al. Characterization of Arbequina virgin olive oils produced in different regions of Brazil and Spain: Physicochemical properties, oxidative stability and fatty acid profile. **Food chemistry**, v. 215, p. 454-462, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.162>

BOUBY, Laurent; TERRAL, Jean-Frédéric. Archéobiologie et agrobiodiversité de l'olivier: domestication et diffusion dans l'Ouest de la Méditerranée. **CIHEAM**, v. 17, 2016. Disponível em: <https://om.ciheam.org/om/pdf/a118/00007164.pdf>

BRETON, Catherine; BERVILLÉ, André. From the olive flower to the drupe: flower types, pollination, self and inter-compatibility and fruit set. **The mediterranean genetic code-grapevine and olive**, p. 289-295, 2013. Disponível em: <https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/49089/1/44150.pdf>

BRUGNARA, Eduardo Cesar. **Situação da olivicultura em Santa Catarina**. 3º Encontro Nacional da Olivicultura. 2018. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/201812/07153722-3-situacao-em-sc-eduardo-brugnara.pdf>

BRUGNARA, Eduardo Cesar. Crescimento, floração e frutificação de oliveiras jovens em altitude intermediária do Oeste de Santa Catarina, Brasil. **Agropecuária Catarinense**, v. 32, n. 2, p. 46-48, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.22491/RAC.2019.v32n2.5>

BRUGNARA, Eduardo Cesar; SABIÃO, Rafael Roveri. Olive reproductive phenology in a warm and humid region of Santa Catarina, Brazil. **Agrociencia Uruguay**, v. 26, n. 2, 2022. DOI: <https://doi.org/10.31285/agro.26.898>

BUONAURO, Roberto et al. Olive leaf spot caused by *Venturia oleaginea*: An updated review. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 1061136, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1061136>

CABEZAS, José Manuel. et al. Identifying adaptation strategies to climate change for Mediterranean olive orchards using impact response surfaces. **Agricultural Systems**, v. 185, p. 102937, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102937>

CABRAL, Erica Falcato. **Estudos Preliminares de polinização Em Oliveira (Olea Europaea) Cv. Galega Vulgar**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade Tecnica de Lisboa (Portugal). Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/1918/1/Tese%20de%20Mestrado%20Erica%20Cabral.pdf>

CACCIOLA, Santa Olga. et al. Olive anthracnose. **Journal of Plant Pathology**, p. 29-44, 2012. Available from: <https://www.jstor.org/stable/45156006>

CHACÓN-ORTIZ, Andrés et al. Use of microstructural characteristics of pollen and pistil to identify olive cultivars in Southern Brazil. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, v. 44, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v44i1.62297>

CHMIELEWSKI, Frank-M. Phenology in agriculture and horticulture. In: **Phenology: An integrative environmental science**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. p. 539-561. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-6925-0\\_29](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-6925-0_29)

CORDEIRO, António Manuel. et al. Aspectos gerais da cultura da oliveira: principais cultivares de oliveira existentes em Portugal. **Boas Práticas no Olival e no Lagar; INIAV, IP, Ed.; SIG—Sociedade Industrial Gráfica: Lisboa, Portugal**, p. 37-54, 2014.

COUTINHO, Enilton Fick et al. (Ed.). **Oliveira: aspectos técnicos e cultivo no Sul do Brasil**. Embrapa, 2009. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Margarete-Nicolodi-2/publication/267626833\\_Solos/links/545449d40cf2cf51647c2cfb/Solos.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Margarete-Nicolodi-2/publication/267626833_Solos/links/545449d40cf2cf51647c2cfb/Solos.pdf)

CUEVAS, Julián; POLITO, Vito S. The role of staminate flowers in the breeding system of *Olea europaea* (Oleaceae): an andromonoecious, wind-pollinated taxon. **Annals of Botany**, v. 93, n. 5, p. 547-553, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mch079>

CULLEY, Theresa M. et al. The evolution of wind pollination in angiosperms. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 17, n. 8, p. 361-369, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)02540-5](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02540-5)

DA CROCE, Dorli Mário et al. Características físico-químicas de azeite de oliva produzido em unidades experimentais de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 25, n. 2, p. 39-41, 2012. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/646>

DA CROCE, Dorli Mario et al. Avaliação da produção e do rendimento de azeite das oliveiras 'Arbequina', 'Arbosana' e 'Koroneiki' em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 29, n. 1, p. 54-57, 2016. DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v29i1.91>

DE MELO-ABREU, José Paulo et al. Modelling olive flowering date using chilling for dormancy release and thermal time. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 125, n. 1-2, p. 117-127, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2004.02.009>

DE OLIVEIRA, Adelson Francisco (Ed.). **Oliveira no Brasil: tecnologias de produção**. EPAMIG, 2012.

DE OLLAS, Carlos et al. Facing climate change: biotechnology of iconic Mediterranean woody crops. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 427, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00427>

DÍAZ, Aurora et al. Self-incompatibility of 'Arbequina' and 'Picual' olive assessed by SSR markers. **J Am Soc Hortic Sci**, v. 131, n. 2, p. 250-255, 2006. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS.131.2.250>

DÖLEK, Cansu; ÖZKAYA, Mücahit Taha. Pollination and Fruit Setting in Olive (*Olea Europea* L.). **Agricultural and Natural Research & Reviews**, p. 59-79, 2021. Disponível em: [https://books.google.com/books?hl=pt-BR&lr=&id=78yTEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA59&dq=Pollination+and+Fruit+Setting+in+Olive+\(Olea+Europeae+L.\).+&ots=BpeMwu6CXG&sig=kYJShj17Mb4izzODQnve9ytd3Kw](https://books.google.com/books?hl=pt-BR&lr=&id=78yTEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA59&dq=Pollination+and+Fruit+Setting+in+Olive+(Olea+Europeae+L.).+&ots=BpeMwu6CXG&sig=kYJShj17Mb4izzODQnve9ytd3Kw)

DOMINGUES, Ricardo José et al. Doenças fúngicas com potencial limitante para o desenvolvimento da olivicultura no Estado de São Paulo. **Instituto Biológico de São Paulo**. Documento Técnico 24. p. 1-13. 2016. Available from: <http://repositoriobiologico.com.br//jspui/handle/123456789/79>

DONG, Wen-Pan et al. Phylogenomic relationships and species identification of the olive genus *Olea* (Oleaceae). **Journal of Systematics and Evolution**, v. 60, n. 6, p. 1.263-1.280, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/jse.12802>

DORAIS, Martine. The use of supplemental lighting for vegetable crop production: light intensity, crop response, nutrition, crop management, cultural practices. In: **Canadian greenhouse conference**. sn, 2003. Disponível em: <https://encurtador.com.br/wglz0>

EL-SODA, A. S. et al. Effect of using some pollinators on productivity of some olive cultivars. **Egyptian Journal of Agricultural Sciences**, v. 68, n. 4, p. 397-409, 2017. Disponível em: [https://journals.ekb.eg/article\\_212880\\_96bb88389baa859f29b9223fd532240e.pdf](https://journals.ekb.eg/article_212880_96bb88389baa859f29b9223fd532240e.pdf)

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Notícias. **Pesquisa atesta que Brasil produz azeite com padrão de qualidade internacional**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/82458918/pesquisa-atesta-que-brasil-produz-azeite-com-padrao-de-qualidade-internacional>

ENGELLEN, Chaim et al. Studying Parameters Affecting Accumulation of Chilling Units Required for Olive Winter Flower Induction. **Plants**, v. 12, n. 8, p. 1714, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12081714>

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Banco de dados de variáveis ambientais de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2021. 20p. (Epagri, Documentos, 310) - ISSN 2674-9521 (On-line).

ETTINGER, Ailene K. et al. Phenological sequences: how early-season events define those that follow. **American Journal of Botany**, v. 105, n. 10, p. 1771-1780, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/ajb2.1174>

FABBRI, Andrea et al. **Olive propagation manual**. Landlinks Press, 2004.

FALCÃO, João Maria Marques Adegas da Costa. **Utilização de imagens de satélite para a otimização produtiva do olival superintensivo (cv. Arbosana)**. 2019. Tese de Doutorado. ISA. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.5/21286>

FANELLI, Valentina et al. Current Status of Biodiversity Assessment and Conservation of Wild Olive (*Olea europaea* L. subsp. *europaea* var. *sylvestris*). **Plants**, v. 11, n. 4, p. 480, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11040480>

FARINELLI, Daniela et al. Pollenizer and cultivar influence seed number and fruit characteristics in *Olea europaea* L. **HortScience**, v. 47, n. 10, p. 1430-1437, 2012. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.10.1430>

FAMIANI, Franco et al. The cost of flowering in olive (*Olea europaea* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 252, p. 268-273, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.03.008>

FILODA, Paula F. et al. *Colletotrichum acutatum* and *Colletotrichum nymphaeae* causing blossom blight and fruit anthracnose on olives in southern Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, v. 161, p. 993-998, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-021-02372-y>

FRANCHI, G. G. et al. Partially hydrated pollen: taxonomic distribution, ecological and evolutionary significance. **Plant Systematics and Evolution**, v. 234, p. 211-227, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00606-002-0221-1>

GABEL, Bruno. Decision support systems and pest control–technological distraction or necessity?. In: **BIO Web of Conferences**. EDP Sciences, 2023. p. 01039. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236801039>

GALEN, Candace; PLOWRIGHT, R. C. Testing the accuracy of using peroxidase activity to indicate stigma receptivity. **Canadian Journal of Botany**, v. 65, n. 1, p. 107-111, 1987. DOI: <https://doi.org/10.1139/b87-015>

GALILI, Ehud et al. Early production of table olives at a mid-7th millennium BP submerged site off the Carmel coast (Israel). **Scientific reports**, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80772-6>

GARCIA, Gabriela et al. By wind or wing: pollination syndromes and alternate bearing in horticultural systems. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 376, n. 1839, p. 20200371, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0371>

GARDINER, Barry et al. Wind impacts on plant growth, mechanics and damage. **Plant science**, v. 245, p. 94-118, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.01.006>

GONÇALVES, José Francisco de Carvalho et al. Growth, photosynthesis and stress indicators in young rosewood plants (*Aniba rosaeodora* Ducke) under different light intensities. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, p. 325-334, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202005000300007>

HAIM, Dor et al. Alternate bearing in fruit trees: fruit presence induces polar auxin transport in citrus and olive stem and represses IAA release from the bud. **Journal of Experimental Botany**, v. 72, n. 7, p. 2450-2462, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa590>

HAMMAMI, Sofiene et al. Vegetative Growth Dynamic and Its Impact on the Flowering Intensity of the Following Season Depend on Water Availability and Bearing Status of the Olive Tree. **Sustainability**, v. 14, n. 23, p. 15614, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su142315614>

HAMZE, Leila M. et al. Spring reproductive and vegetative phenology of olive (*Olea europaea* L.) cultivars at different air temperatures along a latitudinal-altitudinal gradient in Argentina. **Scientia Horticulturae**, v. 304, p. 111327, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111327>

HARDER, Lawrence D.; JOHNSON, Steven D. Function and evolution of aggregated pollen in angiosperms. **International Journal of Plant Sciences**, v. 169, n. 1, p. 59-78, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1086/523364>

HARTMANN, Hudson Thomas et al. **Olive production in California**. University of California, Division of Agricultural Sciences, Leaflet 2474, Davis, CA, USA, 1980.

IBRAOLIVA (Instituto Brasileiro de Olivicultura). **Notícias**. 2023. Available from: <https://www.ibraoliva.com.br/noticias>

IOC (INTERNATIONAL OLIVE COUNCIL). **World Olive Observatory**. Espanha, [2022]. Disponível em: <https://observatory.internationaloliveoil.org/apps>. Acesso em: 29 nov. 2022.

IOVANE, Maurizio et al. High temperature and humidity affect pollen viability and longevity in *Olea Europaea* L. **Agronomy**, v. 12, n. 1, p. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12010001>

KALAMATIANOS, Romanos et al. Methods for the identification of microclimates for olive fruit fly. **Agronomy**, v. 9, n. 6, p. 337, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9060337>

KHALEGHI, Esmail et al. Study of pollen morphology and salinity effect on the pollen grains of four olive (*Olea europaea*) cultivars. **South African Journal of Botany**, v. 127, p. 51-57, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.08.031>

KOUBOURIS, Georgios C. et al. Intraspecific variation in pollen viability, germination and ultrastructure of *Olea europaea* L. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 70, p. 13442-13446, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJB12.626>

KOUBOURIS, G. C. et al. Self-incompatibility and pollination relationships for four Greek olive cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 176, p. 91-96, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.06.043>

KOUR, Darpreet et al. Alternate bearing in olive-a review. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, v. 7, p. 2281-2297, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2018.709.283>

LAIB, Messaoud et al. Some considerations of floral biology for the determination of pollinators in olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Research on Crops*, v. 20, n. 1, p. 70-80, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.31830/2348-7542.2019.010>

LAVEE, Shimon. Biennial bearing in olive (*Olea europaea*). In: *Annales Ser His Nat.* 2007. p. 101-112. Disponível em: <https://www.floridaolive.org/wp-content/uploads/2017/08/Alternate-Bearing-Olive.pdf>

LAVEE, Shimon. Alternate bearing in olive initiated by abiotic induction leading to biotic responses. *Advances in Horticultural Science*, v. 29, n. 4, p. 213-220, 2015. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/26525302>

LAZOVIC, Biljana et al. Reproductive physiology and sexual compatibility of the Spanish olive variety 'Arbequina' cultivated in Montenegro. *Spanish Journal of Agricultural Research*, v. 20, n. 2, p. e0802-e0802, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5424/sjar/2022202-18609>

LEITE, Gabriel Berenhauer; PANDOLFO, Cristina. Parâmetros agroclimáticos para o cultivo da oliveira. *Agropecuária Catarinense*, v. 35, n. 3, p. 103-107, 2022. DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v35i3.1357>

LERSTEN, Nels R.; HORNER, Harry T. Crystal diversity and macropatterns in leaves of Oleaceae. *Plant Systematics and Evolution*, v. 282, n. 1, p. 87-102, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00606-009-0209-1>

LODOLINI, Enrico Maria; NERI, Davide. How growth and reproduction cycles affect alternate bearing in olive. In: *VI International Symposium on Olive Growing 949*. 2008. p. 191-198. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.949.26>

LODOLINI, Enrico M. et al. Effect of complementary irrigation on yield components and alternate bearing of a traditional olive orchard in semi-arid conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, v. 14, n. 2, p. 23, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2016142-8834>

LOSCIALE, Pasquale et al. Orchard floor management affects tree functionality, productivity and water consumption of a late ripening peach orchard under semi-arid conditions. *Applied Sciences*, v. 10, n. 22, p. 8135, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10228135>

LUCAS, José Villamil; CONDE, Paula. Variedades. In: GROMPONE, M.A.; VILLAMIL, J. *Aceites de oliva: de la planta al consumidor*. Vol 1. 1ª ed. INIA Uruguay, 2013.

MALIK, Nasir S.A.; BRADFORD, Joe M. Inhibition of flowering in 'Arbequina' olives from chilling at lower temperatures. *Journal of Food Agriculture & Environment*,

v.7, n.2, p.429-431. 2009a. Disponível em:

<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20093155833>

MALIK, Nasir S.A.; BRADFORD, Joe M. The effect of high daytime temperatures on inhibition of flowering in 'Koroneiki' olives (*Olea europaea* L.) under chilling and non-chilling nighttime temperatures. **J Appl Hortic**, v.11, n.2, p. 90-94, 2009b. DOI: <http://dx.doi.org/10.37855/jah.2009.v11i02.18>

MARQUES, João Paulo Rodrigues et al. Infection of citrus pollen grains by *Colletotrichum acutatum*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 136, p. 35-40, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-012-0078-2>

MARTINS, Fabrina Bolzan et al. Temperatura do ar no desenvolvimento reprodutivo de cultivares de oliveira. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, p. 179-190, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-77863340022>

MEDINA-ALONSO, María G. et al. Flowering Phenology of Olive Cultivars in Two Climate Zones with Contrasting Temperatures (Subtropical and Mediterranean). **Agriculture**, v. 13, n. 7, p. 1312, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13071312>

MONSELISE, Shaul P.; GOLDSCHMIDT, Eliezer E. Alternate bearing in fruit trees. **Horticultural reviews**, v. 4, n. 1, p. 128-173, 1982. Disponível em: [http://avocadosource.com/papers/Israeli\\_Papers/MonseliseSP0000.pdf](http://avocadosource.com/papers/Israeli_Papers/MonseliseSP0000.pdf)

MORAL, Juan et al. Elucidation of the Disease Cycle of Olive Anthracnose Caused by *Colletotrichum acutatum*. **Phytopathology**, v. 99, p. 548-556, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-99-5-0548>

MOREIRA, Rodrigo Amato et al. Water restriction, girdling and paclobutrazol on flowering and production of olive cultivars. **Scientia horticultrae**, v. 200, p. 197-204, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.014>

MOREIRA, Victoria et al. Olive anthracnose caused by *Colletotrichum* in Uruguay: symptoms, species diversity and pathogenicity on flowers and fruits. **European Journal of Plant Pathology**, v. 160, n. 3, p. 663-681, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-021-02274-z>

MUZZALUPO, Innocenzo. **Olive Germplasm - Italian Catalogue of Olive Varieties**. London: IntechOpen, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5772/51719>

NAVAS-LOPEZ, Jose F. et al. Genotype, environment and their interaction effects on olive tree flowering phenology and flower quality. **Euphytica**, v. 215, p. 1-13, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-019-2503-5>

NAVAS-LOPEZ, Jose F. et al. Genotype by environment interaction for oil quality components in olive tree. **European Journal of Agronomy**, v. 119, p. 126115, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126115>

OLIVE OIL TIMES. **World**. Estados Unidos da América, [2024]. Disponível em: <https://www.oliveoiltimes.com/world>

OLIVEIRA, Marcelo Caetano de et al. Características fenológicas e físicas e perfil de ácidos graxos em oliveiras no sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 30-35, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000100005>

OLIVOTO, Tiago; LÚCIO, Alessandro Dal'Col. metan: An R package for multi-environment trial analysis. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 11, n. 6, p. 783-789, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13384>

OLIVOTO, Tiago. Lights, camera, pliman! An R package for plant image analysis. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 13, n. 4, p. 789-798, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13803>

OMETTO, José Carlos. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440p.

ONDEI, Vera. Forbes. **8 produtores brasileiros estão no Ranking Mundial do Azeite 2022**. 2023. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesagro/2023/01/8-produtores-brasileiros-estao-no-ranking-mundial-do-azeite-2022/>

ORLANDI, Fabio et al. Olive flowering as an indicator of local climatic changes. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 81, p. 169-176, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-004-0120-1>

ORLANDI, Fabio et al. Climatic indices in the interpretation of the phenological phases of the olive in mediterranean areas during its biological cycle. **Climatic Change**, v. 116, p. 263-284, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0474-9>

ORLANDI, Fabio et al. Impact of climate change on olive crop production in Italy. **Atmosphere**, v. 11, n. 6, p. 595, 2020. DOI: [10.3390/atmos11060595](https://doi.org/10.3390/atmos11060595)

PANDOLFO, Cristina et al. Risco climático para oliveira em Santa Catarina. **Agrometeoros**, v. 29, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.31062/agrom.v29.e026930>

PANOZZO, Anna et al. Impact of olive trees on the microclimatic and edaphic environment of the understorey durum wheat in an alley orchard of the Mediterranean area. **Agronomy**, v. 12, n. 2, p. 527, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12020527>

PARKER, Lauren et al. Climate change reduces frost exposure for high-value California orchard crops. **Science of the Total Environment**, v. 762, p. 143971, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143971>

PERAZZOLI, Mauricio et al. Assessing the impact of climate change scenarios on water resources in southern Brazil. **Hydrological Sciences Journal**, v. 58, n. 1, p. 77-87, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/02626667.2012.742195>

PINILLOS, Virginia; CUEVAS, Julián. Open-pollination provides sufficient levels of cross-pollen in Spanish monovarietal olive orchards. **HortScience**, v. 44, n. 2, p. 499-502, 2009. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.44.2.499>

POTTER, Reinaldo Oscar et al. Solos do Estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**. 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/964417>

QUEST-RISTON, Charles. **Guia ilustrado Zahar**: azeite. 2011.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**. 2024. Available from: <<https://www.r-project.org/>>.

REALE, Lara et al. Reproductive biology of olive (*Olea europaea* L.) DOP Umbria cultivars. **Sexual Plant Reproduction**, v. 19, p. 151-161, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00497-006-0032-6>

RESTREPO-DÍAZ, Hermann et al. Ecophysiology of horticultural crops: an overview. **Agromía Colombiana**, v. 28, n. 1, p. 71-79, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v28n1/v28n1a09.pdf>

RIBEIRO, Helena et al. Pollen morphology and quality of twenty olive (*Olea europaea* L.) cultivars grown in Portugal. In: **VI International Symposium on Olive Growing** 949. 2008. p. 259-264. DOI: <http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.949.37>

RIUS, Xavier; LACARTE, Jose M. La revolución del olivar: El cultivo en seto. **Comografic, SA Barcelona, Spain**, 2010.

RODRIGUES, Maria Laura Guimaraes et al. El Niño e suas lições. **Agropecuária Catarinense**, v. 36, n. 3, p. 7-11, 2023. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/1795/1631>

ROJAS-GÓMEZ, María De Las Mercedes. et al. Pollen production in olive cultivars and its interannual variability. **Annals of Botany**, v. 132, n. 6, p. 1145-1158, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcad163>

ROWLANDSON, Tracy et al. Reconsidering leaf wetness duration determination for plant disease management. **Plant disease**, v. 99, n. 3, p. 310-319, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-14-0529-FE>

SÁNCHEZ-ESTRADA, Alberto; CUEVAS, Julián. 'Arbequina' olive is self-incompatible. **Scientia Horticulturae**, v. 230, p. 50-55, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.11.018>

SANZ-CORTÉS, Francisco. et al. Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea*). **Annals of applied biology**, v. 140, n. 2, p. 151-157, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2002.tb00167.x>

SCHEUNEMANN, Tiago et al. **Pragas da oliveira**. Cultivar HF 119: 10–13. 2019. Available from:

[www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1120666/1/DoriPragasdaoliveira.pdf](http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1120666/1/DoriPragasdaoliveira.pdf)

SEIFI, Esmail et al. Sexual compatibility and floral biology of some olive cultivars. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, v. 39, n. 2, p. 141-151, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1080/01140671.2011.560165>

SEIFI, Esmail et al. Flowering and fruit set in olive: a review. *Iran. J. Plant Physiol*, v. 5, n. 2, p. 1263-1272, 2015. Available on: <https://sanad.iau.ir/Journal/ijpp/Article/1026045>

SELAK, Gabriela Vuletin et al. The effect of temperature and genotype on pollen performance in olive (*Olea europaea* L.). *Scientia horticulturae*, v. 156, p. 38-46, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.03.029>

SHARMA, Nimisha et al. Physiological and molecular basis of alternate bearing in perennial fruit crops. *Scientia horticulturae*, v. 243, p. 214-225, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.021>

SIAKOU, Melpomeni et al. Phenology, morphology and physiology responses of deficit irrigated 'koroneiki' olive trees as affected by environmental conditions and alternate bearing. *Agronomy*, v. 12, n. 4, p. 879, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12040879>

SILVA, Sandra Diniz et al. Phenolic compounds and antioxidant activity of *Olea europaea* L. fruits and leaves. *Food science and technology international*, v. 12, n. 5, p. 385-395, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1177/1082013206070166>

SIMONETTI, Giovanna. Forbes. **Brasileira é eleita a melhor produtora de azeites do mundo em 2023**. 2023. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesagro/2023/09/brasileira-e-eleita-a-melhor-produtora-de-azeites-do-mundo-em-2023/>

SPERONI, Gabriela et al. Floral biology and pollen grain presentation in "Arbequina" olive (*Olea europaea* L.) cultivar under non-traditional crop climatic conditions. *Botany Letters*, v. 168, n. 4, p. 594-604, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/23818107.2021.1952650>

TAFARELO, Saulo. CNN Brasil. **Azeite brasileiro é eleito um dos melhores do mundo em competição na Itália**. 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/viagemegastronomia/noticias/azeite-brasileiro-e-eleito-um-dos-melhores-do-mundo-em-competicao-na-italia/>

TERAMOTO, Juliana Rolim Salomé. **Histórico da introdução da cultura da Oliveira no Brasil**. Expo Azeite. 2010. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/agriculturasp/historico-introduo-cultura-da-oliveira-no-brasil>

TERAMOTO, Juliana Rolim Salomé et al. **Mercado dos produtos da oliveira e os desafios brasileiros**. Informações Econômicas, v. 43, n. 2, p. 24-32, 2013.

Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/publicacoes/ie/2013/tec2-0413.pdf>

TORRES, Mariela et al. Olive cultivation in the southern hemisphere: Flowering, water requirements and oil quality responses to new crop environments. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 1830, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01830>

TURKTAS, Mine et al. Nutrition metabolism plays an important role in the alternate bearing of the olive tree (*Olea europaea* L.). **PLoS one**, v. 8, n. 3, p. e59876, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059876>

VALAMOTI, Sultana Maria et al. Did Greek colonisation bring olive growing to the north? An integrated archaeobotanical investigation of the spread of *Olea europaea* in Greece from the 7th to the 1st millennium BC. **Vegetation History and Archaeobotany**, v. 27, n. 1, p. 177-195, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00334-017-0631-1>

VIDAL, Alfonso M. et al. Fresh and aromatic virgin olive oil obtained from Arbequina, Koroneiki, and Arbosana cultivars. **Molecules**, v. 24, n. 19, p. 3587, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules24193587>

WREGE, Marcos Silveira et al. Regiões de clima homogêneo no Brasil para produção comercial de oliveiras. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5380/abclima.v16i0.40192>

YANIK, Huriye et al. Genome-wide identification of alternate bearing-associated microRNAs (miRNAs) in olive (*Olea europaea* L.). **BMC plant biology**, v. 13, p. 1-22, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2229-13-10>

ZAMBON, Carolina Ruiz et al. Storage of pollen and properties of olive stigma for breeding purposes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, p. 291-297, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180033>

ZHU, Wan-ze et al. Advances in the pollination biology of olive (*Olea europaea* L.). **Acta Ecologica Sinica**, v. 33, n. 2, p. 64-71, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2013.01.001>

ZILLI, Marcia et al. The impact of climate change on Brazil's agriculture. **Science of the Total Environment**, v. 740, p. 139384, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139384>

**ANEXO A – ESCALA BBCH**

Ilustração dos estádios fenológicos da fase reprodutiva de *Olea europaea* L. propostos por SANZ-CORTÉS et al. (2002), segundo a escala BBCH (Biologische Bundesantalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie).

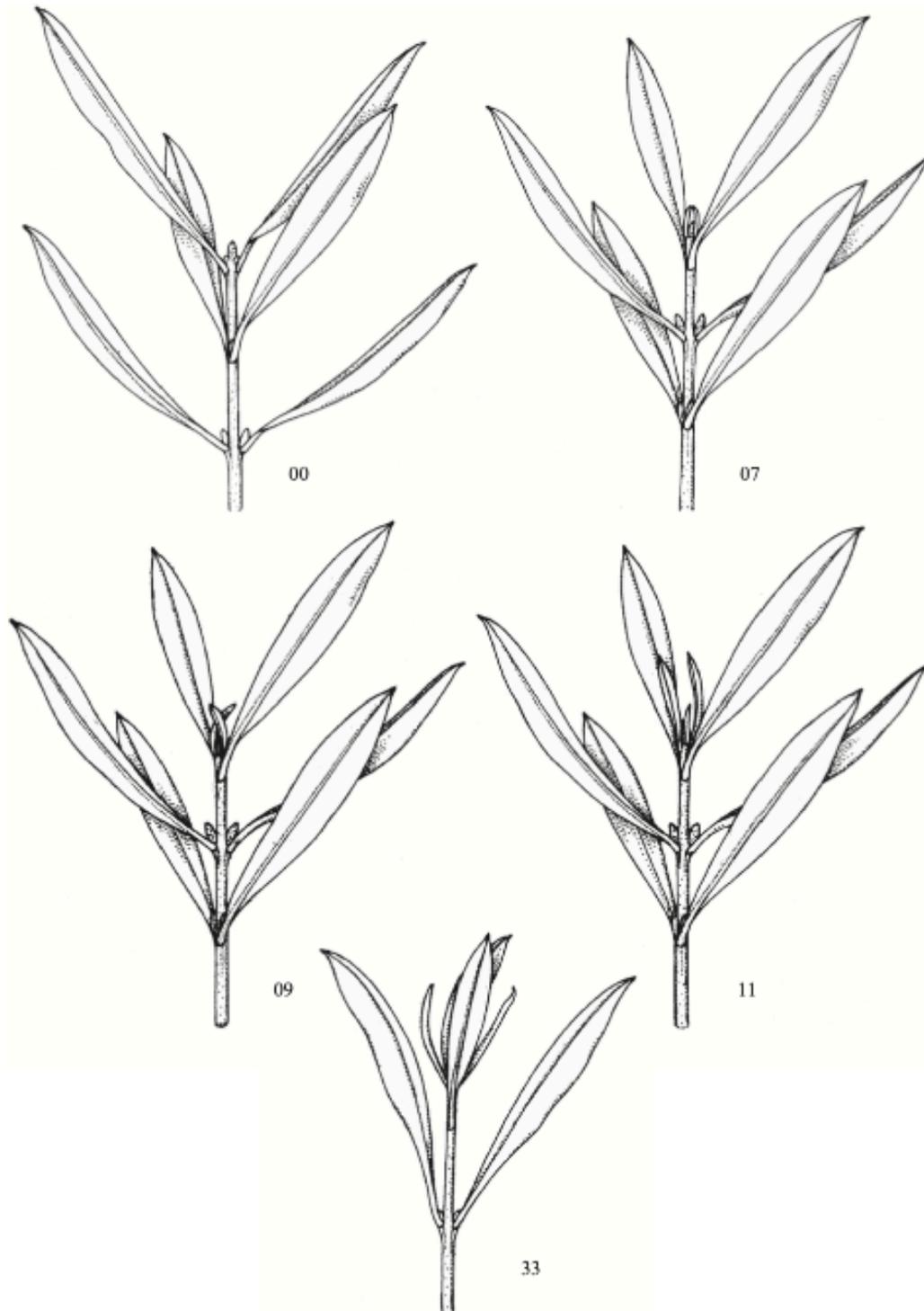


Fig. 2a. Some bud, leaf and shoot development stages according to the BBCH scale.

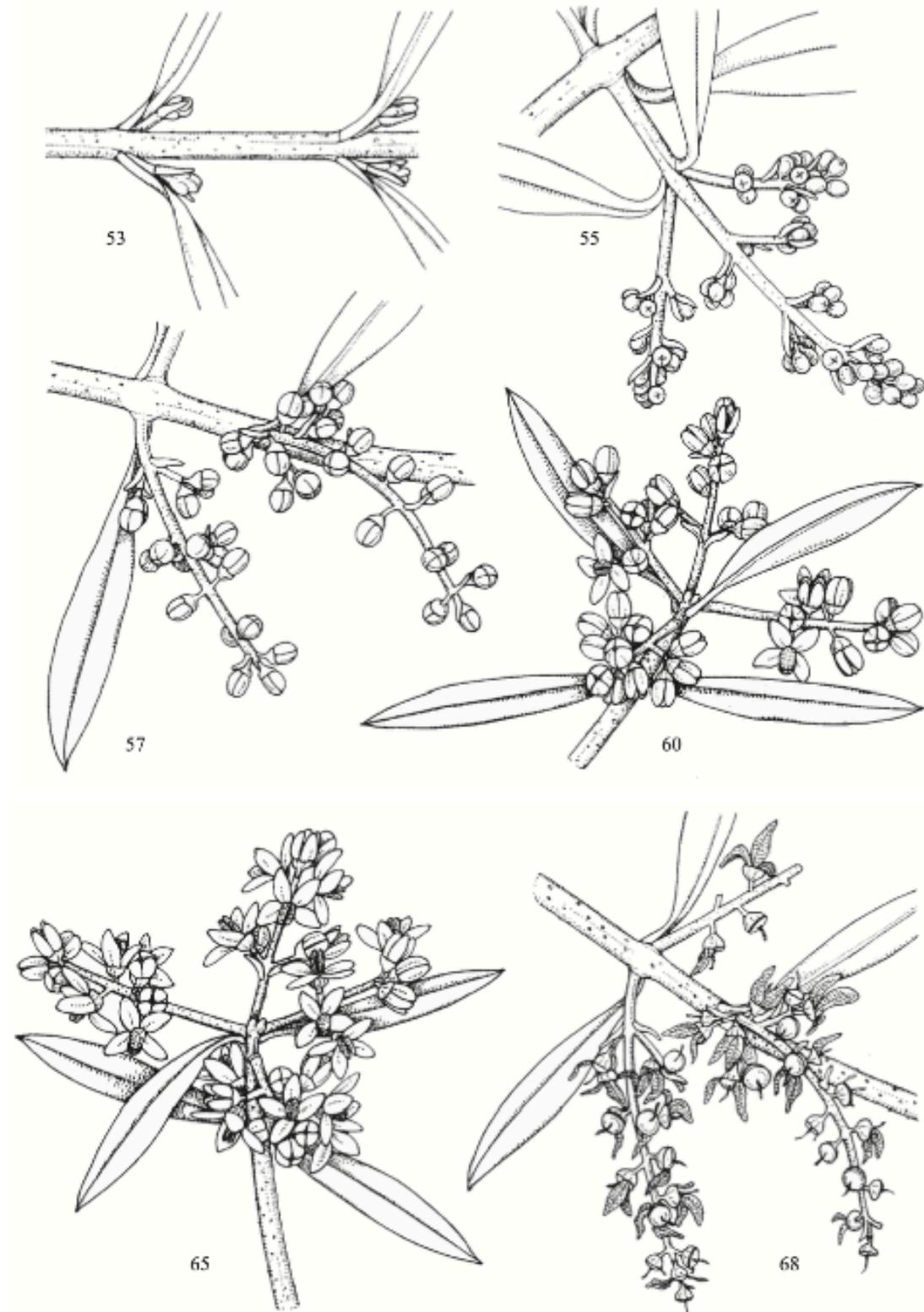


Fig. 2b. Some inflorescence emergence and flowering stages according to the BBCH scale.

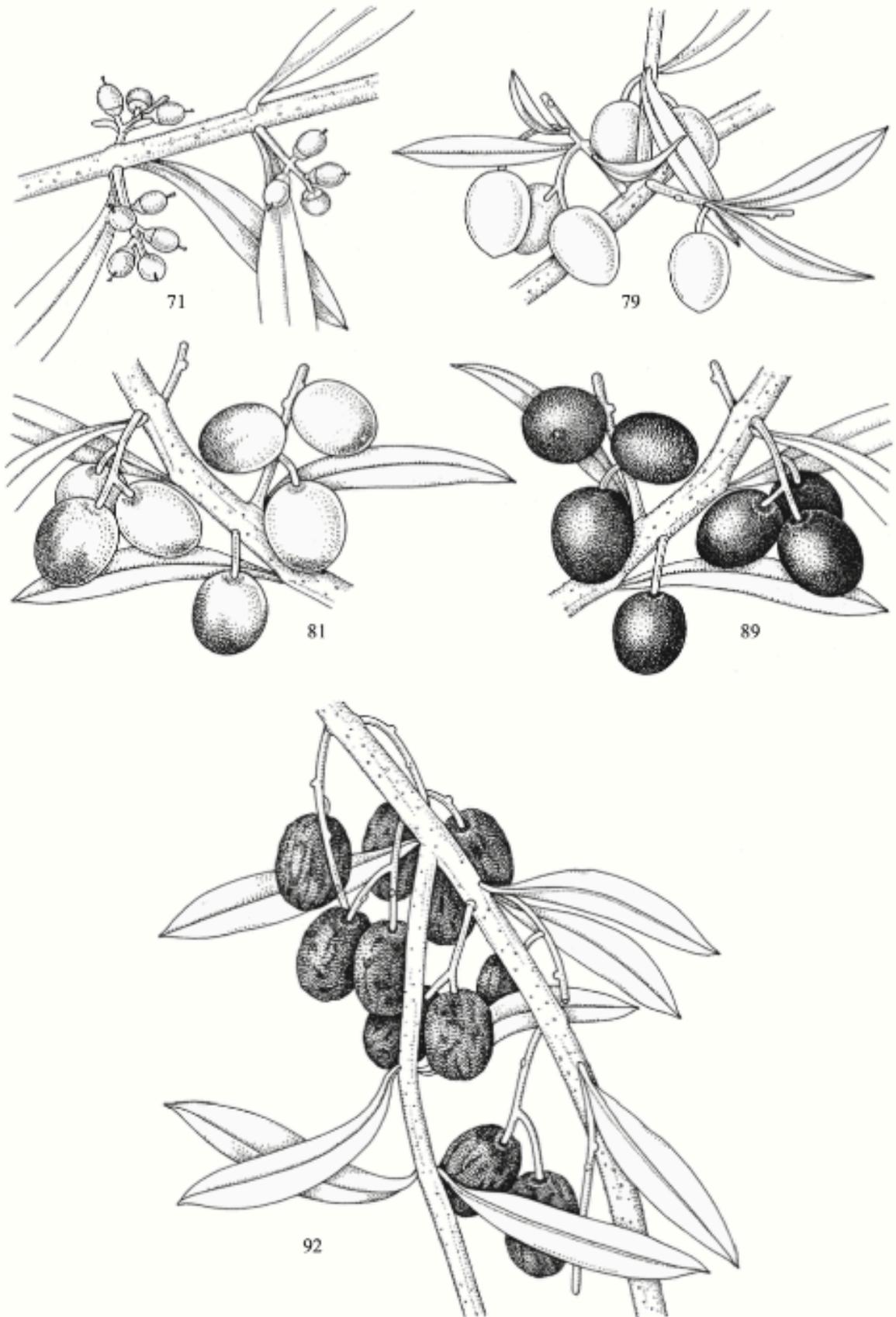


Fig. 2c. Some fruit development, maturity and senescence stages according to the BCH scale.