



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA



Ajustamento do Potencial Produtivo de pomares de pera 'Rocha' com base em indicadores agronómicos e fisiológicos

João Carlos Silva Matias

Dissertação para a obtenção do Grau do Mestre em
Engenharia Agronómica

Orientadores: Professora Doutora Luísa Cristina dos Mártires Ferreira de Carvalho
Doutor Miguel António Leão de Sousa

Júri:

Presidente: Doutor, Carlos Manuel Antunes Lopes, Professor associado com agregação,
Instituto Superior de Agronomia

Vogais: Doutora, Luísa Cristina dos Mártires Ferreira de Carvalho, Professora auxiliar, Instituto
Superior de Agronomia

Doutora, Olfa Zarrouk, Investigadora auxiliar, SFCOLAB – Laboratório Colaborativo para
a Inovação Digital na Agricultura

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer aos meus orientadores, Professora Luísa e Doutor Miguel, por me terem orientado em todo este trabalho e por me terem dado a oportunidade de pôr os meus conhecimentos em prática e de adquirir novos conhecimentos e novas experiências.

Aos meus pilares, a minha família, à minha mãe, ao meu pai, à mana Maria Eduarda, à mana Ana Rita e ao Zezito por sempre me apoiarem, me ajudarem e incentivarem a fazer melhor. Ainda da minha família, quero agradecer à minha Maria, por me ter apoiado e acima de tudo por me ter dado na cabeça quando mais precisei, fez-me andar para a frente. Quero, claro, agradecer ao resto da minha família e aos meus amigos, que sempre tiveram paciência comigo nesta fase mais complicada em que nem sempre tive o tempo que vos gostaria de dar.

A todos os meus amigos e colegas do ISA, que tiveram um papel fundamental nesta fase da minha vida, que só tenho a agradecer por estes maravilhosos anos, e que com certeza, vos guardo para o resto da vida.

Agradeço aos funcionários do INIAV e às minhas colegas de estágio, por toda ajuda e simpatia que me ofereceram.

Agradeço ao meu amigo Filipe Lucas por ter sido uma grande ajuda e uma grande companhia nas medições que fiz durante o trabalho.

Quero agradecer ao Sr. Jorge Soares por amavelmente ceder os seus pomares para que pudesse pôr em prática este trabalho.

Agradeço a todos os professores e funcionários do ISA, com que me cruzei nestes anos e que me permitiram tirar o melhor proveito do mas belo Instituto Superior de Agronomia.

Não podia deixar de agradecer aqueles que fizeram parte deste meu percurso, mas que hoje não consigo agradecer pessoalmente, aos meus avós, avó Bina e avô César, e ao meu amigo Miguel Martins, nunca serão esquecidos.

Resumo

A pereira 'Rocha' é uma cultura de grande importância para o mercado nacional, assim, é fundamental conhecer as condições necessárias para o seu sucesso. Torna-se necessário compreender os processos agronômicos e fisiológicos que ocorrem na planta como resposta a alterações de densidade, do modo de condução e da carga da árvore. Apesar do fator mais importante para os produtores ser o fruto, é também indispensável entender de que forma é que a manipulação da densidade e da carga de frutos influenciam não só a planta, mas também o pomar como um todo.

Além das avaliações de produção, foram avaliados outros parâmetros, como a taxa fotossintética, a condutância estomática, os teores de antioxidantes e açúcares solúveis nas folhas e nos frutos e o teor de pigmentos nas folhas, de forma a entender o efeito das condicionantes em estudo sobre a planta. Foram utilizados três pomares experimentais, com densidades diferentes, um pomar Tradicional (1111 plantas/ha), um pomar Intensivo (2700 plantas/ha) e um Superintensivo (5400 plantas/ha). Em cada pomar foram implementados três tratamentos com cargas diferentes (100%, 75% e 50%) e uma modalidade com 100% de carga, mas alvo de uma otimização, no pomar Tradicional consistiu na aplicação de uma tela refletora e nos dois pomares mais intensivos traduziu-se na inclinação dos eixos das árvores.

O aumento da densidade afetou positivamente a produção e o rendimento, com uma ligeira quebra nos parâmetros de qualidade e com um aumento do stresse fisiológico. A redução de carga permitiu um aumento no calibre e na qualidade dos frutos, com algumas limitações no poder de *sink* nas cargas mais reduzidas, afetando também a performance das folhas. A otimização das plantas, através das telas, provocou um aumento do crescimento dos frutos, e o eixo inclinado permitiu um aumento da qualidade dos frutos e da performance foliar.

Palavras-chave:

Pyrus communis L.; Densidade; Carga de frutos; Telas refletoras; Modo de condução

Abstract

The 'Rocha' variety of pear is a culture of great importance for the portuguese national market, as such, it is essential to know the necessary conditions for its success. For this, it is paramount to understand the agronomic and physiological processes that occur in the plant when it responds to changes in tree density, conduction mode and tree load. Although the most important factor for producers is the fruit, it is also essential to understand how the manipulation of density and load influence not only the plant but also the whole orchard.

In this work, in addition to production evaluations, other parameters were assessed, such as photosynthetic rate, stomatal conductance, antioxidant and soluble sugar contents in leaves and fruits, and pigment content in leaves, to understand the effect of the conditions under study on the plant. Three experimental orchards with different densities were used, a Traditional orchard (1111 plants/ha) of low density, an Intensive orchard (2700 plants/ha) and a Super Intensive (5400 plants/ha). In each orchard, three treatments were implemented with different loads (100%, 75% and 50%) and a modality with 100% load, but target of an optimization, which, in the Traditional orchard consisted of the application of a reflective screen, and, in the two more intensive orchards entailed the inclination of the axes of the trees.

The increase in density positively affected production and yield, with a slight drop in quality parameters and an increase in plant stress. The load reduction allowed an increase in the size and quality of the fruits, however limitations in the sink power were observed in the lower loads, also negatively affecting leaf performance. The optimization of the plants through screens caused an increase in fruit growth, and the inclined axis allowed an increase in fruit quality and in leaf performance.

Key-words

Pyrus communis L.; Plant density; Fruit Load; Reflective Films; Training System

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo.....	iii
Abstract	iv
Índice.....	v
Índice de quadros.....	viii
Índice de figuras	ix
Índice de equações.....	xiii
Lista de abreviaturas	xiv
1. Introdução.....	1
2. Revisão Bibliográfica	3
2.1. Intensificação Cultural.....	3
2.2. Fatores agronômicos com influência no potencial produtivo e na qualidade dos frutos	3
2.2.1. Densidade.....	3
2.2.2. Condução.....	5
2.2.3. Poda.....	7
2.2.4. Monda de frutos.....	9
2.2.5. Distribuição de frutos.....	10
2.3. Tecnologias complementares com influência na qualidade	10
2.3.1. Gestão do stresse hídrico	10
2.3.2. Telas	10
2.4. Fatores de qualidade.....	11
2.4.1. Firmeza	11
2.4.2. Teor em sólidos solúveis	12
2.4.3. Calibre	12
2.4.4. Acidez	13
2.4.5. Açúcares solúveis	13
2.4.6. Amido	13
2.4.7. Matéria Seca.....	14
2.5. Fisiologia da planta e do fruto.....	15
2.5.1. Área foliar	15
2.5.2. Resposta à luz.....	16
2.5.3. Divisão/Multiplicação celular	17
2.5.4. Antioxidantes	18
2.5.5. Distribuição de fotoassimilados	19

2.6.	Efeitos da carga	20
2.6.1.	Indução e diferenciação floral.....	20
2.6.2.	Fisiologia do fruto.....	21
2.6.3.	Fisiologia da planta.....	22
3.	Materiais e Métodos	24
3.1.	Localização e caracterização do campo experimental.....	24
3.2.	Caracterização do material vegetal.....	25
3.3.	Gestão dos pomares.....	25
3.4.	Delineamento Experimental	26
3.5.	Indicadores agronômicos e de crescimento	28
3.5.1.	Crescimento dos troncos.....	28
3.5.2.	Crescimentos dos ramos	28
3.5.3.	Volumetrias	28
3.5.4.	Número de conjuntos florais.....	29
3.5.5.	Proporção verdasca/espório	29
3.5.6.	Número de frutos	30
3.5.7.	Estado fenológico	30
3.5.8.	Floração e Vingamento	30
3.5.9.	Número de frutos	31
3.5.10.	Crescimento dos frutos	31
3.5.11.	Produção e Qualidade dos frutos.....	32
3.5.12.	Interceção luminosa	32
3.6.	Parâmetros fisiológicos não invasivos.....	33
3.6.1.	Trocas gasosas.....	33
3.6.2.	Fluorescência da clorofila.....	33
3.6.3.	Índices de refletância	33
3.6.4.	Área foliar	33
3.7.	Parâmetros fisiológicos invasivos.....	34
3.7.1.	Área foliar específica	34
3.7.2.	Clorofilas, Antocianinas e Carotenoides	35
3.7.3.	Glutationas e ascorbatos.....	35
3.7.4.	Açúcares solúveis e Amido	37
3.7.5.	Acidez Total	38
3.7.6.	Análise Estatística	38
4.	Resultados	39
4.1.	Indicadores agronômicos e de crescimento	39

4.1.1.	Indicadores da planta.....	39
4.1.2.	Indicadores produtivos durante o crescimento dos frutos.....	42
4.1.3.	Indicadores produtivos à colheita	46
4.1.4.	Indicadores de Qualidade dos frutos	48
4.2.	Parâmetros fisiológicos não invasivos.....	52
4.3.	Área foliar, pigmentos e antioxidantes	58
4.3.1.	Área foliar	58
4.3.2.	Clorofilas, Antocianinas e Carotenoides	58
4.3.3.	Glutationas e ascorbatos.....	60
4.3.4.	Concentração de açúcares solúveis e de amido	62
4.4.	Valor económico da produção	65
4.5.	Integração dos resultados obtidos.....	65
5.	Discussão	67
6.	Conclusões.....	79
7.	Referências Bibliográficas	81
8.	Anexos.....	a
8.1.	Material utilizado e metodologias	a
8.2.	Níveis de significância e p-values dos resultados apresentados.....	f
8.3.	Percentagem de redução de ascorbatos e glutacionas.....	s
8.4.	Valores pagos aos produtores.....	t

Índice de quadros

Quadro 1 - Dados relativos às produções dos anos anteriores (2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 e 2020). Produção de pera 'Rocha' (ton); Percentagem de produção de pera 'Rocha' na produção total de frutos certificados (%); Área de produção de pera 'Rocha' (ha); Percentagem da área de produção de pera 'Rocha' na área total de produção de frutos certificados (%); Número de explorações produtoras de pera 'Rocha'	1
Quadro 2 - Características gerais das três parcelas do ensaio.....	24
Quadro 3 - Calendário fenológico dos três pomares (Tradicional, Intensivo e Superintensivo) e as suas datas de início de floração, plena floração e vingamento.....	42
Quadro 4 - Razão de clorofila <i>a</i> para <i>b</i> por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%), valores médios e respetivos erros padrão; Razão de clorofila total para carotenoides por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%), respetivos valores médios e erros padrão; n=3. Diferenças significativas e respetivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.....	60
Quadro 5 - Resumo com a integração dos resultados obtidos de acordo com as condições implementadas: T, I e S, comparação do efeito da densidade (quando os símbolos da mesma linha se mostram iguais, foi considerado que as diferenças entre as modalidades em questão não foram consideradas relevantes); TO, IO e SO, comparação do efeito do fator otimização comparativamente à modalidade 100% não otimizada dos respetivos pomares; T75, T50, I75, I50, S75 e S50, comparação do efeito carga de frutos comparativamente à modalidade 100% não otimizada dos respetivos pomares	666

Índice de figuras

Figura 1 - Fotografia aérea do campo experimental do pomar Tradicional (Quinta Nova) (A), do pomar Intensivo (Quinta da Ruiva) (B) e do pomar Superintensivo (Quinta da Ruiva) (C) com ampliação e esquema da localização das árvores selecionadas no pomar conforme as modalidades formuladas (100% otimizado (vermelho), 100% (verde), 75% (amarelo) e 50% (azul)). Fonte: google maps.....	24
Figura 2 - Dados meteorológicos referentes ao período da experiência: Precipitação, Evapotranspiração (mm), e Humidade relativa média (%) (A); Temperatura mínima, média e máxima (°C) e Radiação solar (W/m ²) (B)	25
Figura 3 – <i>Aspetto do tratamento Otimizado no pomar Tradicional (TO), com tela refletora (A), e no pomar Intensivo (IO), em que as árvores apresentam o eixo inclinado a 17° (B).</i>	27
Figura 4 - Imagens representativas de cada estado fenológico, segundo a escala de Fleckinger (1948).	30
Figura 5 - Conjunto floral que apresenta flores vingadas e não vingadas.	31
Figura 6 – Variação da área de secção média de tronco (AST) (cm ²) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) (barras azuis) e a sua variação média, em percentagem, entre o início e o fim do ciclo (linha cor de laranja); n=18. Diferenças significativas e respetivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.....	39
Figura 7 – Crescimento médio acumulado por área de secção de ramo (cm/cm ²) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) (barras azuis) e a sua variação média, em percentagem, entre o início e o fim do ciclo (linha verde) e crescimento dos ramos do ano (cm) (B); n=18. Diferenças significativas e respetivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.	40
Figura 8 - Volume médio de copa por árvore (m ³) no início do ciclo (A), diferença média de radiação intercetada (μmol quanta/m ² s) entre o exterior e o interior da copa (B), volume médio de volume de copa por hectare árvore (m ³ /ha (x1000)) no início do ciclo (C) e número médio de gomos florais por volume de copa (Nº de frutos/m ³) (D), área média de copa por árvore (m ²) no início do ciclo (E) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%); n=9. Diferenças significativas e respetivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.....	41
Figura 9 - Forma média da copa de cada árvore no sentido da entrelinha (E-O) (A) e na linha (N-S) (B) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por tipo de modalidade, Otimizada (O) e Não Otimizada (NO, engloba carga a 50%, 75% e 100%); n=9. Diferenças significativas e respetivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.	42
Figura 10 - Taxa média de vingamentos (%) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%), sendo indicadas as percentagens totais (Total), as obtidas no exterior (Fora) e no interior (Dentro) da copa e as obtidas em verdascas e esporões; n=72. Diferenças significativas e respetivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.....	43
Figura 11 - Número de frutos esperados (Nº de frutos, esquerda) em esporões e verdascas comparado com o número de frutos obtidos após vingamento (Nº de frutos, direita) (A) e número médio de frutos após ajustamento para volume de copa (Frutos/cm ³) (B) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%); n=9. Diferenças significativas e respetivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.....	43

Figura 12 - Crescimento médio dos frutos (em mm) ao longo do ciclo de crescimento (dias após plena floração) por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) nos pomares Tradicional (A), Intensivo (B) e Superintensivo (C), com uma ampliação dos valores nas últimas datas de medição, para que seja possível visualizar as diferenças entre as curvas; n=36. Setas vermelhas em A: colocação da tela na modalidade Otimizada. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.....	45
Figura 13 - Peso por área de secção de tronco médio (kg/cm ²), no momento da colheita (A), peso médio do fruto (g), no momento da colheita (B), número médio de frutos por unidade de área de secção de tronco (frutos/cm ²), no momento do ajustamento da carga e no momento da colheita (C) e valores de produtividade média (ton/ha), com base na produção final (D) por pomar (Tradisional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%; n=6. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.	46
Figura 14 - Distribuição da produção por calibres (número de frutos) (A) e proporção de calibre (% do total de frutos) (B) por pomar (Tradisional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%); n=6. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.	47
Figura 15 - Valores absolutos de ocorrências de Estenfiliose (Nº de frutos) (A) e proporção de frutos com ocorrência de Estenfiliose (B) por calibre por pomar (Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%); n=6. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.	47
Figura 16 - Variação média da percentagem de matéria seca ao longo do ciclo (dias após a plena floração) entre as modalidades (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) nos pomares Tradicional (A), Intensivo (B) e Superintensivo (C) (n=10); Valores médios de percentagem de matéria seca à colheita (D); n=6. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.....	48
Figura 17 - Variação média do teor de sólidos solúveis (°Brix) ao longo do ciclo (dias após a plena floração) entre as modalidades (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) nos pomares Tradicional (A), Intensivo (B) e Superintensivo (C) (n=10); Valores médios de teor de sólidos solúveis à colheita (D); n=30. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.....	49
Figura 18 - Valores de dureza média (kg/0,5cm ²) por pomar (Tradisional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%), no momento da colheita; n=30. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.....	50
Figura 19 - Valor médio de acidez total (meq/L) nos frutos por pomar (Tradisional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%), no momento da colheita; n=3. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.....	50
Figura 20 - Evolução da relação entre o peso fresco dos frutos (g) e o diâmetro médio dos mesmos (mm) ao longo do ciclo entre as modalidades (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) nos pomares Tradicional (A), Intensivo (B) e Superintensivo (C); n=30; Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.	51
Figura 21 - Valores da escala de cor (L*C*h), a luminosidade (L*), o croma (C*) e a tonalidade da cor (° Hue) por pomar (Tradisional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%; n=40. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.....	52

Figura 22 - Valores médios de taxa de fotossíntese líquida ($\mu\text{mol CO}_2$ absorvido / $\text{m}^2.\text{s}$) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%), no período da manhã (E, lado Este da copa) e no período da tarde (O, lado Oeste da copa), no exterior (A) e no interior (B) da copa; C: Intensidade luminosa média nos momentos das medições nos respectivos pomares e momentos do dia ($\mu\text{mol quanta} / \text{m}^2$); n=6. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.	53
Figura 23 - Valores médios de condutância estomática (gs) ($\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%), no período da manhã (E, este) e no período da tarde (O, oeste), no exterior (A) e interior (B) da copa; n=6. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.	53
Figura 24 - Valores médios de fluorescência basal (F0) (A), eficiência máxima do fotossistema II (Fv/Fm) (B) e Índice de feofitinização normalizado (NPQI) (C) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%), no período da manhã (lado Este da copa) e no período da tarde (lado Oeste da copa), no exterior (F) e no interior (D) da copa na 1ª medição (11/06) e na 2ª medição (28/07); n=9. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.....	54
Figura 25 - Valores médios de índice de vegetação com diferença normalizada (NDVI) (A) e de Índice de Refletância Fotoquímica (PRI) (B) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%), no período da manhã (lado Este da copa) e no período da tarde (lado Oeste da copa), no exterior (F) e no interior (D) da copa na 1ª medição (11/06) e na 2ª medição (28/07); n=9. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.....	57
Figura 26 - Valores médios de área foliar (mm^2) (A) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) no exterior (F) e no interior (D), em verdascas (V) e em esporões (E) (n=15); Valores médios de SLA (cm^2/g) (B) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) na 1ª medição (Data 1: Tradicional – 11/06 (69 DAPF); Intensivo e Superintensivo – 25/06 (80 DAPF)) e na 2ª medição (Data 2: Tradicional – 03/08 (122 DAPF); Intensivo e Superintensivo – 30/07 (115 DAPF)); n=3. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.	58
Figura 27 - Valores médios de concentração de clorofilas, a e b, (A), antocianinas (B) e carotenoides (C) ($\mu\text{mol} / \text{g PF}$) em folhas dos três pomares (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e das quatro modalidades (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) por pomar, quantificados na altura da colheita; n=3. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.....	59
Figura 28 - Valores médios de concentração de glutatona reduzida (GSH) e oxidada (GSSG) (A) e ascorbato reduzido (AsA) e oxidado (DAsA) (B) ($\text{mmol} / \text{g PF}$) em folhas dos três pomares (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e das quatro modalidades (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) por pomar, quantificados na altura da colheita; n=3. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.....	60
Figura 29 - Valores médios de concentração de glutatona reduzida (GSH) e oxidada (GSSG) (A) ($\text{nmol} / \text{g PF}$) e ascorbato reduzido (AsA) e oxidado (DAsA) (B) ($\text{mmol g}^{-1} \text{PF}$) em polpa e película de frutos dos três pomares (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e das quatro modalidades (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) por pomar, quantificados na altura da colheita; n=3. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.....	61

Figura 30 - Valores médios de concentração de glucose (A), frutose (B), sacarose (C) e amido (D) (mmol / g PF) em folhas dos três pomares (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e das quatro modalidades (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) por pomar, quantificados na altura da colheita; n=3. Diferenças significativas e respetivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.....	62
Figura 31 - Valores médios de concentração de glucose, frutose, sacarose e amido (mmol g ⁻¹ PF) na polpa (A, C, E e G, respetivamente) e na película (B, D, F e H, respetivamente) de frutos dos três pomares (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e das quatro modalidades (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) por pomar, quantificados na altura da colheita; n=3. Diferenças significativas e respetivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.	64
Figura 32 - Valores médios de rentabilidade económica (€/ha) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) com base nos valores pagos aos produtores por kg de fruta (sem o custo estimado da central fruteira) e indicados na tabela do anexo 8.4, n=6. Diferenças significativas e respetivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.....	65

Índice de equações

Equação 1 - Área de secção do tronco (cm^2)	28
Equação 2 - Área seccional da superfície exposta da copa (m^2)	29
Equação 3 - Área da copa (m^2/ha).....	29
Equação 4 - Volume seccional da copa da árvore (m^3)	29
Equação 5 - Volume da copa (m^3/ha).....	29
Equação 6 - Taxa de vingamento (%)	31
Equação 7 - Área foliar específica (SLA) (cm^2/g)	34
Equação 8 - Concentração de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{mol}/\text{L}$).....	35
Equação 9 - Concentração de clorofila <i>b</i> ($\mu\text{mol}/\text{L}$).....	35
Equação 10 - Concentração de clorofila total ($\mu\text{mol}/\text{L}$)	35
Equação 11 - Concentração de antocianinas ($\mu\text{mol}/\text{L}$)	35
Equação 12 - Concentração de carotenoides ($\mu\text{mol}/\text{L}$).....	35
Equação 13 - Percentagem de redução de glutathiona (%)	36
Equação 14 - Percentagem de redução de ascorbato (%)	37
Equação 15 - Concentração de ácido málico (meq/L).....	38

Lista de abreviaturas

AsA – Ascorbato reduzido ou ácido ascórbico

ASC - Área seccional da superfície exposta da copa

AST - Área de secção de tronco

At - Altura total da árvore

BSA – Albumina de soro bovino

C* - Croma

Chl - Clorofila

Chl*a* - Clorofila *a*

Chl*b* - Clorofila *b*

Chlt - Clorofila total

DAPF - Dias após plena floração

DAsA - Desidroascorbato

DHAR - Desidroascorbato redutase

DTT - Ditiotreitól

E - Este

E - Transpiração

EDTA - Ácido etilenodiamino tetra-acético

ETR - Taxa de transporte de eletrões no PSII

F0 - Fluorescência basal

Fv/Fm - Eficiência máxima do fotossistema II

GAs - Giberlinas

GR - Glutathione redutase

gs - Condutância estomática

GSH - Glutathione

GSH - Glutathione reduzida

GSSG - Glutathione oxidada

L* - Luminosidade

LEO – Largura da copa no sentido Este-Oeste

LNS – Largura da copa no sentido Norte-Sul

MDHA - Monodesidroascorbato

MDHAR - Monodesidroascorbato redutase

MS - Matéria seca

N - Norte

NA - Número de árvores

NADPH - Nicotinamida adenina dinucleótido fosfato

NDVI - Índice de vegetação com diferença normalizada

NO - Não otimizada

NPQI - Índice de feofitinização normalizado

O - Oeste

PAR- Radiação fotossinteticamente ativa

PF - Peso fresco

PRI - Índice de Refletância Fotoquímica

PSII - Fotossistema II

qp – Decaimento fotoquímico

ROS - Espécies reativas de oxigênio

S - Sul

SLA - Área foliar específica

VSC - Volume seccional da copa da árvore

°Hue - Tonalidade da cor

1. Introdução

Desde sempre o principal objetivo da agricultura assenta em conseguir produzir o maior número de produtos, com o menor uso de *inputs*, tendo sempre em vista aumento contínuo da qualidade destes produtos.

Partindo desde pressuposto podemos afirmar que a agricultura sempre se manteve em evolução. No caso da pereira não foi exceção, desde as primeiras décadas do século passado, verificou-se um contínuo melhoramento das diferentes técnicas de produção, desde a densidade de plantação, porta-enxertos, método de condução e poda à fertilização, rega, monda, colheita e armazenamento. Todos estes fatores tiveram um efeito bastante acentuado na otimização das produções e no constante aumento das produtividades.

“Os objetivos subjacentes a esta indústria centram-se na precocidade das primeiras produções, permitindo a obtenção de receitas mais cedo (período de retorno do investimento mais curto), produtividades mais altas e mais regulares, fácil manuseamento e mecanização e baixos custos relativos de manutenção” (Sansavini & Corelli-Grappadelli, 1997).

A pereira (*Pyrus communis* L.) teve origem na Ásia e propagou-se até à Europa através das regiões montanhosas que percorrem ambos os continentes (Silva et al., 2014). Ao longo do espaço e do tempo surgiram novas cultivares, com formas e sabores distintos. É neste processo aleatório que surge a cultivar ‘Rocha’, uma cultivar com características bem específicas, que a tornam bem distinta das outras cultivares produzidas a nível mundial. Sendo uma cultivar tão distinta, revelou-se um produto de extrema importância para Portugal, sendo-lhe atribuída, em 2003, a Denominação de Origem Protegida.

Quadro 1 - Dados relativos às produções dos anos anteriores (2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 e 2020). Produção de pera ‘Rocha’ (ton); Percentagem de produção de pera ‘Rocha’ na produção total de frutos certificados (%); Área de produção de pera ‘Rocha’ (ha); Percentagem da área de produção de pera ‘Rocha’ na área total de produção de frutos certificados (%); Número de explorações produtoras de pera ‘Rocha’.

Ano	Produção de pera 'Rocha' (ton)	Percentagem de produção de frutos certificados (%)	Área (ha)	Percentagem da área de frutos de certificados (%)	Número de explorações
2014	119 541	88,7			
2015	73 373	78,8			
2016	80 605	82			
2017	124 338	81,9			
2018	128 235	60	4 307	17,6	715
2019	133 467	72	4 524	41,8	761
2020	98 894	66,1	4 403	40,8	710

Em 2020, a produção de pera 'Rocha' teve uma orientação exportadora de 71,8% (DGADR, 2022). Evidenciando a elevada importância da fileira da pera 'Rocha' para a balança comercial portuguesa.

A presente experiência teve como objetivo entender os efeitos que diferentes cargas de frutos em pomares de Pera 'Rocha' terão, não só no fruto, como na planta. Para tal foi necessário avaliar, estudar e comparar diferentes parâmetros referentes ao fruto e à planta.

Os objetivos pensados para este trabalho foram:

- 1.Compreender os efeitos de diferentes cargas na produção e qualidade de pera 'Rocha';
- 2.Compreender os efeitos de diferentes cargas na fisiologia da pereira cv. 'Rocha';
- 3.Relacionar estes efeitos com as diferentes densidades de plantação e modos de condução;
- 4.Compreender de que forma as tecnologias e métodos de aumento da eficiência no uso da energia solar, por parte das plantas, podem influenciar os efeitos mencionados.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Intensificação Cultural

A intensificação cultural passa por conseguir, através da interligação de diversos fatores de produção, um aumento da produtividade, ou seja, dos *outputs*, com o recurso mínimo de *inputs*, sendo o principal objetivo reduzir esta razão. A intensificação consiste em aproveitar da forma mais eficiente possível os recursos disponíveis, sejam eles área, solo, clima, água, financiamento, entre outros. Assim, para melhor se conseguir a eficiência desejada, é necessário aprofundar cada um dos fatores envolvidos e perceber como estes se relacionam.

Num sistema de alta densidade existem alguns requisitos básicos que devem ser assegurados de modo a garantir a disponibilidade de luz, a sua interceção e distribuição pela planta. Para isso, a interação entre a cultivar desejada e o porta-enxerto tem que ser bem estudada, tal como a seleção do material vegetal, o método de estabelecer as árvores (modo de condução, compasso, rega, etc), bem como as metodologias de monda e poda (Wertheim et al., 2001). Também é necessário considerar a localização do pomar, visto que existem muitos fatores externos que são precisos equacionar, como luz, temperatura, humidade relativa, latitude e elevação (Robinson & Lakso, 1991), sendo possível observar a influência destes fatores, quando a configuração e gestão de um pomar se altera de região para região (Sousa, 2013).

2.2. Fatores agronómicos com influência no potencial produtivo e na qualidade dos frutos

2.2.1. Densidade

A densidade de plantação define-se como o número de plantas por unidade de área, normalmente em número de plantas por hectare. Em termos de densidade, podemos dividir em grupos: baixa densidade, média densidade, alta densidade, muito alta densidade e ultra alta densidade. Este conceito tem vindo a evoluir, na medida em que a densidade ótima passou de ser aquela em que era possível obter a produtividade máxima para aquela que, tendo em conta os sistemas de produção integrada e ecológica, permite obter mais frutos de elevada qualidade. Por exemplo, na cultura de *Malus domestica*, passou-se de produções mais elevadas (50 a 60 toneladas) com menor percentagem de frutos de características ótimas (70 a 80%) para produções menores (40 toneladas) com uma percentagem maior de frutos com características ótimas (90 a 95%) (Sansavini & Musacchi, 2002). Assim, o conceito de densidade ótima, torna-se uma definição baseada em fatores económicos, ou seja é o ponto em que quando o valor que

obtemos por ter mais produção não é compensado pelo valor despendido na aquisição de novas plantas, assim a densidade ótima economicamente falando é inferior à densidade ótima produtivamente (Robinson et al., 2007).

Nas décadas de 20 e 30 do século XX apareceram os primeiros pomares de alta densidade na Europa, mais concretamente em Itália, onde foram plantados pomares com 3000 a 5000 árvores por hectare, com combinações de sistemas de condução inovadores e com porta-enxertos pouco vigorosos, nas variedades de 'Passe Crassane', 'Beurré Clairgeau' e 'Bartlett' (Del Lungo & Zanini, 1939 cit in Sousa, 2013).

A densidade é um dos fatores mais importantes quando se pretende implementar um pomar, revelando-se nos primeiros anos de produção o fator mais preponderante no retorno financeiro (Hampson et al., 2002). Elevada densidade de plantas proporciona condições favoráveis ao nível da interceção luminosa nos primeiros anos de vida dos pomares, permitindo obter maior precocidade nas produções (Palmer et al., 1997).

Pomares de alta densidade fazem um melhor uso da luz disponível (*photosynthetically active radiation*, PAR) do que os pomares de densidade convencional, isto deve-se a dois fatores, um é o facto de a taxa de aumento da interceção de luz com o aumento da idade é maior nos pomares de maior densidade, o outro fator é que a distribuição da luz dentro da copa é melhor nos pomares de maior densidade (Hampson et al., 2002).

No estudo de Sansavini et al. (2008), dados obtidos ao longo de vários anos, confirmam uma correlação positiva entre a produção e a alta densidade. Contudo, esta relação também está ligada a custos de plantação e gestão bastante elevados. Alguns autores (Masseron & Roche, 1996; Wagenmakers et al., 1997) concluíram que em termos de produtividade acumulada, quando comparados pomares de alta densidade com outros de muito alta densidade e ultra alta densidade, não existiam diferenças significativas, já outros autores (Robinson et al., 1993; Sansavini & Musacchi, 2002; Elkins et al., 2008) conseguiram encontrar diferenças muito significativas. Estes estudos vieram demonstrar que o fator densidade tem um efeito preponderante na produção acumulada dos pomares, não só nos primeiros anos de produção como em todo o seu tempo de vida útil (Robinson et al., 1993, 2011). "Pode assim afirmar-se que a relação entre a densidade de plantação e a produção acumulada ao longo da vida de um pomar reflete a lei dos rendimentos decrescentes, em que um aumento nos *inputs* (densidade de plantação) produz aumentos decrescentes nos *outputs* (produtividade)" (Sousa, 2013).

De forma geral, nos ensaios realizados, os pomares de alta densidade apresentaram produções mais elevadas, no entanto, alguns ensaios possibilitaram entender, que quando não ocorreu um

ajustamento da carga nas árvores, os calibres médios eram inferiores (Pasa et al., 2015; Robinson, 2011), pois a tendência do peso médio por fruto é diminuir com o aumento da produção, visto que existe uma forte relação entre o peso médio por fruto e a produção por árvore (Sansavini & Musacchi, 2002). Pasa et al. (2015) também chegaram à conclusão que quando a densidade de plantação aumenta ocorre uma redução de diâmetro dos troncos, comparando com pomares de menores densidades.

Segundo Pasa et al. (2015), a densidade de plantação não teve grande influência no peso e na qualidade dos frutos mas observou que quando a produtividade ultrapassava um certo limite, a qualidade dos frutos poderia ser comprometida caso não fosse mantida a mesma eficiência no pomar (Musacchi, 2008). Ainda assim, Sousa (2013) sugere que esta tipologia de pomar permite produzir uma grande quantidade de frutos de boa qualidade, pois com um elevado número de árvores é possível ajustar a carga, reduzindo o número médio de frutos por árvore, aumentando significativamente o diâmetro sem comprometer as elevadas produtividades.

2.2.2. Condução

Como já foi referido anteriormente, uma das soluções possíveis para reduzir este tempo não produtivo, passa pelo aumento da densidade, em que, para o mesmo modo de condução, a produtividade tem uma relação positiva direta com a densidade (Robinson et al., 1993). No entanto, é sempre necessário adaptar o modo de condução à densidade, e ao tipo de material em questão (cultivar e porta-enxerto).

Um sistema de condução da árvore é um método de manipular a organização da plantação das árvores e da geometria da copa, de modo a melhorar a interceção e distribuição da PAR, que por sua vez ajuda a melhorar a produção e a qualidade dos frutos. Ao longo dos anos têm sido feitos vários estudos em redor dos sistemas condução, e existem atualmente modos de condução muito eficientes, na maior parte dos casos associados à alta densidade e ao tipo de porta-enxerto (Hampson et al., 2002). Robinson (1997) concluiu que, nos primeiros anos de um pomar, a produção estava maioritariamente relacionada com a densidade, mas que ao fim de 7 anos, as árvores com condução em Y tinham uma produção acumulado superior às que tinham sido conduzidas em eixo central, conseguindo-se assim atribuir algum efeito ao fator modo de condução. Willaume et al. (2004) realça a grande vantagem que é conhecer a reação das plantas às diferentes técnicas de condução, com especial importância a orientação dos ramos e a poda. O aumento do ângulo de inserção dos ramos, quando este é inferior à horizontal, confere à planta uma redução da dominância apical dos gomos terminais, sendo por isso que Faust (1989) considera importante relacionar a técnica com a poda e Baldini (1974) sugere ainda que a

inclinação dos ramos, relativamente à poda, confere à planta uma maior precocidade na produção.

Os viveiristas estão a seguir o caminho da evolução das suas tecnologias para reduzir ao mínimo o tempo não produtivo da cultura, sendo possível adquirir plantas jovens já preparadas para o tipo de pomar pretendido e para a precocidade produtiva (como é exemplo o Bimbaum®) (Musacchi, 2011; 2008), e de se adaptar aos novos porta-enxertos (Musacchi, 2011; Sansavini & Corelli-Grappadelli, 1997). Outros motivos que impulsionaram a evolução dos modos de condução foram a necessidade de adaptação à época de cultura, à relação com os custos, aos novos métodos de poda, à fertilização, às alterações na configuração dos pomares, de modo a acompanhar o crescente aumento da densidade nos pomares referido por Palmer (1997). Outro fator de grande influência é a adaptação da arquitetura das copas, que cada vez mais pretende aumentar a eficácia da planta, quer na utilização da luz solar através da promoção de uma melhor interceção, que, devido ao espaço que é necessário deixar para a passagem das máquinas, se perde no solo, ficando a percentagem de interceção da luz normalmente abaixo dos 70% de PAR (Palmer & Jackson, 1977), quer na sua distribuição pelos órgãos e pelos ramos (Sansavini & Corelli-Grappadelli, 1997).

A forma da copa das árvores tem sofrido várias alterações ao longo do tempo. No início do século XX, as copas eram largas e globulares, tendo posteriormente passado para formas em vaso (cónicas ou piramidais), passando por pomares em ‘Slender Spindle’, de altura limitada (Wertheim, 1968). Mais tarde houve uma fase de linhas triplas ou duplas (excesso de densidade e má operacionalidade), para mais recentemente se optar pela condução em sebe (*palmette*), que foi muito importante no desenvolvimento dos mais recentes modos de condução (Musacchi, 2011). Com o desenvolvimento dos sistemas em V e em Y, verificaram-se aumentos da interceção luminosa e da produtividade (Robinson & Lakso, 1991; Wünsche et al.; Hampson et al., 1992; 1996; Lakso et al., 1999; Robinson & Lakso, 1991; Wünsche et al., 1996; Robinson et al., 1993; Sansavini & Musacchi, 2002; Wagenmakers & Callesen, 1995; Robinson & Lakso, 1991). Esta melhoria na interceção da luz solar leva a melhorias noutros aspetos como a qualidade dos frutos e a produtividade. Este sistema, nos estudos de Musacchi et al. (2005), foi sempre mais produtivo que os restantes estudados, embora outros autores (Ferree et al., 1993; Palmer, 1989; Sansavini & Corelli, 1992) tenham obtido produções semelhantes aos outros sistemas, sendo, no e, de realçar uma qualidade superior dos frutos obtidos com os sistemas em V, devido a mais eficiente distribuição de luz na copa (Russell et al., 1989).

Sansavini & Corelli (1992) sugerem que a boa eficiência produtiva deste sistema se deve ao facto de permitir uma boa exposição das folhas dos esporões, tendo sido sugerido por outros autores que este sistema permite uma maior área foliar completamente exposta à luz (Sansavini et al., 2008; Sansavini & Musacchi, 2002). Outra vantagem deste sistema, que embora faça aumentar os custos iniciais, consegue fazer duplicar o número de plantas, em teoria, porque tem uma grande capacidade de interceção de luz e torna a manutenção e controlo do pomar mais fácil (Robinson, 2000).

As árvores com copas abertas com órgãos produtivos bem expostos ao longo do período de desenvolvimento são capazes de, por um lado ter condições para a produção de um elevado número de frutos de grandes dimensões, e, por outro lado, proporcionar condições para produzir frutos com boa cor e elevada qualidade (Wünsche & Lakso, 2000). Já nas árvores de copa densa, verifica-se um deterioramento quer da produção quer da qualidade dos frutos, devido à fraca distribuição luminosa, especialmente quando a copa se adensa no período inicial de desenvolvimento dos frutos. Os autores (Wünsche & Lakso, 2000) sugerem que as práticas de gestão da copa otimizam a interceção e distribuição luminosa da copa e também a distribuição de hidratos de carbono de modo a potencializar um adequado desenvolvimento dos frutos.

Leão de Sousa & Melo-Abreu (2015) provaram que a variedade 'Rocha' é bastante adaptável a novos modelos de copa. Sugerem que a produtividade das peras portuguesas deve passar pela implementação de densidades superiores às utilizadas atualmente, bem como por melhorias ao nível da condução e da poda. Relativamente a estes aspetos, sugerem a utilização de eixos inclinados, pois este modelo de condução permite uma maior utilização da radiação e indicam que a poda mais severa e mais precisa, deve promover uma melhor distribuição da luz solar através dos vários órgãos. A condução e a poda tiveram um forte efeito na performance das folhas, principalmente naquelas localizadas no interior da copa. Quer os eixos inclinados, quer a poda mais intensa, provocaram um aumento na produção dos pomares e na qualidade dos frutos.

2.2.3. Poda

A poda é uma operação cultural de extrema importância nesta cultura. Os seus objetivos passam por melhorar a interceção e distribuição da luz solar, manter o sistema de condução desejado, otimizando as condições da planta e o seu espaço (Sansavini & Corelli, 1992), e melhorar o arejamento dentro da copa.

A copa, em pomares mais intensivos, deve ser reduzida, e a sua gestão, através da poda, deve ser adequada de modo a obter uma melhor proporção de frutos nas partes mais expostas da planta (Thorp & Stowell, 2001), sendo que Robinson & Lakso (1991) sugerem que a forma da copa não deve ser regular em todas as plantas, mas deve ser adaptada de modo a conseguir a melhor exposição da área foliar. Sansavini & Corelli (1992) demonstraram a importância da boa gestão das plantas em termos de densidade foliar, comparando plantas de copa reduzida com outros modos de gestão que obtiveram maiores densidades com zonas de menor interceção luminosa.

Alguns modos de condução, como os sistemas em Y e em V, referidos anteriormente, podem promover o crescimento excessivo nas zonas expostas (Palmer & Warrington, 2000), sendo a poda necessária para controlar este crescimento desajustado, promovendo assim melhor interceção e exposição luminosa. Nos sistemas em Y, o aumento da intensidade da poda provocou uma redução na produção e um aumento dos crescimentos vegetativos, o que demonstra a influência que a intensidade da poda tem no sistema de condução (Robinson et al., 1993).

Mika (1986), sugere que a dominância apical e a estimulação de novos crescimentos pode ser obtida através da poda de ramos em crescimento ou em dormência, embora ocorra um decréscimo da área de secção de tronco (AST) (Maggs, 1965). O balanço hormonal dos ramos não podados mantém-se inalterado mesmo quando ocorre uma remoção completa de outros ramos na planta (Faust, 1989).

A poda pode influenciar a estrutura e a taxa de fotossíntese das folhas, através da abertura da copa para um melhor penetração da radiação (Faust, 1989) e cria também novos pontos de *sink* (Mika & Antoszewski, 1974). Um aumento da taxa de vingamento dos gomos florais pode ser obtido através da técnica de poda (Mika, 1986), devido à reação hormonal dos ramos e à alteração na distribuição de fotoassimilados (Faust, 1989).

O estudo de Singh (2012) mostrou que condução das árvores em baixa altura levou a um aumento da radiação fotossinteticamente ativa, da eficiência fotossintética das árvores e da qualidade dos frutos. Contudo, a poda severa deu origem a uma redução significativa da produção. Os frutos de árvores não podadas apresentaram baixa qualidade.

A poda já é há muito tempo conhecida como uma prática capaz de afetar positivamente e regular o equilíbrio da planta, modificar a atividade vegetativa e reprodutiva, e a assimilação e distribuição de carbono pela planta. No estudo de Goke et al. (2020) ficou demonstrado que o momento de execução da poda sazonal teve efeitos nas características vegetativas, produção,

acumulação de matéria seca e qualidade dos frutos de peras 'd'Anjou'. As podas de verão, em combinação com as podas de outono e inverno, aumentaram, em média, o diâmetro e a cor dos frutos, mas como um gasto significativo de matéria seca acumulada com impacto na qualidade final dos frutos (teor de sólidos solúveis). Quando não era realizada a poda de verão, e comparando só as podas de outono e inverno, verificou-se que a poda de outono provocou um aumento médio da acumulação de matéria seca e melhores características a nível qualitativo, relativamente à tradicional poda de inverno. Goke et al. (2020) sugere ainda que estes métodos de monitorização de matéria seca devem ser mais estudados e aperfeiçoados, pois concluiu que a monitorização e otimização da acumulação de matéria seca quantificada através do teor de sólidos solúveis, é um método muito importante para obter melhor qualidade dos frutos, que se manteve elevada mesmo cinco meses após a colheita.

2.2.4. Monda de frutos

A variável fundamental do presente estudo acaba por ser o nível da carga dos frutos, sendo que cada carga é estabelecida com recurso à técnica de monda. Esta técnica consiste em remover frutos logo após o vingamento, antes da fase de multiplicação celular, adequando a planta, em termos de número de frutos, relativamente à produção esperada do pomar. A monda é praticada nesta fase, pois é possível saber quais os frutos que vingaram e estabelecer logo a carga ideal sem que a planta desperdice recursos, desnecessariamente, com frutos que não serão mantidos, assim a produção final e a qualidade dos frutos acaba por ser superior.

Como já foi referido a monda, ou a adaptação da carga, tem em conta a produção esperada do pomar, que por sua vez está assente em muitas outras variáveis. A variedade, o porta-enxerto (Yuri et al., 2011), a nutrição, a rega, o clima, o tipo de solos, o vigor da planta, entre outros. Assim, é fundamental fazer uma estimativa adequada de todas estas variáveis, de seguida é importante estipular a produção esperada do pomar e calcular o número de frutos que é necessário retirar para deixar a carga ótima, produzindo frutos de qualidade sem descurar a produção final. Uma forma de proceder a este ajuste de carga é fazer o cálculo do número de frutos a partir da área de secção do tronco (AST) e do volume da copa (Yuri et al., 2011).

Muitos autores (Anthony et al., 2019; Hampson et al., 2002; Palmer et al., 1997; Yuri et al., 2011) descreveram, nos seus estudos, efeitos muito evidentes da carga na produtividade, na maturação e na assimilação foliar. Palmer et al. (1997) demonstraram também um efeito de feedback da atividade *sink* na atividade das folhas “produtivas”.

2.2.5. Distribuição de frutos

A distribuição dos frutos pela copa está relacionada com o modo de condução e a densidade, pois no topo da copa existem menos frutos ao contrário da base (Musacchi, 2011), sendo que o comprimento dos ramos está diretamente relacionado com o número de gomos florais. É, no entanto, de referir que os frutos de maior qualidade e as zonas mais produtivas (peso por fruto) estão situados no topo da copa (Cmelik & Tojnko, 2019), o que é explicado pelo facto de que temperaturas elevadas promovem o crescimento dos frutos (Corelli-Grappadelli & Lakso, 2004), sendo que os frutos do topo têm uma muito maior exposição solar, com maior percentagem de PAR (Kviklys et al., 2022; Tustin et al., 1998), logo maior temperatura. No estudo de Kviklys et al. (2022) em macieira, de forma geral, os frutos de diferentes zonas da copa não apresentaram diferenças nos parâmetros de maturação, mas a condutância estomática, a taxa fotossintética, os níveis de pigmentos e a transpiração das folhas do topo da copa apresentavam valores bastante superiores comparando com folhas da base, e sendo parâmetros muito importantes para a fotossíntese e para o metabolismo da planta, podem explicar as diferenças nos frutos nas diferentes zonas da copa.

2.3. Tecnologias complementares com influência na qualidade

2.3.1. Gestão do stresse hídrico

O stresse hídrico induzido na fase que antecede a colheita pode ajudar a planta na realocização de fotoassimilados para os frutos, o que por sua vez pode melhorar a sua qualidade. Marsal et al. (2015) conclui que o nível ideal de ajustamento de carga para obter uma produção máxima depende muito da intensidade do stresse hídrico, podendo a monda de frutos ser usada como forma de mitigar os stresses induzidos pela falta de água, dependendo do estado da planta, em termos das suas necessidades hídricas. O stresse induzido e controlado pode ter efeitos apelativos ao nível da qualidade dos frutos, tendo Lopez et al. (2011) encontrado aumentos na firmeza, na acidez e na concentração de sólidos solúveis em árvores expostas a stresse hídrico, sem encontrar alterações ao nível dos parâmetros de maturação.

2.3.2. Telas

As telas refletivas apresentam inúmeras vantagens na melhoria da produtividade dos pomares. Começando pelo controlo eficaz de infestantes na linha, algumas telas conseguem impedir o

crescimento da maior parte das infestantes na linha, conseguindo assim canalizar para a planta uma maior porção dos recursos disponíveis e reduzir os custos associados ao corte das infestantes. Outra vantagem muito importante é num aumento do poder de retenção de água no solo através da diminuição da evaporação de água do solo, permitindo assim um uso mais eficiente da água da rega e da água proveniente da precipitação.

Ainda assim a maior vantagem das telas refletivas é refletir a luz solar que não foi interceptada pela planta, permitindo um maior aproveitamento da radiação solar. A PAR refletida através das telas é sempre superior, mesmo em condições de pouca luminosidade (Glenn & Puterka, 2007; Grout et al., 2004), pode chegar a ser 5 a 6 vezes superior à refletida por um solo coberto de relva (Glenn & Puterka, 2007). Também a distribuição da luz para o interior da copa e para toda a planta é significativamente melhorada com o recurso às telas (Einhorn et al., 2012; Glenn & Puterka, 2007; Grout et al., 2004).

Este melhor aproveitamento pode ter um efeito positivo na produção, no peso médio dos frutos (Glenn & Puterka, 2007) ou como em grande parte dos estudos (Bertelsen, 2005; Einhorn et al., 2012; Grout et al., 2004), através de um aumento do número de frutos, Bertelsen (2005) sugere que o uso destas telas promove a produção de gomos florais, através do aumento da radiação da gama dos vermelhos interceptada pelo interior da copa e pelo aumento da área foliar que promove a disponibilidade de recursos (Grout et al., 2004), havendo assim um aumento do número de gomos florais, que por sua vez pode levar a um aumento do número de frutos.

2.4. Fatores de qualidade

2.4.1. Firmeza

A firmeza da polpa é uma característica que está associada à dureza de um fruto, que se define como a capacidade da polpa resistir à força sobre ela aplicada. A firmeza da polpa é normalmente medida com recurso a um penetrómetro, e a força medida é a força necessária para quebrar a células do parênquima no córtex (Lehman-salada, 1996).

A relação entre a firmeza e a maturação do fruto é negativa, sendo que a firmeza diminui com o amadurecimento do fruto, facto que é explicado pelo aumento da permeabilidade das membranas celulares, dado que a estrutura da parede celular está mais débil, pelo que as membranas são mais facilmente destruídas e a célula perde turgescência (Brecht et al., 2007; Watada et al., 1990). Assim muitas vezes, a perda de firmeza nos frutos pode estar associada à perda de água dos tecidos do fruto (Lombardi et al., 2000), ou a alterações ao nível da parede celular (pectina, hemiceluloses e polissacáridos de celulose) (Goulao et al., 2006). A firmeza é

uma característica muito associada à qualidade do fruto, não só aos olhos do consumidor, que associa a firmeza ao grau de maturação do fruto (Brookfield et al., 2011; Goulao et al., 2010; Kader, 1999) e por outro lado, na ótica do produtor e vendedor, a firmeza é associada à longevidade do fruto; sendo que um fruto que à partida apresenta baixa firmeza, terá curta duração na cadeia (Goulao et al., 2010), dada a sua suscetibilidade aos danos físicos, tendo assim, menor valor (Goulao et al., 2010; Goulao & Oliveira, 2008).

2.4.2. Teor em sólidos solúveis

Os sólidos solúveis, nos frutos, são maioritariamente açúcares, embora também estejam incluídos os ácidos orgânicos e inorgânicos (Bartolozzi et al., 1997; Kingston, 1992), e são de extrema importância no que toca à qualidade, sendo que frutos com um elevado teor em sólidos solúveis são normalmente frutos de grande qualidade, uma vez que esta característica é o que confere a sensação de doce ao fruto. O teor de sólidos solúveis é expresso em °Brix. Este teor pode variar com a cultivar, com o ano, com o pomar e com o momento da colheita (Iwanami, 2011), sendo que neste último caso o teor de sólidos solúveis aumenta ao longo do período de maturação. Usualmente, o produtor tem como forma de monitorizar o nível de maturação dos frutos, através da avaliação do teor em sólidos solúveis, embora Kingston (1992) afirme que este modo de monitorização deve ser acompanhado com a avaliação da acidez e da firmeza.

2.4.3. Calibre

O calibre é um parâmetro que é avaliado exteriormente, que pode muitas vezes ser um reflexo de produtividade. No entanto, no que toca à qualidade, é um parâmetro subjetivo, visto que nem sempre os maiores frutos têm as melhores características ao nível das propriedades organoléticas. Este parâmetro, ainda assim é um reflexo do pomar, pois é claramente influenciado pelas características do pomar, pela cultivar, porta-enxerto, modo de condução, poda, carga de frutos, rega, nutrição e exposição solar. Assim sendo, o calibre acaba por ser um dos parâmetros que define o valor dos frutos e da produção, sendo os frutos separados por gamas de calibres aos quais é atribuído um valor comercial. Assim pode-se admitir que o calibre é um dos parâmetros mais interessantes de manipular de modo a obter o maior valor económico. Assim sendo, grande parte dos estudos já realizados no âmbito do aumento das produtividades, têm como um dos objetivos finais o aumento do calibre médio dos frutos (Corelli-Grappadelli & Lakso, 2004; Embree et al., 2007; Greer, 1995; Lopez et al., 2011; Lordan et al., 2017; Musacchi & Serra, 2018; Naor, 2001; Racskó, 2006; Robinson et al., 1993; Sansavini

& Corelli, 1992; Sete et al., 2019; Van Beek et al., 2015; Wünsche et al., 1996; Wünsche & Ferguson, 2010).

2.4.4. Acidez

A acidez dos frutos é proveniente da concentração de vários ácidos orgânicos, sendo que os três principais são o ácido cítrico, tartárico e málico, sendo que este último é o que está presente em maior concentração na pera, o que contribui para o pH ácido dos frutos. A pera apresenta valores de acidez muito baixos, como consequência, a pera torna-se um fruto mais suscetível a problemas relacionados com patógenos, visto que a acidez ajuda a controlar o desenvolvimento microbiano (Martins & Empis, 2000; P. T. Silva et al., 2007).

A acidez é uma característica importante ao nível da qualidade, pois confere características azedas com influência na percepção do doce e na intensidade do sabor (Kingston, 1992; Quilot-Turion & Causse, 2014), esta característica também é importante no sentido de comparação entre frutos, entre espécies e até mesmo para compreender os processos que ocorrem na planta ao longo do ciclo, como por exemplo na fase de expansão celular ocorre um aumento do teor total de acidez (Nybom, 1959) e na fase de maturação dos frutos ocorre uma diminuição e estabilização da acidez, através da respiração, que consome primeiramente os ácidos orgânicos e posteriormente os açúcares (Saquet et al., 2017).

2.4.5. Açúcares solúveis

Os açúcares solúveis nos frutos são maioritariamente a frutose (Harker et al., 2002), a glucose e sacarose (Ackermann et al., 1992; Iwanami, 2011), e a sua concentração aumenta após a colheita, pois o amido, que está em níveis elevados na colheita, é convertido em açúcares solúveis via hidrólise (Visser et al., 1968). Outro açúcar principal presente em forma de álcool é o sorbitol. O sorbitol e a sacarose são os principais produtos da atividade fotossintética e por sua vez os principais elementos translocados na planta (Zhang et al., 2010). Os frutos mais expostos e mais altos na copa apresentam teores de açúcares totais mais altos (Endrizzi et al., 2015; Kviklys et al., 2022). De forma geral, os frutos menos expostos apresentam menor teor em sorbitol, sacarose e maior teor em glucose (Kviklys et al., 2022).

2.4.6. Amido

O amido é a fonte de reservas mais abundante para as plantas (Blennow, 2004; Slattery et al., 2000; Streb et al., 2012; Wills et al., 2007), podendo ser encontrado em várias plantas e em

vários tipos de tecidos e órgãos, como as folhas, raízes, tubérculos, frutos e sementes (Blennow, 2004; Keeling & Myers, 2010; Mukerjee et al., 2009); e representa também uma grande fatia da alimentação humana (Raguin & Ebenhöf, 2017). É importante para compreender o metabolismo do carbono dentro da planta, nos vários órgãos, tecidos e tipos de células (Geigenberger, 2011; Martinl & Smith, 1995; Smith & Zeeman, 2006). Como todos os polissacarídeos é composto por camadas de cadeias de glucose ligadas por ligações glicosídicas. É composto por cerca de 25% de amilose e cerca de 75% de amilopectina (Raguin & Ebenhöf, 2017). O amido é produzido nas folhas durante o dia, e reconduzido, sob forma de sacarose, para os órgãos *sink*, como por exemplo os frutos, durante a noite, suportando um constante fornecimento de açúcares solúveis na ausência de fotossíntese, para apoiar a respiração e o crescimento (aumentando o teor de sólidos solúveis), servindo também como atenuador nas variações de fotoassimilados (Castro-Giráldez et al., 2010; Doerflinger et al., 2015; Goulao et al., 2010; Keeling & Myers, 2010; Lombardi et al., 2000; Mesa et al., 2016; Saquet & Almeida, 2017; Smith et al., 1979; Streb et al., 2012). Como o amido representa grande porção da parte edível do fruto, quando ocorrem problemas ao nível da sua síntese, a produção final será afetada (Slattery et al., 2000). Doerflinger et al. (2015) sugeriu que as alterações do teor de amido dentro do fruto podem representar variações mais prováveis na acumulação de amido durante o desenvolvimento do fruto, além das diferenças de maturação entre frutos.

2.4.7. Matéria Seca

A matéria seca (MS) é o que resta no fruto quando toda a água é removida; inclui açúcares, amido, paredes celulares, ácidos orgânicos, fibras e minerais (Toivonen comunicação oral in Musacchi & Serra, 2018). A concentração de matéria seca, depende da cultivar, porta-enxerto, sistema de condução, carga de frutos, poda e ano (Musacchi & Serra, 2018).

A matéria seca tem vindo a tornar-se cada vez mais importante neste setor, visto que a matéria seca está relacionada com o desenvolvimento e maturação dos frutos, e consequentemente mais matéria seca significa maior teor total de hidratos de carbono, que se traduz em melhor qualidade e maior preferência do consumidor (McGlone et al., 2003; Palmer et al., 2010).

A matéria seca acumula-se nos frutos durante o seu desenvolvimento, os fotoassimilados produzidos em folhas (*source*) são realocados para os frutos (*sink*), via floema sob a forma de açúcares (Palmer et al., 2013). A variação da matéria seca durante o desenvolvimento e maturação dos frutos, e após a colheita, está muito associada às variações dos açúcares solúveis e do amido, durante estas fases, visto que estes representam grande parte da matéria seca presente (Palmer et al., 2013; Palmer, 2014).

2.5. Fisiologia da planta e do fruto

2.5.1. Área foliar

O cálculo da área foliar da copa é normalmente o método mais utilizado para estimar a área foliar, ao invés de avaliar as folhas individualmente. A área foliar reflete o estado de desenvolvimento da planta e pode ser calculada a partir do peso seco (Goudriaan & Monteith, 1990). Já Marcelis et al. (1998) apresentam quatro processos, que se ligam, para a compreensão da dinâmica da área foliar: a taxa de emergência das folhas, a taxa e duração da expansão das folhas individuais e o tempo de permanência até à senescência. A área individual das folhas é grandemente afetada pela radiação, visto que o desenvolvimento da área foliar depende enormemente da produção de fotoassimilados (Heuvelink & Marcelis, 1996), mas também é afetada pela temperatura (Goudriaan & Monteith, 1990; Karlsson et al., 1991; Lakso & Johnson, 1990), pelo nível hídrico e nutricional da planta (Sousa, 2013) e depende do tipo de órgão (Lakso et al., 2001; Pratt, 2011; J. Wünsche et al., 1996). A área foliar dos esporões tem uma forte relação com a produtividade (Wünsche et al., 1996), ao contrário das folhas das verdascas que têm menor relação com a produtividade, mas que auxiliam no crescimento dos frutos na fase final do ciclo, sendo também importantes para a acumulação de reservas (Sousa, 2013).

Uma outra forma de estimar a área foliar é calculá-la com base na biomassa foliar e na área foliar específica (SLA, razão entre área foliar e peso seco das folhas) (Sousa, 2013). Muitas vezes, o cálculo da SLA torna-se algo complexo, pois esta está dependente de vários fatores como a intensidade da luz, temperatura (Harssema, 1977), razão *source-sink* (área foliar / produção) e concentração de CO₂ (Enoch, 1990; Madsen, 1973). Pode ser calculada com base na idade da planta (Leutscher & Vogelesang, 1990), da idade fisiológica (Wermelinger et al., 1991), da época (Heuvelink, 1996), estado de desenvolvimento e densidade da copa da planta (De Visser, 1994) ou das condições ambientais (Dayan et al., 1993). Assim, pode-se resumir que todos os fatores que conduzam ao acréscimo da disponibilidade de assimilados conduzem ao decréscimo da SLA (Heuvelink & Marcelis, 1996). A área foliar foi também relacionada com o perímetro do tronco (Holland, 1968) e com o diâmetro do tronco em macieiras (Verheij, 1968).

No estudo de Giuliani et al. (1997), o controlo da densidade de frutos através da remoção dos gomos florais, teve um efeito acentuado no desenvolvimento da área foliar. Teve uma relação negativa entre a área foliar da copa e o número de frutos. A variação do desenvolvimento da copa também sofreu efeitos prejudiciais. Verificou-se que as árvores com maior carga de frutos (100%) completaram o seu crescimento dos ramos, logo após 55 DAPF (dias após plena

floração), ao contrário das restantes cargas (75% e 50%) que terminaram esse crescimento 20 dias depois. Os autores (Giuliani et al., 1997) sugerem ainda que a relação entre a área foliar e o número frutos é um bom indicador para compreender a carga ótima. Nas relações elevadas de área foliar por fruto, o que é uma condição limitante ao nível da *sink* (Wünsche & Ferguson, 2010) observa-se que os frutos são de grandes dimensões e com um peso médio constante. Acima desta relação, o baixo número de frutos revela-se insuficiente para fazer com que os assimilados cheguem até eles. Já relações abaixo do valor ótimo da relação, demonstram que, com o aumento do número de frutos para uma mesma área, o poder de *sink* aumenta, mas as folhas, ou seja, a fonte de fotoassimilados, perde a capacidade de resposta para as necessidades dos frutos. Ou seja, aumentar a carga dos frutos afeta a força de *sink* da planta, podendo ter um efeito positivo na produção de assimilados. No entanto, neste estudo não se verificaram diferenças na taxa fotossintética dos diferentes tratamentos, excetuando na total ausência de frutos.

2.5.2. Resposta à luz

Segundo Kviklys et al. (2022), em macieira, as folhas do interior da copa distinguem-se por apresentarem baixa taxa fotossintética, condutância estomática e taxa de transpiração comparando com outras posições da copa. Também os frutos que cresceram no interior da copa representavam cerca de 20% da produção total e tinham uma qualidade significativamente inferior, menores dimensões e peso, pior cor, menor conteúdo e em antocianinas, sorbitol e sacarose. As condições de sombra favoreceram apenas a acumulação de ácido málico.

No trabalho desenvolvido por Afonso et al. (2017), as folhas apresentavam comportamentos distintos quando avaliados de manhã e à tarde, os parâmetros de trocas gasosas na folha apresentaram uma redução do período da manhã para o período da tarde, que pode ser explicado por uma maior incidência da luz solar nas folhas no período da tarde (Givnish, 1986; Mendes et al., 2001; Reynolds & Heuvel, 2009). A taxa fotossintética, a condutância estomática e a concentração intracelular de CO₂ apresentaram uma redução significativa nos mesmo períodos.

Segundo Greer et al. (1997), durante a maior parte da época de crescimento dos frutos, não houve efeitos da carga de frutos em relação à produção fotoquímica das plantas, apesar de se ter verificado uma redução significativa da fotossíntese nas cargas mais reduzidas, após a colheita dos frutos. Não houve uma necessidade fotossintética diferente entre cargas até meio do verão, dado que as diferenças na capacidade de *sink* não seriam significativas até então. Assim, no que toca a produção fotoquímica também não foi possível observar diferenças no

mesmo período, embora se tenha verificado um aumento significativo da produção adjacente a todas as cargas, desde a primavera até ao verão. Greer (1995) explica que este aumento pode ocorrer devido à expansão foliar e ao simultâneo aumento de pigmentos de clorofila e xantofila, que o autor interpreta como fazendo parte do desenvolvimento das competências fotossintéticas das folhas.

As folhas de pereira, tal como em grande parte das outras espécies perenes, têm uma elevada atividade fotossintética. No estudo de (Kriedemann & Canterford, 1971) obtiveram-se valores de $32,5 \text{ mg CO}_2 / \text{h.dm}^2$, valores que podem ser equiparados com a cultura da maçã, que registam valores entre os 26 (Heinicke, 1966) e os 35 (Looney, 1968). Esta elevada atividade foi associada a uma baixa resistência à difusão. Como consequência desta baixa resistência, as folhas transpiram muito rapidamente, tendo sido obtidas taxas de 3000 mg de vapor de água / h.dm^2 a 25°C e humidade relativa de 55% (Kriedemann & Canterford, 1971). A rápida transpiração induzia a tensão húmida, ainda assim as folhas da pereira conseguem manter um baixo potencial de água nas folhas sem quebrar de imediato a fotossíntese. No estudo dos autores (Kriedemann & Canterford, 1971) a fotossíntese só sofria uma quebra acentuada a partir de pressões próximas dos $-3,5 \text{ MPa}$, em árvores irrigadas.

Os pigmentos clorofilinos e carotenoides produzidos pelas plantas atuam em simultâneo e de forma interligada na fotossíntese. Os carotenoides encontram-se nos cloroplastos dos tecidos verdes, onde a sua cor amarelada é mascarada pela cor verde da clorofila (Britton, 1991), têm o objetivo de proteger a planta dos danos causados pela foto-oxidação (Yamamoto, 1996). Já os pigmentos de clorofila *a* e *b* desempenham funções mais diretas na fotossíntese, de captação e transferência dos fotões para a produção de energia química (Katz et al., 1978). Através da avaliação e comparação da concentração destes pigmentos é possível entender de forma mais próxima, tanto a sua capacidade fotossintética, como o funcionamento de um dos seus mecanismos de resposta ao stresse foto-oxidativo.

2.5.3. Divisão/Multiplicação celular

O tamanho dos frutos é uma função do número de células, do volume das células e da densidade das células (Bain & Robertsont, 1950; Coombe, 1976; Scorza et al., 1991) e está relacionado com a divisão celular nas primeiras fases do desenvolvimento e com a expansão celular nas últimas fases do crescimento dos frutos (Batjer & Westwood, 1958; Westwood et al., 1967).

Zhang et al. (2006) divide o desenvolvimento da pera 'Japonesa' em três fases, a primeira quando ocorre o desenvolvimento do ovário e acontece a decisão de se abortar ou prosseguir

com a divisão celular, no pericarpo, normalmente referida como vingamento. A segunda fase passa por uma ativa divisão celular no mesocarpo. O número de células por fruto à colheita foi considerado, por Zhang et al. (2006), igual ao número obtido na segunda fase. Foi encontrada uma relação positiva entre o número de células à colheita e o peso fresco dos frutos. A terceira fase do desenvolvimento do fruto começa quando termina a divisão celular, nesta fase os frutos continuam a crescer, o que resulta, principalmente, de uma expansão celular, até que o fruto chegue à dimensão final. Não tendo sido encontrada relação entre a dimensão das células e o peso fresco do fruto no final, considera-se que a fase de divisão celular é mais importante que a fase de expansão celular (Zhang et al., 2006; Cowan et al., 2001; Higashi et al., 1999; Scorza et al., 1991; Wang et al., 2011; Westwood et al., 1967; Zhang et al., 2005). Um período longo de divisão celular e um número de células elevado são fatores que explicam o porquê de cultivares mais tardias apresentarem frutos de maiores dimensões. O tamanho final do fruto é consequência de processos complexos que ocorreram durante o desenvolvimento do fruto, em que a disponibilidade de fotoassimilados no período de divisão celular apresenta extrema importância na dimensão final do fruto. Resumindo, o tamanho do fruto está mais relacionado com o número de células do que com a dimensão destas (Scorza et al., 1991; Zhang et al., 2006), e os fatores com influência no ciclo de divisão celular assumem extrema importância.

2.5.4. Antioxidantes

Num estudo realizado por Salta et al. (2010), em que foi estudada a atividade antioxidante de várias cultivares de pereira ('Rocha', 'Comice', 'Abate', 'General Leclerc' e 'Passe Crassane'), a cultivar 'Rocha' apresentou os maiores valores na atividade de detoxificação de espécies reativas de oxigénio (ROS) e ainda os maiores valores de atividade antioxidante, assim como o maior teor em compostos fenólicos. Os ROS apresentam maiores concentrações quando a planta está em situações de stresse (Potters et al., 2002), principalmente nos cloroplastos e citosol (Asada, 1999), podendo provocar graves problemas nas células ou até mesmo a sua morte (Potters et al., 2002). De modo a controlar os níveis de ROS, existem mecanismos de regulação através de antioxidantes não enzimáticos e de várias enzimas. A glutatona e o ascorbato são dois compostos antioxidantes não enzimáticos muito importantes no controlo da acumulação de ROS.

O ascorbato (AsA), um antioxidante resultante da dissociação do ácido ascórbico (vitamina C) (Navas et al., 1994), está presente no citosol, nos cloroplastos, nos vacúolos, nas mitocôndrias e matriz extracelular (Horemans et al., 2000). Tem uma elevada importância na neutralização de superóxido e oxigénio singlete, reage quimicamente com o ozono e com peróxido de

hidrogénio através da enzima ascorbato peroxidase (APX). Quando o AsA reduz ROS, oxida-se, formando monodesidroascorbato (MDHA), um produto pouco interativo com outras moléculas, e que, por sua vez se pode desproporcionar em desidroascorbato (DAsA), podendo também ser convertido de novo em AsA através da ação da enzima monodesidroascorbato redutase (MDHAR). Também desempenha funções, de igual importância, na regeneração de tocoferóis (vitamina E) (Asada, 1994) e dos pigmentos carotenoides (Potters et al., 2002). Também a produção de alguns reguladores de crescimento como o etileno ou as giberelinas estão indiretamente dependentes de AsA (Barth et al., 2006).

A glutathione é um tripeptído (γ -Glu-Cys-Gly) antioxidante, e estando a sua importância fisiológica dividida em três categorias: metabolismo do enxofre, defesa contra o stress oxidativo e detoxificação de compostos xenobióticos e metais pesados (Herschbach & Rennenberg, 1994; Noctor & Foyer, 1998). A GSH pode funcionar como um sensor para a falta de NADPH, pois a redução da sua forma oxidada (GSSG) à sua forma reduzida (GSH) depende exclusivamente da presença de NADPH (May et al., 1998).

Estes dois antioxidantes relacionam-se quando a GSH é utilizada como dadora de eletrões para a desidroascorbato redutase (DHAR), que converte DAsA em AsA, sendo a GSH oxidada em GSSG nesse processo. A GSSG volta a ser reduzida a GSH com recurso a dois eletrões do NADPH (Foyer & Halliwell, 1976), por ação da glutathione redutase (GR). Assim a GSH acaba por não ter uma função direta no controlo de ROS, mas tem extrema importância na renovação do AsA, que já tem uma ação direta.

2.5.5. Distribuição de fotoassimilados

O ciclo do carbono na planta implica o transporte de fotoassimilados de órgãos *source* para os vários pontos *sink* e a sua distribuição (Fanwoua et al., 2014). Pontos *sink* para fotoassimilados, nutrientes, água e hormonas incluem órgãos reprodutivos (flores e frutos) e vegetativos (rebentos e crescimentos) (Flore & Layne, 1999). Os hidratos de carbono produzidos durante a fotossíntese podem ser utilizados diretamente para o crescimento das folhas onde foram produzidos (*source*), ou de forma extensiva, podem ser mobilizados para responder às necessidades dos pontos *sink*, no momento (Wolstenholme, 1997; Oliveira & Priestley, 1983). Variações nas taxas de transporte de hidratos de carbono das *sources* para as *sinks* indica competição interna. Ao nível dos frutos, esta competição é observável nos frutos mais pequenos, com maturação atrasada, menos cor e pior qualidade (Kozlowski, 1992), efeito este que pode ser ampliado sob condições limitantes de produção de fotoassimilados (Ho, 1988). Existem três possíveis causas para limitações ao nível da *source*, pode não existir quantidade

suficiente de fotoassimilados para responder às necessidades dos pontos *sink*, podem ocorrer problemas ao nível do transporte de assimilados, ou pode haver uma exagerada competição entre pontos *sink* (DeJong & Grossman, 1995). Neste sentido, a relação *source-sink* altera-se durante o período de crescimento, assim como a força de cada ponto *sink* e como o número de pontos *sink* a competir pelos mesmos recursos (Roitsch, 1999). O conceito de força de *sink* refere-se à capacidade de um órgão ou tecido importar hidratos de carbono. Esta capacidade pode variar com a espécie, vigor, idade (Kozlowski, 1992), com as diferentes necessidades ao longo do ciclo (Flore & Layne, 1999) e com o tipo de ponto *sink*. Este último pode ser um tecido meristemático, que importa fotoassimilados e os usa maioritariamente para crescimento e apenas uma pequena porção para reservas, sendo assim designados pontos *sink* de utilização (Ho, 1988; Kozlowski, 1992); os frutos em desenvolvimento, na fase de divisão celular, são pontos *sink* de utilização; já na fase de crescimento celular, agem como pontos *sink* de reserva (McFadyen et al., 2011). Também como pontos *sink* de reserva, para além dos frutos, existem os tubérculos e as raízes, que importam uma grande quantidade de fotoassimilados para armazenar, mas que em caso de necessidade da planta, estes recursos são mobilizados para os pontos em necessidade (Ho, 1988; Kozlowski, 1992). De acordo com Ho (1988), esta capacidade de *sink* pode ser avaliada através do número de células do ponto *sink* e da atividade deste ponto.

2.6. Efeitos da carga

2.6.1. Indução e diferenciação floral

A indução e a diferenciação floral para além de estarem relacionadas com a genética, também podem ser afetadas pela temperatura, porta-enxerto, condução, interceção luminosa, poda, área foliar, carga de frutos e hormonas (Corbesier & Coupland, 2005; Corelli & Sansavini, 1989; Embree et al., 2007; Koutinas et al., 2010). De acordo com Luckwill (1970) e Luckwill et al. (1969) a indução floral está fortemente associada ao balanço hormonal, e Sachs & Hackett (1977) sugerem que a indução floral também é controlada pelo sistema de distribuição de fotoassimilados. O desenvolvimento dos gomos florais está relacionado com a espécie, com as cultivares, com as condições ambientais e com as práticas agronómicas (Koutinas et al., 2010). Aquando da indução floral é observado um aumento do teor de giberelinas (GAs) (Gibson, 2004) e um transporte de sacarose das folhas para o meristema apical (Bernier et al., 1993).

Quando a carga de frutos numa época é muito elevada, pode ocorrer no ano seguinte o que comumente se chama de alternância (Anthony et al., 2019). Este fenómeno deve-se à exportação de GAs das sementes dos frutos em desenvolvimento para o sistema de transporte

da planta, o que vai provocar uma forte inibição no desenvolvimento dos primórdios dos botões florais (Koutinas et al., 2010; Luckwill et al., 1969). Estudos realizados em macieira (Embree et al., 2007; Samuolienė et al., 2016; Serra et al., 2016) demonstraram que a redução da carga de frutos levou a um impacto significativo na indução floral dos anos seguintes e que o aumento da carga levou à ocorrência de alternância severa nos anos seguintes.

2.6.2. Fisiologia do fruto

A carga de frutos na árvore tem influência a diferentes níveis; normalmente, a questão mais preocupante é a qualidade dos frutos. Quando temos uma carga elevada a produção total é elevada (Anthony et al., 2019) comparativamente a uma planta com baixa carga, mas este valor de produção é resultado do elevado número de frutos e não do peso e tamanho dos frutos (baixa qualidade), embora estes apresentem maior teor de cálcio e magnésio (Volz et al., 1993). Assim, este modo de produção não é aceite como vantajoso, diversos problemas surgem relacionados com a redução do vingamento, crescimento, dimensão, peso e matéria seca dos frutos, retardamento da sua maturação (visível através da cor, teor de sólidos solúveis e firmeza) (Anthony et al., 2019), causados por uma regulação hormonal ao nível das GAs, onde o fornecimento de hidratos de carbono é limitado pela baixa razão de folhas por frutos (Wünsche & Ferguson, 2010). Reduzir o número de frutos por árvore vai, inevitavelmente, aumentar a área foliar por fruto, resultando num aumento da disponibilidade de fotoassimilados para os frutos mantidos (Palmer et al., 1991), obtendo-se frutos maiores (Naor et al., 1997; Yuri et al., 2011), com mais cor (principalmente no caso das macieiras), maior teor em sólidos solúveis, acidez e firmeza (Volz et al., 1993), e com maturação antecipada (Anthony et al., 2019; Wünsche & Ferguson, 2010). Quando existe uma redução da carga ocorre um aumento na dimensão dos frutos (Assaf et al., 1982; Erf & Proctor, 1987; Forshey & Elfving, 1989) e no peso (Naor et al., 1997). A redução do número de frutos está associada a um aumento no crescimento dos frutos. O efeito primário desta redução do número de frutos é normalmente ao nível da redução do número de frutos de pequenas dimensões, mais do que a um aumento da dimensão dos frutos que ficaram na árvore (Forshey & Elfving, 1977). No entanto, estes frutos tendem a ter pior qualidade ao nível do pós-colheita, com uma maior suscetibilidade a problemas no armazenamento, consequência da baixa razão de cálcio/potássio nos frutos de maiores dimensões (Ferguson & Triggs, 1990; Ferguson & Watkins, 1989; Volz et al., 1993; Wünsche & Ferguson, 2010). Alguns destes problemas desenvolvem-se em situações de *blossom end rot*, *bitter pit*, *water core*, interior bolorento e degradação e acastanhamento internos. Outro

problema da carga reduzida passa pela falta de consistência produtiva ao longo do pomar (Anthony et al., 2019).

2.6.3. Fisiologia da planta

O ajustamento da carga tem como objetivo principal o melhoramento da qualidade e calibre dos frutos, mas não se pode descurar as suas implicações na própria planta. Estas implicações, quando não tidas em conta, podem ter repercussões na estrutura e longevidade de um pomar. Um exemplo destas implicações é a alternância, uma consequência de um ajustamento mal planeado, em que num ano se está a comprometer a produção do ano seguinte. Assim é importante compreender de que forma a carga influencia os diferentes processos que ocorrem na planta. A partir da metade da época de crescimento dos frutos, as taxas de fotossíntese e respiração apresentam alguma desregulação com essa carga reduzida (Wünsche & Ferguson, 2010).

Quando é deixada uma elevada densidade de frutos, a razão de área foliar por fruto é inferior (Forshey & Elfving, 1977; Wünsche & Ferguson, 2010), as folhas apresentam um maior peso e espessura (Wünsche & Ferguson, 2010), logo cada fruto terá acesso a uma menor quantidade de assimilados; ocorre um decréscimo no crescimento dos ramos do ano, através da diminuição do número de crescimentos do ano e/ou do seu comprimento médio; também o tronco e as raízes crescem menos. Tudo isto contribui para um decréscimo de matéria seca na planta, dado que existe menor quantidade de assimilados/matéria seca disponível para as folhas dada a forte *sink* nos frutos (Wünsche & Ferguson, 2010). As plantas apresentam elevadas taxas de assimilação de CO₂ por unidade de área foliar durante a fase de rápido crescimento dos frutos, com tendência para apresentar menor área foliar por árvore, mas uma maior proporção de folhas nos esporões e maior produção de matéria seca para os frutos (Palmer, 1992; Wünsche et al., 2000; Wünsche & Ferguson, 2010). Isto pode indicar que a competição por hidratos de carbono nos frutos é atenuada pela sua elevada disponibilidade, especialmente durante a fase de crescimento rápido dos frutos (Yuri et al., 2011). Já numa fase mais tardia ocorre um aumento de trocas gasosas (transpiração (E), respiração às escuras, condutância estomática (*gs*)), um aumento de parâmetros de fluorescência da clorofila (*qp*, *Fv/Fm*, *ETR*), um aumento do consumo de água e da absorção de nutrientes minerais, e uma diminuição da concentração e disponibilidade de hidratos de carbono (Wünsche et al., 2005). Isto porque não ocorre um *feedback* que regule a fotossíntese dada a baixa razão de *source/sink* e a baixa taxa de acumulação de hidratos de carbono. Este fenómeno também se deve ao facto de ocorrer um aumento da eficiência fotossintética da folha e uma regulação hormonal ao nível do ácido

abscísico. Verificou-se que as árvores com maior carga de frutos completaram o crescimento dos ramos logo após 55 DAPF, ao contrário das restantes cargas que terminaram esse crescimento 20 dias mais tarde (Wünsche et al., 2005).

As árvores com carga reduzida aumentam o crescimento dos rebentos do ano, da área de secção do tronco (Giuliani et al., 1997) e da área foliar (Giuliani et al., 1997; Wünsche & Ferguson, 2010), o que aumenta a razão de área foliar por fruto, mas pode provocar uma redução na utilização de fotoassimilados, levando a uma acumulação de hidratos de carbono, nomeadamente o amido, nas folhas. Isto conduz a uma inibição da assimilação de carbono, como resultado da redução da atividade da Rubisco, que pode provocar danos ou inativar as estruturas do fotossistema II (PSII) nos cloroplastos, ou uma redução parcial na abertura dos cloroplastos induzida hormonalmente ou em resposta à mudança da concentração intracelular de CO₂ (Wünsche et al., 2005). No entanto, a quantidade excessiva de metabolitos produzidos pode ainda ser orientada para o crescimento vegetativo (Forshey & Elfving, 1977). De facto, quando se compararam crescimentos vegetativos similares, em árvores de carga elevada e reduzida, as folhas nas árvores de carga reduzida apresentavam uma maior área (Volz et al., 1993).

3. Materiais e Métodos

3.1. Localização e caracterização do campo experimental

O campo experimental está dividido em três parcelas: uma parcela Tradicional localizada em Alcobaça, nos campos experimentais do INIAV e duas parcelas, uma Intensiva e outra Superintensiva localizadas em Quinta da Ruiva, freguesia do Vimeiro, concelho de Alcobaça (Figura 1, Quadro 1).

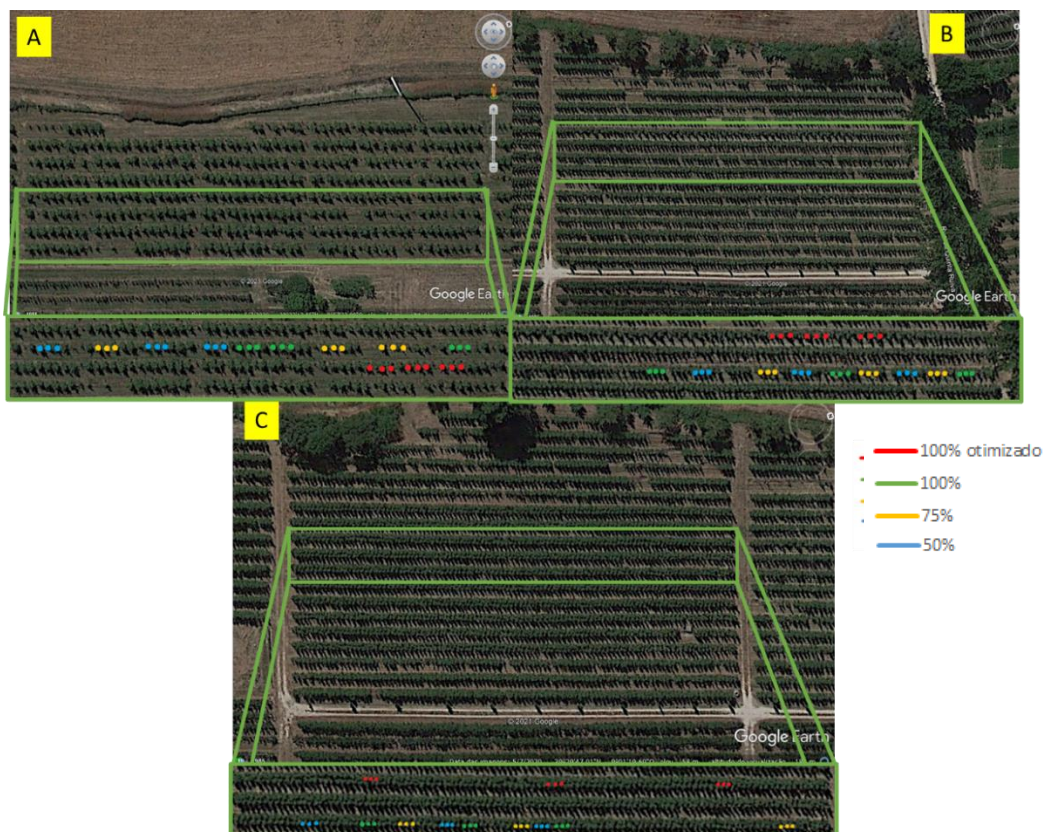


Figura 1 - Fotografia aérea do campo experimental do pomar Tradicional (Quinta Nova) (A), do pomar Intensivo (Quinta da Ruiva) (B) e do pomar Superintensivo (Quinta da Ruiva) (C) com ampliação e esquema da localização das árvores selecionadas no pomar conforme as modalidades formuladas (100% otimizado (vermelho), 100% (verde), 75% (amarelo) e 50% (azul)). Fonte: google maps.

Quadro 2 - Características gerais das três parcelas do ensaio.

Pomar	Área (ha)	Ano de plantação	Compasso de plantação	Densidade (Árvores/ha)	Azimute das linhas (°)	Forma de condução	Localização
Tradicional	0.40	1998	4.50 x 2.0	1111	19.10	Eixo Central Revestido	Alcobaça
Intensivo	0.65	2004	3.70 x 1.0	2700	18.80	Eixo Central Revestido	Vimeiro
Superintensivo	0.70	2004/2005	3.70 x 1.0 x 0.40	5400	18.80	Eixo Central Revestido	Vimeiro

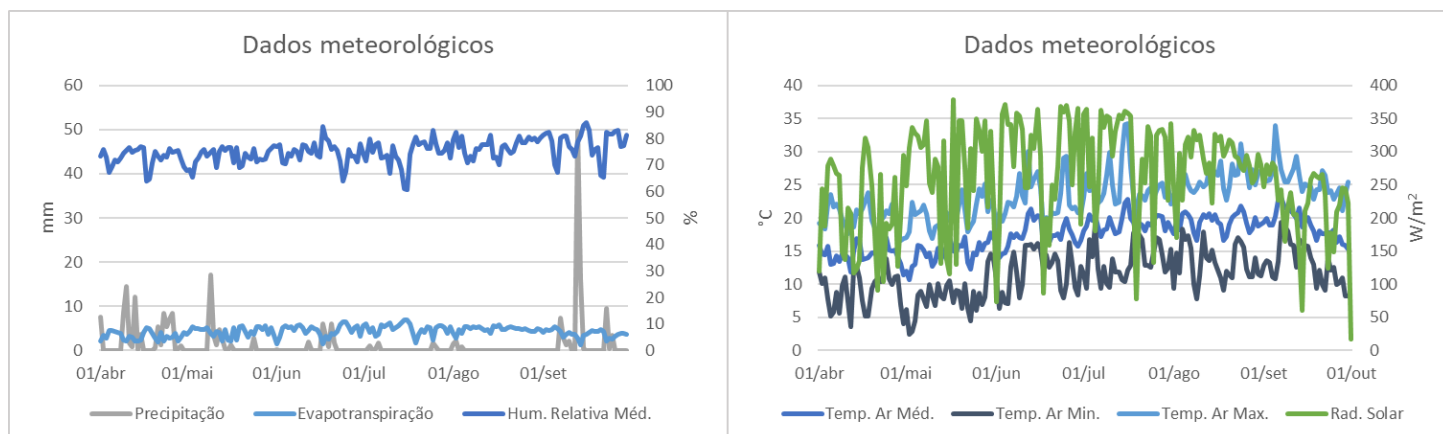


Figura 2 - Dados meteorológicos referentes ao período da experiência: Precipitação, Evapotranspiração (mm), e Humidade relativa média (%) (A); Temperatura mínima, média e máxima (°C) e Radiação solar (W/m²) (B)

3.2. Caracterização do material vegetal

Nos dois pomares localizados na Quinta da Ruiva foram usadas plantas de pereira 'Rocha' (*Pyrus communis* L. cv 'Rocha') enxertadas em marmeleiro (*Cydonia oblonga* L.) Sydo, porta-enxerto de origem francesa ('Angers') bem-adaptado a pomares de média densidade. No pomar do campo experimental do INIAV, as plantas de pereira 'Rocha' são enxertadas em EMA.

3.3. Gestão dos pomares

No pomar Tradicional, a rega é efetuada através de um sistema de fertirrega localizada gota-a-gota, com dois gotejadores de 4L/h por árvore. A água é retirada de um furo existente na parcela e a fertilização e o tempo de rega são programados com recurso a um programador.

Nos pomares Intensivo e Superintensivo a rega é efetuada através de um sistema de fertirrega localizada gota-a-gota, com duas rampas por linha de plantação, com gotejadores de caudal nominal de 2,1 L/h, espaçados a 1 m e desfasados entre rampas. A água é retirada de um furo existente na parcela, e a fertilização e o tempo de rega são programados num programador.

Nos três pomares, a entrelinha é composta por coberto vegetal espontâneo. São realizados, anualmente, entre 4 e 6 operações de corte no coberto vegetal.

O controlo de pragas e doenças é regulado segundo as normas de proteção integrada. As pragas e doenças de maior importância nesta parcela são Bichado (*Cydia pomonella*), Mosca (*Ceratitis capitata*), Estenfiliose (*Stemphylium vesicarium* (Wall.)) (Anexo 8.1 Figura A1) e Pedrado (*Venturia* spp.).

3.4. Delineamento Experimental

Os três pomares escolhidos para a experiência apresentam densidades de plantação e modos de condução distintos, como referido acima. Foram selecionadas 36 plantas por pomar, num total de 108 plantas. Em cada pomar foram aplicadas quatro modalidades, três destas referentes à carga de frutos, uma modalidade com carga de frutos de 100% relativamente ao seu potencial produtivo, uma modalidade com carga de frutos de 75% relativamente ao seu potencial produtivo, e uma modalidade com carga de frutos de 50% relativamente ao seu potencial produtivo. Foi ainda estabelecida uma quarta modalidade referente aos métodos de melhoramento da eficiência do uso da energia solar (Otimizada). Esta modalidade otimizada, no pomar tradicional correspondia a uma carga de frutos de 100% relativamente ao seu potencial produtivo e otimizada através da colocação de tela branca refletora a 45% (fornecida pela Cotesi) na linha, no pomar intensivo correspondia a uma carga de frutos de 100% relativamente ao seu potencial produtivo e otimizada através da inclinação alternada dos eixos das plantas em 17° relativamente ao eixo vertical, e no pomar Superintensivo correspondia a uma carga de frutos de 100% relativamente ao seu potencial produtivo e otimizada através da inclinação alternada dos eixos das plantas em 10° relativamente ao eixo vertical. A nomenclatura dos doze tratamentos obtidos foi organizada por combinação de pomar (T, I e S) com modalidade (100, 75, 50 e O), de modo a obter os seguintes tratamentos:

1. Tradicional

- 1.1. **TO** – Modalidade com carga de frutos de 100% relativamente ao seu potencial produtivo e otimizada através da colocação de telas refletoras na linha (Figura 3A).
- 1.2. **T100** – Modalidade com carga de frutos de 100% relativamente ao seu potencial produtivo.
- 1.3. **T75** – Modalidade com carga de frutos de 75% relativamente ao seu potencial produtivo.
- 1.4. **T50** – Modalidade com carga de frutos de 50% relativamente ao seu potencial produtivo.

2. Intensivo

- 2.1. **IO** – Modalidade com carga de frutos de 100% relativamente ao seu potencial produtivo e otimizada através da inclinação alternada dos eixos das plantas em 17° relativamente ao eixo vertical (Figura 3B).
- 2.2. **I100** – Modalidade com carga de frutos de 100% relativamente ao seu potencial produtivo.

- 2.3. **I75** – Modalidade com carga de frutos de 75% relativamente ao seu potencial produtivo.
- 2.4. **I50** – Modalidade com carga de frutos de 50% relativamente ao seu potencial produtivo.
3. Superintensivo
- 3.1. **SO** – Modalidade com carga de frutos de 100% relativamente ao seu potencial produtivo e otimizada através da inclinação alternada dos eixos das plantas em 10° relativamente ao eixo vertical.
- 3.2. **S100** – Modalidade com carga de frutos de 100% relativamente ao seu potencial produtivo.
- 3.3. **S75** – Modalidade com carga de frutos de 75% relativamente ao seu potencial produtivo.
- 3.4. **S50** – Modalidade com carga de frutos de 50% relativamente ao seu potencial produtivo.

As árvores foram selecionadas a partir das linhas disponíveis e organizadas em grupos de três árvores consecutivas, cujo conjunto de três grupos formam uma modalidade, tendo estes grupos sido dispostos aleatoriamente na linha. A modalidade otimizada foi disposta numa linha distinta, com condições melhoradas, dado que era caracterizada por aspetos distintos das restantes modalidades (Figura 3). Os grupos foram identificados com recurso a varetas e fitas de cores diferentes.



Figura 3 – Aspeto do tratamento Otimizado no pomar Tradicional (TO), com tela refletora (A), e no pomar Intensivo (IO), em que as árvores apresentam o eixo inclinado a 17° (B).

3.5. Indicadores agronômicos e de crescimento

3.5.1. Crescimento dos troncos

Foram utilizados pionés para marcar um ponto nos troncos, a uma altura de 20 cm acima do enxerto. Com recurso a um paquímetro manual, foram efetuadas duas medições do diâmetro em cada tronco, uma no sentido norte-sul e outra no sentido este-oeste. De seguida foi calculado o diâmetro médio e por sua vez a área de secção, através da fórmula da área de circunferência:

$$AST = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

Equação 1 - Área de secção do tronco (cm²)

3.5.2. Crescimentos dos ramos

Na fase inicial da experiência foram selecionados ramos em quadrantes opostos de cada árvore (este-oeste), excetuando o pomar Superintensivo em que foram selecionados três ramos em três quadrantes distintos (sul, este-oeste e norte). Os ramos escolhidos apresentavam características semelhantes, em diâmetro na zona de junção com o tronco, em comprimento e em altura em relação ao solo. Tal como no tronco, também nos ramos foi medida a área de secção, agora com duas medições em cada ramo, uma no sentido vertical e outra na horizontal. Foi utilizada uma fita métrica para proceder ao cálculo do comprimento acumulado de cada ramo, que consistiu na medição do ramo principal, somando todos os crescimentos secundários desse mesmo ramo principal.

3.5.3. Volumetrias

O volume de cada árvore foi calculado através de um modelo que utiliza as seguintes variáveis: altura total, altura da primeira pernada, comprimento e largura da primeira pernada, do segundo terço e do primeiro terço da copa; elaborando, a partir desses dados, um modelo tridimensional de cada árvore e da sua copa.

Quando as plantas estavam na fase de dormência (29/03/2021), foi medida a largura da copa à altura da primeira pernada, 1/3 e 2/3 da altura da copa, foi também medida a altura do solo à primeira pernada (Ap) e a altura total (At), sendo a altura efetiva da copa obtida através da diferença entre a altura total e a altura à primeira pernada.

Sendo que a forma das árvores se assemelha a metade de elipsoide, foi este o formato considerado para o cálculo. Sendo a base da copa a zona mais larga da metade do elipsoide, a

altura da copa foi considerada a ponta do elipsoide. Assim o volume foi calculado a partir das seguintes fórmulas:

$$ASC(m^2) = \frac{(LEO + LNS)}{2} \times (Ap - At)$$

Equação 2 - Área seccional da superfície exposta da copa (m²)

$$\text{Área da copa (m}^2/\text{ha)} = \text{Área da copa média por árvore} \times NA$$

Equação 3 - Área da copa (m²/ha)

$$VSC(m^3) = ASC \times (LEO + LNS)^2$$

Equação 4 - Volume seccional da copa da árvore (m³)

$$\text{Volume da copa (m}^3/\text{ha)} = \text{Volume da copa médio por árvore} \times NA$$

Equação 5 - Volume da copa (m³/ha)

ASC – Área seccional da superfície exposta da copa (m²)

LEO – Largura da copa no sentido Este-Oeste (m)

LNS – Largura da copa no sentido Norte-Sul (m)

At – Altura total da árvore

Ap – Altura da primeira pernada

VSC – Volume seccional da copa árvore (m³)

NA – Número de árvores por hectare

3.5.4. Número de conjuntos florais

O número de conjuntos florais, foi contabilizado em todas as árvores e, partindo desse valor, ao qual foi adicionado o valor estimado de vingamentos e o peso ótimo por fruto, foi calculado o valor da produção esperada por árvore.

3.5.5. Proporção verdasca/esporão

A proporção verdasca/esporão foi avaliada para diferenciar os três pomares, e não as modalidades, dado que os pomares, no ponto de partida, apresentam características distintas, que podem influenciar esta proporção, ao contrário das modalidades, que não apresentam diferenças entre si dentro de cada pomar, relativamente a este parâmetro. Esta proporção foi

estimada através da visualização e contagem aleatória destes órgãos nas árvores, dentro de cada pomar.

3.5.6. Número de frutos

O número de frutos foi contabilizado manualmente através da sua contagem em todas as árvores e foi também efetuado o cálculo do valor esperado do número de frutos por árvore através da multiplicação do número de frutos vingados nos esporões e nas verdascas pela sua proporção em cada pomar e pelo número de corimbos em cada árvore.

3.5.7. Estado fenológico

O registo das datas dos estados fenológicos mais representativos foi realizado com recurso à escala de Fleckinger (1948). Semanalmente, foram recolhidos dados, através da observação aleatória das modalidades otimizadas e não otimizadas, separadamente. Houve registos de todos os estados entre B e J: B (pré-abrolhamento), C (abrolhamento), C3 (gomos inchados), D (ponta verde), E (botão branco), F (corimbo com primeira flor aberta), F2 (plena floração), G (início da queda das pétalas), H (queda das últimas pétalas), I (vingamento dos frutos) e J (frutos em desenvolvimento), sendo associada cada data de registo ao estado com maior número de observações, de acordo com a Figura 4.

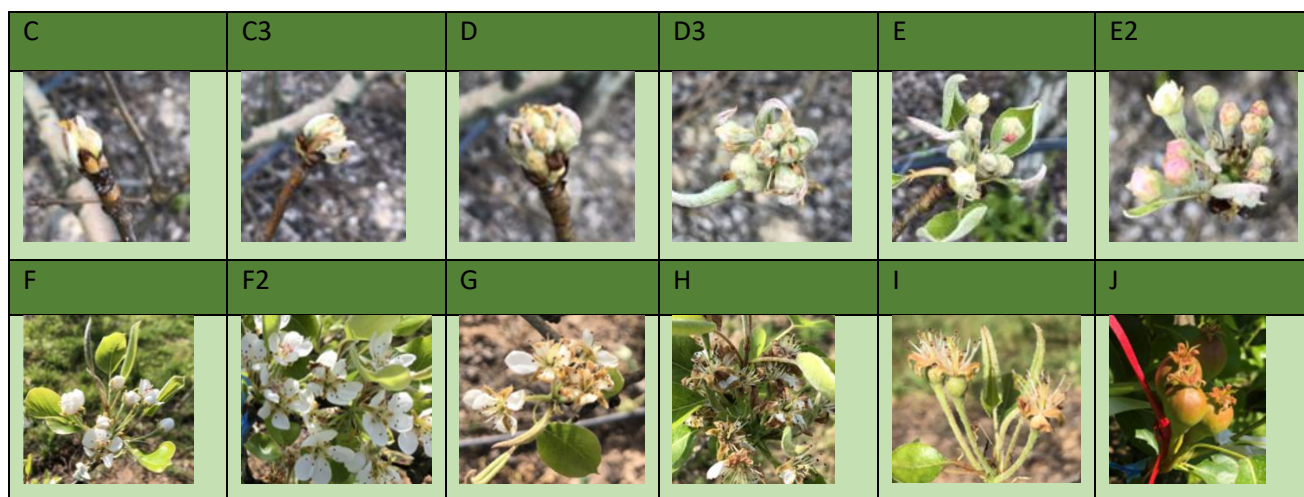


Figura 4 - Imagens representativas de cada estado fenológico, segundo a escala de Fleckinger (1948).

3.5.8. Floração e Vingamento

Aquando da contagem dos conjuntos florais, foram selecionadas em cada árvore oito órgãos nos quais o número de flores foi contado. Após o período do vingamento foram novamente observados para contabilizar o número de flores contido em cada um. Com os valores obtidos foi

possível calcular uma taxa de vingamento estimada, dividindo o número de flores vingadas pelo número de flores contabilizadas inicialmente por corimbo e multiplicando por 100 (Figura 5).

Taxa de vingamento (%)

$$= \frac{\text{Número de flores por conjunto floral (antes do vingamento)}}{\text{Número de frutos vingados no mesmo conjunto floral}}$$

Equação 6 - Taxa de vingamento (%)



Figura 5 - Conjunto floral que apresenta flores vingadas e não vingadas.

3.5.9. Número de frutos

O número de frutos em cada árvore foi contabilizado na fase I (vingamento dos frutos) da escala de Fleckinger (1948), e cada árvore foi mondada consoante a produção esperada para o pomar em questão, a modalidade que lhe foi atribuída e a área de secção do tronco. Assim, foi possível fazer uma distinção equilibrada para cada árvore, tendo em conta as suas características e as do pomar onde se insere. O método utilizado resulta da combinação dos métodos de Wünsche & Ferguson (2010), que definem a carga em relação à área de secção; e de Naor (2001), em que a monda é feita em relação ao potencial produtivo do pomar. Ao combinar os dois métodos, o cálculo torna-se mais preciso, pois ambos, individualmente, apresentam algumas falhas.

3.5.10. Crescimento dos frutos

A monitorização do crescimento dos frutos foi realizada através da medição semanal do diâmetro máximo dos frutos marcados. Por cada árvore foram marcados quatro frutos, dois de cada lado (este-oeste), diferenciados por se situarem no interior ou no exterior da copa e ainda pelo número de frutos no mesmo corimbo (desde 1 fruto por corimbo até 3 frutos por corimbo).

Os frutos foram medidos com recurso a um paquímetro digital com capacidade de medição de 0 a 150 mm e precisão de 0,03 mm (Würth, Kunzelsau, Alemanha), no seu maior diâmetro.

3.5.11. Produção e Qualidade dos frutos

Quinzenalmente, foram recolhidos 15 frutos por modalidade para quantificação de dimensão, peso fresco, dureza e teor de em sólidos solúveis e matéria seca (Anexo 8.1, Figura A2), de acordo com Wünsche et al. (2005).

No momento da colheita, foi colhida a produção de duas árvores por bloco, tendo os frutos sido contabilizados, pesados e calibrados, de modo a obter a produção total, número de frutos, peso médio por árvore, calibre médio, peso por calibre. Também foram retirados para amostra 40 frutos por modalidade para avaliar a cor do fruto com recurso a um colorímetro (modelo CR-400, Konica Minolta, Japão) (Anexo 8.1 Figura A3) com base no valor CIELAB (L^* , C^* e h), como sugerem Li et al. (2013). Desses 40 frutos, foram retirados 30 para avaliação qualitativa, sendo os parâmetros avaliados as dimensões, o peso fresco, a dureza, teor em sólidos solúveis, amido e matéria seca, como já foi referido em Wünsche et al. (2005). As dimensões dos frutos foram avaliadas com recurso a um paquímetro digital com capacidade de medição de 0 a 150 mm e precisão de 0,03 mm (Würth, Kunzelsau, Alemanha), o peso fresco medido numa balança digital, a dureza foi avaliada com um penetrómetro digital (Agro-Technologie mod. Penefel DFT 14) (Anexo 8.3 Figura A4) com uma sonda de 8 mm, o teor em sólidos solúveis com um refratómetro digital (HI96801, Hanna Instruments, Limena, Itália), que através do índice de refração determina a percentagem de °Brix. Por fim, a percentagem de matéria seca foi calculada através da razão entre o peso seco após secagem em estufa a 70 °C de frutos laminados e do seu peso fresco antes da secagem.

3.5.12. Interceção luminosa

A interceção luminosa teve importância na caracterização de cada pomar, visto que, no início do ensaio, foi possível fazer uma medição que demonstra as diferenças nas copas de cada um dos pomares e entre as modalidades otimizadas, que dispõem de características que lhes conferem maior aproveitamento da luz. Utilizando um ceptómetro (AccuPAR Lp-80, Decagon Device, Pollman EUA) calculou-se a quantidade de luz intercetada pela copa das árvores, através da diferença entre a quantidade de luz intercetada pelo equipamento, quando este não estava obstruído (valor de referência obtido no exterior em dia de céu limpo) e a quantidade de luz intercetada quando o equipamento era introduzido no interior da copa. Assim, foi possível estimar a densidade foliar da copa.

3.6. Parâmetros fisiológicos não invasivos

3.6.1. Trocas gasosas

As medições efetuadas foram realizadas em duas árvores por grupo (6 por modalidade) e em 2 folhas (interior e exterior) de cada quadrante (este e oeste), em dois períodos do dia (manhã e tarde), 3 semanas antes da colheita 114 DAPF, num total de 96 medições por pomar. Estas medições foram realizadas com recurso a um sistema portátil LI-6400 (LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA) (Anexo 8.1 Figura A5) em folhas totalmente expandidas do terço médio dos órgãos já referidos anteriormente, necessariamente medidas em dias com condição de céu limpo, para que não ocorressem diferenças nas condições em cada medição. Os parâmetros medidos e utilizados para a caracterização das trocas gasosas foram a taxa de fotossíntese líquida (A) e a condutância estomática (g_s).

3.6.2. Fluorescência da clorofila

Foram selecionadas quatro folhas por árvore, duas em cada um dos dois quadrantes já acima referidos, este e oeste, uma folhas no interior da copa e outra completamente exposta à luz solar. Nas plantas onde também foi analisada a fotossíntese, as folhas eram coincidentes. Foram realizadas duas medições da eficiência máxima do fotossistema II (F_v/F_m) e de fluorescência basal (F_0), nas mesmas datas em que foi quantificada a SLA (1ª medição, T, 11/06/2021 (69 DAPF) e I e S, 25/06/2021 (80 DAPF); 2ª medição, T, 03/08/2021 (122 DAPF) e I e S, 30/07/2021 (115 DAPF)). Foi utilizado um PAR-FluorPen FP110 (PSI, Drasov, República Checa).

3.6.3. Índices de refletância

Os índices de refletância: Índice de vegetação com diferença normalizada (NDVI), Índice de Refletância Fotoquímica (PRI) e Índice de feofitinização normalizado (NPQI) foram medidos nas mesmas datas que os parâmetros de fluorescência da clorofila, utilizando um PolyPen RP 410 (PSI, Drasov, República Checa), e posteriormente tratados e analisados em Excel.

3.6.4. Área foliar

A recolha aleatória de órgãos foliares deu-se aquando da colheita dos frutos, de modo a poder relacionar diretamente com as produções. Estes órgãos foram recolhidos por modalidade, pela

sua exposição solar (interior ou exterior da copa) e pelo tipo de órgão (esporão ou verdasca), como indicado por Palmer et al. (1997).

No laboratório, os órgãos foram contabilizados e foram-lhes retiradas e contabilizadas as folhas, cuja imagem foi adquirida num *scanner* (Expression 1680, Seiko Epson Corporation, Nagano, Japão), tendo as imagens sido analisadas num software de análise de imagem (WinSEEDLE Pro 2008a, Regent Instruments Inc, Quebec City, Canadá) que efetua o cálculo da área foliar por órgão, zona do órgão e modalidade.

3.7. Parâmetros fisiológicos invasivos

3.7.1. Área foliar específica

A área foliar específica (SLA) é definida como a área foliar por unidade de peso seco. O seu cálculo foi feito com recurso à seguinte fórmula:

$$\text{Área foliar específica} = \frac{\text{Área foliar da amostra}}{\text{Peso seco da amostra}} \quad (\text{cm}^2/\text{g})$$

Equação 7 - Área foliar específica (SLA) (cm²/g)

As folhas foram colhidas no terço médio das árvores, colocadas em sacos identificados e levadas para o laboratório. A sua recolha foi aleatória dentro e fora da copa, embora todas as folhas colhidas se localizassem a alturas semelhantes, de forma a não serem prejudicadas pela distribuição vertical dos recursos da árvore. Em cada um dos sacos foram retiradas folhas, cortados discos com área conhecida (14 mm) e efetuadas três repetições de cada modalidade por pomar, com 20 discos cada. Após a pesagem para determinar o peso fresco, as amostras, isoladas em caixas de *Petri*, foram colocadas em estufa a 70 °C onde foram secas até atingirem peso constante, tendo nessa altura sido pesadas para determinar o seu peso seco. Não foram submetidas a uma temperatura superior para evitar a volatilização de componentes celulares.

Na preparação das amostras para a extração de glutatonas, ascorbatos, pigmentos, açúcares e também para a quantificação da acidez foram recolhidas amostras de folhas na semana que antecedeu a colheita, por pomar e por modalidade; bem como amostras de frutos obtidas no momento da colheita, também por pomar e modalidade, tendo a polpa e a película dos frutos sido analisadas em separado. Para todas as modalidades foram recolhidas e preparadas três repetições. De seguida, após serem congeladas a -80 °C para que não ocorresse qualquer alteração do material, as amostras foram moídas com recurso a almofarizes na presença de

azoto líquido (Anexo 8.1 Figura A6) e colocados em tubos de modo a serem guardadas novamente a -80 °C, até serem analisadas.

As quantificações de clorofilas, antocianinas, carotenoides, glutations, ascorbatos, açúcares solúveis e amido foram submetidas a quantificação num leitor de microplacas (Synergy HT, BioTec Instruments, Alemanha) (Anexo 8.1 Figura A7).

3.7.2. Clorofilas, Antocianinas e Carotenoides

O teor em clorofilas, antocianinas e carotenoides foi determinado utilizando as amostras previamente moídas. Estas amostras foram pesadas e colocadas numa solução com 1 mL de acetona em tampão Tris-HCl 100 mM pH 7,5 (80:20) sendo depois centrifugadas durante 15 min a 6 °C. O sobrenadante (Anexo 8.1 Figura A8) foi diretamente utilizado para leitura da absorbância a 470, 537, 647 e 663 nm de modo a fazer as quantificações através das equações descritas por (Sims & Gamon, 2002):

$$Chla (\mu\text{mol} / \text{mL}) = 0,01373 \times A_{663} - 0,000897 \times A_{537} - 0,003046 \times A_{647}$$

Equação 8 - Concentração de clorofila a ($\mu\text{mol/L}$)

$$Chlb (\mu\text{mol} / \text{mL}) = 0,02405 \times A_{647} - 0,004305 \times A_{537} - 0,005507 \times A_{663}$$

Equação 9 - Concentração de clorofila b ($\mu\text{mol/L}$)

$$Chlt (\mu\text{mol} / \text{mL}) = Chla + Chlb$$

Equação 10 - Concentração de clorofila total ($\mu\text{mol/L}$)

$$\text{Antocianinas} (\mu\text{mol} / \text{mL}) = 0,08173 \times A_{537} - 0,00697 \times A_{647} - 0,002228 \times A_{663}$$

Equação 11 - Concentração de antocianinas ($\mu\text{mol/L}$)

$$\text{Carotenoides} (\mu\text{mol} / \text{mL}) = (A_{470} - 17,1 \times chl\ tot - 9,479 \times \text{Antocianinas}) / 119,26$$

Equação 12 - Concentração de carotenoides ($\mu\text{mol/L}$)

Os valores obtidos foram convertidos para mg Chl / g PF (Richardson et al., 2002).

3.7.3. Glutinationas e ascorbatos

Os teores de glutations e ascorbatos foram quantificados partindo das amostras previamente moídas, extraídas em tubos *ependorf* com 1 mL de solução de ácido metafosfórico 6% (pH 2,8) contendo 1 mM EDTA, arrefecida em gelo, e pesadas para conhecer a massa da amostra. De seguida foram centrifugadas a 27000 g, 4 °C durante 15 min, tendo o sobrenadante (extrato ácido) sido transferido para um *ependorf* novo. Este extrato foi guardado a -20 °C, para ser utilizado para a quantificação de glutations e ascorbatos.

A glutationa reduzida (GSH) e a oxidada (GSSG) foram quantificadas pelo método da 2-vinylpiridina descrito por Anderson et al. (1992). O extrato ácido foi diluído e neutralizado,

colocando-se num *eppendorf* 6 µL de amostra e adicionado 44 µL de Na₂HPO₄ 5% (pH 7,5). O extrato diluído foi usado diretamente para a quantificação da glutatona total. Para a quantificação da GSSG, o extrato diluído foi incubado com 2-vinylpiridina (50 µL de extrato diluído + 2 µL de 2-vinylpiridina), a 25 °C durante 1 h.

Após incubação as leituras de ambas foram efetuadas em microplacas (Anexo 8.1 Figura A9) contendo 50 µL de Reagente 1 (solução com 15 mM EDTA, 0,3 mM reagente de Ellman, 0,04% BSA, 110 mM Na₂HPO₄ 7H₂O, 40 mM NaH₂PO₄ H₂O), 40 µL de Reagente 2 (solução com 1 mM EDTA, 50 mM Imidazole, 0,02% BSA) e 50 µL do extrato diluído ou extrato diluído e incubado com 2-vinylpiridina. A leitura dos brancos foi efetuada a 412 nm. Por fim foram adicionados 10 µL de NADPH 9,0 mM, deixado a incubar 1 h, para que a reação se dê, após o que as leituras finais foram novamente efetuadas a 412 nm.

As concentrações de GSH e GSSG são expressas em mmol / g peso fresco. Para a conversão utilizou-se o valor de coeficiente de extinção molar do –SH, que é de 13600. A percentagem de redução corresponde à percentagem de glutatona total presente como GSH e é definida como:

$$\frac{GSH}{GSH + GSSG} * 100$$

Equação 13 - Percentagem de redução de glutatona (%)

Os ácidos ascórbico (AsA) e desidroascórbico (DAsA) foram quantificados usando o método adaptado de Okamura (1980) por Carvalho & Amâncio (2002). O AsA e o ascorbato total foram determinados partindo dos extratos ácidos anteriormente obtidos. A 125 µL de extrato foram adicionados 5 µL de 1,5 M trietanolamina para os neutraulizar, seguidos por 30 µL de tampão fosfato de sódio a 150 mM (pH 7,4). Para quantificar o ascorbato total foram adicionados 15 µL de DTT 10 mM, seguindo-se uma incubação a 25 °C durante 15 minutos, de forma a reduzir o DAsA presente no extrato. Para remover o excesso de DTT, foram adicionados 15 µL de N-ethylmaleimida 0,5% (m/v) e incubados a 25 °C durante 30 seg. Na quantificação de AsA foram adicionados 30 µL de água destilada para equilibrar os volumes.

De seguida, em ambas as amostras foram adicionadas sequencialmente, 60 µL de ácido tricloroacético 10% (m/v), 60 µL de ácido fosfórico 44% (v/v), 60 µL de 2,2'-dipyridyl 4% (m/v) dissolvido previamente em 70% de etanol, 30 µL de FeCl₃ 3% (m/v). As amostras foram incubadas a 37 °C, 1 h. Por fim, as placas (Anexo 8.1 Figura A10) foram lidas a 525 nm.

O cálculo da concentração de DAsA é o resultado da subtração da concentração de AsA medida ao total de ascorbato determinado.

A quantificação de ascorbatos foi expressa em µmol / g peso fresco, pelo que foram feitas curvas padrão de AsA para concentrações entre 0 e 10 mM, preparadas em 5% de ácido metafosfórico.

A percentagem de redução corresponde à percentagem de glutathione total presente como GSH e é definida como:

$$\frac{AsA}{Ascorbato\ total} * 100$$

Equação 14 - Percentagem de redução de ascorbato (%)

3.7.4. Açúcares solúveis e Amido

As amostras, previamente moídas, foram pesadas e colocadas em solução de etanol a 80% em tubos *ependorf*. Os tubos foram colocados em banho-maria a 80 °C durante 30 min e centrifugados a 27000 *g*. O sobrenadante foi utilizado para a quantificação de açúcares solúveis e o *pellet*, para a quantificação de amido. O sobrenadante foi limpo de pigmentos com carvão ativado e, após centrifugação 200 µL foram retirados para a quantificação de açúcares solúveis.

Para preparar as amostras para a quantificação do amido, foi adicionado aos *pellets* 1 mL de água destilada, de seguida os tubos foram agitados em vortex e centrifugados 3 min, a 13000 *g*, sendo os sobrenadantes descartados. Este processo de lavagem foi repetido três vezes. Foi posteriormente adicionado 1 mL de água destilada e os tubos assim preparados foram autoclavados a 121 °C durante 3 h (os suportes dos tubos foram envolvidos em película de alumínio e as tampas dos tubos foram previamente furadas para evitar que abrissem com a pressão). Após a autoclavagem, 400 µL das amostras autoclavadas foram colocados num novo tubo, juntamente com 500 µL de tampão Acetato de Sódio 0,1 M (pH 4,4), 10 µL de amiloglucosidase (50 µL em 1 mL de tampão acetato de sódio) e 20 µL de α-amilase (137 mg em 2 mL de tampão acetato de sódio). Esta solução foi incubada em banho-maria a 37 °C durante a noite. Após 3 min de centrifugação, os sobrenadantes foram utilizados para quantificação da glucose correspondente à hidrólise do amido presente nas amostras iniciais.

A quantificação, que já é comum para açúcares solúveis e amido, foi efetuada em 137,5 µL de solução tampão imidazol (imidazol 0,1 M com MgCl 1,5 mM, pH 6,9), 5 µL de NADP⁺ (20 mg em 1 mL de tampão imidazol), 5 µL de ATP (12 mg em 1 mL de tampão imidazol) e 5 µL de amostra (para quantificação de açúcares solúveis ou de amido). Os brancos foram lidos a 340 nm. De seguida foram adicionados 1 µL de hexocinase (500 µL em 50 µL de tampão imidazol 1:1) e 1 µL de Glucose 6-fosfato desidrogenase (500 µL em 500 µL de tampão imidazol 1:1). Ao fim de 10 min a absorvância foi lida a 340 nm para quantificação de glucose (correspondendo a glucose nas amostras de açúcares solúveis e a amido nas amostras de amido). A quantificação de amido finalizou neste ponto. Às amostras de quantificação de açúcares solúveis foi adicionado 1 µL de Glucose6-fosfato isomerase (167 µL em 333 µL de tampão imidazol), tendo a leitura sido feita a

340 nm após 10 min, para a quantificação de frutose. De seguida foi adicionado 1 µL de invertase (20 mg em 500 µL de tampão imidazol), atendo a leitura sido de novo efetuada a 340 nm após 10 min de incubação, para a quantificação de sacarose.

3.7.5. Acidez Total

Na determinação da acidez total, o processo baseia-se numa reação ácido-base, assim sendo, o método mais usual é recorrer a uma titulação ácido-base, em que a concentração de ácido málico no sumo obtido a partir da polpa dos frutos é quantificada

O método de obtenção do sumo foi adaptado a partir de um protocolo utilizado em uvas (OIV, 2020) e o sumo foi obtido a partir das amostras de polpa dos frutos já preparada anteriormente, por descongelação das amostras. Recorrendo a um pilão e a um passador, retirou-se a parte sólida da amostra, deixando apenas o sumo.

O restante processo foi realizado segundo o método descrito por Trigueiros (2000). Retirou-se 400 µL de amostra de sumo para um balão de Erlenmeyer com 10 mL de água destilada, juntou-se três gotas do indicador fenolftaleína. De seguida colocou-se o *Erlenmeyer* debaixo de uma bureta graduada com o titulante hidróxido de sódio 5 mM, abriu-se a torneira e agitou-se circularmente até ao “ponto de viragem”, quando a cor mudou para um rosa ténue. Nesse ponto contabilizou-se o volume de base utilizado e repetiu-se o processo para todas as amostras. A concentração de ácido málico é obtida através da seguinte fórmula:

$$\text{Concentração de ácido málico} = \frac{\text{Volume de base utilizado} * \text{concentração da base}}{\text{Volume da amostra}}$$

Equação 15 - Concentração de ácido málico (meq/L)

Expresso em meq / L (miliequivalentes de ácido málico por litro de sumo).

3.7.6. Análise Estatística

O tratamento dos dados obtidos foi feito com recurso ao programa de estatística RStudio 2021.09.1+372 (2009-2021 RStudio, PBC). As médias dos resultados foram analisadas estatisticamente a um nível de confiança de 95% ($p < 0,05$) através de uma análise de variância (ANOVA) a dois fatores (pomar e modalidade). Aplicou-se ainda o teste de Tukey para avaliar a existência de diferenças significativas entre as médias das variáveis em análise.

4. Resultados

4.1. Indicadores agronómicos e de crescimento

4.1.1. Indicadores da planta

O pomar Tradicional registou o maior aumento médio da área de secção do tronco (AST), tendo os restantes pomares apresentado valores semelhantes entre si ($p < 0,001$) (Figura 6), com a modalidade de 100% a registar um aumento de 8,44 % na área de secção média relativamente aos valores registados no início da experiência, de seguida a modalidade otimizada com um aumento de 7,17%, a modalidade 50% com 7,14% e em último a modalidade 75% com um aumento de 6,82%. No pomar Intensivo a modalidade com um maior aumento percentual foi a modalidade 50% com um aumento de 5,61%, seguindo-se a modalidade 75% com 5,27%, a modalidade 100% com 5,24% e por fim, sem se verificar um grande aumento, a modalidade otimizada com 2,77%. No pomar Superintensivo, observou-se um aumento de 4,72% na modalidade otimizada, 4,58% na modalidade 75%, 4,22% na modalidade 100% e por último 3,41% na modalidade 50% (Anexo 9.1).

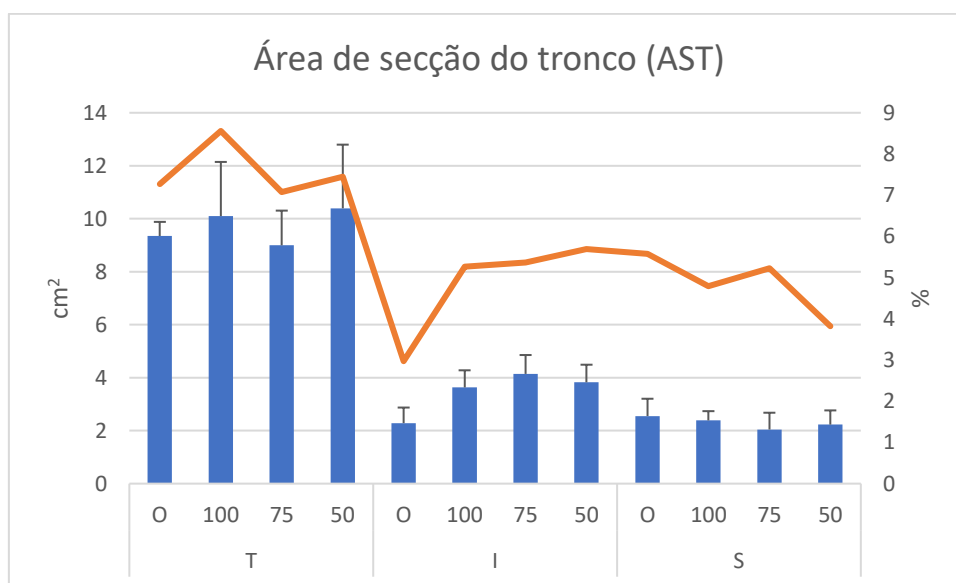


Figura 6 – Variação da área de secção média de tronco (AST) (cm²) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) (barras azuis) e a sua variação média, em percentagem, entre o início e o fim do ciclo (linha cor de laranja); $n=18$. Diferenças significativas e respetivos valores de p -value apresentados no Anexo 8.2.

No que toca ao desenvolvimento vegetativo, o crescimento acumulado por área de secção do ramo está apresentado na Figura 7 A. O pomar tradicional apresentou valores de crescimento acumulado dos ramos significativamente mais elevados ($p < 0,001$) em todas as modalidades, quando comparado com os outros dois pomares, que não apresentaram diferenças entre si. No pomar Tradicional foram obtidos valores de crescimento acumulado médio de 0,6 m por ramo

e uma taxa de crescimento entre 141,2% (50% de carga) e 166,9% (100% de carga) sem diferenças significativas entre modalidades. Os pomares Intensivo e Superintensivo apresentaram crescimentos e taxa de crescimento semelhantes entre si, com o valor máximo de taxa de crescimento registado de 80,8% (S75%) e o mínimo de 56,6% (IO).

Em relação aos crescimentos de ramos do ano (Figura 7 B), o pomar Tradicional apresentou valores superiores de crescimento dos ramos anuais ($p < 0,001$) comparativamente aos restantes pomares durante todo ciclo; também entre o pomar Superintensivo obteve valores significativamente superiores aos do pomar Intensivo ($p < 0,01$, 1ª medição; $p < 0,05$, 2ª, 3ª e 4ª medições) ao longo do ciclo. Ao nível da comparação verdasca-esporão, os crescimentos em verdascas registaram valores superiores comparativamente aos crescimentos em esporões ($p < 0,05$). Foi possível observar uma fase de crescimento mais acentuado até próximo dos 45 DAPF, após o que a curva sofreu uma estagnação, no entanto nas modalidades Otimizada e 50% de carga do pomar Tradicional foi possível observar crescimento até aos 88 DAPF.

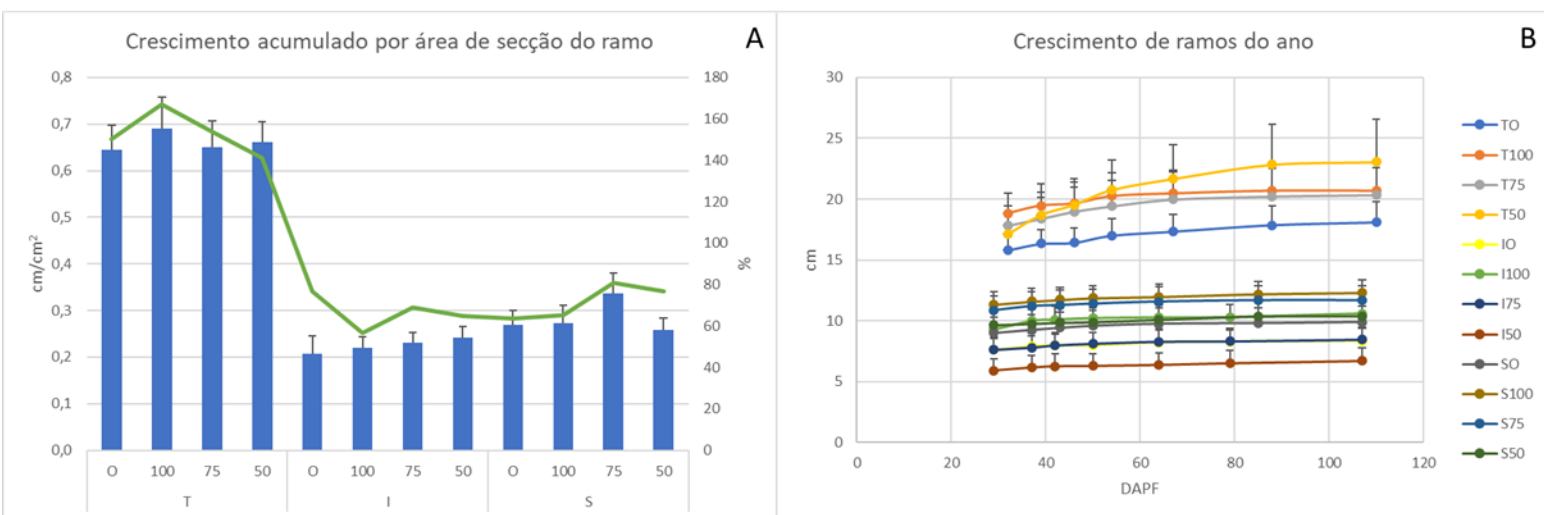


Figura 7 – Crescimento médio acumulado por área de secção de ramo (cm/cm^2) por pomar (Tradisional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) (barras azuis) e a sua variação média, em percentagem, entre o início e o fim do ciclo (linha verde) e crescimento dos ramos do ano (cm) (B); $n=18$. Diferenças significativas e respetivos valores de p -value apresentados no Anexo 8.2.

Os pomares Tradicional e Intensivo apresentam o maior volume de copa por hectare (Figura 8 B), tendo o pomar Superintensivo apresentado volumes significativamente inferiores ($p < 0,001$). Em relação ao volume de copa por árvore os resultados são semelhantes ao anterior, no entanto os valores do pomar Superintensivo já são superiores, reduzindo a diferença significativa para o pomar Intensivo ($p < 0,05$). É de notar valores significativamente mais altos na modalidade O quando comparada com a modalidade 100% ($p < 0,05$), salientando-se o valor obtido em SO. O número de gomos florais apresentou-se fortemente influenciado pelo tipo de pomar ($p < 0,001$), como o pomar Tradicional a apresentar uma razão de gomos florais por

volume de copa mais elevada (Figura 8 D). O pomar Intensivo, mesmo apresentando valores baixos, obteve valores superiores aos do pomar Superintensivo.

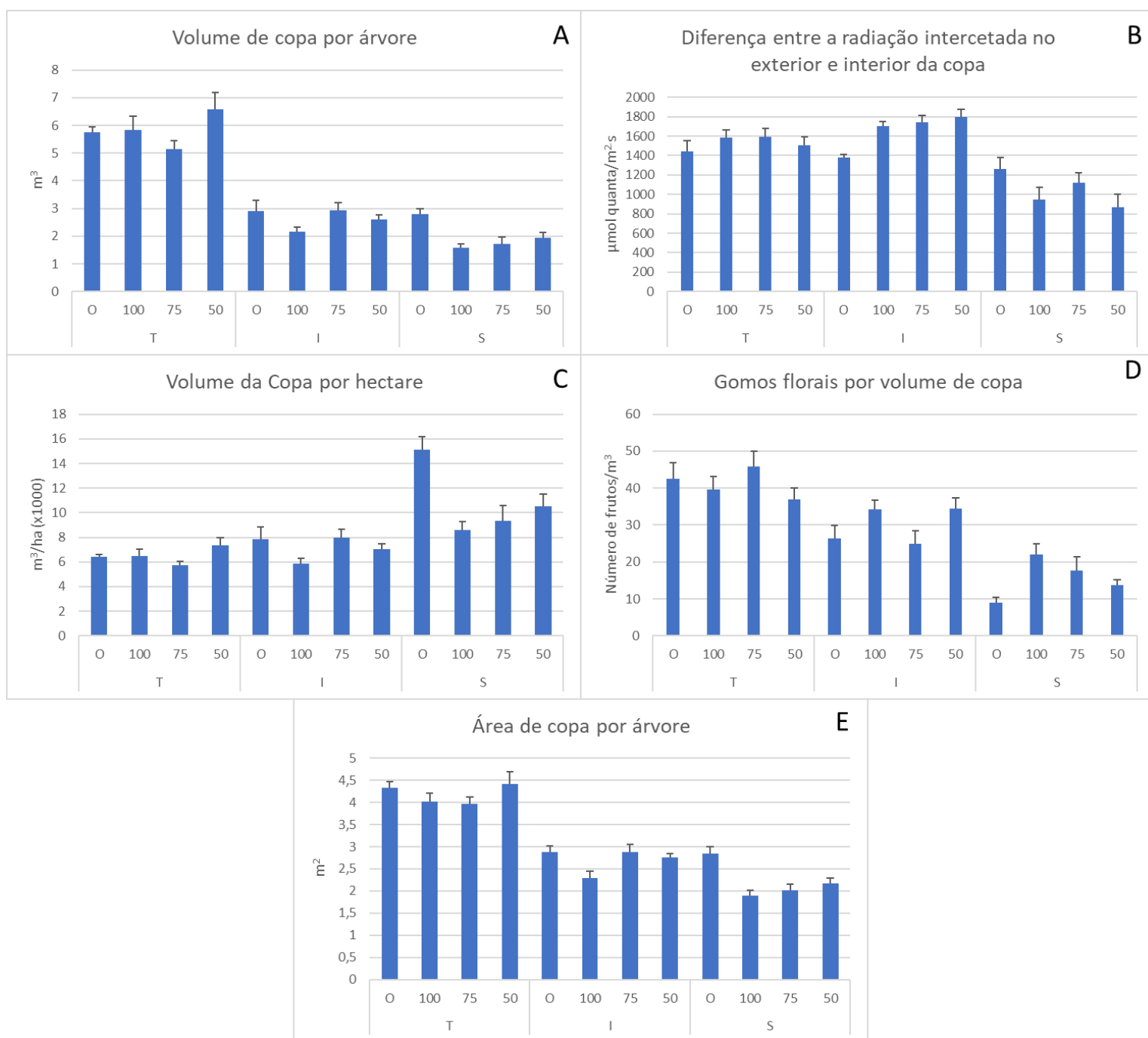


Figura 8 - Volume médio de copa por árvore (m^3) no início do ciclo (A), diferença média de radiação intercetada ($\mu mol\ quanta/m^2 \cdot s$) entre o exterior e o interior da copa (B), volume médio de volume de copa por hectare árvore ($m^3/ha \times 1000$) no início do ciclo (C) e número médio de gomos florais por volume de copa (N° de frutos/ m^3) (D), área média de copa por árvore (m^2) no início do ciclo (E) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%); $n=9$. Diferenças significativas e respetivos valores de p -value apresentados no Anexo 8.2.

Através da observação dos gráficos ilustrativos das dimensões da copa (Figura 9) é possível observar algumas diferenças entre os pomares, sendo que em todos os parâmetros de caracterização das dimensões das plantas, os valores quantificados no pomar Tradicional foram superiores ($p<0,001$) aos restantes pomares quer nas larguras da linha e da entrelinha, como nas alturas ($p<0,001$). Também nas alturas ($p<0,001$) e nas larguras ($p<0,05$) o pomar Superintensivo apresentou valores superiores aos do pomar Intensivo.

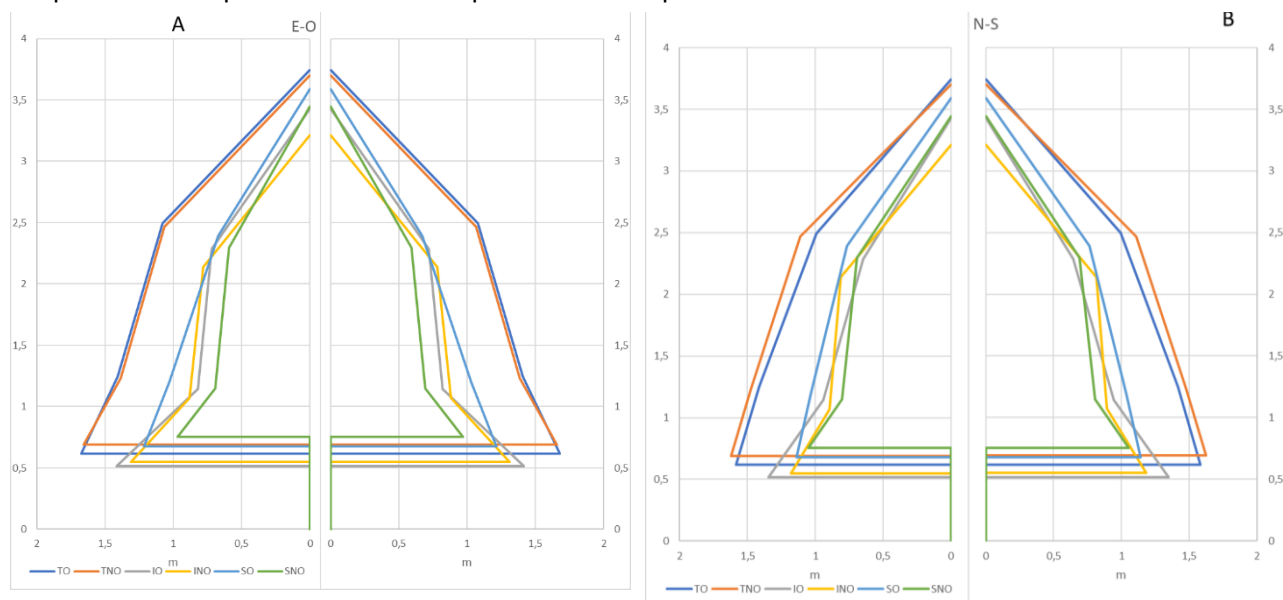


Figura 9 - Forma média da copa de cada árvore no sentido da entrelinha (E-O) (A) e na linha (N-S) (B) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por tipo de modalidade, Otimizada (O) e Não Otimizada (NO, engloba carga a 50%, 75% e 100%); n=9. Diferenças significativas e respetivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.

Nos pomares Intensivo e Superintensivo o ciclo de floração (Quadro 2) foi bastante semelhante, tendo ocorrido os três estágios, de maior importância para este estudo, nos mesmos dias. Já o pomar Tradicional começou a floração três dias mais tarde que os outros dois pomares, no entanto a plena floração ocorreu três dias mais cedo. No entanto, o fim da floração deu-se no mesmo dia, o que indica um período mais longo de floração do pomar Tradicional.

Quadro 3 - Calendário de floração dos três pomares (Tradicional, Intensivo e Superintensivo) e as suas datas de início de floração, plena floração e vingamento.

	Início de floração	Plena floração	Vingamento
Tradicional	28/mar	03/abr	14/abr
Intensivo	25/mar	06/abr	14/abr
Superintensivo	25/mar	06/abr	14/abr

4.1.2. Indicadores produtivos durante o crescimento dos frutos

O pomar com maior taxa de vingamento média (Figura 10) foi o pomar Superintensivo com valores acima dos 50%, seguindo-se o pomar Intensivo com valores entre 45 e 55%, e, por fim,

o pomar Tradicional com valores abaixo dos 30% ($p < 0,001$ em todas as comparações entre pomares). Em relação às modalidades, foram observadas diferenças significativas entre 100 e 75 ($p < 0,05$). O valor médio da taxa de vingamento no exterior da copa foi sempre superior ao valor registado dentro da copa ($p < 0,001$). Não foram quantificadas diferenças significativas entre os vingamentos em verdascas e em esporões nem entre os vingamentos no lado de fora e de dentro da copa.

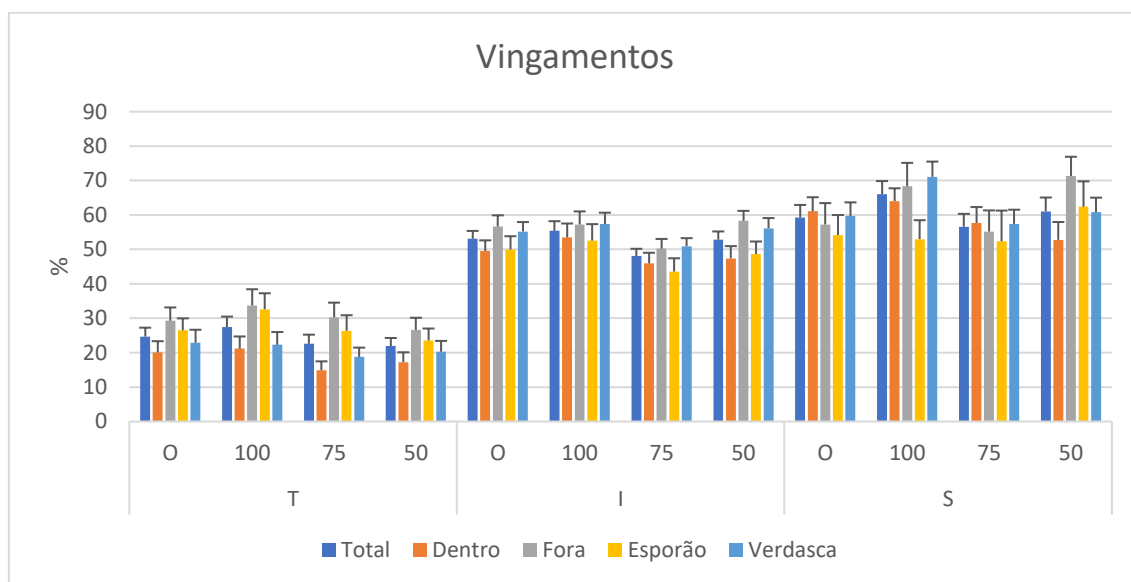


Figura 10 - Taxa média de vingamentos (%) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%), sendo indicadas as percentagens totais (Total), as obtidas no exterior (Fora) e no interior (Dentro) da copa e as obtidas em verdascas e esporões; $n=72$. Diferenças significativas e respetivos valores de p -value apresentados no Anexo 8.2.

A diferença entre o número de frutos esperados e o número de frutos real foi maior no pomar Tradicional, e menor no pomar Superintensivo, como se pode observar na Figura 11 A. No momento do ajustamento da carga, o pomar Tradicional e o pomar Intensivo apresentaram maior valor médio de frutos por volume de copa que o pomar Superintensivo ($p < 0,001$) (Figura

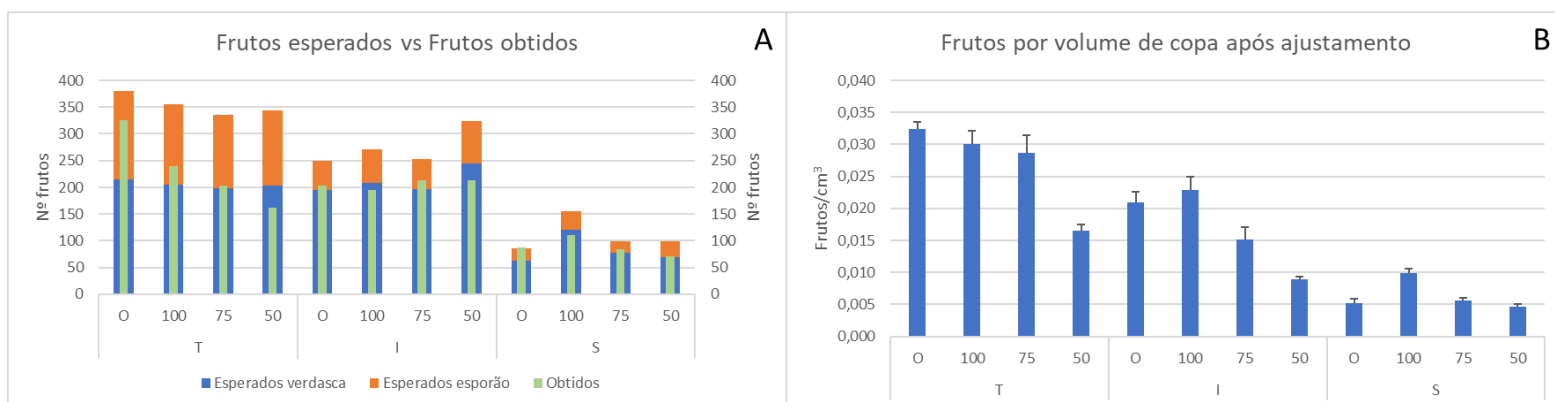


Figura 11 - Número de frutos esperados (Nº de frutos, esquerda) em esporões e verdascas comparado com o número de frutos obtidos após vingamento (Nº de frutos, direita) (A) e número médio de frutos após ajustamento para volume de copa (Frutos/cm³) (B) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%); $n=9$. Diferenças significativas e respetivos valores de p -value apresentados no Anexo 8.2.

11 B). As modalidades de 100% de carga apresentaram número de frutos significativamente maior que a modalidade otimizada ($p < 0,01$).

O crescimento dos frutos ao longo do tempo está representado na Figura 12. No pomar Tradicional todas as modalidades apresentaram um comportamento semelhante, notando-se apenas uma separação em dois grupos, no período final do crescimento, com as modalidades T50 e T75 a apresentarem valores de diâmetro médio dos frutos mais elevado (65,20 mm e 64,90 mm, respetivamente) do que as modalidades TO (62,81 mm) e T100 (62,54 mm). No pomar Intensivo a modalidade I50 apresentou valores mais altos (65,25 mm), seguindo-se a I75 (63,96 mm), I100 (63,47 mm) e por fim a IO (62,13 mm). No pomar Superintensivo, a modalidade SO apresentou valores de diâmetro dos frutos mais elevados durante todo o período de crescimento (valor final de 67,35 mm), tendo as restantes modalidades apresentado valores ligeiramente inferiores. No final do crescimento, o pomar Superintensivo apresentou frutos com diâmetros maiores que os restantes pomares ($p < 0,001$). Na medição a seguir à colocação da tela (dia 29/07/2021, 118 DAPF) observou-se um aumento no crescimento dos frutos da modalidade TO.

Já na comparação entre frutos produzidos em verdasca e em esporão os valores foram significativamente diferentes ($p < 0,05$) com frutos produzidos em verdascas a atingir um diâmetro superior do que os frutos produzidos em esporão, com valores médios de 65,02 mm e 63,71 mm, respetivamente.

Na medição a seguir à colocação da tela (dia 29/07/2021, 118 dias após a plena floração, assinalada na figura 10 A com uma seta de cor vermelha) observou-se um aumento no crescimento dos frutos da modalidade IO.

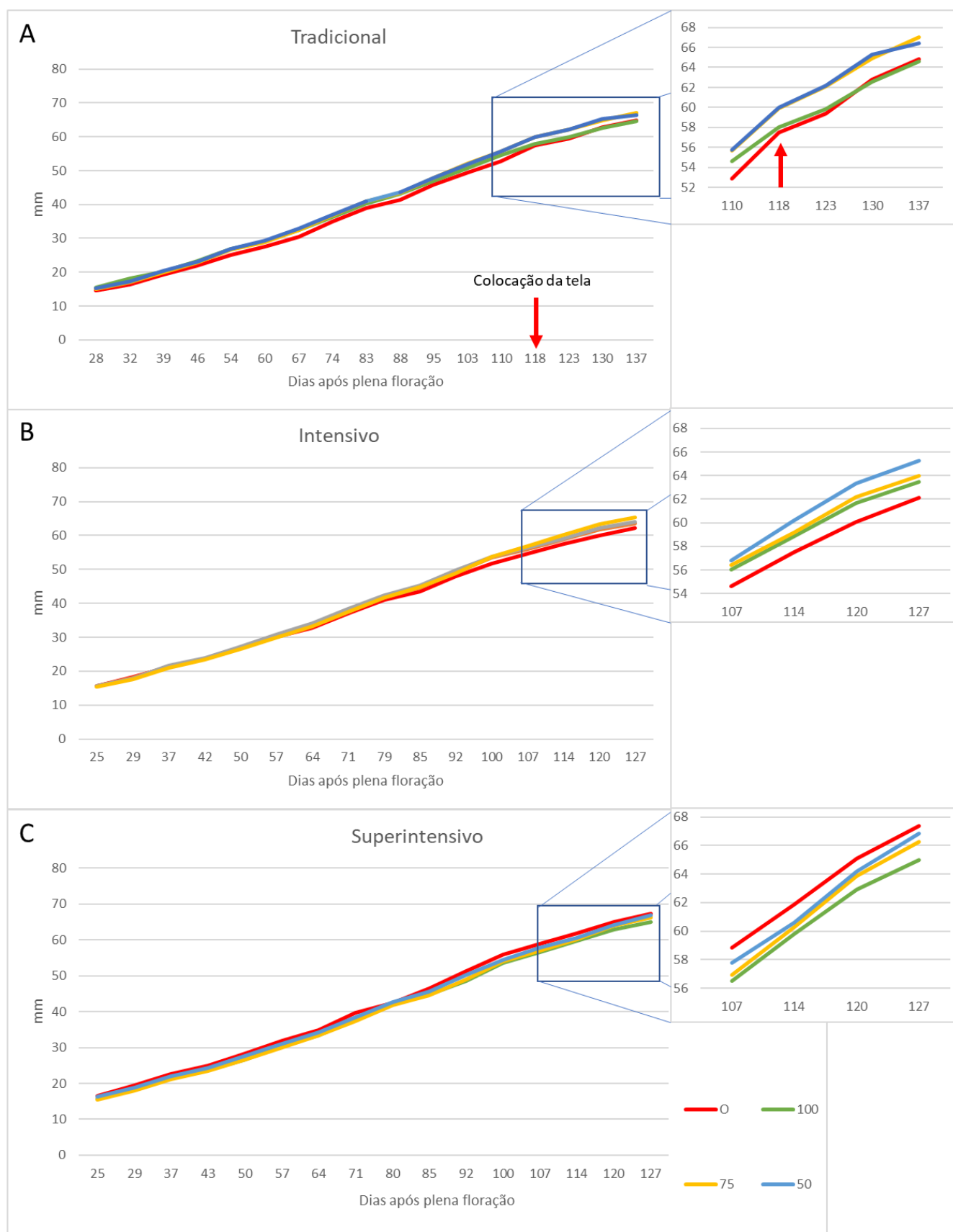


Figura 12 - Crescimento médio dos frutos (em mm) ao longo do ciclo de crescimento (dias após plena floração) por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) nos pomares Tradicional (A), Intensivo (B) e Superintensivo (C), com uma ampliação dos valores nas últimas datas de medição, para que seja possível visualizar as diferenças entre as curvas; $n=36$. Setas vermelhas em A: colocação da tela na modalidade Otimizada. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.

4.1.3. Indicadores produtivos à colheita

Os valores de peso dos frutos por área de secção do tronco (AST) apresentaram uma tendência de decréscimo do pomar Tradicional para o Superintensivo ($p < 0,05$), e relativamente às modalidades, de Otimizado para 100% ($p < 0,05$), com a diminuição do valor da carga (Figura 13 A). O peso médio obtido por fruto apresentou diferenças significativas entre os três pomares (Figura 13 B), com valores mais altas no pomar Superintensivo e mais baixos no pomar Intensivo ($p < 0,001$). Também as modalidades de 75% e 50% obtiveram valores superiores em cada pomar ($p < 0,001$ para O vs 50 e $p < 0,05$ para O vs 75).

À colheita os valores médios de frutos por área de secção de tronco (Figura 13 C), apresentaram uma relação direta positiva com o nível de carga, com exceção na modalidade I100 e S75, com valores superiores à modalidade com nível de carga mais elevado.

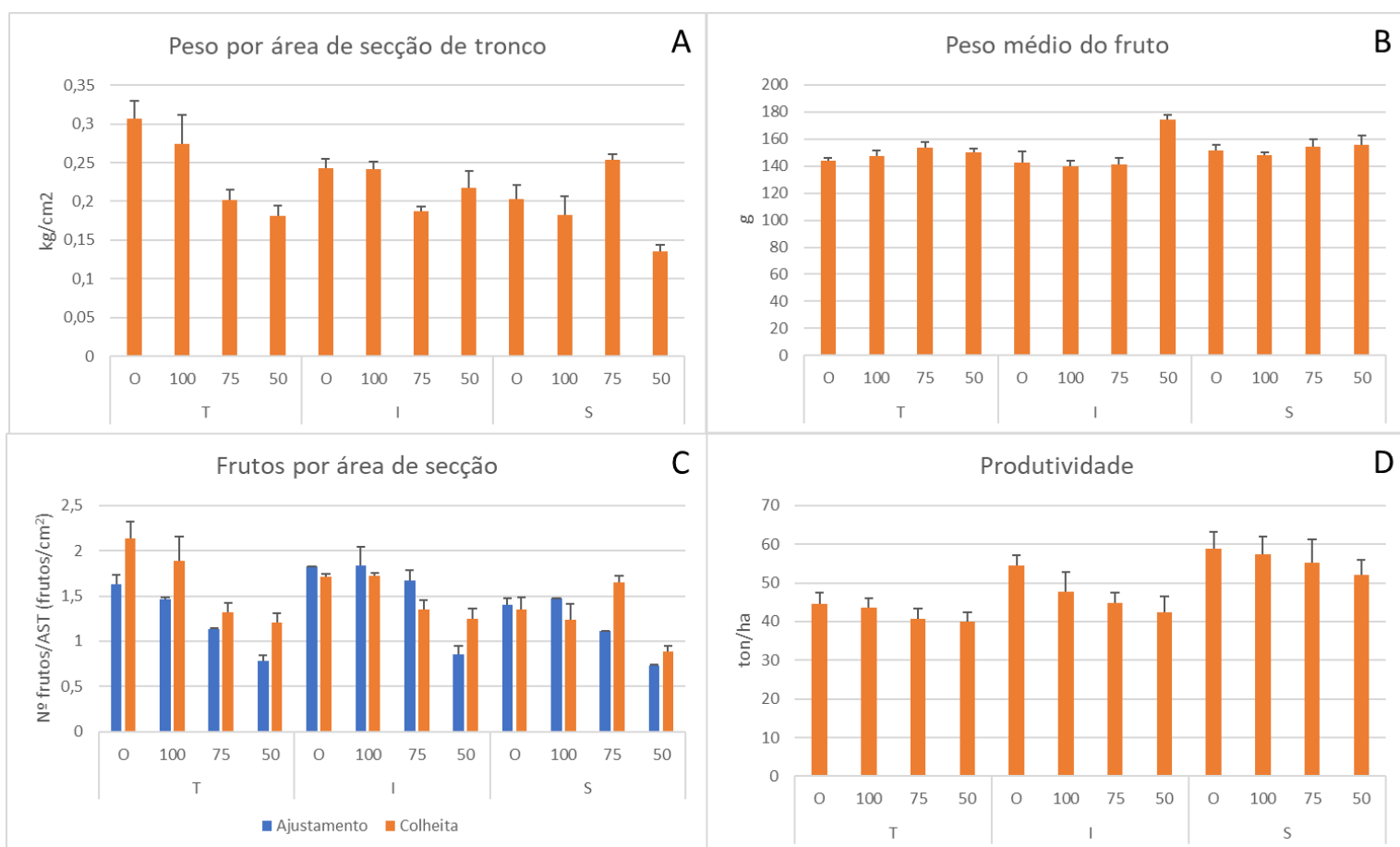


Figura 13 - Peso por área de secção de tronco médio (kg/cm²), no momento da colheita (A), peso médio do fruto (g), no momento da colheita (B), número médio de frutos por unidade de área de secção de tronco (frutos/cm²), no momento do ajustamento da carga e no momento da colheita (C) e valores de produtividade média (ton/ha), com base na produção final (D) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%; n=6. Diferenças significativas e respetivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.

Ao nível da produtividade (Figura 13 D), os valores apresentaram uma tendência decrescente da modalidade Otimizada para a de 50% em todos os pomares (diferenças significativas entre O e

100, $p < 0,01$), com valores significativamente mais baixos no pomar Tradicional e mais altos no Superintensivo ($p < 0,001$).

Os calibres dos frutos à colheita estão apresentados na Figura 14, sendo possível observar que, no pomar Tradicional o calibre 60-65 foi predominante, e que ocorreu um aumento do número de frutos de calibre 65-70 da modalidade TO para T50. No pomar Intensivo, o calibre predominante foi o 65-70, com exceção da modalidade IO com o calibre 60-65, e na modalidade I50 o calibre 65-70 ficou a par com o calibre 70-75. Nesse pomar também se observou um aumento do calibre 70-75, da modalidade IO para a modalidade I50. No pomar Superintensivo o calibre predominante também foi o 60-65.

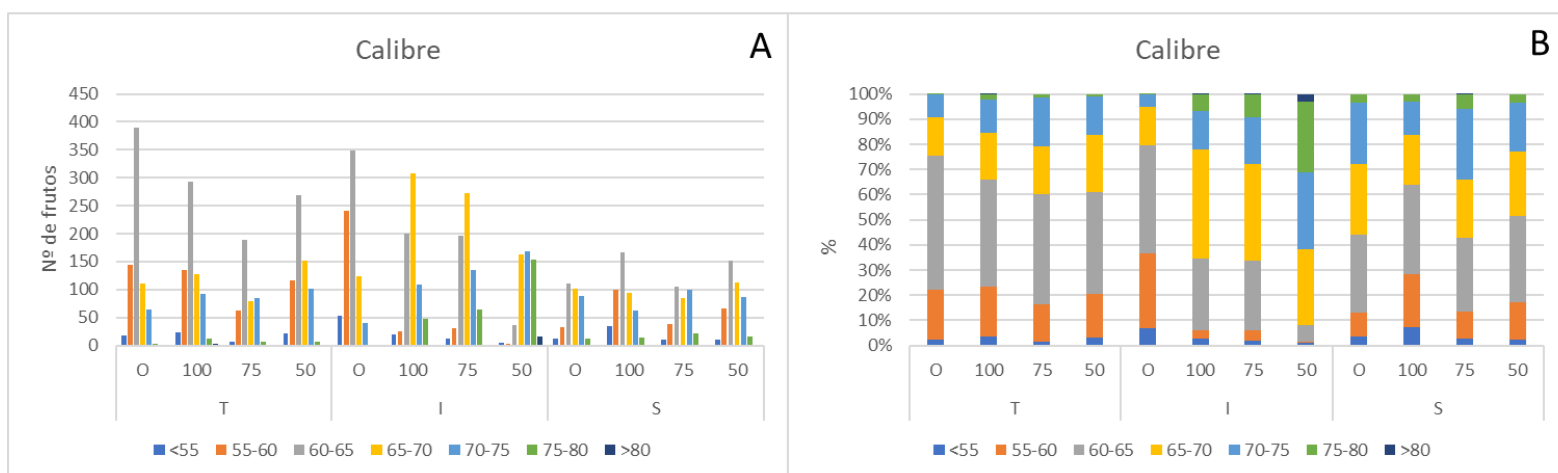


Figura 14 - Distribuição da produção por calibres (número de frutos) (A) e proporção de calibre (% do total de frutos) (B) por pomar (Tradisional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%); $n=6$. Diferenças significativas e respectivos valores de p -value apresentados no Anexo 8.2.

Dada a importância das ocorrências de Estenfiliose nos frutos para a produção final este fator foi também contabilizado (Figura 15), nos pomares Intensivo e Superintensivo, já no pomar Tradicional os casos ocorridos foram em quantidade muito residual, não sendo, por isso,

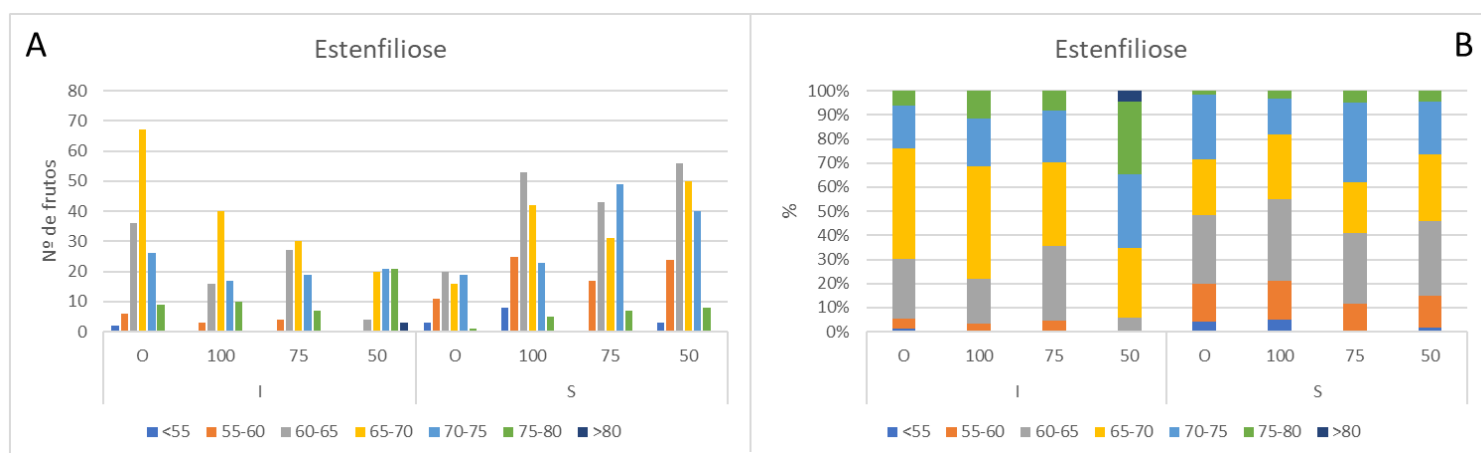


Figura 15 - Valores absolutos de ocorrências de Estenfiliose (Nº de frutos) (A) e proporção de frutos com ocorrência de Estenfiliose (B) por calibre por pomar (Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%); $n=6$. Diferenças significativas e respectivos valores de p -value apresentados no Anexo 8.2.

apresentados. No pomar Superintensivo os valores de casos de Estenfiliose observados foram significativamente superiores ($p < 0,001$) aos observados no pomar Intensivo. No pomar Superintensivo observam-se valores superiores na modalidade I50, embora com também valores elevados nas modalidades I100 e I75, enquanto no pomar Intensivo observaram-se valores superiores na modalidade IO, no entanto através do teste estatístico, estas diferenças entre modalidades não foram consideradas significativas.

4.1.4. Indicadores de Qualidade dos frutos

A percentagem de matéria seca presente nos frutos está apresentada na Figura 16. Observou-se um decréscimo dos valores ao longo do ciclo de desenvolvimento dos frutos, não sendo possível observar diferenças significativas nas modalidades e nos pomares, apenas na última medição foi observada uma percentagem de matéria seca no pomar Superintensivo inferior à observada nos dois outros pomares ($p < 0,001$).

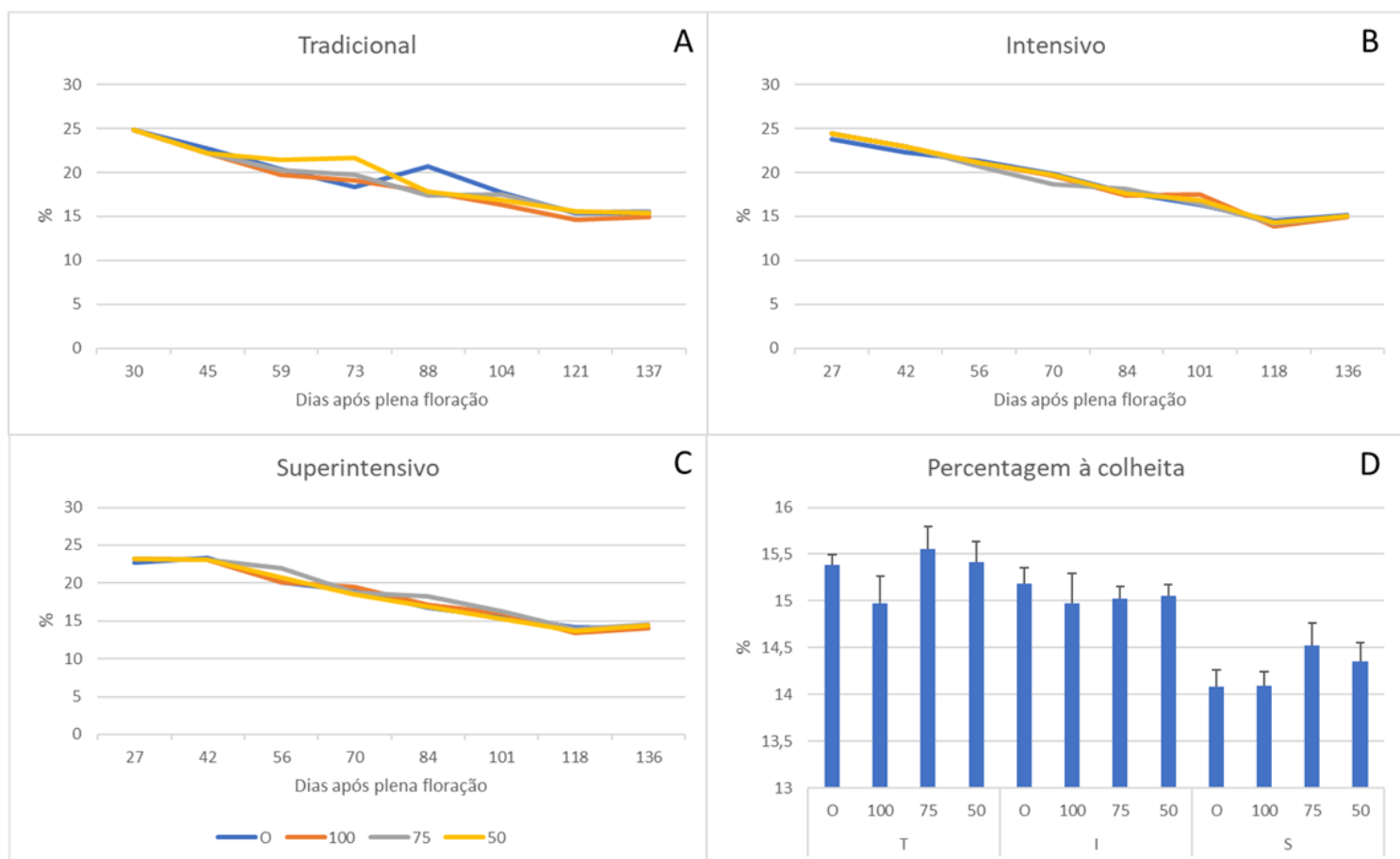


Figura 16 - Variação média da percentagem de matéria seca ao longo do ciclo (dias após a plena floração) entre as modalidades (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) nos pomares Tradicional (A), Intensivo (B) e Superintensivo (C) ($n=10$); Valores médios de percentagem de matéria seca à colheita (D); $n=6$. Diferenças significativas e respetivos valores de p -value apresentados no Anexo 8.2.

Em relação ao teor de açúcares solúveis, apresentado na Figura 17, todos os pomares apresentaram comportamentos semelhantes, revelando um crescimento constante, sendo que o pomar tradicional apresentou um teor inicial superior aos restantes. Na medição final, todos os pomares apresentaram valores médios significativamente diferentes entre si ($p < 0,001$, exceto S vs I, 0,01), com o pomar tradicional a apresentar o teor superior, acima dos 12,5 °Brix. Relativamente às modalidades, a 100% apresentou valores consistentemente inferiores a 75% ($p < 0,05$).

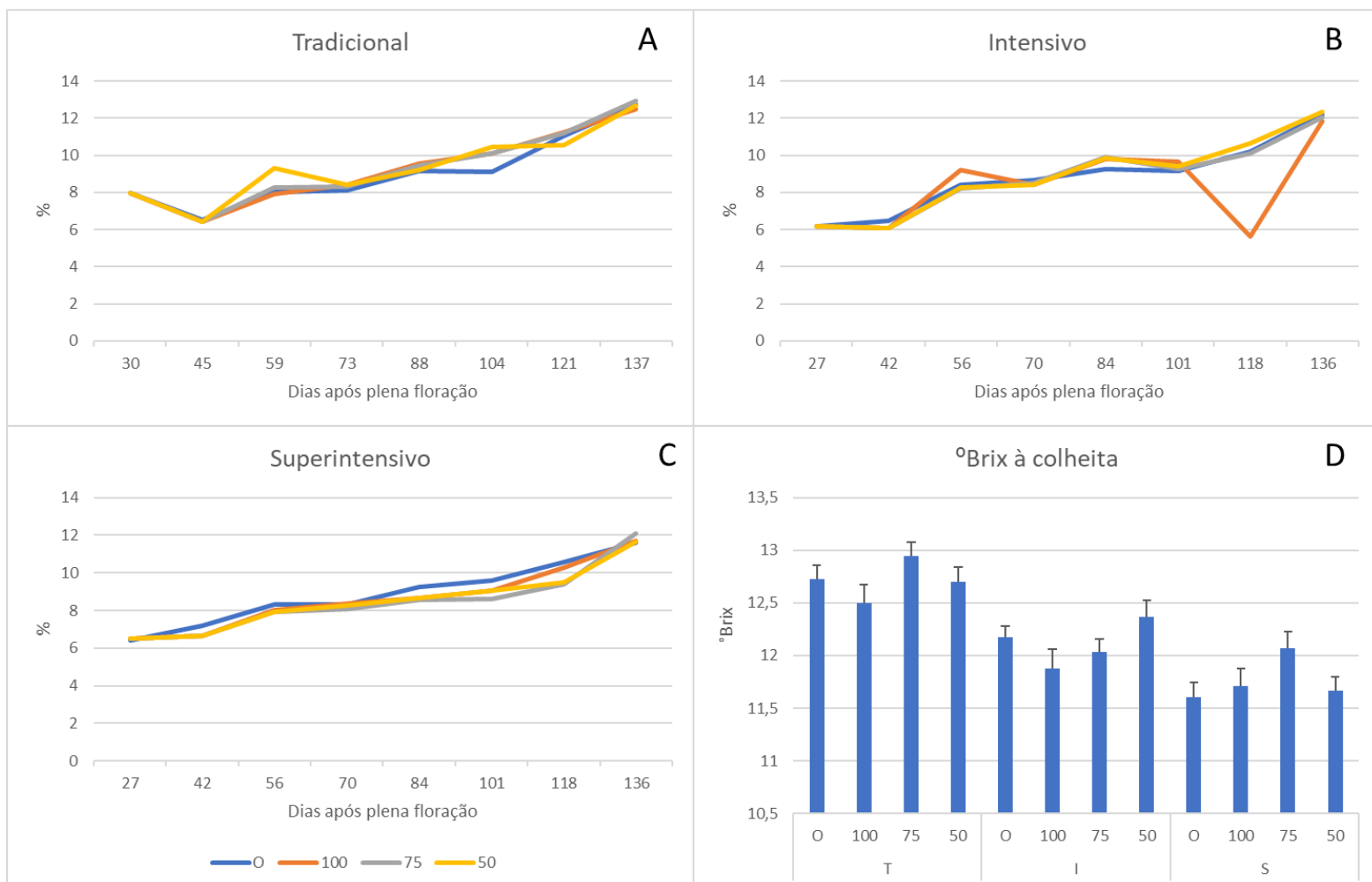


Figura 17 - Variação média do teor de sólidos solúveis (°Brix) ao longo do ciclo (dias após a plena floração) entre as modalidades (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) nos pomares Tradicional (A), Intensivo (B) e Superintensivo (C) ($n=10$); Valores médios de teor de sólidos solúveis à colheita (D); $n=30$. Diferenças significativas e respetivos valores de p -value apresentados no Anexo 8.2.

Os valores de dureza à colheita (Figura 18) foram significativamente superiores nos pomares Superintensivo e Tradicional ($p < 0,001$). Ainda que sem diferenças significativas, as modalidades de 50% apresentaram sempre os valores mais elevados dentro das modalidades não otimizadas.

Relativamente à acidez (Figura 19), o pomar Tradicional obteve valores ligeiramente superiores, em relação aos restantes pomares, com valor mais alto na modalidade T75, com 0,029 meq/L, e mínimo na modalidade TO, não se tendo verificado diferenças significativas. O pomar Intensivo

registou os valores mínimos totais, com IO e I100 a obter valores muito próximos, ambos com 0,0169 meq/L, tendo o máximo deste pomar sido atingido na modalidade I50. No pomar Superintensivo, o valor máximo registou-se na modalidade S75 e mínimo na modalidade SO.

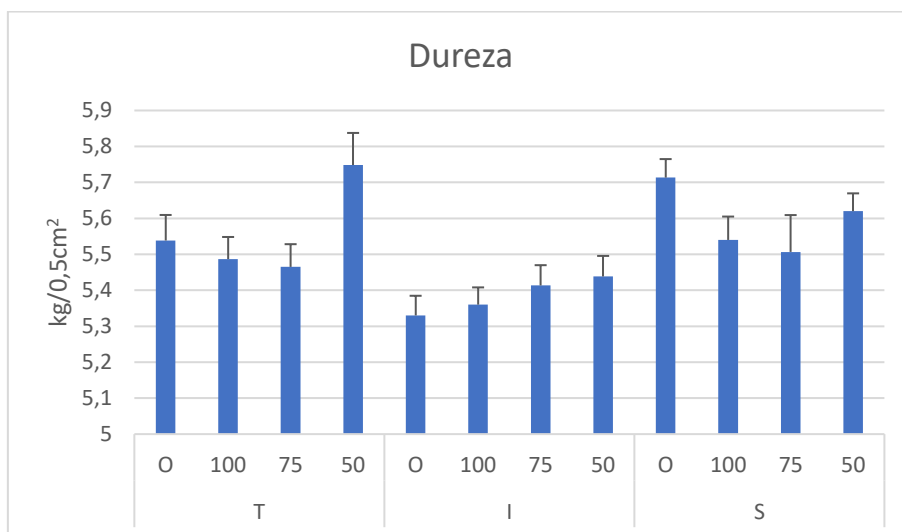


Figura 18 - Valores de dureza média (kg/0,5cm²) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%), no momento da colheita; n=30. Diferenças significativas e respetivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.

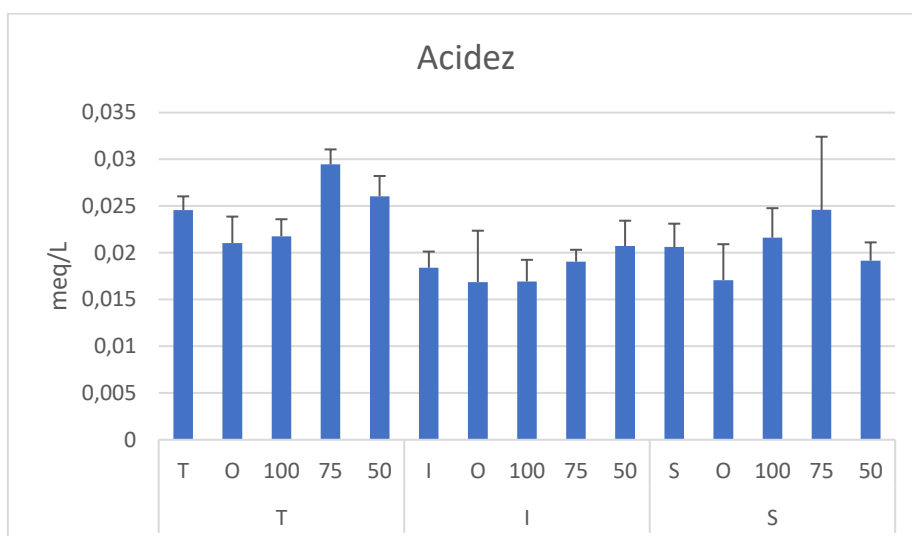


Figura 19 - Valor médio de acidez total (meq/L) nos frutos por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%), no momento da colheita; n=3. Diferenças significativas e respetivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.

Na relação diâmetro/peso fresco dos frutos, todos os pomares e modalidades registaram comportamentos semelhantes ao longo do ciclo, tendo sido possível ajustar uma reta de

equação exponencial a todos os tratamentos (Figura 20). Na última data de medição verificou-se uma superioridade do pomar Superintensivo em relação ao Intensivo ($p < 0,05$).

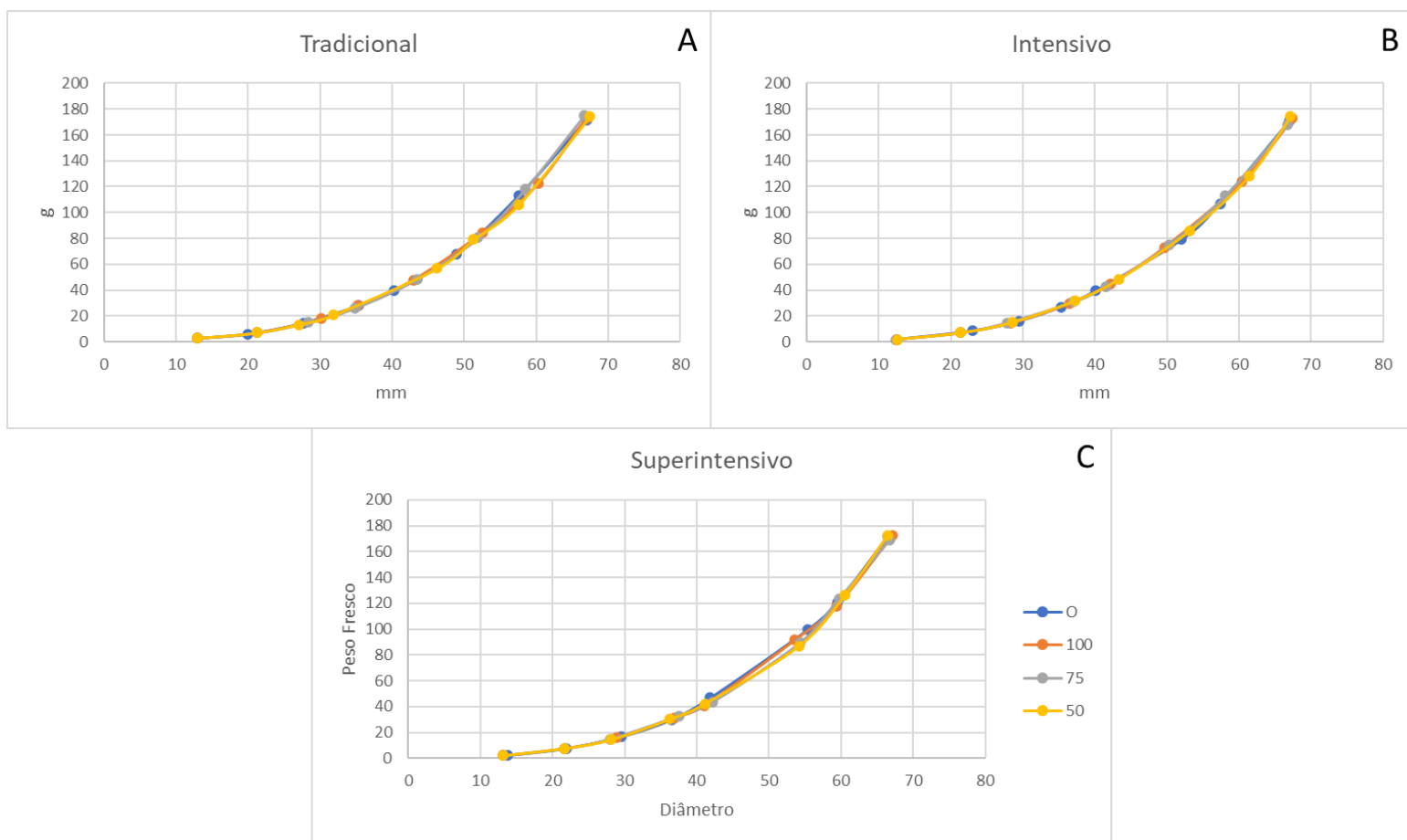


Figura 20 - Evolução da relação entre o peso fresco dos frutos (g) e o diâmetro médio dos mesmos (mm) ao longo do ciclo entre as modalidades (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) nos pomares Tradicional (A), Intensivo (B) e Superintensivo (C); $n=30$; Diferenças significativas e respectivos valores de p -value apresentados no Anexo 8.2.

Os parâmetros de cor dos frutos encontram-se apresentados na Figura 21, na qual se observa uma grande estabilidade de valores da tonalidade da cor ($^{\circ}$ Hue), de croma (C^*) e de luminosidade (L^*) entre pomares e modalidades, tendo, no entanto, o pomar Tradicional apresentado valores significativamente inferiores dos três parâmetros quantificados ($p < 0,001$, com exceção de T vs S para L^* , com $p < 0,05$).

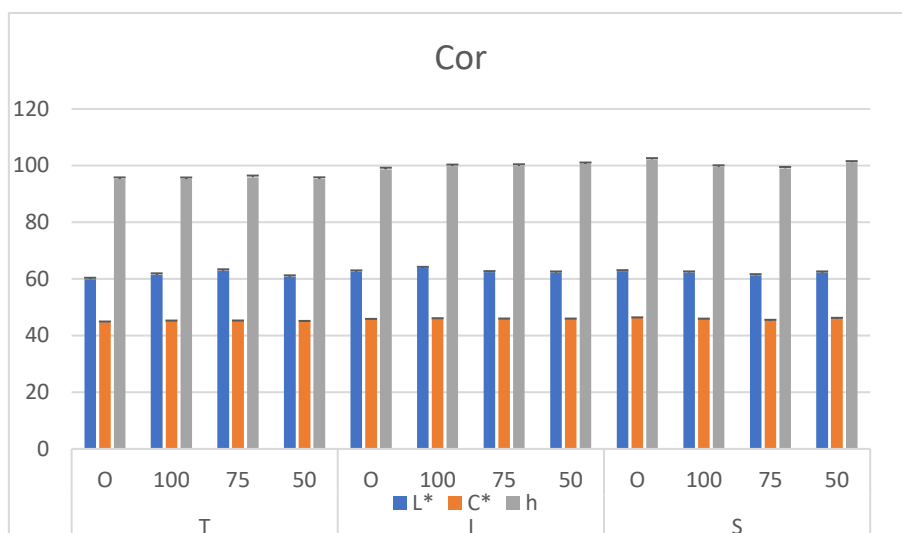


Figura 21 - Valores da escala de cor (L^*C^*h), a luminosidade (L^*), o croma (C^*) e a tonalidade da cor (h) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%; $n=40$). Diferenças significativas e respectivos valores de p -value apresentados no Anexo 8.2.

4.2. Parâmetros fisiológicos não invasivos

As taxas de fotossíntese líquida (A) medidas no período da manhã do lado Este da copa e no período da tarde do lado Oeste da copa, no exterior e no interior da copa, bem como os valores de intensidade luminosa média nos momentos das medições estão apresentados na Figura 22. No pomar Intensivo foram obtidos valores significativamente inferiores aos dos restantes pomares ($p < 0.001$). relativamente às modalidades, verificaram-se diferenças significativas entre Otimizada e 50% ($p < 0.05$), independentemente do pomar. Na zona de fora da copa foram observadas taxas de fotossíntese significativamente diferentes ($p < 0.001$) dos valores quantificados na zona de dentro da copa.

Os valores de condutância estomática (g_s) (Figura 23) apresentaram-se significativamente diferentes entre os pomares ($p < 0.001$), com o pomar Tradicional a apresentar os valores mais elevados e o pomar Intensivo os mais baixos. No lado exterior da copa obtiveram-se valores significativamente mais altos que no interior ($p < 0.001$).

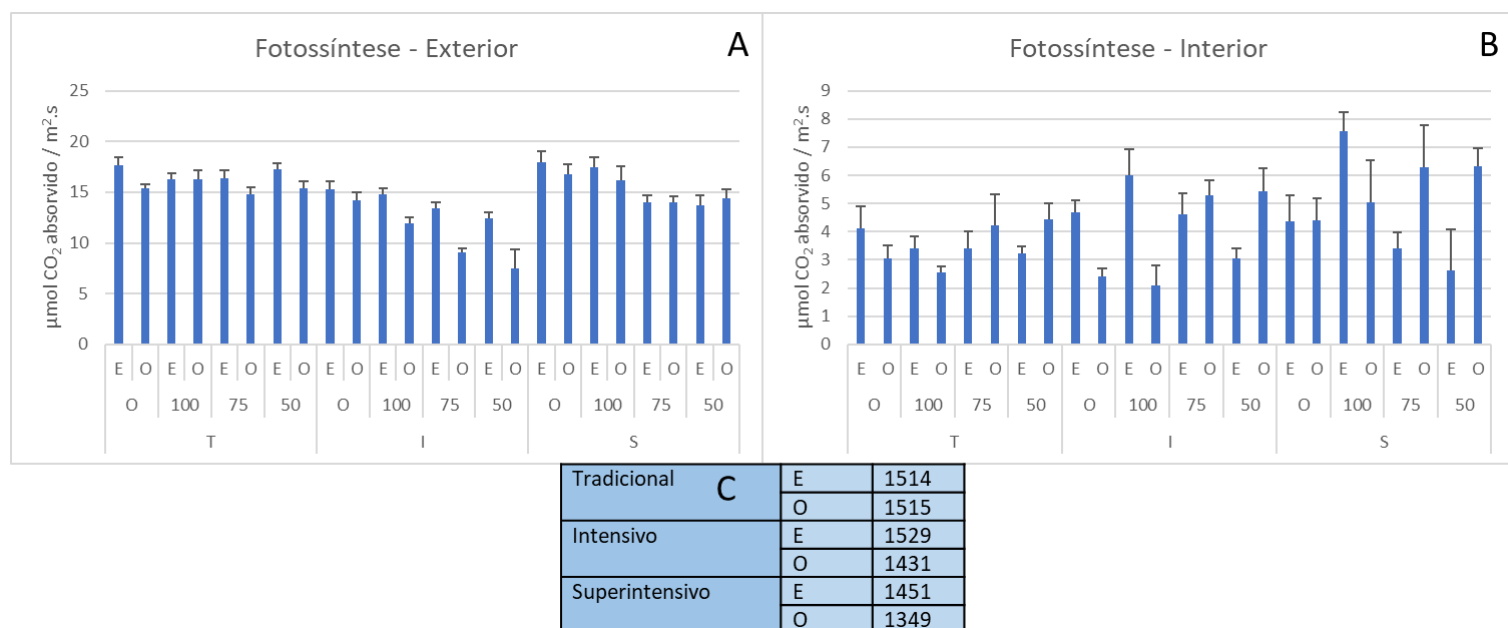


Figura 22 - Valores médios de taxa de fotossíntese líquida ($\mu\text{mol CO}_2$ absorvido / $\text{m}^2.\text{s}$) por pomar (Tradisional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%), no período da manhã (E, lado Este da copa) e no período da tarde (O, lado Oeste da copa), no exterior (A) e no interior (B) da copa; C: Intensidade luminosa média nos momentos das medições nos respetivos pomares e momentos do dia ($\mu\text{mol quanta} / \text{m}^2$); $n=6$. Diferenças significativas e respetivos valores de p -value apresentados no Anexo 8.2.

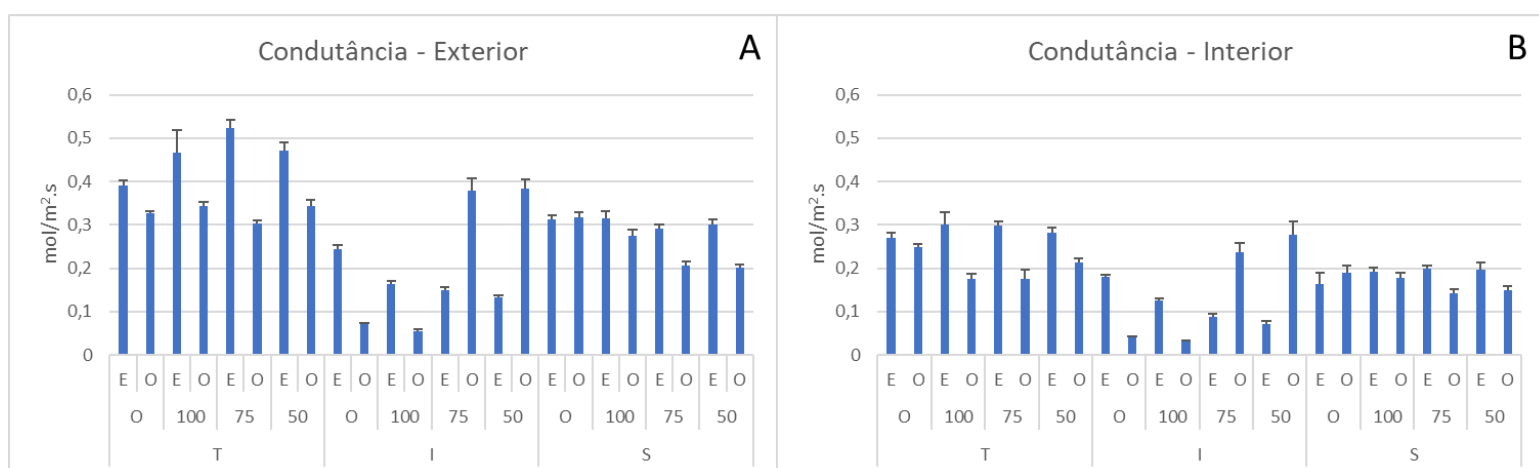
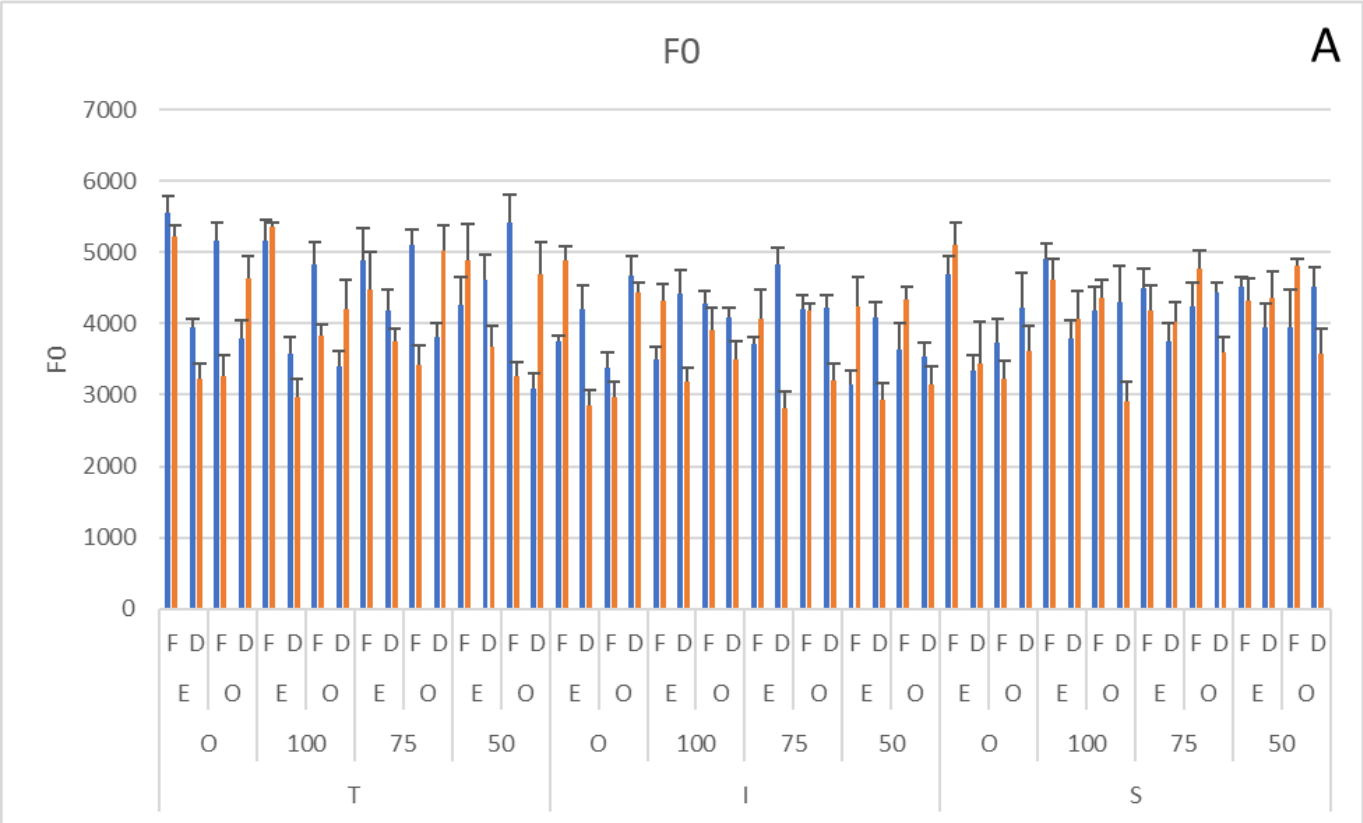


Figura 23 - Valores médios de condutância estomática (gs) ($\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$) por pomar (Tradisional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%), no período da manhã (E, este) e no período da tarde (O, oeste), no exterior (A) e interior (B) da copa; $n=6$. Diferenças significativas e respetivos valores de p -value apresentados no Anexo 8.2.

Os valores obtidos na quantificação de parâmetros de fluorescência da clorofila em folhas em duas datas ao longo do ciclo (Data 1 e Data 2) encontram-se apresentados na Figura 24. O parâmetro F_0 (fluorescência basal) apresentou valores significativamente mais altos na primeira data de medição ($p<0,01$), com as folhas de fora da copa a apresentar valores significativamente mais elevados que as folhas de dentro, em ambas as datas ($p<0,001$). Na 1ª medição o pomar Superintensivo apresentou os valores mais baixos, por oposição ao pomar Tradicional, com os

valores mais altos de F0 ($p < 0,001$ para T vs I, e $p < 0,05$ para T vs S) e na 2ª medição o pomar Tradicional apresentou valores mais altos que o pomar Intensivo ($p < 0,01$). A eficiência máxima do fotossistema II (PSII) (Fv/Fm) apresentou valores significativamente mais altos na primeira data de medição ($p < 0,01$), tendo as folhas do exterior da copa também apresentado valores mais altos ($p < 0,001$ para a Data 1 e $p < 0,05$ para a Data 2) (Figura 24 B). O Índice de feofitinação normalizado (NPQI) apresentou valores significativamente mais altos nas folhas de fora da copa em ambas as datas ($p < 0,001$) (Figura 24 C). Os valores de NPQI foram mais elevados no pomar Superintensivo e mais baixos no Tradicional quando medido na Data 1 ($p < 0,001$ com exceção de T vs I, com $p < 0,05$), tendo, na Data 2, apenas o pomar Superintensivo apresentado valores mais altos que o pomar Intensivo ($p < 0,01$), e não tendo sido encontradas diferenças significativas entre as duas datas.



(Continua na página seguinte)

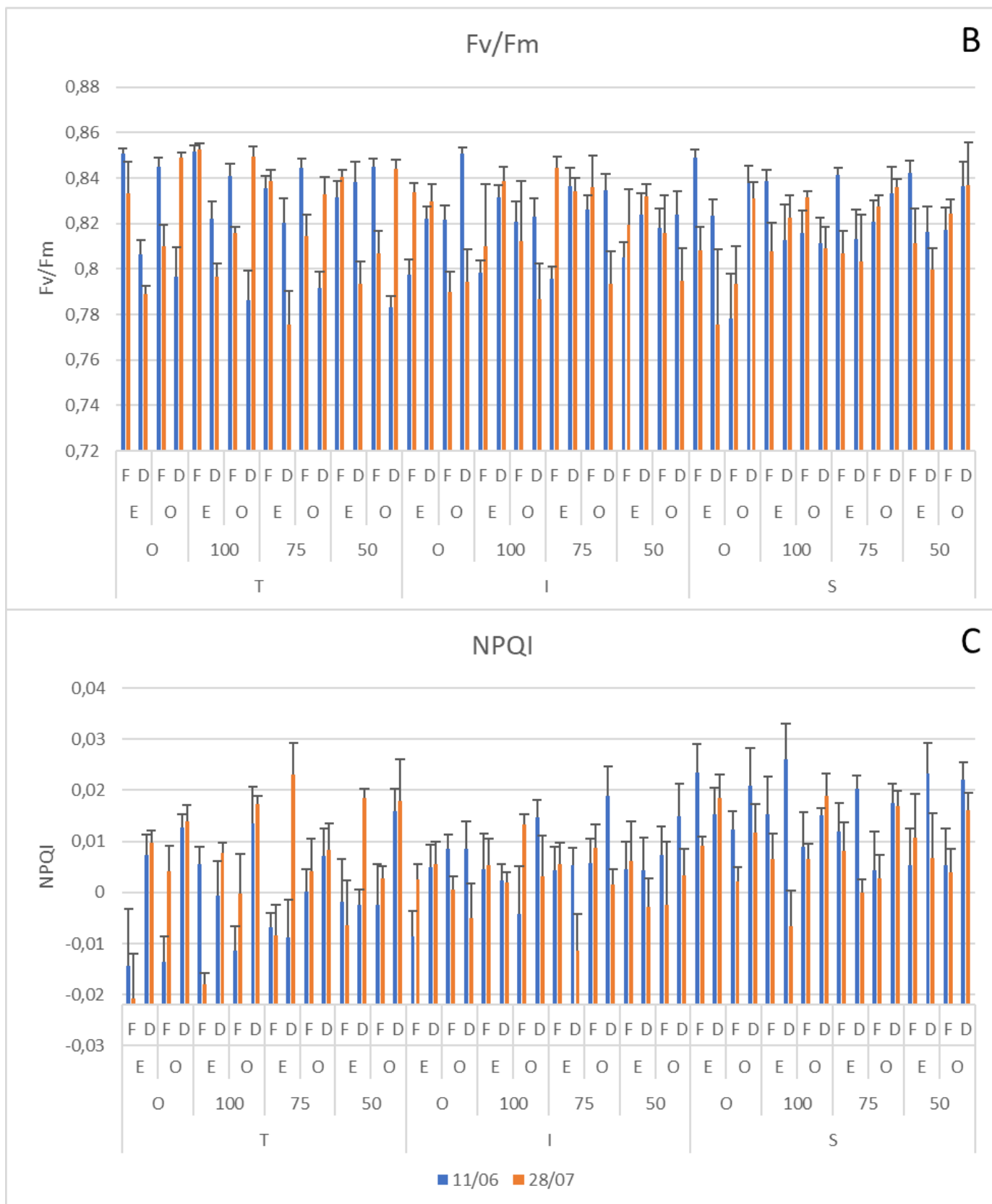


Figura 24 - Valores médios de fluorescência basal (F_0) (A), eficiência máxima do fotossistema II (F_v/F_m) (B) e Índice de feofitinação normalizado (NPQI) (C) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%), no período da manhã (lado Este da copa) e no período da tarde (lado Oeste da copa), no exterior (F) e no interior (D) da copa na 1ª medição (11/06) e na 2ª medição (28/07); n=9. Diferenças significativas e respetivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2

Os valores dos parâmetros índice de vegetação com diferença normalizada (NDVI) e Índice de Refletância Fotoquímica (PRI) estão apresentados na Figura 25, tendo os valores obtidos para ambos os índices nas duas datas de medição apresentado diferenças significativas entre pomares, independentemente da modalidade ($p < 0.001$), tendo os valores mais baixos sido quantificados no pomar Tradicional e os mais altos no Superintensivo. Na primeira data de medição de ambos os índices foram obtidos valores significativamente mais altos que na segunda data ($p < 0,001$). Os valores de PRI obtidos em folhas do lado de dentro da copa foram significativamente mais altos que os medidos em folhas do lado de fora da copa ($p < 0,001$), ao contrário de NDVI, em que não foram encontradas diferenças significativas entre o lado de fora e o de dentro.

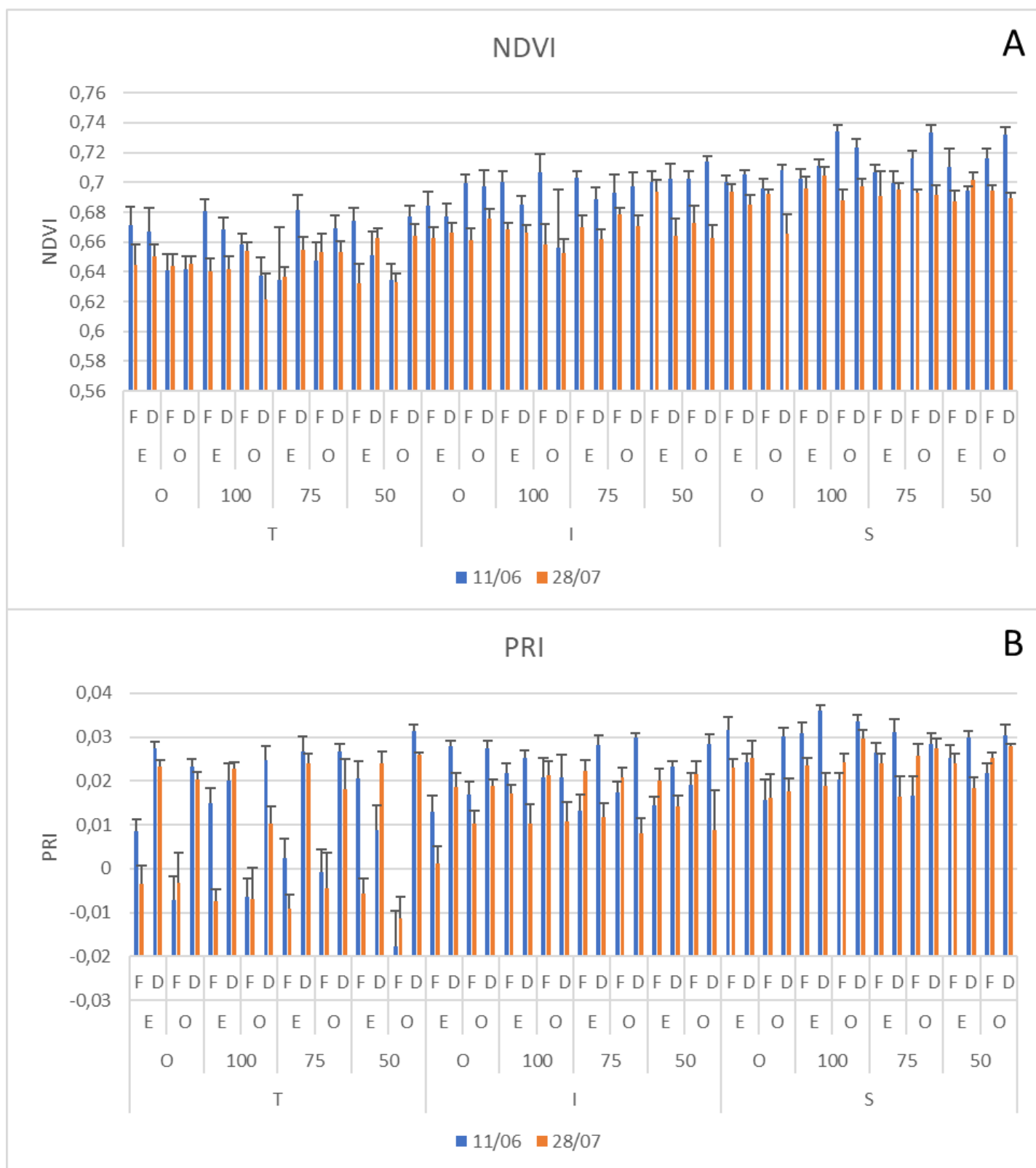
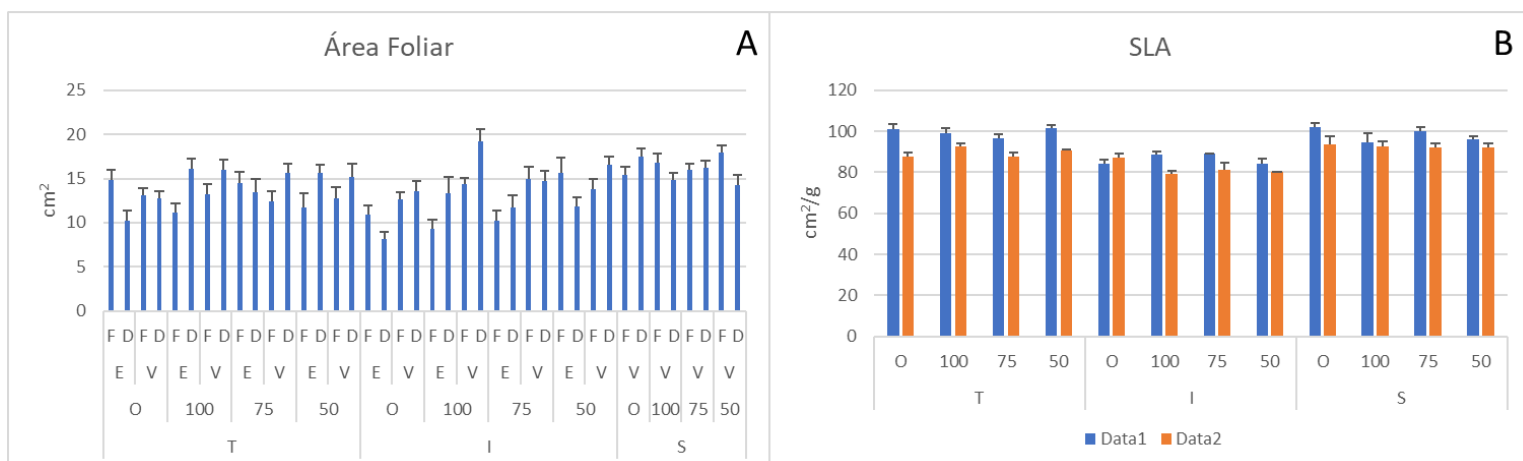


Figura 25 - Valores médios de índice de vegetação com diferença normalizada (NDVI) (A) e de Índice de Refletância Fotoquímica (PRI) (B) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%), no período da manhã (lado Este da copa) e no período da tarde (lado Oeste da copa), no exterior (F) e no interior (D) da copa na 1ª medição (11/06) e na 2ª medição (28/07); n=9. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.

4.3. Área foliar, pigmentos e antioxidantes

4.3.1. Área foliar

Os valores de área foliar estão representados na Figura 26 A. Em média, o pomar Superintensivo apresentou valores médios significativamente mais altos que os restantes pomares ($p < 0,001$). A área foliar específica (SLA), quantificada em duas datas, está representada na Figura 26 B. Dentro de cada pomar as modalidades apresentaram valores semelhantes. No pomar Tradicional foram obtidos valores semelhantes aos do pomar Superintensivo, e no pomar Intensivo os valores observados foram significativamente inferiores ($p < 0,001$). Em relação às datas de medição, foi possível observar uma redução da primeira para a segunda data ($p < 0,001$), em todos os valores, à exceção da modalidade IO, que passou de um valor de $84,37 \text{ cm}^2 / \text{g}$ para um valor de $87,35 \text{ cm}^2 / \text{g}$.



4.3.2. Clorofilas, Antocianinas e Carotenoides

As concentrações de clorofilas nas folhas estão apresentadas na Figura 27 A. O teor de clorofila total quantificado no pomar Tradicional foi significativamente mais baixo que nos outros pomares ($p < 0,001$ para S e $p < 0,01$ para I), com valores médios a não ultrapassar os $0,51 \mu\text{mol g}^{-1} \text{ PF}$. No pomar Intensivo quantificaram-se valores semelhantes aos do pomar Superintensivo, com valor máximo de $1,15 \mu\text{mol} / \text{g PF}$, na modalidade I75. Os pomares Intensivo e Superintensivo apresentaram razões clorofila *a* / clorofila *b* semelhantes (Quadro 3), no entanto,

o pomar Tradicional apresentou um valor mais baixo da razão a/b . Que o pomar Superintensivo ($p < 0,01$). As antocianinas apresentaram uma tendência de variação com o tipo de pomar, tendo os valores mais baixos sido quantificados no pomar Superintensivo ($p < 0,001$ para I e $p < 0,01$ para T) (Figura 27 B), sendo que, para este pigmento, o valor mais baixo foi registrado no pomar Superintensivo, na modalidade S100 com $0,13 \mu\text{mol} / \text{g PF}$, e o valor mais alto foi quantificado na modalidade I75 ($0,51 \mu\text{mol} / \text{g PF}$). As concentrações de carotenoides (Figura 27 C) apresentaram um padrão semelhante ao das clorofilas, com o pomar Tradicional a apresentar valores significativamente mais baixo que os outros pomares ($p < 0,001$ para S e $p < 0,01$ para I), e atingindo um valor máximo de $0,27 \mu\text{mol} / \text{g PF}$ na modalidade I75 e um valor mínimo de $0,04 \mu\text{mol} / \text{g PF}$ na modalidade TO.

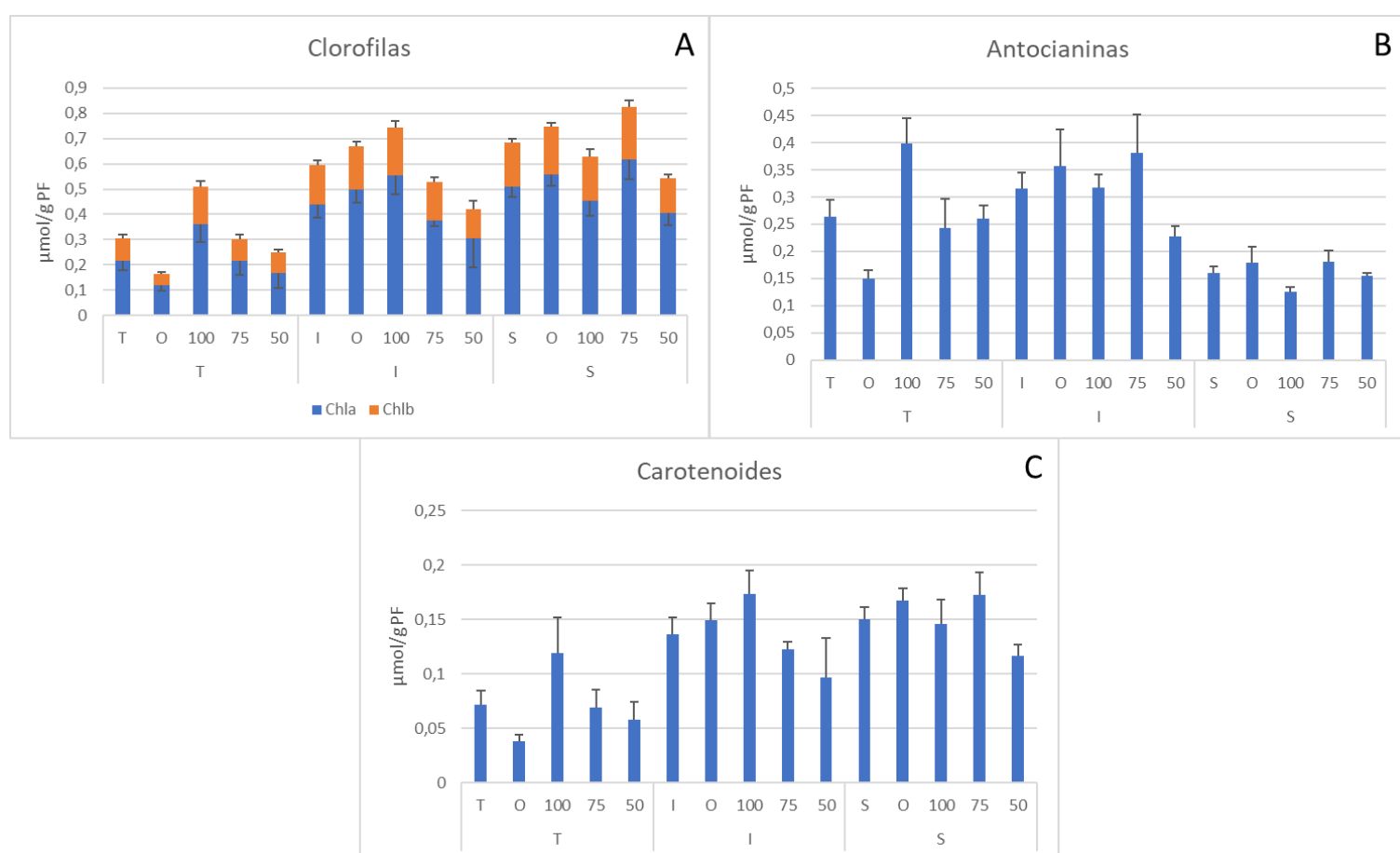


Figura 27 - Valores médios de concentração de clorofilas, a e b, (A), antocianinas (B) e carotenoides (C) ($\mu\text{mol} / \text{g PF}$) em folhas dos três pomares (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e das quatro modalidades (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) por pomar, quantificados na altura da colheita; $n=3$. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.

Quadro 4 - Razão de clorofila a para b por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%), valores médios e respectivos erros padrão; Razão de clorofila total para carotenoides por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%), respectivos valores médios e erros padrão; n=3. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.

		T	TO	T100	T75	T50	I	IO	I100	I75	I50	S	SO	S100	S75	S50
Razão a/b	Média	2,37	2,57	2,44	2,47	2,01	2,76	2,90	2,92	2,51	2,51	2,88	2,92	2,67	2,98	2,95
	Erro Padrão	0,14	0,03	0,14	0,11	0,45	0,08	0,04	0,02	0,14	0,19	0,06	0,02	0,20	0,03	0,03
Razão Chl t/Carot	Média	4,34	4,28	4,59	4,25	4,25	4,40	4,51	4,26	4,32	4,50	4,56	4,46	4,34	4,79	4,64
	Erro Padrão	0,13	0,17	0,40	0,20	0,13	0,08	0,21	0,11	0,09	0,14	0,08	0,08	0,14	0,13	0,12

4.3.3. Glutatonas e ascorbatos

A concentração de glutatonas e ascorbatos em folhas foi quantificada em folhas do lado de fora da copa (Figura 28). A concentração de glutatona total foi significativamente mais elevada no pomar Superintensivo quando comparado com o pomar Intensivo ($p < 0,05$) (Figura 28 A). Já relativamente aos teores de GSSG, o pomar Superintensivo apresentou teores significativamente mais altos que os restantes pomares ($p < 0,001$) e os teores de GSH no pomar Intensivo foram significativamente mais baixos que os do pomar Tradicional ($p < 0,05$). A modalidade O apresentou teores de GSH significativamente mais baixos que a modalidade 75%.

Relativamente à concentração de ascorbatos (Figura 28 B), não foram encontradas diferenças significativas entre pomares ou modalidades, em nenhuma das formas de ascorbato quantificadas.

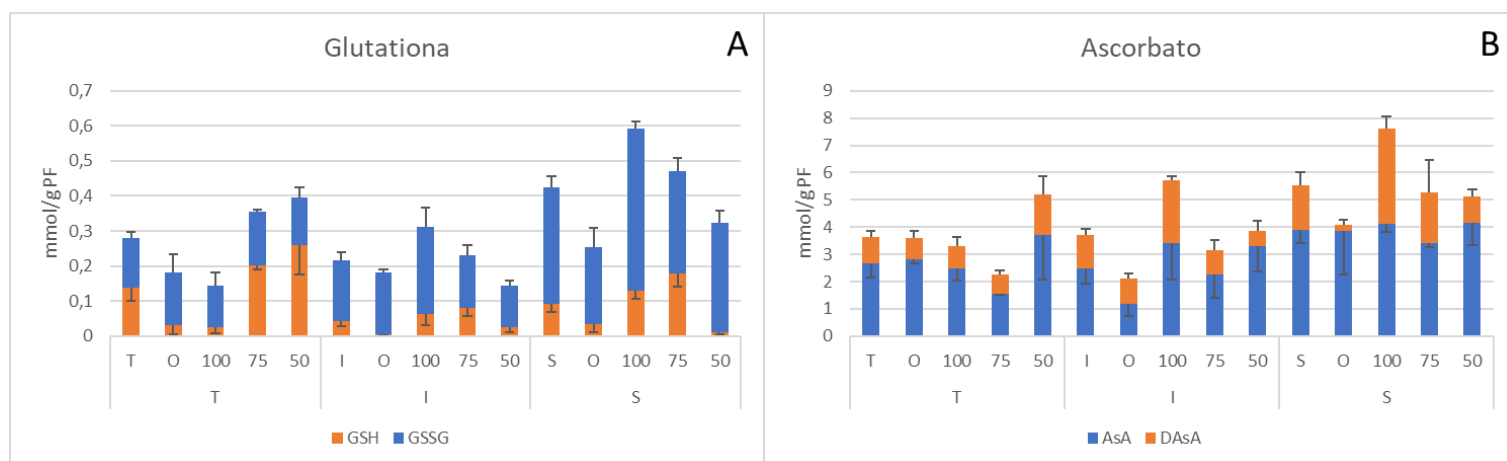


Figura 28 - Valores médios de concentração de glutatona reduzida (GSH) e oxidada (GSSG) (A) e ascorbato reduzido (AsA) e oxidado (DAsA) (B) (mmol / g PF) em folhas dos três pomares (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e das quatro modalidades (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) por pomar, quantificados na altura da colheita; n=3. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.

Ao nível das glutatonas da polpa (Figura 29 A e B), na concentração de GSH existe uma clara superioridade do pomar Intensivo sobre o pomar Superintensivo ($p < 0,05$), e ao nível da GSSG

também uma clara superioridade dos valores do pomar Superintensivo sobre os restantes pomares ($p < 0,05$). Quando comparados os valores entre a polpa e a película, são observadas diferenças significativas ($p < 0,001$) ao nível da GSH e das glutatonas, sendo que existe maior concentração na película. Já ao nível da GSSG, não existem diferenças significativas entre a polpa e a película, no entanto, à semelhança da polpa, existe uma superioridade do pomar Superintensivo sobre os outros pomares ($p < 0,05$).

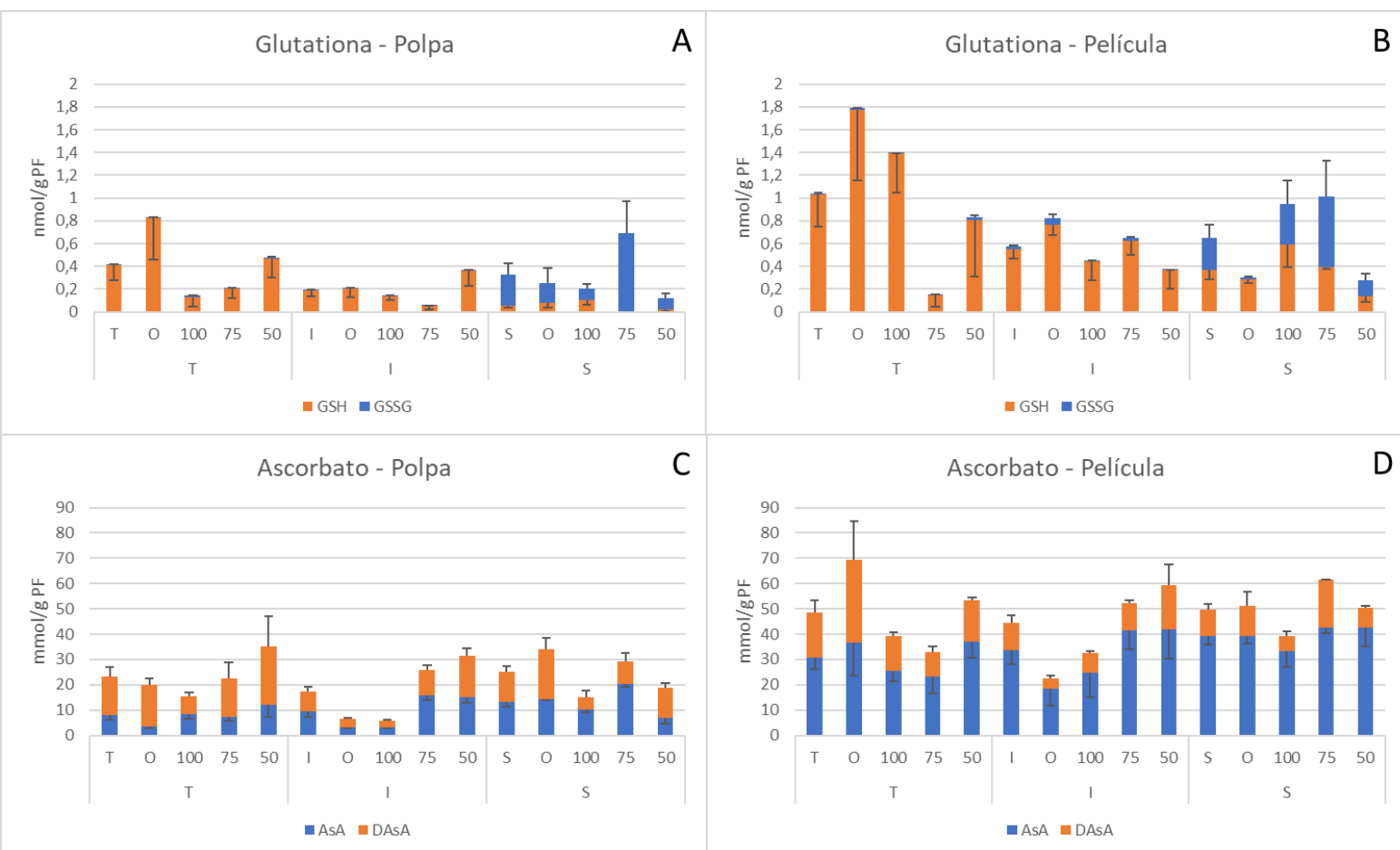


Figura 29 - Valores médios de concentração de glutathione reduzida (GSH) e oxidada (GSSG) (A) (nmol / g PF) e ascorbato reduzido (AsA) e oxidado (DAsA) (B) (mmol g⁻¹ PF) em polpa e película de frutos dos três pomares (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e das quatro modalidades (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) por pomar, quantificados na altura da colheita; n=3. Diferenças significativas e respetivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.

As concentrações de ascorbato total e AsA nos frutos apresentaram diferenças significativas entre polpa e película ($p < 0,001$) (Figura 29 C e D). A película apresentou concentrações superiores e com uma maior percentagem de redução. Os valores relativos entre modalidades apresentaram a mesma tendência entre película e polpa, nomeadamente os valores mais baixos, quantificados nas modalidades T100, IO, I100 e S100. É de notar que as concentrações das modalidades de 50% apresentaram valores significativamente mais altos de DAsA na polpa ($p < 0,05$).

4.3.4. Concentração de açúcares solúveis e de amido

As concentrações de açúcares solúveis quantificadas em folhas, e apresentadas na Figura 30 A, B e C, revelaram uma clara predominância da sacarose, com exceção nas modalidades S75 e S50. Este açúcar não apresentou diferenças significativas entre pomares e modalidades. No pomar Tradicional foi registado o valor máximo de 49,32 $\mu\text{mol} / \text{g PF}$ na modalidade TO. No pomar Intensivo o valor mais elevado registado foi na modalidade I50, com 42,90 $\mu\text{mol} / \text{g PF}$, e no pomar Superintensivo o valor máximo obtido foi de 72,13 $\mu\text{mol} / \text{g PF}$ na modalidade S100, que foi também o valor mais alto registado em todos os pomares. O valor mínimo do pomar Superintensivo foi de 22,13 $\mu\text{mol} / \text{g PF}$ na modalidade S75, sendo que esta modalidade, juntamente com S50 foram as únicas a registar valores de sacarose inferiores aos valores de glucose.

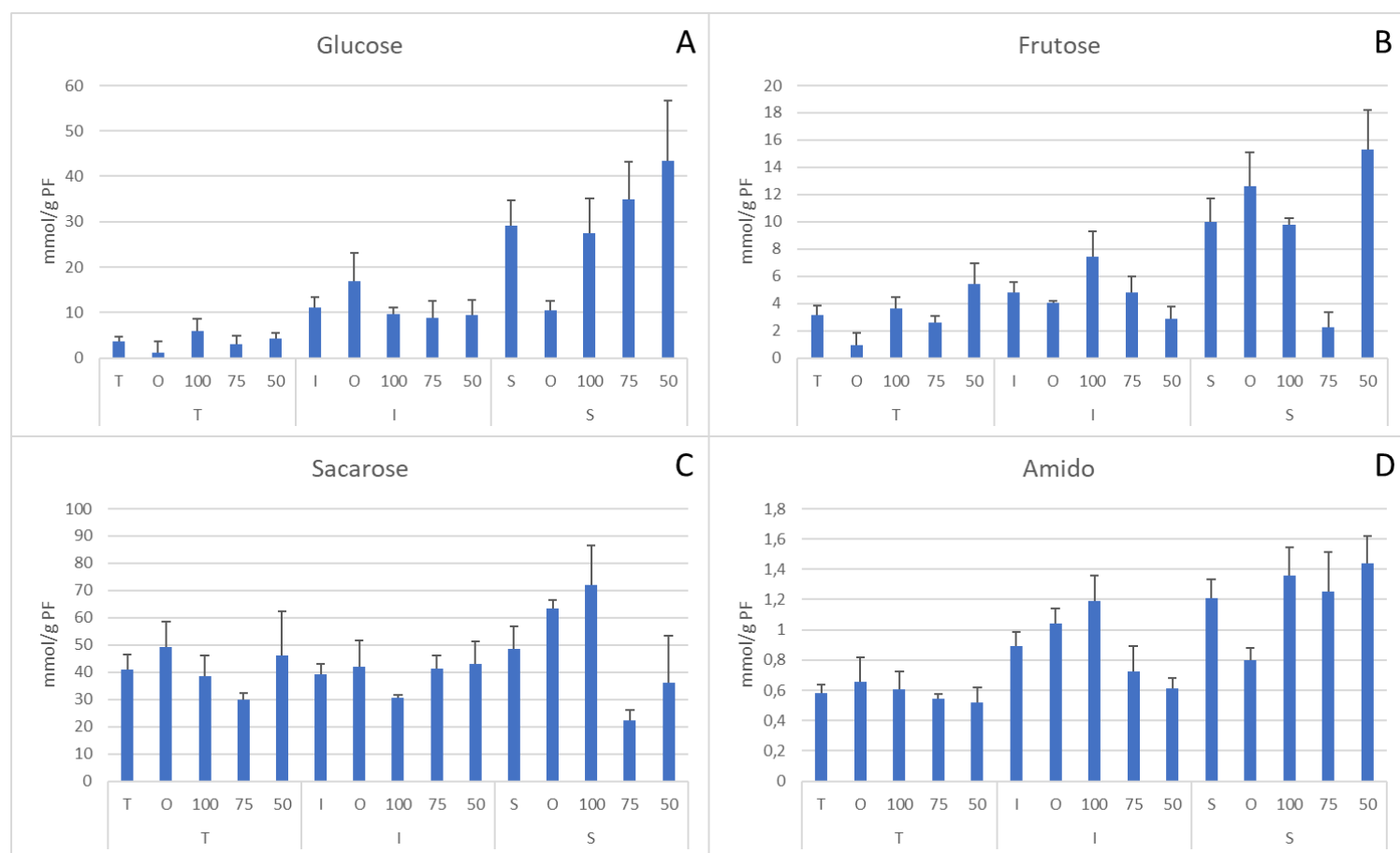


Figura 30 - Valores médios de concentração de glucose (A), frutose (B), sacarose (C) e amido (D) (mmol / g PF) em folhas dos três pomares (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e das quatro modalidades (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) por pomar, quantificados na altura da colheita; n=3. Diferenças significativas e respectivos valores de p-value apresentados no Anexo 8.2.

Já a glucose e a frutose apresentaram valores significativamente mais elevados no pomar Superintensivo ($p < 0,001$ para T vs S e $p < 0,01$ para I vs S). Os valores de glucose quantificados

no pomar Tradicional foram mais baixos que os valores de sacarose, e semelhantes aos valores de frutose, onde foi registado o valor mais baixo, de 1,12 $\mu\text{mol} / \text{g PF}$ na modalidade TO. Nos pomares Intensivo e Superintensivo os valores de glucose quantificados foram quase sempre superiores aos valores de frutose, com exceção na modalidade SO. No pomar Superintensivo, os valores de glucose quantificados foram superiores aos dos restantes pomares, sendo que o valor máximo foi registado na modalidade S50, de 43,43 $\mu\text{mol} / \text{g PF}$.

Em relação ao teor de amido (Figura 30 D), os valores foram mais baixos no pomar Tradicional e mais altos no Superintensivo ($p < 0,001$), com um valor máximo de 0,65 $\mu\text{mol} / \text{g PF}$ na modalidade TO do pomar Tradicional e de 1,44 $\mu\text{mol} / \text{g PF}$ na modalidade S50 do pomar Superintensivo. Em relação aos valores mínimos, nos pomares Tradicional e Intensivo este valor foi registado na modalidade de 50% (0,52 $\mu\text{mol} / \text{g PF}$ e 0,31 $\mu\text{mol} / \text{g PF}$, respetivamente), e no pomar Superintensivo, o valor inferior foi registado na modalidade SO (0,80 $\mu\text{mol} / \text{g PF}$).

Em relação aos frutos, as concentrações de açúcares foram mais elevadas que as quantificadas em folhas (Figura 31), apresentando os frutos maiores concentrações de glucose e frutose relativamente às folhas. Os açúcares solúveis apresentaram valores significativamente mais altos na película relativamente à polpa ($p < 0,05$ para a Frutose, $p < 0,001$ para a Sacarose e $p < 0,001$ para a Glucose). Na polpa observou-se uma diferença significativa nos teores de Frutose entre o pomar Tradicional e os restantes ($p < 0,01$). Na polpa de frutos do pomar Tradicional o açúcar solúvel mais abundante foi a frutose, com valor médio superior ao da sacarose. No pomar Intensivo a glucose apresentou sempre valores mais baixos e apenas na modalidade IO o valor da frutose foi superior ao de glucose. No pomar Superintensivo o valor médio de glucose foi superior ao de frutose, tendo, nas restantes modalidades as proporções de açúcares sido muito semelhantes. Ao nível da película, não se verificaram diferenças significativas entre pomares e modalidades.

Na quantificação das concentrações de amido (Figura 31 G e H), o pomar Tradicional apresentou valores significativamente mais altos relativamente ao pomar Intensivo, tanto em polpa ($p < 0,01$) como em película ($p < 0,05$). De facto, o valor mínimo quantificado no pomar Tradicional (TO – 1,07 $\text{mmol} / \text{g PF}$) assemelhou-se ao valor máximo das duas restantes modalidades (S75 – 1,17 $\text{mmol} / \text{g PF}$).

A concentração de amido apenas revelou diferenças significativas entre os pomares Tradicional e Intensivo, quer na polpa ($p < 0,01$) quer na película ($p < 0,05$), sendo que os valores médios do pomar Tradicional foram bastante superiores aos valores médios do pomar Intensivo. Na comparação entre a película e a polpa não foram registadas diferenças significativas.



Figura 31 - Valores médios de concentração de glucose, frutose, sacarose e amido (mmol g^{-1} PF) na polpa (A, C, E e G, respetivamente) e na película (B, D, F e H, respetivamente) de frutos dos três pomares (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e das quatro modalidades (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) por pomar, quantificados na altura da colheita; $n=3$. Diferenças significativas e respetivos valores de p -value apresentados no Anexo 8.2.

4.4. Valor económico da produção

No que toca à rentabilidade económica (Figura 32) os pomares Intensivos obtiveram resultados superiores em relação aos valores no pomar Tradicional ($p < 0,001$), sem diferenças significativas entre modalidades, sendo, no entanto, de destacar os valores mais altos da modalidade SO; já no pomar Intensivo o maior valor médio foi observado na modalidade I50.

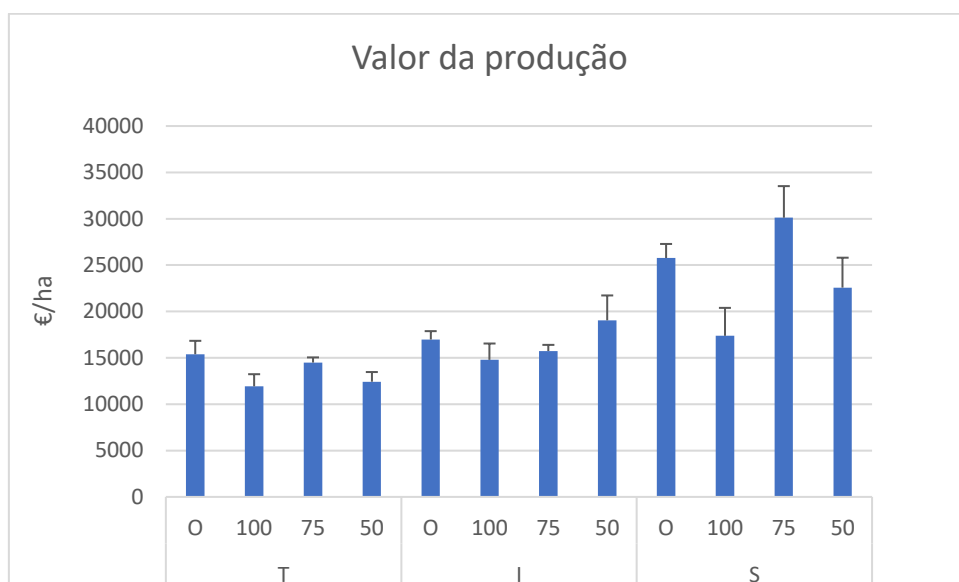


Figura 32 - Valores médios de rentabilidade económica (€/ha) por pomar (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e por modalidade (Otimizada, carga a 100%, 75% e 50%) com base nos valores pagos aos produtores por kg de fruta (sem o custo estimado da central fruteira) e indicados na tabela do anexo 8.4, $n=6$. Diferenças significativas e respetivos valores de p -value apresentados no Anexo 8.2.

4.5. Integração dos resultados obtidos

Após integração dos parâmetros avaliados nas vertentes agronómicas, fisiológicas e da qualidade dos frutos, foi possível elaborar um quadro no qual se apresentam as interações das condicionantes implementadas, como a densidade, o modo de condução, a carga de frutos e as tecnologias de otimização de um pomar, e os diferentes parâmetros avaliados (Quadro 4). Nas primeiras três colunas são apresentados os três pomares, de modo a comparar o efeito da densidade, nas três colunas que se seguem apresenta-se o efeito da otimização da modalidade de 100% de carga, através de telas refletoras no pomar Tradicional e através da inclinação dos eixos nos pomares mais intensivos, por fim, nas seis colunas finais são apresentadas as comparações do efeito da redução da carga nos três pomares. Os resultados obtidos nas modalidades de 100% de carga serviram de termo de comparação para o efeito da otimização e da redução da carga. O efeito densidade teve como base a média de todas as modalidades de cada pomar.

Quadro 5 - Resumo com a integração dos resultados obtidos de acordo com as condições implementadas: comparação entre pomares (Tradicional, T; Intensivo, I; Superintensivo, S) e entre modalidades. Ma comparação de modalidades foi comparada a otimização (TO, IO e SO, comparadas com a respectiva modalidade 100% não otimizada) e a carga, em que, por pomar, a modalidade 100% foi comparada com as modalidades 75% e 50%. Quando os símbolos da mesma comparação, por linha se mostram iguais, foi considerado que as diferenças em questão não foram consideradas relevantes. Código de cores: vermelho: efeito negativo da modalidade em questão; verde: efeito positivo da modalidade em questão; cinzento: sem efeito da modalidade em questão.

	Pomar Modalidade/Parâmetro	T	I	S	TO	IO	SO	T75	T50	I75	I50	S75	S50
Árvore	AST	>>	>	<	-	-	+	-	+	+	=	-	=
	Crescimento Vegetativo	>>	<	>	-	-	=	-	-	+	+	+	-
	Interceção de radiação	<	<<	>	+	+	+						
	Produtividade	<	>	>>	+	+	+	-	-	-	-	-	-
	Valor de Produção	<	>	>>	+	+	+	+	=	+	+	+	+
Fruto	Crescimento dos frutos	<	>	>>	+	-	+	++	+	+	++	+	++
	Peso por fruto	<	<	>	-	=	+	+	+	=	++	+	+
	Calibre	<	>>	>	-	-	+	=	=	=	+	+	+
	%MS	>>	>	<	+	+	=	+	+	+	+	+	+
	Teor de sólidos solúveis	>>	>	<	+	+	-	+	+	+	+	+	=
	Dureza	>	<	>	+	-	++	-	++	+	+	-	+
	Acidez	>>	<	>	=	=	-	+	+	+	+	+	-
	Cor	<	>	>	=	=	=	=	=	=	=	=	=
	Glutathione	>>	<	>	+	+	+	+	+	-	+	+	-
	Ascorbato	>	<	>	+	=	+	+	+	+	+	+	+
	Glucose	>>	<	>	+	-	+	+	=	-	=	+	+
	Frutose	>>	<	>	-	+	+	+	=	-	+	+	+
	Sacarose	>>	<	>	+	+	+	+	=	-	=	++	+
	Amido	>>	<	>	-	+	+	=	+	-	+	+	=
Folha	Fotossíntese	>	<	>	=	+	+	=	=	-	-	-	-
	Condutância	>>	<	>	-	+	=	=	-	+	+	-	-
	Fluorescência	<	>	>>	=	-	-	=	=	=	-	=	=
	Refletância	<	>	>>	=	-	-	+	+	=	=	=	=
	Área Foliar	>	<	>	-	-	=	=	=	=	=	-	=
	SLA	>	<	>>	-	+	+	=	=	=	=	=	=
	Razão Clorofila a/b	<	>	>>	+	=	+	=	-	-	-	+	+
	Antocianinas	<	>>	>	-	+	+	-	-	+	-	+	+
	Razão Clorofila/Carotenoides	<	>	>	-	+	+	-	-	+	+	+	+
	Glutathione	<	<	>>	+	-	-	+	+	-	-	-	-
	Ascorbato	<	>	>>	=	-	-	-	+	-	-	-	-
	Glucose	<	>	>>	-	+	-	-	-	=	=	+	+
	Frutose	<	>	>>	-	-	+	-	+	-	-	-	+
	Sacarose	<	<	>	+	+	-	-	+	+	+	-	-
	Amido	<	>	>>	+	-	-	-	-	-	-	-	+

5. Discussão

A quantificação dos parâmetros cujos resultados foram apresentados anteriormente, teve como objetivo avaliar na íntegra a envolvimento dos vários processos que ocorrem na planta e entender a forma como estes interagem na formação do potencial produtivo de cada árvore, de forma a tirar o melhor proveito deste. Pretendeu-se envolver os parâmetros agronômicos, como a carga, a densidade e as tecnologias de aumento da eficiência do uso da radiação solar, com parâmetros fisiológicos, indicativos do estado de vigor ou de stresse das plantas e da forma como estas reagem às diferentes manipulações sobre elas exercidas.

5.1. Indicadores agronômicos de produção e qualidade

A elevada densidade de plantação apresenta vários benefícios diretos e indiretos na produção final, sendo a sua influência nos parâmetros de desenvolvimento de uma planta também muito significativa. A planta em condições de maior densidade consegue reduzir o seu esforço para produzir, sendo esse esforço distribuído por todas as plantas no pomar. Com maior produtividade (Figura 13 D) nos pomares de maior densidade observou-se uma menor variação da área de secção do tronco (Figura 6) e uma menor variação no crescimento acumulado por ramo (Figura 7). Ou seja, a planta adquire condições que reduzem o dispêndio de energia e recursos para o seu desenvolvimento vegetativo (Figura 13 C), conseguindo assim rentabilizar esses recursos e canalizá-los para um melhor desenvolvimento dos frutos, não só em termos produtivos, mas também em termos de qualidade, com maiores calibres (Figura 14), fator que frequentemente é o mais economicamente desejável. Diversos autores (Elkins et al., 2008; Robinson et al., 1993; Sansavini et al., 2008; Sansavini & Musacchi, 2002) descrevem esta mesma relação entre o fator densidade e o fator produtividade. Como foi sugerido por Pasa et al. (2015), se a relação de densidade por carga de frutos não for devidamente regularizada, podemos muitas vezes comprometer a produção em certos fatores de qualidade, como neste trabalho se observou no teor de sólidos solúveis (°Brix) (Figura 17 D) e na percentagem de matéria seca (Figura 16 D), visto que ambos diminuíram com o aumento da densidade. Ainda assim, foi sugerido por Sousa (2013) que este tipo de pomar, de elevada densidade, deve ser muito bem ajustado através da carga de frutos, e que este ajuste permite obter uma elevada quantidade de frutos com boas características. Neste caso o ajuste aplicado permitiu obter frutos de melhor qualidade, com maior percentagem de matéria seca (Figura 16 D) e maior teor de sólidos solúveis (Figura 17 D) nas cargas ajustadas (75% e 50%), sem comprometer o calibre dos frutos (Figura 14).

Outra vantagem do aumento de densidade é o melhor aproveitamento da radiação solar, permitindo que esta seja mais eficientemente interceptada, graças à maior área foliar exposta nestes modelos de pomar, proporcionada por árvores de volume de copa por árvore inferior (Figura 8 A).

Wünsche et al. (1996) associam valores superiores de área foliar a maiores produtividades. Ao aumentar a densidade de um pomar, a área foliar por árvore vai diminuir, no entanto a área foliar por hectare aumenta, e por sua vez aumenta o volume de copa do pomar, diminuindo a proporção de frutos por área e volume foliar, o que implica maior disponibilidade de fotoassimilados para os frutos, relação encontrada no presente estudo, e que vai de encontro à afirmação dos autores. Giuliani et al. (1997) encontraram uma relação entre a força de *sink* dos frutos e a mobilização de fotoassimilados com a área foliar, em que, até um certo ponto a relação entre área foliar e carga provoca um aumento da mobilização de fotoassimilados até aos frutos, no entanto, quando é ultrapassado um certo limite, acontece o oposto, valores coincidentes com o presente estudo, pois a percentagem de matéria seca, nos três pomares, tem um aumento da modalidade de 100% para a de 75%, mas na modalidade 50% sofre uma diminuição dos valores, fenómeno que foi observado nos pomares Tradicional e Superintensivo, mas não no pomar Intensivo, em que ocorreu uma estagnação do valor. Também Marcelis et al. (2004) encontraram um aumento no aborto de frutos de pimenteiro em situações de redução acentuada da carga de frutos, indicando assim a influência da força de *sink* na capacidade de armazenamento de fotoassimilados por parte dos frutos.

Outro parâmetro, já abordado, é o sistema de condução, que permite adaptar a planta à densidade de plantação, criar condições de arejamento na copa e, principalmente, permitir que a planta obtenha uma melhor exposição solar no conjunto da sua área foliar. Na modalidade IO, em que o eixo das plantas está inclinado, observou-se uma menor diferença de radiação interceptada entre o interior e o exterior da copa (Figura 8 B). Torna-se deste modo possível perceber uma relação entre a radiação interceptada no interior da copa e o modo de condução. Estas diferenças corroboram os valores apresentados por Robinson & Lakso (1991), que obtiveram uma média de radiação interceptada, em quatro anos de estudo, no modo de condução em Y, superior aos restantes modos de condução, em diferentes variedades; também Robinson (1997) obteve aumentos de 20-25% de radiação PAR interceptada nos pomares em V comparativamente a pomares conduzidos em sistemas verticais. Sousa (2013) conseguiu um aumento na radiação interceptada quando colocou alguma inclinação nos eixos, num pomar com uma densidade de plantação de 2700 árvores/ha com eixo inclinado a 17° com a vertical, tendo aumentado a fração de radiação interceptada ao meio-dia solar de 35% para valores superiores

a 45%, e num pomar de densidade de 5400 árvores/ha, com eixo inclinado a 10° com a vertical, a fração de radiação interceptada passou de 50% para 60%. No presente trabalho, nos pomares otimizados através do modo de condução (IO e SO) foi possível observar uma superioridade em diversos fatores, comparativamente às modalidades não otimizadas com 100% de carga, no teor de sólidos solúveis em IO (Figura 17 D), na dureza e na proporção de frutos de maior calibre em SO (Figuras 18 e 14), no teor de antioxidantes (polpa) em ambas (Figura 29), na concentração de açúcares solúveis e amido (Figura 31), na produtividade (Figura 13 D) e no peso médio por fruto (Figura 13 B). Diversos autores (Ferree et al., 1993; Palmer, 1989; Sansavini & Corelli, 1992) referem um efeito positivo da utilização de sistemas de condução em V, comparativamente a modelos de eixo vertical sobre a qualidade dos frutos produzidos. A nível da produtividade, Sousa (2013) conseguiu aumentos de 17,06 ton/ha (correspondendo a 24,4%) em árvores inclinadas comparativamente às não inclinadas, no pomar menos intensivo, e 13,10 ton/ha (aumento de 15,2%) no pomar mais intensivo. No presente trabalho não se observaram diferenças tão acentuadas, mas ainda assim foi possível observar uma clara superioridade das modalidades inclinadas (IO e SO) em relação às não inclinadas (Figura 13 D). A modalidade otimizada foi sempre a mais produtiva, uma indicação do efeito positivo desta alteração de condução.

O ajustamento da carga provocou nas plantas com menor carga um aumento do crescimento acumulado por área de secção do ramo (Figura 7), um crescimento médio dos frutos superior em todas as modalidades com carga inferior a 100%, comparativamente a esta (Figura 12), com maior proporção de grandes calibres nos pomares Intensivo e Superintensivo (Figura 14 B), e também um maior peso médio por fruto (Figura 13 B). No entanto a produtividade (Figura 13 D) ficou comprometida pela quebra no número de frutos por árvore nas modalidades com carga mais reduzida. Em termos qualitativos, comparando com as modalidades de carga 100%, as modalidades de menor carga obtiveram valores mais elevados na concentração de açúcares solúveis e amido na polpa (Figura 31 A, C, E e G), com as modalidades S50, S75, T75 e T50 a apresentarem concentração mais alta de açúcares solúveis e amido, comparativamente às respetivas modalidades com 100% de carga. Em relação ao pomar Intensivo foram observadas diferenças entre as modalidades I100 e I50, no mesmo parâmetro. Também na concentração de antioxidantes (Figura 29) as interações foram semelhantes às descritas para os açúcares (Figura 31). Ao nível da dureza (Figura 18) e da percentagem de matéria seca à colheita (Figura 16 D), ambas aumentaram com a diminuição da carga. O teor de sólidos solúveis (Figura 17 D) nos pomares Tradicional e Intensivo também apresentou um comportamento semelhante aos parâmetros anteriores, tendo, no pomar Tradicional, este aumento sido observado apenas na

modalidade S75. O facto de no pomar Intensivo, a modalidade otimizada não ter apresentado diferenças significativas para as restantes, pode dever-se ao facto de haver grande disponibilidade de luz em todas as modalidades.

Seria expectável que, com a redução da carga, e por sua vez do peso médio por árvore, ocorresse um aumento do peso médio por fruto (Figura 13 B), facto que se constatou de forma genérica, essencialmente nos pomares Intensivo e Superintensivo, e que atenuaram as reduções previstas de produtividade.

A distribuição dos frutos é um fator importante na obtenção de uma boa produção, frutos mais expostos apresentam melhor qualidade (Cmelik & Tojnko, 2019; Corelli-Grappadelli & Lakso, 2004; Kviklys et al., 2022; Tustin et al., 1998), no entanto no presente estudo não foram encontradas diferenças significativas na qualidade relativamente à exposição dos frutos. Em relação ao órgão produtivo, as verdascas produziram frutos de diâmetro médio superior aos esporões.

No pomar Tradicional, o recurso à tela refletora para otimizar a modalidade 100% permitiu, a nível qualitativo, obter mais dureza (Figura 18), maior teor de sólidos solúveis (Figura 17), mais acidez (Figura 19), maior concentração de antioxidantes (Figura 29), e maior concentração de açúcares solúveis (Figura 31). Foi possível observar a influência da tela no crescimento dos frutos (Figura 12 A), pois, a seguir à data da sua colocação (118 DAPF), a modalidade TO apresentou um aumento de crescimento, alcançando e ultrapassando a curva de crescimento da modalidade T100 no diâmetro médio dos frutos.

A taxa de fotossíntese líquida foi mais alta nas modalidades com eixos inclinados (Figura 22 A), nos dois períodos do dia (manhã, medição do lado este; tarde, medição do lado oeste), de acordo com o observado por Sousa (2013). No entanto, o autor encontrou diferenças significativas na taxa de fotossíntese das folhas do interior da copa, com as folhas da modalidade de eixo inclinado a atingirem valores 6,3 vezes superiores às folhas das modalidades não inclinadas, no pomar mais intensivo. Já no presente estudo, esta interação não foi observada, no entanto, verificou-se uma tendência de aumento dos valores de fotossíntese líquida com o aumento da densidade dos pomares, de Tradicional para Superintensivo. Isto pode ser explicado pelo menor volume de copa por árvore e pela plantação alternada e espaçada do pomar Superintensivo, que criam condições de maior abertura no interior da copa, interações semelhantes às que foram descritas por Sousa (2013). De encontro aos dados obtidos por Afonso et al. (2017), no presente ensaio ocorreu uma redução da atividade fotossintética e da condutância estomática no período da manhã para o período da tarde (Figura 23). Os valores

obtidos (Figura 22) indicam uma tendência para um decréscimo dos valores de fotossíntese líquida com a diminuição da carga de frutos. A fotossíntese líquida está intimamente relacionada com a concentração de pigmentos nas folhas (Katz et al., 1978), os pigmentos clorofilinos têm uma papel fulcral na capacidade fotossintética das folhas. Ao comparar as taxas de fotossíntese com a concentração de clorofilas (Figura 27 A) é possível observar que, nos pomares Intensivo e Superintensivo, as oscilações dos valores de fotossíntese entre modalidades apresentam a mesma tendência que os valores de concentração de clorofila.

Ao nível da condutância estomática (Figura 23), foi observada uma clara distinção consoante a densidade, mas que ao mesmo tempo revela um comportamento irregular, sendo que os valores foram elevados no pomar Tradicional, do lado exterior e interior da copa; no pomar Intensivo, os valores medidos foram os mais baixos. Também foi encontrada uma clara influência nestes valores da exposição solar e do período do dia em que as medições foram feitas, sendo que a temperatura tem muita importância no processo de abertura e fecho dos estomas, condicionando assim a transpiração e a atividade fotossintética da folha (Jackson, 2003), relações também encontradas no estudo de Afonso et al. (2017).

Em relação ao crescimento vegetativo da planta, Sousa (2013) descreveu uma tendência para a redução do investimento no crescimento do tronco quando existe um ponto de *sink* mais forte, como é o caso dos frutos, sendo assim de esperar uma menor variação da AST nas árvores com maior carga; no entanto, no presente estudo, tal só se verificou no pomar Intensivo (Figura 6), e não em todos os pomares, como seria de esperar. No entanto, no presente estudo, os dois pomares mais intensivos apresentaram uma tendência de desinvestimento no crescimento vegetativo dos ramos (Figura 7) com o aumento de carga de frutos na planta. Em relação à comparação das modalidades otimizadas, a modalidade IO apresentou um maior investimento no crescimento do tronco do que a modalidade não inclinada com a mesma carga, dados semelhantes aos obtidos por Sousa (2013). Através da observação do crescimento dos ramos anuais (Figura 7 B), o pomar Tradicional apresentou diferenças entre modalidades, que revelam um efeito do fator carga no crescimento vegetativo, visto que a modalidade de 50% de carga foi, de entre as modalidades com efeito carga, a única que prosseguiu com algum crescimento vegetativo após os 54 DAPF, dados que vão de encontro às relações encontradas por Wünsche et al. (2005).

Os valores de taxa de vingamento obtidos (Figura 10) indicam que um grande número de gomos florais não está diretamente relacionado com um maior número de frutos produzidos. No pomar Tradicional, um elevado número de gomos florais traduziu-se em valores reduzidos de taxas de

vingamento, enquanto nos pomares intensivos a taxa de vingamento foi superior com um número inferior de gomos florais. Isto indica que para além das condições de polinização, pode existir um efeito da densidade sobre o vingamento dos frutos, podendo estar relacionado com concentrações distintas de giberlinas na planta, potencialmente relacionado com as diferenças no vigor do porta-enxerto.

O cálculo da rentabilidade (Figura 32) das modalidades estudadas demonstra a eficiência da utilização das telas no pomar Tradicional e da inclinação dos eixos nos pomares Intensivo e Superintensivo. Também é possível observar uma influência do fator carga nas modalidades, sendo que a redução da carga levou a um aumento da rentabilidade; no pomar Tradicional a modalidade mais rentável foi a otimizada seguida da carga de 75%, no pomar Intensivo a carga mais rentável foi a de 50%, e no pomar Superintensivo, a carga de 75% foi a mais rentável, nas modalidades não otimizadas. Estes resultados demonstram a necessidade de ajustar a carga nos pomares mais intensivos de modo a maximizar o valor da produção.

5.2. Indicadores fisiológicos de caracterização da folha

As áreas foliares (Figura 26 A) quantificadas no pomar Tradicional foram inferiores às apresentadas pelos pomares mais intensivos, tendo também sido inferiores nos esporões relativamente às verdascas, resultados semelhantes aos obtidos por Sousa (2013). Também o número médio de folhas por órgão foi maior nas verdascas relativamente aos esporões, tendência semelhante à observada Sousa (2013). Os elevados valores de área foliar obtidos no pomar Superintensivo, podem estar associados à disponibilidade de luz solar (Heuvelink & Marcelis, 1996), o que confirma a hipótese de que o pomar mais intensivo potencia um melhor aproveitamento da radiação solar. Neste parâmetro também se verificou uma tendência de aumento dos valores com a diminuição da carga, tal com descrito por Volz et al. (1993).

A SLA (Figura 26 B) diminuiu da primeira para a segunda medição tendo o pomar Intensivo apresentado os valores mais baixos. Esta tendência ilustra as alterações que ocorrem ao longo do ciclo produtivo das plantas, tendo sido comum a todos os pomares e modalidades, com exceção da modalidade IO, que ao invés de uma redução, registou um aumento nos valores médios de SLA.

O pomar Tradicional apresentou os teores mais baixos de clorofila total (Figura 27 A), com maior proporção de clorofila *b*, e uma redução da razão clorofila *a/b* (Quadro 3), um indicador de ensombramento (Cohen et al., 2005; Whatley, 1982). Relativamente aos teores de carotenoides (Figura 27 C), pigmentos mais relacionados com a proteção contra a foto-oxidação, a tendência

e as interações foram semelhantes às apresentadas pelas clorofilas, ou seja, um aumento com a densidade do pomar, que pode ser um indicador de algum stresse foto-oxidativo, e que está de acordo com a distribuição da intensidade luminosa pelo interior da copa no pomar Superintensivo, atrás abordada.

Através da quantificação de parâmetros de fluorescência da clorofila (Figura 24) e de índices de refletância (Figura 25) foi possível perceber que as condições ambientais das folhas no interior da copa são bastante distintas das do exterior da copa e que o pomar Tradicional quando comparado com os pomares mais intensivos apresentou valores inferiores de Índice de feofitinização normalizado (NPQI), que pode dar uma indicação sobre algum stresse foto-oxidativo que as plantas dos pomares mais intensivos possam estar a sofrer, pois este índice relaciona-se com a degradação dos pigmentos clorofilinos (Peñuelas & Filella, 1998). É de salientar que na medição efetuada no final de julho (28/07/2021) o pomar Tradicional diluiu as diferenças de NPQI (Figura 24 C) relativamente aos dois pomares intensivos; no entanto, a diferença registada neste parâmetro entre as duas modalidades mais intensivas manteve-se nesta data. Entre modalidades otimizadas e não otimizadas, neste estudo não foram registadas diferenças significativas, o que poderá sugerir uma pouca influência da inclinação dos eixos e das telas refletoras nestes parâmetros. A eficiência máxima do fotossistema II (F_v/F_m) (Figura 24 B) apresentou valores mais altos nas folhas do exterior da copa relativamente ao interior, o que pode indicar algum stresse nestas últimas (Krause & Weis, 2006), mas que ainda assim são valores indicativos de stresse muito moderado (Roşescu & Chiţu, 2009). Foi ainda observado um decréscimo destes valores da primeira para a segunda medição, o que pode também indicar um aumento dos níveis de stresse da planta ao longo do ciclo. Do mesmo modo, a fluorescência basal (F_0) (Figura 24 A) também registou valores superiores na primeira data e nas folhas do exterior da copa.

Os índices PRI e NDVI (Figura 25) permitiram distinguir os dois pomares intensivos do Tradicional, em ambas as datas. Apenas no parâmetro PRI (Figura 25 A) foi observada uma diferença significativa entre as folhas do interior e do exterior da copa, uma indicação de que as folhas ensombradas estão protegidas de stresse foto-oxidativo, ao contrário das mais expostas. Na comparação das modalidades otimizadas com não otimizadas, não foram detetadas quaisquer diferenças significativas, à semelhança do obtido nos parâmetros de fluorescência da clorofila, uma indicação de que a inclinação dos eixos não aumentou o stresse foto-oxidativo nas plantas. No entanto, o efeito densidade fez-se notar, sendo que existiram diferenças significativas entre todos os pomares, demonstrando uma tendência para aumentar com o aumento da densidade, revelando assim algum stresse foto-oxidativo (Malone et al., 2013;

Peñuelas & Filella, 1998; Mänd et al., 2010), com o aumento da densidade. Os valores obtidos nestes dois parâmetros apresentam alguma semelhança com as relações obtidas nos teores de clorofila (Leitão et al., 2021; Sims & Gamon, 2002), com os valores de NPQI (Malone et al., 2013) e com as taxas de fotossíntese (Gamon et al., 1995) no interior da copa.

Ao nível dos antioxidantes (Figura 28), não foi observada qualquer diferença ao nível de modalidades nem de pomares na concentração de ascorbatos em folhas (Figura 28 B). Este resultado pode significar que nem a alteração de densidade dos pomares nem a otimização das modalidades através do uso de telas e da inclinação dos eixos aumentou o stresse a que as plantas estão submetidas, em consonância com o já verificado relativamente aos índices de refletância e aos parâmetros de fluorescência da clorofila. Já em relação à concentração de glutatona nas folhas (Figura 28 A), registaram-se no pomar Superintensivo concentrações de glutatona total e de GSSG mais elevadas que os restantes pomares, uma indicação de que pode ter ocorrido algum stresse oxidativo nas plantas deste pomar (Herschbach & Rennenberg, 1994; Noctor et al., 2012). Relativamente às modalidades otimizadas com telas ou com inclinação dos eixos não foram observadas diferenças significativas, indicando, de novo, não ter ocorrido aumento de stresse com estas práticas culturais.

Em relação ao nível da concentração de açúcares solúveis nas folhas (Figura 30), foram observadas interações de superioridade significativas entre o pomar Superintensivo e os restantes na concentração de glucose e frutose e também de amido, embora neste último parâmetro a diferença só tenha sido significativa entre o pomar Tradicional e o Superintensivo, sendo assim de admitir que o efeito da densidade só se manifesta após ultrapassar um determinado nível, sendo que entre os dois pomares intensivos, a diferença no número de plantas é considerável, o pomar Superintensivo (5400 plantas) tem o dobro das plantas do pomar Intensivo (2700 plantas). Estes valores podem revelar uma deficiência no poder de *sink* dos frutos, por haver menor número de frutos por árvore, visto que os teores de açúcares solúveis dos frutos apresentam uma tendência oposta, com valores mais altos no pomar Tradicional. Rosa et al. (2009) referem que uma grande quantidade de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e temperatura elevada reduzem o poder de *sink* dos frutos, e sabendo que os pomares mais intensivos apresentam um maior volume de copa (Figura 8 C) e um maior grau de exposição solar (Figura 8 B), é possível que as folhas acumulem uma maior quantidade de açúcares, ao invés de os distribuírem para os frutos. Outra razão que pode estar na origem deste maior nível de açúcares no pomar Superintensivo, pode ser a taxa de fotossíntese líquida superior (Figura 22). À medida que a carga diminui (de 100% para 75%) o teor de amido (Figura 30 D) decresce, indicando uma redução de reservas nas folhas, que pode

ser interpretado como um aumento da força de *sink* por parte dos frutos (Castro-Giráldez et al., 2010; Doerflinger et al., 2015; Goulao et al., 2010; Keeling & Myers, 2010; Mesa et al., 2016; Saquet & Almeida, 2017). Este fator é também muito importante para a acumulação de matéria seca nos frutos, dado que os teores de amido e de açúcares solúveis têm uma forte ligação com este processo (Palmer et al., 2013). Deste modo, o elevado teor de amido nas folhas do pomar Superintensivo pode justificar a redução da percentagem de MS à colheita (Figura 16 C), que ocorre neste pomar.

5.3. Indicadores fisiológicos de caracterização e qualidade do fruto

A concentração de ascorbato total e AsA nos frutos (Figura 29 C e D) foram significativamente diferentes em polpa e película. Já relativamente ao ascorbato oxidado (DAsA) observou-se um aumento significativo na polpa nas modalidades de 50% de carga, o que pode ser revelador de algum stresse oxidativo nestes frutos, sendo que a menor carga promove um maior crescimento e que este crescimento através da expansão e divisão celular pode provocar produção excessiva de DAsA (Potters et al., 2002).

A concentração de GSH nos frutos (Figura 29 A e B) revelou alguma interação deste parâmetro com a densidade, tendo o pomar Superintensivo apresentado teores muito baixos de GSH e muito elevados de GSSG, principalmente em polpa, mas também em película, uma clara indicação de stresse oxidativo e desequilíbrio redox nestes frutos (Herschbach & Rennenberg, 1994; Noctor et al., 2012).

Ao encontro do que foi referido acima sobre o comportamento dos açúcares em folhas, seria de esperar que, nos frutos os valores fossem inversamente proporcionais aos das folhas, ou seja, que os valores de concentração de açúcares solúveis nos frutos (Figura 30) fosse superior no pomar Tradicional, o que vai de encontro ao que foi observado. Como seria de esperar os valores de concentração de açúcares na polpa e na película são completamente distintos, sendo estes órgãos com características muito diferentes (Blažytė & Vaitkevičienė, 2020).

5.4. Colheita e qualidade

Em relação ao peso de frutos por AST (Figura 13 C), o pomar Tradicional apresentou valores mais elevados que o Superintensivo. Estas diferenças foram menos acentuadas que as descritas por Sousa (2013). As modalidades otimizadas de todos os pomares registaram valores mais elevados relativamente às não otimizadas com 100% de carga, uma indicação da influência da inclinação

de eixos nos pomares Intensivo e Superintensivo, com maior produtividade (Figura 13 D) e maior peso por AST (Figura 13 A) nas modalidades de eixo inclinado, tal como descrito por Sousa (2013). No pomar Tradicional, também foi possível observar a influência da tela refletora na modalidade otimizada face à não otimizada. Relativamente ao calibre dos frutos obtidos (Figura 14), no pomar Superintensivo a proporção de grandes calibres foi maior na modalidade otimizada face à não otimizada, como também obtido por Sousa (2013), tendência que não se verificou no pomar Intensivo.

No presente estudo foi possível verificar que através da redução da carga, é possível obter frutos de maior calibre (Figura 14) e assim, na visão económica, obter maior valor. Sousa (2013) demonstrou que a produtividade potencial não é a mais desejável no ponto de vista económico, pois esta carga está longe de ser a ideal na obtenção do calibre ótimo, no qual, uma redução da carga levou a uma diminuição de produtividade, mas a proporção de frutos com calibres superiores foi aumentada, com 96,6% dos frutos a apresentarem calibre superiores a 65 mm e 44,4% dos frutos com dimensão superior a 75 mm, indo assim ao encontro dos resultados deste trabalho, onde, em todos os pomares, a redução da carga provocou um aumento da proporção de frutos de maior calibre, ainda que os valores não tenham sido tão altos como os obtidos pelo autor, à exceção do pomar Intensivo, onde se obtiveram valores muito semelhantes na modalidade de 50%, com calibres superiores a 65 mm numa proporção superior a 90% e calibres acima de 75 mm numa proporção superior a 60%.

Ao nível da acidez dos frutos (Figura 19), a densidade não influenciou os valores obtidos. No entanto, os valores de acidez parecem oferecer alguma informação sobre a forma como a carga influencia este parâmetro, sendo que em todos os pomares parece ocorrer uma tendência de aumento dos valores com a diminuição da carga, ainda assim, no pomar Superintensivo a modalidade de 50% de carga revelou valores contraditórios desta tendência.

A evolução do teor de matéria seca ao longo do ciclo (Figura 16) de desenvolvimento do fruto foi semelhante para os três pomares e para todas as modalidades, tendo todas elas, aos 121 DAPF sofrido uma estagnação na variação da percentagem de matéria seca. No entanto, no momento da colheita (Figura 16 D), os valores apresentados pelo pomar Superintensivo foram mais baixos que os dos outros pomares, o que pode indicar um efeito de densidade, que se revela claramente nos pomares muito intensivos.

Em relação ao teor de sólidos solúveis (Figura 17), todos os pomares apresentaram uma evolução do teor de sólidos solúveis dividida em três fases, uma fase inicial de aumento rápido, seguido de um período ligeiramente mais longo de crescimento moderado, até que nos últimos

dias do ciclo, ocorre uma fase de aumento mais acelerado novamente (Iwanami, 2011; Márquez Cardozo et al., 2015). Nos valores obtidos à colheita (Figura 17 D) foi possível observar um decréscimo do teor com o aumento da densidade.

Em termos de dureza (Figura 18), o efeito da densidade não foi consistente, sendo que o pomar de densidade intermédia apresentou valores mais baixos comparativamente ao pomar de densidade mais elevada e ao pomar de densidade inferior. Embora os valores de significância das comparações com a modalidade de 50% não sejam significativos, é importante referir que esta modalidade, entre as não otimizadas, foi a que apresentou o valor médio mais elevado, o que pode indicar uma influência da carga na dureza dos frutos, ocorrendo um aumento desta com a diminuição da carga. Seria de esperar que as modalidades com menos frutos e com frutos maiores apresentassem durezas mais baixas. No entanto a dureza dos frutos está muito associada à perda de água nos tecidos dos frutos (Lombardi et al., 2000) e a alterações ao nível da parede celular (Goulao et al., 2006).

Sendo a cor dos frutos (Figura 21) um importante parâmetro quer em termos de qualidade, quer em termos comerciais, conferindo uma perceção visual do estado de maturação dos frutos. Na pera uma cor mais verde, é normalmente menos procurada pelo consumidor e pode indicar também um estado de maturação ainda não ideal. A cor mais amarelada (maior valor de tonalidade da cor (°Hue)), normalmente indica frutos mais maduros, embora também possa estar relacionada com a exposição solar. Neste parâmetro da cor existe uma clara distinção entre os pomares mais intensivos e o pomar tradicional, sendo que os pomares Intensivo e Superintensivo obtiveram valores de °Hue superiores, indo de encontro com os índices de maturação, como o °Brix (Figura 17 D) e a dureza (Figura 18), sendo que estes pomares também obtiveram valores superiores nestes parâmetros, podemos assim admitir que os valores superiores dos parâmetros da cor podem estar associados ao estado mais avançado de maturação dos frutos.

Como já foi referido, reduções severas de carga aparentam provocar uma diminuição do poder de *sink* dos frutos, o que leva a uma diminuição da pressão para que as folhas mantenham níveis elevados de fotossíntese líquida, condutância estomática, e concentrações de antioxidantes, frutose e sacarose. Verifica-se assim, uma translocação de maior percentagem de fotoassimilados produzidos para os frutos, que pode ser a explicação para as baixas concentrações destes elementos nas folhas de plantas de cargas mais reduzidas.

É de elevada conveniência reter que algumas diferenças no comportamento das plantas, principalmente entre o pomar Tradicional e os outros pomares mais intensivos, pode estar nas

diferentes condições a que estes estão sujeitos, quer ao nível de porta-enxerto, que ao nível de rega, características do solo, tratamentos, controlo de infestantes e da entre-linha. Ainda de notar que o efeito da tela, não assenta só nos parâmetros anteriormente analisados, visto que o recurso à tela, pode influenciar, a preservação do teor de água na linha, promover um aumento da matéria orgânica e ainda controlar infestantes, podendo assim também estes fatores influenciar os resultados obtidos, quer ao nível da planta quer ao nível do fruto.

6. Conclusões

A densidade de plantação provocou nas plantas de maior densidade um menor investimento no crescimento vegetativo, devido ao aumento da competição pelos recursos, visíveis através do crescimento do tronco e dos ramos. Maiores densidades permitem uma maior área foliar por hectare, o que permite uma melhor interceção de radiação. Tanto o crescimento dos frutos como o seu calibre final mostraram uma tendência para aumentar com o aumento da densidade. O aumento da densidade levou a uma redução da qualidade dos frutos nas situações de carga não adequada (I100 e S100). Ao nível dos parâmetros fisiológicos, com o aumento da densidade ocorreu uma redução da condutância estomática e um aumento do stresse foto oxidativo, revelado por parâmetros de fluorescência da clorofila e índices de refletância.

A diminuição da carga de frutos conduziu a maiores taxas de crescimento dos mesmos, uma indicação de que os recursos disponíveis durante o seu ciclo de desenvolvimento são canalizados de forma mais eficiente em situações de menor competição. Em relação aos parâmetros de qualidade dos frutos, estes também foram afetados pela carga, mas de um modo não linear, pois os frutos com maior qualidade foram obtidos nas modalidades de 75% de carga, tendo sido, deste modo, demonstrada a importância da relação *source-sink* nestes parâmetros, sendo que cargas mais reduzidas promoveram, até certo ponto, o desenvolvimento dos frutos e potenciaram o aumento da sua qualidade, mas que, quando ultrapassado este ponto, o efeito positivo foi anulado. O crescimento vegetativo apresentou também uma tendência para aumentar com a diminuição da carga, no entanto, esta interação não foi tão acentuada como previsto.

Em relação à performance das folhas, a redução da carga apresentou um efeito negativo, principalmente sobre as taxas fotossintéticas a condutância estomática e a concentração de antioxidantes. De facto, em relação ao teor de açúcares e antioxidantes, o efeito sobre as folhas foi oposto ao observado em frutos, indicando uma mobilização destes compostos das folhas para os frutos. É possível que a pressão sobre as folhas para a produção de fotoassimilados tenha diminuído com a redução da carga. Aqueles que são produzidos são translocados para os órgãos sink (frutos), provocando uma redução da concentração de antioxidantes e de açúcares nas folhas. Assim admite-se a possibilidade de que uma redução acentuada da carga faz com que as folhas funcionem abaixo da sua capacidade potencial devido à falta de “estímulo”.

O efeito da inclinação do eixo das árvores (modalidades otimizadas dos dois pomares mais intensivos) foi significativo no aumento da interceção da radiação, tendo contribuído para uma melhoria significativa nos parâmetros de qualidade dos frutos no pomar Superintensivo,

demonstrando o potencial deste tipo de otimização dos pomares. Em relação ao seu efeito sobre as folhas, a otimização afetou positivamente o teor de pigmentos, e negativamente a concentração de antioxidantes. Ao nível agronómico esta otimização permitiu aumentar significativamente a produtividade dos pomares e o valor da sua produção.

A otimização recorrendo ao uso de telas refletoras revelou-se também, no geral, positiva, com tendência para um aumento da interceção da radiação, um maior crescimento dos frutos e maior produtividade. Ao nível da qualidade dos frutos, estes apresentaram maior teor de sólidos solúveis e maior dureza. Estes indicadores reforçam a potencialidade do uso de telas refletoras para o aumento da qualidade e da produtividade, em pomares onde não existe, condições para a implementação de eixos inclinados nas árvores.

Esta experiência permitiu compreender melhor o efeito da densidade e da carga sobre a produtividade e sobre a qualidade dos frutos, bem como sobre parâmetros fisiológicos das plantas e das folhas. Permitiu também reter que a utilização de tecnologias suplementares pode, não só, melhorar a qualidade dos frutos como também ultrapassar a necessidade de redução da carga de forma severa. Foram descritas novas interações e efeitos dos parâmetros implementados na vertente fisiológica da fruticultura. As conclusões retiradas deste trabalho poderão ser úteis no fornecimento de dados e de novas perspetivas de delineamento e condução de pomares de pera 'Rocha', sendo que uma possibilidade é a implementação de pomares de alta densidade em comunhão com a adequação da carga no ponto ótimo e a utilização de tecnologias suplementares, como a inclinação dos eixos, de forma a produzir mais frutos sem comprometer a qualidade e sem sobrecarregar as plantas. Já em pomares implementados com densidades baixas poderão ser utilizadas telas refletoras, de modo a contrariar a sua baixa produtividade face aos pomares mais recentes de densidade elevada e com tecnologias implementadas mais avançadas.

7. Referências Bibliográficas

- Ackermann, J., Fischer, M., & Amadò, R. (1992). Changes in Sugars, Acids, and Amino Acids during Ripening and Storage of Apples (cv. Glockenapfel). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(7), 1131–1134. <https://doi.org/10.1021/jf00019a008>
- Afonso, S., Ribeiro, C., Bacelar, E., Ferreira, H., Oliveira, I., Silva, A. P., & Gonçalves, B. (2017). Influence of training system on physiological performance, biochemical composition and antioxidant parameters in apple tree (*Malus domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae*, 225, 394–398. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.037>
- Anthony, B., Serra, S., & Musacchi, S. (2019). Optimizing crop load for new apple cultivar: “WA38.” *Agronomy*, 9(2), 107. <https://doi.org/10.3390/agronomy9020107>
- Asada, K. (1994). Production and action of active oxygen species in photosynthetic tissues. In *Causes of Photooxidative Stress and Amelioration of Systems in Plants*. Eds: Foyer, C.H., & Mullineaux, P., 1st Edition, CRC Press (pp. 77–104).
- Asada, Kozi. (1999). The water-water cycle in chloroplasts: Scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. *Annual Review of Plant Biology*, 50, 601–639. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.50.1.601>
- Assaf, R., Levin, I., & Bravdo, B. (1982). Apple fruit growth as a measure of irrigation control. *Horticultural Science*, 17, 59–61.
- Bain, J. M., & Robertsont, R. N. (1950). The physiology of growth in apple fruits. I. Cell size, cell number, and fruit development. *Australian Journal of Scientific Research, Series B* 4(2), 75–107.
- Baldini, E. (1974). Trends in training systems for deciduous trees. *Proceedings of the International Horticultural Congress* 19(3), 115–124. <https://doi.org/10.1071/bi9510075>
- Barth, C., De Tullio, M., & Conklin, P. L. (2006). The role of ascorbic acid in the control of flowering time and the onset of senescence. *Journal of Experimental Botany*, 57(8), 1657–1665. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj198>
- Bartolozzi, F., Bertazza, G., Bassi, D., & Cristoferi, G. (1997). Simultaneous determination of soluble sugars and organic acids as their trimethylsilyl derivatives in apricot fruits by gas-liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 758(1), 99–107. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(96\)00709-1](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(96)00709-1)
- Batjer, L. P., & Westwood, M. N. (1958). Size of Elberta and JH Hale peaches during the thinning period as related to size at harvest. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 72, 102–105.
- Bernier, G., Havelange, A., Houssa, C., Petitjean, A., & Lejeune, P. (1993). Physiological signals that induce flowering. *The Plant Cell*, 5(10), 1147–1155. <https://doi.org/10.2307/3869768>
- Bertelsen, M. (2005). Reflective mulch improves fruit size and flower bud formation of pear cv “Clara Frijs.” *Acta Horticulturae*, 671, 87–95. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.671.10>
- Blažytė, J., & Vaitkevičienė, N. (2020). The content of macroelements in the pulp and peel of different varieties of pear fruit. *Agroecosystem Sustainability: Links between Carbon Sequestration in Soils, Food Security and Climate Change: International Scientific Virtual Conference AgroEco2020 Programme and Abstracts.*, 87.

- Blennow, A. (2004). Starch bioengineering. In *Starch in food, Structure, function and applications*. Eds: Sjöö, M., & Nilsson, L.; 1st Edition, Elsevier Ltd, (pp. 97–127).
- Brecht, J. K., Saltveit, M. E., Talcott, S. T., & Moretti, C. L. (2007). Alterações metabólicas. In *Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças*. Embrapa (pp. 43–77).
- Britton, G. (1991). Carotenoids. In: *Methods in Plant Biochemistry, Volume 7: Terpenoids*, 1st edition. Eds: Charlwood, B. V., & Banthorpe, D. V., Academic Press (pp. 473 – 518).
- Brookfield, P. L., Nicoll, S., Gunson, F. A., Harker, F. R., & Wohlers, M. (2011). Postharvest Biology and Technology Sensory evaluation by small postharvest teams and the relationship with instrumental measurements of apple texture. *Postharvest Biology and Technology*, 59(2), 179–186. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.08.021>
- Castro-Giráldez, M., Fito, P. J., Chenoll, C., & Fito, P. (2010). Development of a dielectric spectroscopy technique for determining key chemical components of apple maturity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(6), 3761–3766. <https://doi.org/10.1021/jf903338b>
- Cmelik, Z., & Tojanko, S. (2019). Influence of Orchard Site Parameters and Fruit Distribution within Canopy on Fruit Quality of ‘Fuji’ Apple. *HortScience*, 40(318), 4. <https://doi.org/10.21273/hortsci.40.4.1027e>
- Cohen, S., Raveh, E., Li, Y., Grava, A., & Goldschmidt, E. E. (2005). Physiological responses of leaves, tree growth and fruit yield of grapefruit trees under reflective shade screens. *Scientia Horticulturae*, 107(1), 25–35. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2005.06.004>
- Coombe, B. G. (1976). The Development of Fleshy Fruits. *Annual Review of Plant Physiology*, 27(1), 207–228. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.27.060176.001231>
- Corbesier, L., & Coupland, G. (2005). Photoperiodic flowering of Arabidopsis : integrating genetic and physiological approaches to characterization of the floral stimulus. *Plant, Cell and Environment*, 28(1), 54-66.
- Corelli-Grappadelli, L., & Lakso, A. N. (2004). Fruit development in deciduous tree crops as affected by physiological factors and environmental Conditions. *Acta Horticulturae*, 636, 425–441. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.636.52>
- Corelli, L., & Sansavini, S. (1989). Light Interception and Photosynthesis Related To Planting Density and Canopy Management in Apple. *Acta Horticulturae*, 243, 159–174. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1989.243.20>
- Cowan, A. K., Cripps, R. F., Richings, E. W., & Taylor, N. J. (2001). Fruit size: Towards an understanding of the metabolic control of fruit growth using avocado as a model system. *Physiologia Plantarum*, 111(2), 127-136. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2001.1110201.x>
- Dayan, E., van Keulen, H., Jones, J. W., Zipori, I., Shmuel, D., & Challa, H. (1993). Development, calibration and validation of a greenhouse tomato growth model: I. Description of the model. *Agricultural Systems*, 43(2), 145–163. [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(93\)90024-V](https://doi.org/10.1016/0308-521X(93)90024-V)
- DeJong, T. M., & Grossman, Y. L. (1995). Quantifying sink and source limitations on dry matter partitioning to fruit growth in peach trees. *Physiologia Plantarum*, 95(3), 437–443. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1995.tb00860.x>
- DGADR. (2022). *Produtos Tradicionais e DOP/IGP/ETG*. <https://www.dgadr.gov.pt/dop-igp-etg>,

consultado a 3 de março de 2022

- Doerflinger, F. C., Miller, W. B., Nock, J. F., & Watkins, C. B. (2015). Variations in zonal fruit starch concentrations of apples-a developmental phenomenon or an indication of ripening? *Horticulture Research*, 2, 15047. <https://doi.org/10.1038/hortres.2015.47>
- Einhorn, T. C., Turner, J., & Laraway, D. (2012). Effect of reflective fabric on yield of mature “d’Anjou” pear trees. *HortScience*, 47(11), 1580–1585. <https://doi.org/10.21273/hortsci.50.11.1580>
- Elkins, R. B., Klonsky, K., DeMoura, R., & DeJong, T. M. (2008). Economic evaluation of high density versus standard orchard configurations; case study using performance data for “Golden Russet Bosc” pears. *Acta Horticulturae*, 800(2), 739–746. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.800.101>
- Embree, C. G., Myra, M. T. D., Nichols, D. S., & Wright, A. H. (2007). Effect of blossom density and crop load on growth, fruit quality, and return bloom in “Honeycrisp” apple. *HortScience*, 42(7), 1622–1625. <https://doi.org/10.21273/hortsci.42.7.1622>
- Endrizzi, I., Torri, L., Corollaro, M. L., Demattè, M. L., Aprea, E., Charles, M., Biasioli, F., & Gasperi, F. (2015). A conjoint study on apple acceptability: Sensory characteristics and nutritional information. *Food Quality and Preference*, 40, 39–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.08.007>
- Enoch, H. Z. (1990). Crop responses to aerial carbon dioxide. *Acta Horticulturae*, 268, 17–32.
- Erf, J. A., & Proctor, J. T. A. (1987). Changes in apple leaf water status and vegetative growth as influenced by crop load. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 112, 617–620.
- Fanwoua, J., Bairam, E., Delaire, M., & Buck-Sorlin, G. (2014). The role of branch architecture in assimilate production and partitioning: the example of apple (*Malus domestica*). *Frontiers in Plant Science*, 5, 338. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00338>
- Faust, M. (1989). Physiology of temperate zone fruit trees. John Wiley & Sons, NY, 338 p.
- Ferguson, I. B., & Triggs, C. M. (1990). Sampling factors affecting the use of mineral analysis of apple fruit for the prediction of bitter pit. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 18(2–3), 147–152. <https://doi.org/10.1080/01140671.1990.10428086>
- Ferguson, I. B., & Watkins, C. B. (1989). Bitter Pit in Apple Fruit. *Horticultural Reviews*, 1912, 289–355. <https://doi.org/10.1002/9781118060841.ch8>
- Ferree, D. C., Clayton-Greene, K. A., & Bishop, B. (1993). Influence of orchard management system on canopy composition, light distribution, net photosynthesis and transpiration of apple trees. *Journal of Horticultural Science*, 68(3), 377–392. <https://doi.org/10.1080/00221589.1993.11516365>
- Fleckinger, J. (1948). Les stades végétatifs des arbres fruitiers en rapport avec les traitements. *Pomologie Française*, 1, 81–93.
- Flore, J. A., & Layne, D. R. (1999). Photoassimilate production and distribution in cherry. *HortScience*, 34(6), 1015–1019. <https://doi.org/10.21273/hortsci.34.6.1015>
- Forshey, C. G., & Elfving, D. C. (1977). Fruit numbers, fruit size, and yield relationships in ‘McIntosh’ apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 102(4), 399–402.

- Forshey, C. G., & Elfving, D. C. (1989). The relationship between vegetative growth and fruiting in apple trees. *Horticultural Reviews*, 11, 229–287.
- Foyer, C. H., & Halliwell, B. (1976). The presence of glutathione and glutathione reductase in chloroplasts: A proposed role in ascorbic acid metabolism. *Planta*, 133(1), 21–25. <https://doi.org/10.1007/BF00386001>
- Gamon, J. A., Field, C. B., Goulden, M. L., Griffin, K. L., Hartley, A. E., Joel, G., Penuelas, J., & Valentini, R. (1995). Relationships between NDVI, canopy structure, and photosynthesis in three Californian vegetation types. *Ecological Applications*, 5(1), 28–41. <https://doi.org/10.2307/1942049>
- Geigenberger, P. (2011). Regulation of starch biosynthesis in response to a fluctuating environment. *Plant Physiology*, 155(4), 1566–1577. <https://doi.org/10.1104/pp.110.170399>
- Gibson, S. I. (2004). Sugar and phytohormone response pathways: Navigating a signalling network. *Journal of Experimental Botany*, 55(395), 253–264. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh048>
- Giuliani, R., Corelli-Grappadelli, L., & Magnanini, E. (1997). Effects of crop load on apple photosynthetic responses and yield. *Acta Horticulturae*, 451, 303–311. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1997.451.35>
- Givnish, T. (1986). Optimal stomatal conductance, allocation of energy between leaves and roots, and the marginal cost of transpiration. In: *On the Economy of Plant Form and Function*. Ed: Givnish, T., Cambridge University Press (pp. 171–213).
- Glenn, D. M., & Puterka, G. J. (2007). The use of plastic films and sprayable reflective particle films to increase light penetration in apple canopies and improve apple color and weight. *HortScience*, 42(1), 91–96. <https://doi.org/10.21273/hortsci.42.1.91>
- Goke, A., Serra, S., & Musacchi, S. (2020). Manipulation of fruit dry matter via seasonal pruning and its relationship to d’Anjou pear yield and fruit quality. *Agronomy*, 10(6), 897. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060897>
- Goudriaan, J., & Monteith, J. L. (1990). A Mathematical Function for Crop Growth Based on Light Interception and Leaf Area Expansion. *Annals of Botany*, 66(6), 695–701. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a088084>
- Goulao, L. F., Almeida, D. P., & Oliveira, C. M. (2010). Effect of enzymatic reactions on texture of fruits and vegetables. In *Enzymes in Fruit and Vegetable Processing: Chemistry and Engineering Applications*. Ed: Bayindirli, A., CRC Press (pp. 71–122).
- Goulao, L. F., & Oliveira, C. M. (2008). Cell wall modifications during fruit ripening : when a fruit is not the fruit. *Trends in Food Science and Technology*, 19(1) 4-25. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.07.002>
- Goulao, L. F., Sousa, I. de, & Oliveira, C. M. (2006). Patterns of enzymatic activity of cell wall-modifying enzymes during growth and ripening of apples. *Postharvest Biology and Technology*, 43, 307–318. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.10.002>
- Greer, D. (1995). Effect of Canopy Position on the Susceptibility of Kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) Leaves on Vines in an Orchard Environment to Photoinhibition Throughout the Growing Season. *Functional Plant Biology*, 22(2), 299 - 309. <https://doi.org/10.1071/pp9950299>
- Greer, D. H., Wünsche, J. N., & Palmer, J. W. (1997). Effects of fruiting on seasonal apple leaf

- chlorophyll fluorescence. *Acta Horticulturae*, 451, 345–350. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.451.40>
- Grout, B. W. W., Beale, C. V., & Johnson, T. P. C. (2004). The positive influence of year-round reflective mulch on apple yield and quality in commercial orchards. *Acta Horticulturae*, 636, 513–519. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.636.64>
- Hampson, C.R., Kappel, F., Quamme, H. A., & Brownlee, R. T. (1992). Varying density with constant rectangularity: effects on apple tree performance and yield in three training systems. *Acta Horticulturae*, 451, 437–442. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.451.49>
- Hampson, Cheryl R., Quamme, H. A., & Brownlee, R. T. (2002). Canopy growth, yield, and fruit quality of “Royal Gala” apple trees grown for eight years in five tree training systems. *HortScience*, 37(4), 627–631. <https://doi.org/10.21273/hortsci.37.4.627>
- Harker, F. R., Marsh, K. B., Young, H., Murray, S. H., Gunson, F. A., & Walker, S. B. (2002). Sensory interpretation of instrumental measurements 2: Sweet and acid taste of apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 24(3), 241–250. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(01\)00157-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00157-0)
- Harssema, H. (1977). Root temperature and growth of young tomato plants. *Mededelingen Van de Landbouwhogeschool*, 77(19), 86.
- Heinicke, D. R. (1966). The effect of natural shade on photosynthesis and light intensity in Red Delicious apple trees. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 88, 1–8.
- Herschbach, C., & Rennenberg, H. (1994). Influence of glutathione on net uptake of sulphate and sulphate transport in tobacco plants. *Journal of Experimental Botany*, 45, 1069–1076.
- Heuvelink, E. (1996). Tomato growth and yield : quantitative analysis and synthesis. *PhD Thesis*, Wageningen Agricultural University, The Netherlands.
- Heuvelink, E., & Marcelis, L. F. M. (1996). Influence of assimilate supply on leaf formation in sweet pepper and tomato. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 71(3), 405–414. <https://doi.org/10.1080/14620316.1996.11515421>
- Higashi, K., Hosoya, K., & Ezura, H. (1999). Histological analysis of fruit development between two melon (*Cucumis melo* L. *reticulatus*) genotypes setting a different size of fruit. *Journal of Experimental Botany*, 50(339), 1593–1597. <https://doi.org/10.1093/jxb/50.339.1593>
- Ho, L. C. (1988). Metabolism and Compartmentation of Imported Sugars in Sink Organs in Relation to Sink Strength. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 39(1), 355–378. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.39.060188.002035>
- Holland, C. A. (1968). The estimation of total leaf area on a tree. *Annual Report of the East Malling Research Station for 1967*, 101–104.
- Horemans, N., H. Foyer, C., Potters, G., & Asard, H. (2000). Ascorbate function and associated transport systems in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 38(7–8), 531–540. [https://doi.org/10.1016/S0981-9428\(00\)00782-8](https://doi.org/10.1016/S0981-9428(00)00782-8)
- Iwanami, H. (2011). Improving the Quality of Specific Fruits. In M. A. & P. Bebeli (Eds.), *Breeding for Fruit Quality* (1st ed., p. 400).
- Jackson, J. E. (2003). *The Biology of Apples and Pears (The Biology of Horticultural Crops)*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511542657>

- Kader, A. A. (1999). Fruit maturity, ripening and quality relationships. *Acta Horticulturae*, 485(27), 203–208.
- Karlsson, M. G., Heins, R. D., Gerberick, J. O., & Hackmann, M. E. (1991). Temperature driven leaf unfolding rate in *Hibiscus rosa-sinensis*. *Scientia Horticulturae*, 45(3–4), 323–331. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(91\)90078-D](https://doi.org/10.1016/0304-4238(91)90078-D)
- Katz, J. J., Norris, J. R., Shipman, L. L., Thurnauer, M. C., & Wasielewski, M. R. (1978). Chlorophyll function in the photosynthetic reaction center. *Annual Review of Biophysics and Bioengineering*, 7, 393–434. <https://doi.org/10.1146/annurev.bb.07.060178.002141>
- Keeling, P. L., & Myers, A. M. (2010). Biochemistry and genetics of starch synthesis. *Annual Review of Food Science and Technology*, 1(1), 271–303. <https://doi.org/10.1146/annurev.food.102308.124214>
- Kingston, C. M. (1992). Maturity indices for apple and pear. *Horticultural Reviews*, 13(32), 402.
- Koutinas, N., Pepelyankov, G., & Lichev, V. (2010). Flower induction and flower bud development in apple and sweet cherry. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 24(1), 1549–1558. <https://doi.org/10.2478/V10133-010-0003-9>
- Kozlowski, T. T. (1992). Carbohydrate Sources and Sinks in Woody Plants. *Botanical Review*, 58(2), 107–222. <http://www.jstor.org/stable/4354186>
- Krause, G. H., & Weis, E. (2006). Chlorophyll Fluorescence and Photosynthesis: The Basics. In: *Advances in Enzymology and Related Areas of Molecular Biology*, Volume 11. Ed: Nord, F. F., Wiley on line Library (pp. 91–199). <https://doi.org/10.1002/9780470122563.ch3>
- Kriedemann, P. E., & Canterford, R. L. (1971). The photosynthetic activity of pear leaves (*Pyrus communis* L.). *Australian Journal of Biological Sciences*, 24(2), 197–206. <https://doi.org/10.1071/BI9710197>
- Kviklys, D., Viškelis, J., Liaudanskas, M., Janulis, V., Laužikė, K., Samuolienė, G., Uselis, N., & Lanauskas, J. (2022). Apple Fruit Growth and Quality Depend on the Position in Tree Canopy. *Plants*, 11(2), 196; <https://doi.org/10.3390/plants11020196>
- Lakso, A.N., & Johnson, R. S. (1990). a Simplified Dry Matter Production Model for Apple Using Automatic Programming Simulation Software. *Acta Horticulturae*, 276, 141–148. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1990.276.15>
- Lakso, A.N., White, M. D., & Tustin, D. S. (2001). Simulation modeling of the effects of short and long-term climatic variations on carbon balance of apple trees. *Acta Horticulturae*, 557, 473–480. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.557.63>
- Lakso, Alan N., Wünsche, J. N., Palmer, J. W., & Grappadelli, L. C. (1999). Measurement and Modeling of Carbon Balance of Apple Trees. *HortScience*, 32(3), 551B – 551. <https://doi.org/10.21273/hortsci.32.3.551b>
- Leão De Sousa, M., & De Melo-Abreu, J. P. (2015). Improved training and pruning techniques increased productivity of “Rocha” Pear. *Acta Horticulturae*, 1094, 213–222. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1094.27>
- Lehman-salada, L. (1996). Instrument and Operator Effects on Apple Firmness Readings. *HortScience*, 31(6), 994–997.
- Leitão, I., Martins, L. L., Carvalho, L., Oliveira, M. C., Marques, M. M., & Mourato, M. P. (2021). Acetaminophen induces an antioxidative response in lettuce plants. *Plants*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/plants10061152>

- Leutscher, K. J., & Vogelesang, J. V. (1990). A crop growth simulation model for operational management support in pot plant production. *Agricultural Systems*, 33, 101–114.
- Li, F., Zhang, X., Song, B., Li, J., Shang, Z., & Guan, J. (2013). Combined effects of 1-MCP and MAP on the fruit quality of pear (*Pyrus bretschneideri* Reld cv. Laiyang) during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 164, 544–551. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.10.018>
- Lombardi, S., Moraes, D. M. de, & Camelatto, D. (2000). Evaluation of growth and postharvest ripening of shinsseiki pears. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(12), 2399–2405.
- Looney, N. E. (1968). Comparison of photosynthetic efficiency of two apple cultivars with their compact mutants. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 92, 34–36.
- Lopez, G., Larrigaudière, C., Girona, J., Behboudian, M. H., & Marsal, J. (2011). Fruit thinning in “Conference” pear grown under deficit irrigation: Implications for fruit quality at harvest and after cold storage. *Scientia Horticulturae*, 129(1), 64–70. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.03.007>
- Lordan, J., Alegre, S., Montserrat, R., & Asín, L. (2017). Yield and profitability of ‘Conference’ pear in five training systems in North East of Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 15(3). <https://doi.org/10.5424/sjar/2017153-10705>
- Luckwill, L. C. (1970). The control of growth and fruitfulness of apple trees. In Long Ashton Symposium, 2d, University of Bristol Bibliography (pp. 237–254).
- Luckwill, L. C., Weaver, P., & MacMillan, J. (1969). Gibberellins and other growth hormones in apple seeds. *Journal of Horticultural Sciences*, 44, 413–424.
- Madsen, E. (1973). Effect of CO₂ concentration on the morphological, histological and cytological changes in tomato plants. *Acta Horticulturae Scandinavica*, 23, 241–246.
- Maggs, D. H. (1965). Growth Rates in relation to Assimilate Supply and Demand: II. The effect of particular leaves and growing regions in determining the dry matter distribution in young apple-trees. *Journal of Experimental Botany*, 16(3), 387–404. <https://doi.org/10.1093/jxb/16.3.387>
- Malone, S. L., Starr, G., Staudhammer, C. L., & Ryan, M. G. (2013). Effects of simulated drought on the carbon balance of Everglades short-hydroperiod marsh. *Global Change Biology*, 19(8), 2511–2523. <https://doi.org/10.1111/gcb.12211>
- Mänd, P., Hallik, L., Peñuelas, J., Nilson, T., Duce, P., Emmett, B. A., Beier, C., Estiarte, M., Garadnai, J., Kalapos, T., Schmidt, I. K., Kovács-Láng, E., Prieto, P., Tietema, A., Westerveld, J. W., & Kull, O. (2010). Responses of the reflectance indices PRI and NDVI to experimental warming and drought in European shrublands along a north-south climatic gradient. *Remote Sensing of Environment*, 114(3), 626–636. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.11.003>
- Marcelis, L. F. M., Heuvelink, E., & Goudriaan, J. (1998). Modelling biomass production and yield of horticultural crops: A review. *Scientia Horticulturae*, 74(1–2), 83–111. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(98\)00083-1](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00083-1)
- Marcelis, L. F. M., Heuvelink, E., Baan Hofman-Eijer, L. R., Den Bakker, J., & Xue, L. B. (2004). Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Journal of Experimental Botany*, 55(406), 2261–2268. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh245>
- Márquez Cardozo, C. J., Palacín Beltrán, J. R., & Fuentes Berrio, L. (2015). Effect of cassava-starch

- coatings with ascorbic acid and N-acetylcysteine on the quality of harton plantain (*Musa paradisiaca*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 68(2), 7689–7701. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v68n2.50985>
- Marsal, J., Behboudian, M. H., Mata, M., Basile, B., & Campo, J. Del. (2015). Fruit thinning in “Conference” pear grown under deficit irrigation to optimise yield and to improve tree water status. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 85(2), 125–130. <https://doi.org/10.1080/14620316.2010.11512642>
- Martinl, C., & Smith, A. M. (1995). Starch biosynthesis. *The Plant Cell*, 7, 971–985. <https://doi.org/10.1039/qr9692300057>
- Martins, M. M., & Empis, J. (2000). *Produtos Hortofrutícolas Frescos ou Minimamente Processados*. Sociedade Portuguesa Da Inovação, Porto (pp.13–33).
- Masato, O. (1980). An improved method for determination of l-ascorbic acid and l-dehydroascorbic acid in blood plasma. *Clinica Chimica Acta*, 103(3), 259–268. [https://doi.org/10.1016/0009-8981\(80\)90144-8](https://doi.org/10.1016/0009-8981(80)90144-8)
- Masseron, A., & Roche, L. (1996). Le poirier: nouvelles avancées techniques. *L’Arboriculture Fruitière*, 491, 21–32.
- May, M. J., Vernoux, T., Leaver, C., Van Montagu, M., & Inzé, D. (1998). Glutathione homeostasis in plants: Implications for environmental sensing and plant development. *Journal of Experimental Botany*, 49(321), 649–667. <https://doi.org/10.1093/jxb/49.321.649>
- McFadyen, L. M., Robertson, D., Sedgley, M., Kristiansen, P., & Olesen, T. (2011). Post-pruning shoot growth increases fruit abscission and reduces stem carbohydrates and yield in macadamia. *Annals of Botany*, 107(6), 993–1001. <http://www.jstor.org/stable/43578170>
- McGlone, V. A., Jordan, R. B., Seelye, R., & Clark, C. J. (2003). Dry-matter - A better predictor of the post-storage soluble solids in apples? *Postharvest Biology and Technology*, 28(3), 431–435. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00207-7](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00207-7)
- Mendes, M. M., Gazarini, L. C., & Rodrigues, M. L. (2001). Acclimation of *Myrtus communis* to contrasting Mediterranean light environments - Effects on structure and chemical composition of foliage and plant water relations. *Environmental and Experimental Botany*, 45(2), 165–178. [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(01\)00073-9](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(01)00073-9)
- Mesa, K., Serra, S., Masia, A., Gagliardi, F., Bucci, D., & Musacchi, S. (2016). Seasonal trends of starch and soluble carbohydrates in fruits and leaves of ‘Abbé Fétel’ pear trees and their relationship to fruit quality parameters. *Scientia Horticulturae*, 211, 60–69. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.08.008>
- Mika, A. (1986). Treatments improving illumination of the fruiting zone of the tree. In: *Regulation of Photosynthesis in Fruit Trees*. Eds: Lakso, A.N., Lenz, F., NY State Agriculture Experimental Station (pp. 42–45)
- Mika, A., & Antoszewski, R. (1974). Photosynthesis efficiency of apple trees trained as hedgerows. *Fruit Science Reports*, 1(1), 10–17.
- Mukerjee, R., Mukerjee, R., & Robyt, J. F. (2009). Starch biosynthesis: experiments on how starch granules grow *in vivo*. *Carbohydrate Research*, 344(1), 67–73. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2008.09.022>
- Musacchi, S. (2008). Bibaum®: A new training system for pear orchards. *Acta Horticulturae*, 800(2), 763–768. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2008.800.104>

- Musacchi, S. (2011). Training system and management for a high density orchard of “Abbé Fetel.” *Acta Horticulturae*, 909, 225–240. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.909.25>
- Musacchi, S., Ancarani, V., Gamberini, A., Gaddoni, M., Grandi, M., & Sansavini, S. (2005). Response of training system planting density and cultivar in Pear. *Acta Horticulturae*, 671, 463–469. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.671.65>
- Musacchi, S., & Serra, S. (2018). Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*, 234, 409–430. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.057>
- Naor, A. (2001). Irrigation and crop load influence fruit size and water relations in field-grown “Spadona” pear. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126(2), 252–255. <https://doi.org/10.21273/jashs.126.2.252>
- Naor, A., Klein, I., Doron, I., Gal, Y., Ben-David, Z., & Bravdo, B. (1997). Irrigation and Crop Load Interactions in Relation to Apple Yield and Fruit Size Distribution. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 122(3), 4.
- Navas, P., Villalba, J. M., & Córdoba, F. (1994). Ascorbate function at the plasma membrane. *BBA - Reviews on Biomembranes*, 1197(1), 1–13. [https://doi.org/10.1016/0304-4157\(94\)90016-7](https://doi.org/10.1016/0304-4157(94)90016-7)
- Noctor, G., & Foyer, C. H. (1998). Ascorbate and Glutathione: Keeping Active Oxygen under Control. *Annual Review of Plant Biology*, 49, 249–279. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.49.1.249>
- Noctor, G., Mhamdi, A., Chaouch, S., Han, Y., Neukermans, J., Marquez-Garcia, B., Queval, G., & Foyer, C. H. (2012). Glutathione in plants: An integrated overview. *Plant, Cell and Environment*, 35(2), 454–484. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2011.02400.x>
- Nybom, N. (1959). On the inheritance of acidity in cultivated apples. *Hereditas*, 45(2–3), 332–350.
- OIV. (2020). *Compendium of International Methods of Wine and must Analysis* (Vol. 2). OIV, Paris, 839 p.
- Oliveira, C. M., & Priestley, C. A. (1983). Carbohydrate Reserves in Dicotyledonous Fruit Trees. *Developments in Plant Genetics and Breeding*, 1, 401–421. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-42227-9.50023-8>
- Palmer, J., Diack, R., Johnston, J., & Boldingh, H. (2013). The Journal of Horticultural Science and Biotechnology Manipulation of fruit dry matter accumulation and fruit size in “Scifresh” apple through alteration of the carbon supply, and its relationship with apoplastic sugar composition. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 88(4), 483–489. <https://doi.org/10.1080/14620316.2013.11512995>
- Palmer, J. W. (1992). Effects of varying crop load on photosynthesis, dry matter production and partitioning of Crispin/M.27 apple trees. *Tree Physiology*, 11(1), 19–33. <https://doi.org/10.1093/treephys/11.1.19>
- Palmer, J. W., & Jackson, J. E. (1977). Seasonal Light Interception and Canopy Development in Hedgerow and Bed System Apple Orchards. *The Journal of Applied Ecology*, 14(2), 539. <https://doi.org/10.2307/2402566>
- Palmer, J.W. (1989). Canopy manipulation for optimum utilization of light. In *Manipulation of Fruiting*. Ed: Wright, C.J., Butterworth-Heinemann (pp. 245-262)

<https://doi.org/10.1016/b978-0-408-02608-6.50021-7>

- Palmer, J.W. (2014). The future role of crop physiologists, a personal view. *Acta Horticulturae*, 1058, 209–220.
- Palmer, J.W., & Warrington, I. J. (2000). Underlying Principles of Successful Apple Planting Systems. *Acta Horticulturae*, 513, 357–366. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.513.42>
- Palmer, J W, Cai, Y.-L., & Edjamo, Y. (1991). Effect of part-tree flower thinning on fruiting, vegetative growth and leaf photosynthesis in ‘Cox’s Orange Pippin’ apple. *Journal of Horticultural Science*, 66(3), 319–325. <https://doi.org/10.1080/00221589.1991.11516159>
- Palmer, John W., Giuliani, R., & Adams, H. M. (1997). Effect of crop load on fruiting and leaf photosynthesis of ‘Braeburn’/M.26 apple trees. *Tree Physiology*, 17(11), 741–746. <https://doi.org/10.1093/treephys/17.11.741>
- Palmer, John W, Harker, R., Tustin, S., & Johnston, J. (2010). *Fruit dry matter concentration: a new quality metric for apples*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15), 2586–2594. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4125>
- Pasa, M. da S., Fachinello, J. C., Júnior, H. F. da R., Franceschi, É. De, Schmitz, J. D., & de Souza, A. L. K. (2015). Performance of “Rocha” and “Santa Maria” pears as affected by planting density. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 50(2), 126–131. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000200004>
- Peñuelas, J., & Filella, L. (1998). Technical focus: Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. *Trends in Plant Science*, 3(4), 151–156. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(98\)01213-8](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(98)01213-8)
- Potters, G., De Gara, L., Asard, H., & Horemans, N. (2002). Ascorbate and glutathione: Guardians of the cell cycle, partners in crime? *Plant Physiology and Biochemistry*, 40(6–8), 537–548. [https://doi.org/10.1016/S0981-9428\(02\)01414-6](https://doi.org/10.1016/S0981-9428(02)01414-6)
- Pratt, C. (2011). Apple Trees: Morphology and Anatomy. *Horticultural Reviews*, Volume 12. Ed: Janick, J., Wiley Online Library (pp. 265–305). <https://doi.org/10.1002/9781118060858.ch6>
- Quilot-Turion, B., & Causse, M. (2014). Natural diversity and genetic control of fruit sensory quality. In: *Fruit ripening: physiology, signalling and genomics*. Eds: Nath, P., Bouzayen, M., Mattoo, A. K., & Pech, J. C., CABI Publishings (p. 228). <https://doi.org/10.1079/9781845939625.0228>
- Racskó, J. (2006). Crop Load, Fruit Thinning and their Effects on Fruit Quality of Apple (*Malus domestica* Borkh.). *Acta Agraria Debreceniensis*, 24, 29–35. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/24/3221>
- Raguin, A., & Ebenhöf, O. (2017). Design starch: stochastic modeling of starch granule biogenesis. *Biochemical Society Transactions*, 45(4), 885–893. <https://doi.org/10.1042/BST20160407>
- Reynolds, A., & Heuvel, J. (2009). Influence of grapevine training systems on vine growth and fruit composition: a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60, 251–268.
- Richardson, A. D., Duigan, S. P., & Berlyn, G. P. (2002). An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytologist*, 153(1), 185–194. <https://doi.org/10.1046/j.0028-646X.2001.00289.x>

- Robinson, T., Hoying, S. A., Demaree, A., Iungerman, K., & Fargione, M. (2007). More Competitive Apple Orchard Systems in New York. *New York Fruit Quarterly*, 15(1), 3–9.
- Robinson, T. L. (2011). High density pear production with *Pyrus communis* rootstocks. *Acta Horticulturae*, 909, 259–270. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2011.909.28>
- Robinson, T. L., Wünsche, J., & Lakso, A. (1993). The influence of orchard system and pruning severity on yield, light interception, conversion efficiency, partitioning index and leaf area index. *Acta Horticulturae*, 349(17), 123–128.
- Robinson, Terence L. (1997). Interaction of tree form and rootstock on light interception, yield and efficiency of “Empire”, Delicious’ and “Jonagold” apple trees trained to different systems. *Acta Horticulturae*, 451, 427–436. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.451.48>
- Robinson, Terence L., & Lakso, A. N. (1991). Bases of Yield and Production Efficiency in Apple Orchard Systems. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116(2), 188–194. <https://doi.org/10.21273/jashs.116.2.188>
- Roitsch, T. (1999). Source-sink regulation by sugar and stress. *Current Opinion in Plant Biology*, 2(3), 198–206.
- Rosa, M., Prado, C., Podazza, G., Interdonato, R., González, J. A., Hilal, M., & Prado, F. E. (2009). Soluble sugars-metabolism, sensing and abiotic stress a complex network in the life of plants. *Plant Signaling and Behavior*, 4(5), 388–393. <https://doi.org/10.4161/psb.4.5.8294>
- Roşescu, M. R., & Chiţu, E. (2009). Influence of anthropic conditions on Pitesti, Mioveni and Maracineni dominant weeds photosystem II efficiency using chlorophyll fluorescence. *Scientific Papers of the Research Institute for Fruit Growing Pitesti, Romania*, 25(9), 151–157.
- Russell, G., Jarvis, P. G., & Monteith, J. L. (1989). Absorption of radiation by canopies and stand growth. In: *Plant canopies: their growth, form and function*, Eds: Russell, G., Marshall, B., & Jarvis, P.G., Cambridge University Press (pp. 21–39). <https://doi.org/10.1017/cbo9780511752308.003>
- Sachs, R. M., & Hackett, W. P. (1977). Chemical control of flowering. *Acta Horticulturae*, 68, 29–50. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1977.68.2>
- Salta, J., Martins, A., Santos, R. G., Neng, N. R., Nogueira, J. M. F., Justino, J., & Rauter, A. P. (2010). Phenolic composition and antioxidant activity of Rocha pear and other pear cultivars - A comparative study. *Journal of Functional Foods*, 2(2), 153–157. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2010.02.002>
- Samuolienė, G., Čeidaitė, A., Sirtautas, R., Duchovskis, P., & Kviklys, D. (2016). Effect of crop load on phytohormones, sugars, and biennial bearing in apple trees. *Biologia Plantarum*, 60(2), 394–400. <https://doi.org/10.1007/s10535-015-0581-3>
- Sansavini, S., Ancarani, V., & Neri, D. (2008). Overview of intensive pear culture: Planting density, rootstocks, orchard management, soil-water relations and fruit quality. *Acta Horticulturae*, 800(1), 35–49. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2008.800.1>
- Sansavini, S., & Corelli-Grappadelli, L. (1997). Yield and light efficiency for high quality fruit in apple and peach high density planting. *Acta Horticulturae*, 451, 559–568. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.451.65>
- Sansavini, S., & Corelli, L. (1992). Canopy Efficiency of Apple As Affected By Microclimatic Factors

- and Tree Structure. *Acta Horticulturae*, 322, 69–78. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1992.322.7>
- Sansavini, S., & Musacchi, S. (2002). European pear orchard design and hdp management: a review. *Acta Horticulturae*, 596, 589–601. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2002.596.103>
- Saquet, A. A., & Almeida, D. P. F. (2017). Ripening physiology and biochemistry of ‘Rocha’ pear as affected by ethylene inhibition. *Postharvest Biology and Technology*, 125, 161–167. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.11.008>
- Saquet, A. A., Streif, J., & Almeida, D. P. F. (2017). Responses of ‘Rocha’ pear to delayed controlled atmosphere storage depend on oxygen partial pressure. *Scientia Horticulturae*, 222, 17–21. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.05.006>
- Scorza, R., May, L. G., Purnell, B., & Upchurch, B. (1991). Differences in number and area of mesocarp cells between small- and large-fruited peach cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116(5), 861–864.
- Serra, S., Leisso, R., Giordani, L., Kalcsits, L., & Musacchi, S. (2016). Crop load influences fruit quality, nutritional balance, and return bloom in ‘Honeycrisp’ apple. *HortScience*, 51(3), 236–244. <https://doi.org/10.21273/hortsci.51.3.236>
- Sete, P. B., Comin, J. J., Nara Ciotta, M., Almeida Salume, J., Thewes, F., Brackmann, A., Toselli, M., Nava, G., Rozane, D. E., Loss, A., Lourenzi, C. R., da Rosa Couto, R., & Brunetto, G. (2019). Nitrogen fertilization affects yield and fruit quality in pear. *Scientia Horticulturae*, 258, 108782. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108782>
- Silva, G. J., Souza, T. M., Barbieri, R. L., & Costa de Oliveira, A. (2014). Origin, Domestication, and Dispersing of Pear (*Pyrus* spp.) . *Advances in Agriculture*, 2014, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2014/541097>
- Silva, P. T., Fialho, E., Miguel, M. A. L., Lopes, M. L. M., & Valente-Mesquita, V. L. (2007). Estabilidades química, físico-química e microbiológica se suco de laranja cs. “Pêra” submetido a diferentes condições de estocagem. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, 26(4): 875–883.
- Sims, D. A., & Gamon, J. A. (2002). Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sensing of the Environment*, 81(2), 337–354. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00010-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00010-X)
- Singh, S., Gill, P. S., Dhillon, W. S., & Singh, N. (2012). Effect of Heading Back on Photosynthesis, Yield and Fruit Quality in Pear. *Notulae Scientia Biologicae*, 4(4), 90–94. <https://doi.org/10.15835/nsb448280>
- Slattery, C. J., Kavakli, I. H., & Okita, T. W. (2000). Engineering starch for increased quantity and quality. *Trends in Plant Science*, 5(7), 291–298. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(00\)01657-5](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(00)01657-5)
- Smith, A. M., & Zeeman, S. C. (2006). Quantification of starch in plant tissues. *Nature Protocols*, 1(3), 1342–1345. <https://doi.org/10.1038/nprot.2006.232>
- Smith, R. B., Loughheed, E. C., Franklin, E. W., & McMillan, I. (1979). STAGE OF MATURATION IN APPLES apparently the same stage of. *Canadian Journal of Plant Science*, 59, 725–735. <http://pubs.aic.ca/doi/pdfplus/10.4141/cjps79-113>

- Sousa, M. L. de. (2013). *Avaliação de novos sistemas de produção de pera 'Rocha' em alta densidade com recurso à modelação e à integração de processos fisiológicos*. Tese de Doutoramento em Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia, 280 pp.
- Streb, S., Zeeman, & Samuel C. (2012). Starch Metabolism in Arabidopsis. *The Arabidopsis Book*, Volume 2012, Issue 10. The American Society of Plant Biologists, e160. <https://doi.org/10.1199/tab.0160>
- Thorp, T. G., & Stowell, B. (2001). Pruning height and selective limb removal affect yield of large "Hass" avocado trees. *HortScience*, 36(4), 699–702. <https://doi.org/10.21273/hortsci.36.4.699>
- Trigueiros, J. (2000). Optimização do momento de colheita para as espécies frutícolas de maior expressão económica. In *Manual Tecnologias de colheita* (p. 14).
- Tustin, D. S., Cashmore, W. M., & Bensley, R. B. (1998). The influence of orchard row canopy discontinuity on irradiance and leaf area distribution in apple trees. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 73(3), 289–297. <https://doi.org/10.1080/14620316.1998.11510976>
- Van Beek, J., Tits, L., Coppin, P., Somers, B., Deckers, T., Verjans, W., Bylemans, D., & Janssens, P. (2015). Improved yield and fruit quality estimation in pear orchards using remote sensing time series. *Acta Horticulturae*, 1094, 239–245. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1094.30>
- Verheij, E. W. (1968). Yield-density relations in apple: results of a planting system experiment in Hungary. 37th Edition. Instituut voor Tuinbouwtechniek Wageningen, Netherlands, 31 pp.
- Visser, C. L. M. De. (1994). ALCEPAS, an onion growth model based on SUCROS87.I. Development of the model. *Journal of Horticultural Science*, 69(3), 501–518. <https://doi.org/10.1080/14620316.1994.11516482>
- Visser, T., Schaap, A. A., & De Vries, D. P. (1968). Acidity and sweetness in apple and pear. *Euphytica*, 17(2), 153–167. <https://doi.org/10.1007/BF00021205>
- Volz, R. K., Ferguson, I. B., Bowen, J. H., & Watkins, C. B. (1993). Crop load effects on fruit mineral nutrition, maturity, fruiting and tree growth of 'Cox's Orange Pippin' apple. *Journal of Horticultural Science*, 68(1), 127–137. <https://doi.org/10.1080/00221589.1993.11516336>
- Wagenmakers, P. S., & Callesen, O. (1995). Light distribution in apple orchard systems in relation to production and fruit quality. *Journal of Horticultural Science*, 70(6), 935–948. <https://doi.org/10.1080/14620316.1995.11515369>
- Wagenmakers, P.S., & Tazelaar, M. (1997). Planting systems and light utilization. *Annual Report of the Research Station for Fruit Growing*, 17, 17–18.
- Wang, J. Z., Tao, S. T., Qi, K. J., Wu, J., Wu, H. Q., & Zhang, S. L. (2011). Changes in photosynthetic properties and antioxidative system of pear leaves to boron toxicity. *African Journal of Biotechnology*, 10(85), 19693–19700. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2608>
- Watada, A. E., Abe, K., & Yamuchi, N. (1990). Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technology*, 44, 116–122.
- Wermelinger, B., Baumgärtner, J., & Gutierrez, A. P. (1991). A demographic model of assimilation and allocation of carbon and nitrogen in grapevines. *Ecological Modelling*, 53(C), 1–26. [https://doi.org/10.1016/0304-3800\(91\)90138-Q](https://doi.org/10.1016/0304-3800(91)90138-Q)
- Wertheim, S. J. (1968). The training of the slender spindle. Proefstation voor de Fruitteelt,

- Wilhelminadorp, The Netherlands, 37 pp.
- Wertheim, S. J., Wagenmakers, P. S., Bootsma, J. H., & Groot, M. J. (2001). Orchard systems for apple and pear: conditions for success. *Acta Horticulturae*, 557(28), 209–227. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.557.28>
- Westwood, M. N., Batjer, L. P., & Billingsley, H. D. (1967). Cell size, cell number, and fruit density of apples as related to fruit size, position in cluster, and thinning method. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 91, 51–62.
- Whatley, J. (1982). *A luz e a vida das plantas*. Temas de Biologia, Volume 30 EPU-EDUSP.
- Willaume, M., Lauri, P. É., & Sinoquet, H. (2004). Light interception in apple trees influenced by canopy architecture manipulation. *Trees - Structure and Function*, 18(6), 705–713. <https://doi.org/10.1007/s00468-004-0357-4>
- Wills, R. B. H., McGlasson, W. B., Graham, D., & Joyce, D. C. (2007). Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. Cambridge University Press, 227 pp.
- Wolstenholme, B., & Whiley, A. (1997). What do Carbohydrate Reserves Tell us about Avocado Orchard Management? *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 20, 63–67.
- Wünsche, J., Lakso, A. N., Denning, S. S., & Barnard, J. (1996). Estimating the contribution of canopy components to direct light interception of apple trees using a laser-assisted scanning device. *Environmental and Experimental Botany*, 37(1), 63–72. [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(96\)01037-4](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(96)01037-4)
- Wünsche, J. N., & Ferguson, I. B. (2010). Crop Load Interactions in Apple. *Horticultural Reviews* Volume 31. Ed: Janick, J., Wiley Online Library (pp. 231 - 290). <https://doi.org/10.1002/9780470650882.ch5>
- Wünsche, J. N., Greer, D. H., Laing, W. A., & Palmer, J. W. (2005). Physiological and biochemical leaf and tree responses to crop load in apple. *Tree Physiology*, 25(10), 1253–1263. <https://doi.org/10.1093/treephys/25.10.1253>
- Wünsche, J. N., Palmer, J. W., & Greer, D. H. (2000). Effects of crop load on fruiting and gas-exchange characteristic of 'Braeburn'/M.26 apple trees at full canopy. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 125(1), 93–99. <https://doi.org/10.21273/jashs.125.1.93>
- Wünsche, Jn, & Lakso, A. (2000). Apple tree physiology: Implications for orchard and tree management. *Compact Fruit Tree*, 33(3), 82–88. <http://www.virtualorchard.net/idfta/cft/2000/july/cftjuly2000p82.pdf>
- Yamamoto, H. Y. (1996). Carotenoids : Localization and Function. *Oxygenic Photosynthesis: The Light Reactions*, Ort, D. R., Yocum, C. F., Heichel, I. F., Springer Dordrecht (pp. 539–563).
- Yuri, J. A., Talice, J. G., Verdugo, J., & del Pozo, A. (2011). Responses of fruit growth, quality, and productivity to crop load in apple cv. Ultra Red Gala/MM111. *Scientia Horticulturae*, 127(3), 305–312. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.10.021>
- Zhang, C., Tanabe, K., Tamura, F., Itai, A., & Wang, S. (2005). Partitioning of 13 C-photosynthate from Spur Leaves during Fruit Growth of Three Japanese Pear (*Pyrus pyrifolia*) Cultivars Differing in Maturation Date. *Annals of Botany*, 95, 685–693. <https://doi.org/10.1093/aob/mci070>
- Zhang, Caixi, Tanabe, K., Wang, S., Tamura, F., Yoshida, A., & Kazuhiro, M. (2006). The Impact of

Cell Division and Cell Enlargement on the Evolution of Fruit Size in *Pyrus pyrifolia*. *Annals of Botany*, 98, 537–543. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl144>

Zhang, Y., Li, P., & Cheng, L. (2010). Developmental changes of carbohydrates, organic acids, amino acids, and phenolic compounds in 'Honeycrisp' apple flesh. *Food Chemistry*, 123(4), 1013–1018. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2010.05.053>

8. Anexos

8.1. Material utilizado e metodologias



Figura A1 - Exemplo de frutos com sintomas de ataque de Estenfiliose



Figura A2 - Material utilizado (Würth, Kunzelsau, Alemanha) para medição do diâmetro dos frutos (A); Frutos dentro da estufa a 70°C (Exemplo da metodologia utilizada no cálculo da matéria seca) (B); Frutos desidratados após saírem da estufa (Exemplo da metodologia utilizada no cálculo da matéria seca) (C)



Figura A3 - Exemplo da metodologia utilizada na quantificação da cor dos frutos: medição de dados com recurso a colorímetro (Konica Minolta, modelo CR-400, Japão)



Figura A4 - Penetrómetro digital (Agro-Technologie mod. Penefel DFT 14) utilizado na quantificação da dureza dos frutos



Figura A5 - Aparelho (Licor 6400) utilizado para as medições de fotossíntese líquida e condutância estomática

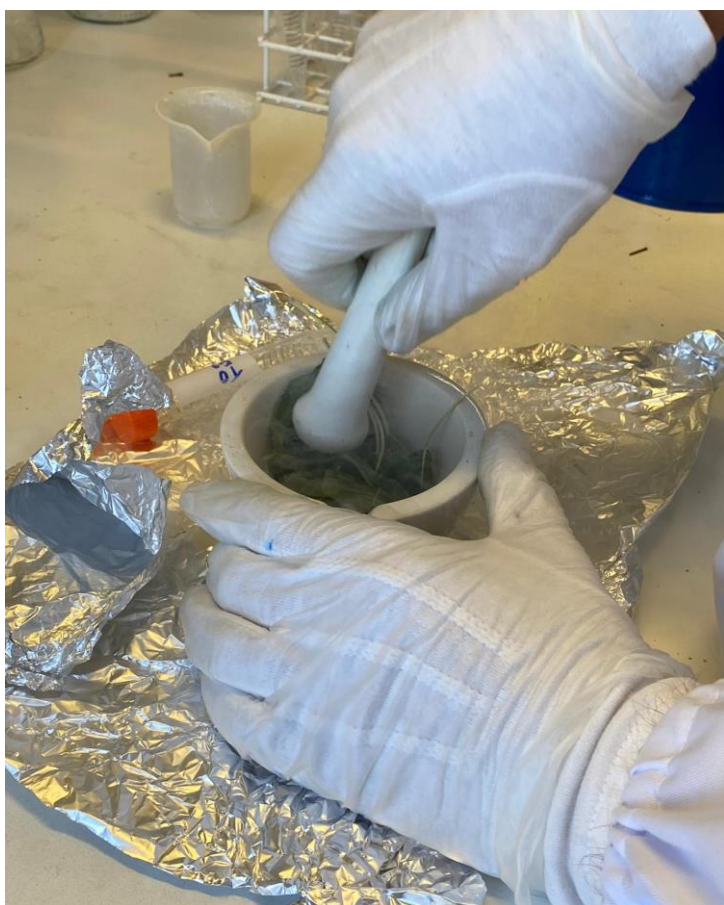


Figura A6 - Metodologia utilizada para a extração das amostras para quantificação de pigmentos, ascorbatos, glutationas, açúcares e amido

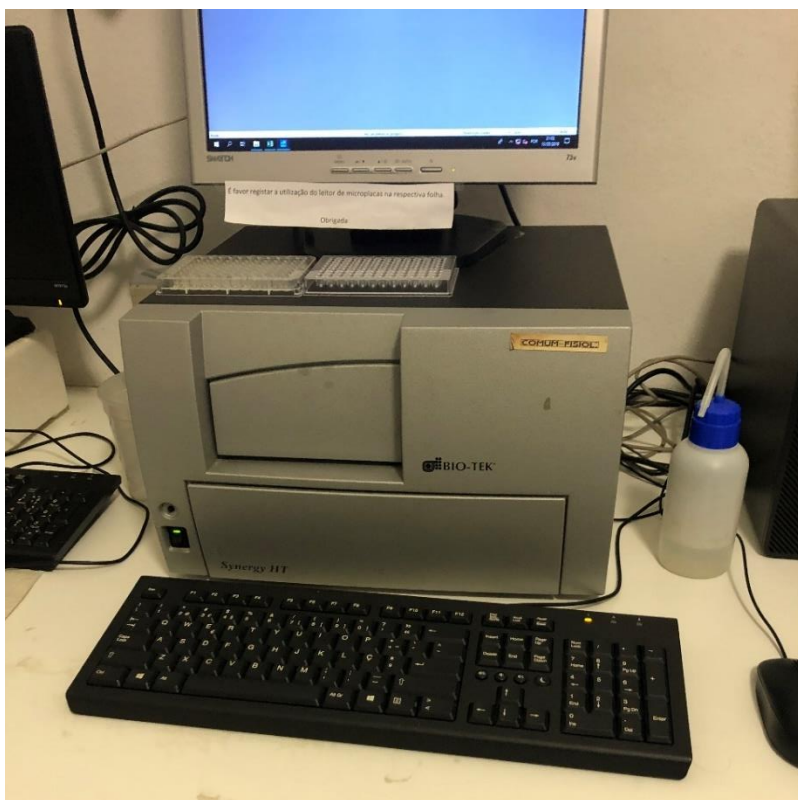


Figura A7 - Leitor de microplacas (SYnergy HT, BioTec) utilizado na quantificação de pigmentos, glutatonas, ascorbatos, açúcares e amido

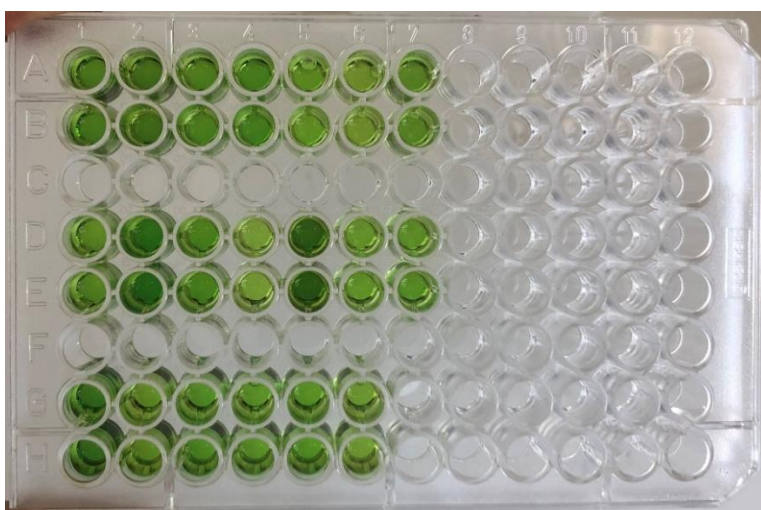


Figura A8 - Metodologia utilizada para a quantificação de pigmentos: placa de 96 poços com amostras para leitura no Leitor de Microplacas (Synergy HT, BioTec)

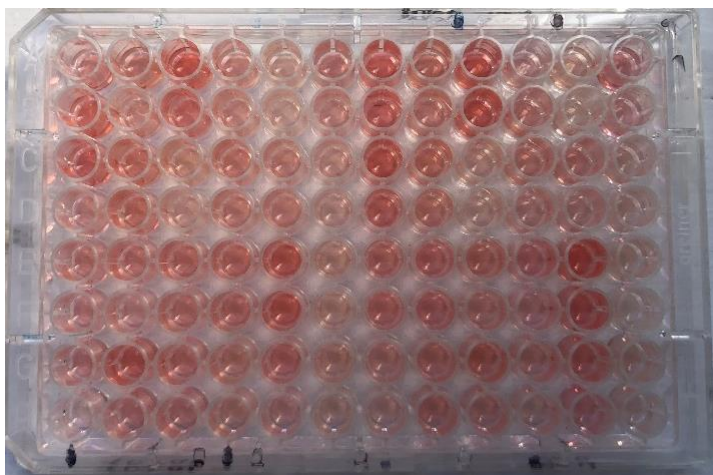


Figura A9 - Metodologia utilizada para a quantificação de ascorbatos: placa de 96 poços com amostras para leitura no Leitor de Microplacas (Synergy HT, BioTec)

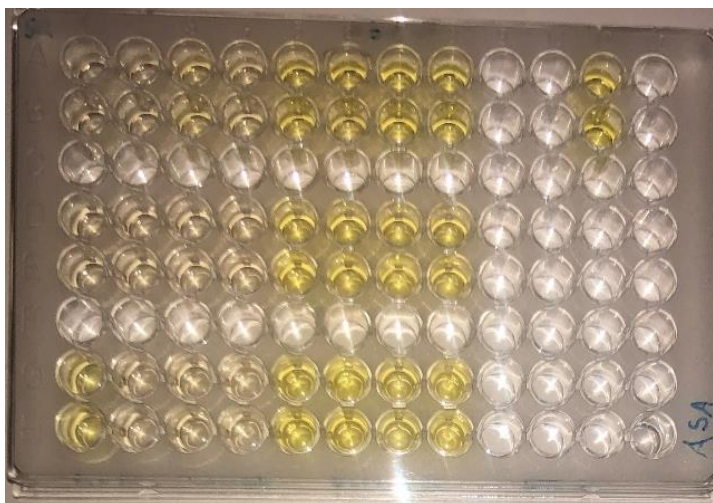


Figura A10 - Metodologia utilizada para a quantificação de glutationas: placa de 96 poços com amostras para leitura no Leitor de Microplacas (Synergy HT, BioTec)

8.2. Níveis de significância e p-values dos resultados apresentados

Anexo 2: Análise estatística

O tratamento dos dados obtidos foi feito com recurso ao programa de estatística RStudio 2021.09.1+372 (2009-2021 RStudio, PBC). As médias dos resultados foram analisadas estatisticamente a um nível de confiança de 95% ($p < 0,05$) através de uma análise de variância (ANOVA) a um fator. Aplicou-se ainda o teste de Tukey para avaliar a existência de diferenças significativas entre as médias das variáveis em análise.

As comparações estão numeradas de acordo com a respetiva figura na secção 'Resultados'. Os valores de p-value são apresentados à direita da comparação feita e os níveis de significância considerados foram os seguintes: *** para $p < 0,001$; ** para $p < 0,01$; e * para $p < 0,05$.

Abreviaturas das comparações feitas: T: pomar Tradicional; I: pomar Intensivo; S: pomar Superintensivo; O: modalidade otimizada; 100: modalidade com 100% de carga; 75: modalidade com 75% de carga; 50: modalidade com 50% de carga; E: medições do lado este da copa; O: medições do lado oeste da copa; N: medições do lado norte da copa; S: medições do lado sul da copa; F: medições em folhas do lado de fora da copa; D: medições em folhas do lado de dentro da copa; PO: medições na polpa do fruto; PE: medições na película do fruto ES: esporões; VE: verdascas; D1: 1ª medição; D2: 2ª medição

Quadro correspondente a Figura 6.

Área de Secção de Tronco			
Valor		Variação	
Comparação	p-value	Comparação	p-value
S-I	0,3305	S-I	0,9994
T-I***	0,0000	T-I**	0,0092
T-S***	0,0000	T-S*	0,0101
50-100	0,9994	50-100	0,9545
75-100	0,9875	75-100	0,9908
O-100	0,9039	O-100	0,8164
75-50	0,9701	75-50	0,9962
O-50	0,8551	O-50	0,9840
O-75	0,9850	O-75	0,9378

Quadro correspondente a Figura 7A.

Crescimento acumulado por área de secção do ramo	
Comparação	p-value
S-I	0,104
T-I ***	0,000
T-S ***	0,000
50-100	0,993
75-100	0,947
O-100	0,938
75-50	0,844
O-50	0,990
O-75	0,672
N-E	0,731
O-E	0,167
S-E	0,999
O-N	0,952
S-N	0,881
S-O	0,493

Quadros correspondentes a Figura 7B.

Crescimento dos ramos anuais							
Medição 1		Medição 2		Medição 3		Medição 4	
Comparação	p-value	Comparação	p-value	Comparação	p-value	Comparação	p-value
S-I**	0,0097	S-I*	0,0238	S-I*	0,0322	S-I*	0,0456
T-I***	0,0000	T-I***	0,0000	T-I***	0,0000	T-I***	0,0000
T-S***	0,0000	T-S***	0,0000	T-S***	0,0000	T-S***	0,0000
50-100	0,1164	50-100	0,1959	50-100	0,3140	50-100	0,4497
75-100	0,7277	75-100	0,6738	75-100	0,7746	75-100	0,7859
O-100	0,0987	O-100	0,0948	O-100	0,1123	O-100	0,1496
75-50	0,6268	75-50	0,8246	75-50	0,8689	75-50	0,9471
O-50	0,9999	O-50	0,9863	O-50	0,9515	O-50	0,9193
O-75	0,5806	O-75	0,6257	O-75	0,5647	O-75	0,6362
V-E*	0,0118	V-E*	0,0187	V-E*	0,0263	V-E	0,0547

Crescimento dos ramos anuais					
Medição 5		Medição 6		Medição 7	
Comparação	p-value	Comparação	p-value	Comparação	p-value
S-I	0,0569	S-I	0,0689	S-I	0,0914
T-I***	0,0000	T-I***	0,0000	T-I***	0,0000
T-S***	0,0000	T-S***	0,0000	T-S***	0,0000
50-100	0,6262	50-100	0,8323	50-100	0,8544
75-100	0,8721	75-100	0,8869	75-100	0,8858
O-100	0,2172	O-100	0,2992	O-100	0,3249
75-50	0,9711	75-50	0,9994	75-50	0,9999
O-50	0,8844	O-50	0,8013	O-50	0,8011
O-75	0,6444	O-75	0,7335	O-75	0,7614
V-E	0,0958	V-E	0,1435	V-E	0,1666

Quadro correspondente a Figura 8A e C.

Volume de copa por árvore		Volume de copa por hectare	
Comparação	p-value	Comparação	p-value
S-I*	0,0235	S-I***	0,0000
T-I***	0,0000	T-I	0,5210
T-S***	0,0000	T-S***	0,0000
50-100	0,2377	50-100	0,2512
75-100	0,9927	75-100	0,7622
O-100	0,1143	O-100***	0,0009
75-50	0,3735	75-50	0,8136
O-50	0,9829	O-50	0,1746
O-75	0,2002	O-75*	0,0209

Quadro correspondente a Figura 8B.

Diferença de radiação intercetada do exterior para o interior da copa	
Comparação	p-value
S-I***	0,0000
T-I	0,2168
T-S***	0,0000
50-100	0,9613
75-100	0,9326
O-100	0,7129
75-50	0,6974
O-50	0,9402
O-75	0,3473
O-E*	0,0171
CIMA-BAIXO***	0,000

Quadro correspondente a Figura 8D.

Gomos florais por volume de copa por árvore		Gomos florais por volume de copa por hectare	
Comparação	p-value	Comparação	p-value
S-I***	0,0000	S-I***	0,0000
T-I***	0,0001	T-I***	0,0000
T-S***	0,0000	T-S***	0,0000
50-100	0,5944	50-100	0,8973
75-100	0,8304	75-100	0,9937
O-100	0,1682	O-100	0,9649
75-50	0,9776	75-50	0,7723
O-50	0,8442	O-50	0,9959
O-75	0,6124	O-75	0,8831

Quadro correspondente a Figura 8E.

Área de copa por árvore	
Comparação	p-value
S-I***	0,0007
T-I***	0,0000
T-S***	0,0000
50-100*	0,0423
75-100	0,4339
O-100***	0,0002
75-50	0,6499
O-50	0,3660
O-75*	0,0309

Quadros correspondentes a Figura 9.

				Largura à altura da base na entrelinha (E-O)	Largura à altura da base na linha (N-S)	Largura a 1/3 da altura total da árvore na entrelinha (E-O)	
Altura total		Altura base					
Comparação	p-value	Comparação	p-value	Comparação	p-value	Comparação	p-value
S-I***	0,0000	S-I***	0,0000	S-I***	0,0000	S-I*	0,0198
T-I***	0,0000	T-I***	0,0000	T-I***	0,0000	T-I***	0,0000
T-S***	0,0000	T-S*	0,0320	T-S***	0,0000	T-S***	0,0000
50-100***	0,0000	50-100	0,9936	50-100	0,9999	50-100	0,9560
75-100**	0,0038	75-100	0,2335	75-100	0,9998	75-100	0,9973
O-100***	0,0000	O-100	0,4757	O-100	0,0930	O-100	0,6002
75-50	0,0730	75-50	0,3611	75-50	1,0000	75-50	0,8935
O-50	0,9826	O-50	0,3262	O-50	0,1084	O-50*	0,8839
O-75	0,1643	O-75**	0,0062	O-75	0,1101	O-75	0,4770

Largura a 1/3 da altura total da árvore na linha (N-S)		Largura a 2/3 da altura total da árvore na entrelinha (E-O)		Largura a 2/3 da altura total da árvore na linha (N-S)	
Comparação	p-value	Comparação	p-value	Comparação	p-value
S-I	0,7029	S-I*	0,0142	S-I	0,5364
T-I***	0,0000	T-I***	0,0000	T-I***	0,0000
T-S***	0,0000	T-S***	0,0000	T-S***	0,0000
50-100	0,9877	50-100	0,0827	50-100	0,7526
75-100	0,6130	75-100	0,3527	75-100	0,9997
O-100	0,9150	O-100	0,4285	O-100	0,8732
75-50	0,8071	75-50	0,8771	75-50	0,6957
O-50	0,7615	O-50	0,8139	O-50	0,3023
O-75	0,2452	O-75	0,9991	O-75	0,9113

Quadro correspondente a Figura 10.

Taxa de vingamentos	
Comparação	p-value
S-I ***	0,0005
T-I ***	0,0000
T-S ***	0,0000
50-100	0,2444
75-100 *	0,0159
O-100	0,4445
75-50	0,6819
O-50	0,9820
O-75	0,4454
O-E	0,3369
V-E	0,4177
F-D ***	0,0000

Quadro correspondente a Figura 11A.

Frutos esperados vs obtidos					
Frutos esperados verdasca		Frutos esperados esporão		Frutos obtidos	
Comparaç	p-value	Comparaç	p-value	Comparaç	p-value
ão		ão		ão	
S-I***	0,0000	S-I***	0,0000	S-I***	0,0000
T-I	0,8906	T-I***	0,0000	T-I	0,0868
T-S***	0,0000	T-S***	0,0000	T-S***	0,0000
50-100	0,9768	50-100	1,0000	50-100	0,1267
75-100	0,4449	75-100	0,2805	75-100	0,9926
O-100	0,4329	O-100	0,9858	O-100**	0,0032
75-50	0,6994	75-50	0,2597	75-50	0,2195
O-50	0,6871	O-50	0,9797	O-50	0,5383
O-75	1,0000	O-75	0,4701	O-75**	0,0077

Quadro correspondente a
Figura 11B.

Frutos por volume de copa	
Comparaç	p-value
ão	
S-I***	0,0000
T-I***	0,0000
T-S***	0,0000
50-100***	0,0000
75-100*	0,0128
O-100	0,7679
75-50***	0,0001
O-50***	0,0000
O-75	0,1470

Quadros correspondentes a Figura 12.

Diâmetro médio por data											
Comparaç	p-value	Comparaç	p-value	Comparaç	p-value	Comparaç	p-value	Comparaç	p-value	Comparaç	p-value
ção		ção		ção		ção		ção		ção	
S-I***	0,0000	M-A***	0,0000	H-C***	0,0000	G-E***	0,0000	J-G***	0,0000	K-J***	0,0000
T-I***	0,0000	N-A***	0,0000	I-C***	0,0000	H-E***	0,0000	K-G***	0,0000	L-J***	0,0000
T-S***	0,0000	O-A***	0,0000	J-C***	0,0000	I-E***	0,0000	L-G***	0,0000	M-J***	0,0000
50-100***	0,0003	P-A***	0,0000	K-C***	0,0000	J-E***	0,0000	M-G***	0,0000	N-J***	0,0000
75-100	0,1126	C-B***	0,0000	L-C***	0,0000	K-E***	0,0000	N-G***	0,0000	O-J***	0,0000
O-100	0,9689	D-B***	0,0000	M-C***	0,0000	L-E***	0,0000	O-G***	0,0000	P-J***	0,0000
75-50	0,2689	E-B***	0,0000	N-C***	0,0000	M-E***	0,0000	P-G***	0,0000	L-K***	0,0000
O-50***	0,0000	F-B***	0,0000	O-C***	0,0000	N-E***	0,0000	I-H***	0,0000	M-K***	0,0000
O-75***	0,0356	G-B***	0,0000	P-C***	0,0000	O-E***	0,0000	J-H***	0,0000	N-K***	0,0000
VE-ES***	0,0000	H-B***	0,0000	E-D***	0,0000	P-E***	0,0000	K-H***	0,0000	O-K***	0,0000
Fora-Dentro***	0,0006	I-B***	0,0000	F-D***	0,0000	G-F***	0,0000	L-H***	0,0000	P-K***	0,0000
B-A***	0,0000	J-B***	0,0000	G-D***	0,0000	H-F***	0,0000	M-H***	0,0000	M-L***	0,0000
C-A***	0,0000	K-B***	0,0000	H-D***	0,0000	I-F***	0,0000	N-H***	0,0000	N-L***	0,0000
D-A***	0,0000	L-B***	0,0000	I-D***	0,0000	J-F***	0,0000	O-H***	0,0000	O-L***	0,0000
E-A***	0,0000	M-B***	0,0000	J-D***	0,0000	K-F***	0,0000	P-H***	0,0000	P-L***	0,0000
F-A***	0,0000	N-B***	0,0000	K-D***	0,0000	L-F***	0,0000	J-I***	0,0000	N-M***	0,0000
G-A***	0,0000	O-B***	0,0000	L-D***	0,0000	M-F***	0,0000	K-I***	0,0000	O-M***	0,0000
H-A***	0,0000	P-B***	0,0000	M-D***	0,0000	N-F***	0,0000	L-I***	0,0000	P-M***	0,0000
I-A***	0,0000	D-C***	0,0000	N-D***	0,0000	O-F***	0,0000	M-I***	0,0000	O-N***	0,0000
J-A***	0,0000	E-C***	0,0000	O-D***	0,0000	P-F***	0,0000	N-I***	0,0000	P-N***	0,0000
K-A***	0,0000	F-C***	0,0000	P-D***	0,0000	H-G***	0,0000	O-I***	0,0000	P-O***	0,0000
L-A***	0,0000	G-C***	0,0000	F-E***	0,0000	I-G***	0,0000	P-I***	0,0000		

Nomenclatura de letras para dias após plena floração

Nomenclatura	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
DAFP	25	29	37	42	50	57	64	71	79	85	92	100	107	114	120	127

Diâmetro médio nos dias									
28 DAPF	60 DAPF	88 DAPF	118 DAPF	130 DAPF	Tradicional – 137 DAPF				
Compa p- ração	p-value	Compa p- ração	p-value	Compa p- ração	p-value	Compa p- ração	p-value	Compa p- ração	p-value
S-I*	0,0313	S-I	0,1467	S-I	0,1348	S-I**	0,0039	S-I***	0,0000
T-I	0,1123	T-I***	0,0000	T-I***	0,0002	T-I	0,9908	T-I	0,9483
T-S***	0,0000	T-S***	0,0000	T-S***	0,0000	T-S**	0,0025	T-S***	0,0001
50-100	0,9807	50-100	0,9614	50-100	0,7545	50-100	0,1053	50-100**	0,0075
75-100	0,8615	75-100	0,9965	75-100	0,9458	75-100	0,4439	75-100	0,1608
O-100	1,0000	O-100	0,9958	O-100	0,8940	O-100	0,9998	O-100	0,9137
75-50	0,6271	75-50	0,8958	75-50	0,9717	75-50	0,8611	75-50	0,6655
O-50	0,9783	O-50	0,8901	O-50	0,3254	O-50	0,1264	O-50	0,0518
O-75	0,8686	O-75	1,0000	O-75	0,5887	O-75	0,4941	O-75	0,4836
VE-ES	0,1883	VE-ES*	0,0214	VE-ES*	0,0292	VE-ES**	0,0072	VE-ES*	0,0111
F-D	0,1611	F-D	0,0817	F-D	0,1880	F-D	0,7664	F-D	0,8671

Quadro correspondente a Figura 13A.

Peso por área de secção de tronco	
Comparação	p-value
S-I	0,2418
T-I	0,5351
T-S*	0,0237
50-100	0,9230
75-100	0,9173
O-100	0,0623
75-50	1,0000
O-50	0,2306
O-75	0,2376

Quadro correspondente a Figura 13B.

Peso médio por fruto	
Comparação	p-value
S-I	0,7012
T-I	0,9930
T-S	0,6310
50-100**	0,0017
75-100	0,8833
O-100	0,9900
75-50*	0,0153
O-50**	0,0044
O-75	0,9736

Quadro correspondente a Figura 13C.

Frutos por área de secção no início do ciclo		Frutos por área de secção no fim do ciclo	
Comparação	p-value	Comparação	p-value
S-I	0,9976	S-I	0,9986
T-I***	0,0000	T-I***	0,0000
T-S***	0,0000	T-S***	0,0000
50-100	0,6635	50-100	0,6875
75-100	0,6171	75-100	0,6206
O-100	0,3359	O-100	0,3308
75-50	0,9999	75-50	0,9995
O-50	0,9469	O-50	0,9327
O-75	0,9647	O-75	0,9614

Quadro correspondente a Figura 13D.

Produtividade	
Comparação	p-value
S-I**	0,0096
T-I**	0,0013
T-S***	0,0000
50-100	0,9870
75-100	0,1051
O-100**	0,0079
75-50	0,2059
O-50*	0,0205
O-75	0,7494

Quadros correspondentes a Figura 14.

Proporção de calibres													
<55		55-60		60-65		65-70		70-75		75-80		>80	
Compara	p-value	Compara	p-value	Compara	p-value	Compara	p-value	Compara	p-value	Compara	p-value	Compara	p-value
S-I	0,4550	S-I*	0,0122	S-I*	0,0118	S-I	0,1909	S-I*	0,0126	S-I**	0,0027	S-I	1,0000
T-I	0,2647	T-I	0,3304	T-I*	0,0189	T-I	0,6627	T-I	0,8561	T-I	0,9653	T-I	0,1469
T-S	0,9241	T-S	0,2512	T-S***	0,0000	T-S*	0,0325	T-S*	0,0438	T-S**	0,0053	T-S	0,1469
50-100	0,1063	50-100	0,0654	50-100	0,1469	50-100*	0,0342	50-100	0,0659	50-100	0,9548	50-100	0,1376
75-100	0,7073	75-100	0,5078	75-100	0,4795	75-100	0,9529	75-100	0,1704	75-100	0,8313	75-100	0,1376
O-100	0,8052	O-100	0,8365	O-100	0,8739	O-100	0,9527	O-100	0,9808	O-100	0,9762	O-100	0,1376
75-50	0,5768	75-50	0,6352	75-50	0,8767	75-50	0,1064	75-50	0,9641	75-50	0,9871	75-50	1,0000
O-50	0,4708	O-50	0,3122	O-50*	0,0293	O-50	0,1065	O-50	0,1431	O-50	0,7911	O-50	1,0000
O-75	0,9980	O-75	0,9416	O-75	0,1452	O-75	1,0000	O-75	0,3227	O-75	0,5955	O-75	1,0000
Número de frutos por calibre													
<55		55-60		60-65		65-70		70-75		75-80		>80	
Compara	p-value	Compara	p-value	Compara	p-value	Compara	p-value	Compara	p-value	Compara	p-value	Compara	p-value
S-I*	0,0437	S-I***	0,0005	S-I***	0,0000	S-I*	0,0128	S-I	0,8572	S-I	0,2266	S-I	1,0000
T-I	0,1467	T-I	0,2258	T-I	0,2479	T-I	0,6864	T-I	0,4664	T-I	0,9932	T-I	0,1460
T-S	0,8251	T-S*	0,0381	T-S***	0,0000	T-S	0,0843	T-S	0,7866	T-S	0,1240	T-S	0,1460
50-100	0,1194	50-100	0,0962	50-100	0,1107	50-100	0,0743	50-100	0,0570	50-100	0,9969	50-100	0,1366
75-100	0,8046	75-100	0,7291	75-100	0,5941	75-100	1,0000	75-100	0,4217	75-100	0,9983	75-100	0,1366
O-100	0,9153	O-100	0,9979	O-100	0,7324	O-100	0,9988	O-100	0,9981	O-100	0,5851	O-100	0,1366
75-50	0,5063	75-50	0,5239	75-50	0,7026	75-50	0,0669	75-50	0,6864	75-50	1,0000	75-50	1,0000
O-50	0,3636	O-50	0,1375	O-50*	0,0105	O-50	0,1010	O-50*	0,0388	O-50	0,6351	O-50	1,0000
O-75	0,9943	O-75	0,8267	O-75	0,1224	O-75	0,9972	O-75	0,3304	O-75	0,6803	O-75	1,0000

Quadros correspondentes a Figura 15.

Número de casos de estenfiliose por calibre											
<55		55-60		60-65		65-70		70-75		75-80	
Compara	p-value	Compara	p-value	Compara	p-value	Compara	p-value	Compara	p-value	Compara	p-value
S-I	0,8644	S-I	0,7049	S-I	0,1416	S-I***	0,0005	S-I***	0,0006	S-I***	0,0005
50-100	0,6693	50-100	0,8580	50-100	0,8594	50-100	0,7972	50-100	0,4185	50-100	0,3373
75-100	0,7516	75-100	0,9978	75-100	0,7917	75-100	0,9009	75-100	0,5795	75-100	0,9373
O-100	0,8832	O-100	0,3702	O-100	0,3037	O-100	0,7585	O-100	0,6678	O-100	0,9976
75-50	0,9989	75-50	0,7667	75-50	0,9990	75-50	0,4041	75-50	0,9920	75-50	0,6611
O-50	0,3285	O-50	0,1205	O-50	0,0938	O-50	0,9982	O-50	0,9934	O-50	0,3353
O-75	0,3914	O-75	0,4567	O-75	0,0744	O-75	0,4042	O-75	1,0000	O-75	0,8939
Proporção de casos de estenfiliose por calibre											
<55		55-60		60-65		65-70		70-75		75-80	
Compara	p-value	Compara	p-value	Compara	p-value	Compara	p-value	Compara	p-value	Compara	p-value
S-I	0,6009	S-I	0,1017	S-I	0,0794	S-I	0,7027	S-I	0,0740	S-I	0,0698
50-100	0,3967	50-100	0,4639	50-100	0,1433	50-100	0,7898	50-100	0,1812	50-100	0,5471
75-100	0,5943	75-100	0,9674	75-100	0,3396	75-100	0,9022	75-100	0,4159	75-100	0,8128
O-100	0,9711	O-100	0,8756	O-100	1,0000	O-100	0,8128	O-100	0,9997	O-100	0,9986
75-50	0,9851	75-50	0,2459	75-50	0,9465	75-50	0,3984	75-50	0,9429	75-50	0,9662
O-50	0,2719	O-50	0,1981	O-50	0,2267	O-50	0,3463	O-50	0,2967	O-50	0,5384
O-75	0,4196	O-75	0,9859	O-75	0,4524	O-75	0,9926	O-75	0,5610	O-75	0,7797

Quadro correspondente a Figura 16.

Percentagem de matéria seca	
Comparação	p-value
S-I***	0,0000
T-I	0,1954
T-S***	0,0000
50-100	0,4675
75-100	0,2124
O-100	0,6710
75-50	0,9579
O-50	0,9878
O-75	0,8395

Quadro correspondente a Figura 17.

Teor de sólidos solúveis (°Brix)	
Comparação	p-value
S-I**	0,0035
T-I***	0,0000
T-S***	0,0000
50-100	0,2874
75-100*	0,0445
O-100	0,6475
75-50	0,8299
O-50	0,9299
O-75	0,4644

Quadro correspondente a Figura 18

Dureza	
Comparação	p-value
S-I***	0,0000
T-I***	0,0009
T-S	0,7390
50-100	0,0559
75-100	1,0000
O-100	0,6409
75-50	0,0545
O-50	0,5255
O-75	0,6345

Quadro correspondente a Figura 19.

Acidez	
Comparação	p-value
S-I	0,7203
T-I	0,0932
T-S	0,3573
50-100	0,9412
75-100	0,5741
O-100	0,9480
75-50	0,8856
O-50	0,6873
O-75	0,2773

Quadro correspondente a Figura 20

Relação peso/diâmetro	
Comparação	p-value
S-I*	0,0127
T-I	0,5523
T-S	0,1664
50-100	0,7819
75-100	0,9431
O-100	0,9971
75-50	0,4356
O-50	0,6624
O-75	0,9839

Quadro correspondente a Figura 21.

Luminosidade - L*		Croma - C*		Tonalidade - h	
Comparação	p-value	Comparação	p-value	Comparação	p-value
S-I	0,0921	S-I	0,9443	S-I	0,1307
T-I***	0,0000	T-I***	0,0000	T-I***	0,0000
T-S*	0,0114	T-S***	0,0000	T-S***	0,0000
50-100	0,1230	50-100	0,9996	50-100	0,2393
75-100	0,7296	75-100	0,5353	75-100	0,9977
O-100	0,0951	O-100	0,9817	O-100	0,7003
75-50	0,6468	75-50	0,5997	75-50	0,3300
O-50	0,9995	O-50	0,9926	O-50	0,8579
O-75	0,5753	O-75	0,7687	O-75	0,8068

Quadro correspondente a Figura 22.

Fotossíntese líquida			
Fora	p-value	Dentro	p-value
S-I***	0,0000	S-I	0,3922
T-I***	0,0000	T-I	0,3779
T-S	0,8855	T-S*	0,0237
50-100*	0,0426	50-100	0,7835
75-100**	0,0064	75-100	0,9983
O-100	0,5776	O-100	0,6725
75-50	0,9151	75-50	0,6849
O-50***	0,0007	O-50	0,9973
O-75***	0,0001	O-75	0,5669
O-E***	0,0000	O-E	0,4565
F-D***		0,0000	

Quadro correspondente a Figura 24A.

F0			
Data 1		Data 2	
Comparaç	p-value	Comparaç	p-value
ão		ão	
S-I	0,5583	S-I	0,0412
T-I***	0,0002	T-I**	0,0055
T-S*	0,0142	T-S	0,7762
50-100	0,3860	50-100	0,9958
75-100	0,6746	75-100	0,9995
O-100	0,9753	O-100	0,9967
75-50*	0,0361	75-50	0,9994
O-50	0,1805	O-50	0,9714
O-75	0,8887	O-75	0,9885
F-D***	0,0000	F-D***	0,0000
D2-D1**		D2-D1**	0,0027

Quadro correspondente a Figura 24C.

NPQI			
Data 1		Data 2	
Comparaç	p-value	Comparaç	p-value
ão		ão	
S-I***	0,0009	S-I**	0,0088
T-I*	0,0259	T-I	0,5553
T-S***	0,0000	T-S	0,1219
50-100	0,9964	50-100	0,7306
75-100	0,9784	75-100	0,9991
O-100	0,9684	O-100	0,9999
75-50	0,9251	75-50	0,8049
O-50	0,9046	O-50	0,6891
O-75	0,9999	O-75	0,9970
F-D***	0,0000	F-D***	0,0000
D2-D1		D2-D1	0,3660

Quadro correspondente a Figura 23.

Condutância estomática			
Fora	p-value	Dentro	p-value
S-I***	0,0000	S-I**	0,0035
T-I***	0,0000	T-I***	0,0000
T-S***	0,0000	T-S***	0,0000
50-100	0,2413	50-100	0,1798
75-100	0,2926	75-100	0,4683
O-100	0,9880	O-100	0,8443
75-50	0,9995	75-50	0,9371
O-50	0,4084	O-50	0,6274
O-75	0,4749	O-75	0,9248
O-E**	0,0024	O-E**	0,0159
F-D***		0,0000	

Quadro correspondente a Figura 24B

Fv/Fm			
Data 1		Data 2	
Comparaç	p-value	Comparaç	p-value
ão		ão	
S-I	0,5298	S-I	0,7357
T-I	0,36689	T-I	0,3216
T-S	0,9850	T-S	0,7719
50-100	0,9876	50-100	0,3608
75-100	0,9241	75-100	0,1370
O-100	0,9909	O-100	0,4898
75-50	0,9909	75-50	0,9498
O-50	1,0000	O-50	0,9963
O-75	0,9868	O-75	0,8750
F-D***	0,0004	F-D*	0,0174
D2-D1**		D2-D1**	0,0029

Quadro correspondente a Figura 25A

NDVI			
Data 1		Data 2	
Comparaç	p-value	Comparaç	p-value
ão		ão	
S-I ***	0,0008	S-I ***	0,0002
T-I ***	0,0000	T-I ***	0,0001
T-S ***	0,0000	T-S ***	0,0000
50-100	0,9230	50-100	0,9993
75-100	0,9999	75-100	0,8316
O-100	0,5900	O-100	1,0000
75-50	0,8942	75-50	0,8928
O-50	0,2274	O-50	0,9985
O-75	0,6256	O-75	0,8117
F-D	0,6555	F-D	0,4082
D2-D1***		0,0000	

Quadro correspondente a Figura 25B.

PRI			
Data 1		Data 2	
Comparaç	p-value	Comparaç	p-value
ão		ão	
S-I ***	0,0078	S-I ***	0,0000
T-I ***	0,0000	T-I ***	0,0000
T-S ***	0,0000	T-S ***	0,0000
50-100	0,8050	50-100	0,8424
75-100	0,9566	75-100	0,9804
O-100	0,8440	O-100	0,9869
75-50	0,9787	75-50	0,9706
O-50	0,9997	O-50	0,6548
O-75	0,9894	O-75	0,8882
F-D ***	0,0000	F-D ***	0,0000
D2-D1***		0,0000	

Quadro correspondente a Figura 26A.

Área foliar	
Comparaç	p-value
ção	
S-I***	0,0000
T-I	0,9922
T-S***	0,0000
50-100	0,9890
75-100	0,6860
O-100	0,1408
75-50	0,8634
O-50	0,2692
O-75	0,7236
VE-ES***	0,0004
D2-D1	0,1319

Quadro correspondente a Figura 26B

SLA (T,11/06/2021;I e S, 25/06/2021)		SLA (T, 03/08/2021;I e S, 30/07/2021)	
comparaç	p-value	comparaç	p-value
ção		ção	
S-I ***	0,0000	S-I ***	0,0000
T-I ***	0,0000	T-I ***	0,0008
T-S	0,8047	T-S	0,2212
50-100	0,9999	50-100	0,9939
75-100	0,9125	75-100	0,9490
O-100	0,7949	O-100	0,9019
75-50	0,9270	75-50	0,9921
O-50	0,8130	O-50	0,7827
O-75	0,9929	O-75	0,6173
D2-D1***		0,0000	

Quadro correspondente a Figura 27A.

Concentração de Clorofila a		Concentração de Clorofila b		Concentração de Clorofila total	
Comparaç	p-value	Comparaç	p-value	Comparaç	p-value
ção		ção		ção	
S-I	0,4898	S-I	0,5722	S-I	0,5038
T-I**	0,0024	T-I**	0,0056	T-I**	0,0027
T-S***	0,0001	T-S***	0,0003	T-S***	0,0001
50-100	0,0983	50-100	0,0564	50-100	0,0818
75-100	0,9249	75-100	0,8179	75-100	0,9000
O-100	0,7743	O-100	0,4360	O-100	0,6864
75-50	0,3347	75-50	0,3344	75-50	0,3267
O-50	0,4803	O-50	0,6658	O-50	0,5182
O-75	0,9896	O-75	0,9296	O-75	0,9800

Quadro correspondente a Figura 27B.

Concentração de Antocianinas	
Comparação	p-value
S-I**	0,0011
T-I	0,3914
T-S*	0,0278
50-100	0,4470
75-100	0,9796
O-100	0,6448
75-50	0,7090
O-50	0,9876
O-75	0,8741

Quadro correspondente a Figura 27C.

Concentração de Carotenoides	
Comparação	p-value
S-I	0,7312
T-I**	0,0036
T-S***	0,0004
50-100	0,0521
75-100	0,7084
O-100	0,5374
75-50	0,4208
O-50	0,5384
O-75	0,9950

Quadro correspondente ao Quadro 3.

Razão clorofila a/b		Razão Clorofila Total/Carotenoides	
Comparação	p-value	Comparação	p-value
S-I	0,5656	S-I	0,6034
T-I	0,0537	T-I	0,9141
T-S**	0,0038	T-S	0,3532
50-100	0,6663	50-100	0,9809
75-100	1,0000	75-100	0,9821
O-100	0,8896	O-100	0,9995
75-50	0,6850	75-50	1,0000
O-50	0,2670	O-50	0,9928
O-75	0,8992	O-75	0,9932

Quadro correspondente a Figura 28A.

Concentração de GSSG nas folhas		Concentração de GSH nas folhas		Concentração de GSTotal nas folhas	
Comparação	p-value	Comparação	p-value	Comparação	p-value
S-I***	0,0001	S-I	0,3662	S-I*	0,0293
T-I	0,5912	T-I*	0,0360	T-I	0,2736
T-S***	0,0000	T-S	0,4511	T-S	0,5112
50-100	0,0764	50-100	0,9884	50-100	0,9370
75-100	0,1265	75-100	0,3953	75-100	0,9636
O-100	0,1030	O-100	0,4761	O-100	0,2061
75-50	0,9938	75-50	0,5595	75-50	0,6984
O-50	0,9998	O-50	0,2857	O-50	0,4542
O-75	0,9981	O-75*	0,0216	O-75	0,0734

Quadro correspondente a Figura 28B.

Concentração de AsA nas folhas		Concentração de DAs nas folhas		Concentração de AscTotal nas folhas	
Comparação	p-value	Comparação	p-value	Comparação	p-value
S-I	0,1601	S-I	0,6436	S-I	0,1632
T-I	0,9644	T-I	0,8251	T-I	1,0000
T-S	0,2507	T-S	0,3028	T-S	0,1645
50-100	0,9833	50-100	0,1071	50-100	0,7484
75-100	0,6773	75-100	0,1380	75-100	0,1506
O-100	0,8132	O-100	0,0165	O-100	0,0844
75-50	0,4518	75-50	0,9971	75-50	0,6578
O-50	0,5969	O-50	0,8651	O-50	0,4790
O-75	0,9945	O-75	0,7485	O-75	0,9901

Quadros correspondentes a Figura 29A e B.

Concentração de GSH nos frutos				Concentração de GSSG nos frutos			
Película		Polpa		Película		Polpa	
Comparação	p-value	Comparação	p-value	Comparação	p-value	Comparação	p-value
S-I	0,6867	S-I	0,5087	S-I*	0,0330	S-I*	0,0275
T-I	0,1559	T-I	0,1688	T-I	0,9997	T-I	0,9971
T-S*	0,0304	T-S*	0,0170	T-S*	0,0312	T-S*	0,0324
50-100	0,5490	50-100	0,6512	50-100	0,7209	50-100	1,0000
75-100	0,4331	75-100	0,9859	75-100	0,9569	75-100	0,5868
O-100	0,9653	O-100	0,2826	O-100	0,5359	O-100	0,9859
75-50	0,9953	75-50	0,4645	75-50	0,9551	75-50	0,6101
O-50	0,2921	O-50	0,9124	O-50	0,9900	O-50	0,9901
O-75	0,2167	O-75	0,1729	O-75	0,8494	O-75	0,7831
PO-PE***		0,0004		PO-PE		0,9730	

Concentração de GSTotal nos frutos			
Película		Polpa	
Comparação	p-value	Comparação	p-value
S-I	0,8656	S-I	0,8372
T-I	0,1676	T-I	0,1769
T-S	0,0666	T-S	0,0630
50-100	0,4713	50-100	0,6717
75-100	0,4138	75-100	0,9994
O-100	0,9910	O-100	0,3239
75-50	0,9989	75-50	0,6197
O-50	0,3137	O-50	0,9306
O-75	0,2718	O-75	0,2921
PO-PE***		0,0005	

Quadros correspondentes a Figura 29C e D.

Concentração de AsA nos frutos				Concentração de DAsA nos frutos			
Película		Polpa		Película		Polpa	
Comparação	p-value	Comparação	p-value	Comparação	p-value	Comparação	p-value
S-I	0,7048	S-I	0,2548	S-I	0,9980	S-I	0,5745
T-I	0,8887	T-I	0,7889	T-I	0,3739	T-I	0,1442
T-S	0,3991	T-S	0,0777	T-S	0,3249	T-S	0,6511
50-100	0,3742	50-100	0,4851	50-100	0,8527	50-100*	0,0476
75-100	0,7795	75-100	0,0671	75-100	0,9656	75-100	0,4819
O-100	0,9224	O-100	0,9997	O-100	0,5561	O-100	0,2839
75-50	0,9095	75-50	0,6417	75-50	0,9882	75-50	0,5457
O-50	0,7538	O-50	0,4073	O-50	0,9430	O-50	0,7767
O-75	0,9883	O-75	0,0462	O-75	0,8267	O-75	0,9799
PO-PE***		0,0000		PO-PE		0,5884	

Concentração de AscTotal nos frutos			
Película		Polpa	
Comparação	p-value	Comparação	p-value
S-I	0,8924	S-I	0,3439
T-I	0,9223	T-I	0,5246
T-S	0,9962	T-S	0,9352
50-100	0,5212	50-100	0,0693
75-100	0,8537	75-100	0,1618
O-100	0,7371	O-100	0,5981
75-50	0,9435	75-50	0,9714
O-50	0,9875	O-50	0,5337
O-75	0,9960	O-75	0,7934
PO-PE***		0,0000	

Quadro correspondente a Figura 30A e B.

Quadro correspondente a Figura 30C e D.

Concentração de Glucose nas folhas		Concentração de Frutose nas folhas		Concentração de Sacarose nas folhas		Concentração de Amido nas folhas	
Comparação	p-value	Comparação	p-value	Comparação	p-value	Comparação	p-value
S-I**	0,0057	S-I**	0,0083	S-I	0,5477	S-I	0,0749
T-I	0,3345	T-I	0,5805	T-I	0,9799	T-I	0,0851
T-S***	0,0001	T-S***	0,0006	T-S	0,6663	T-S***	0,0003
50-100	0,8728	50-100	0,9601	50-100	0,9524	50-100	0,6297
75-100	0,9974	75-100	0,2075	75-100	0,4080	75-100	0,5742
O-100	0,8539	O-100	0,9366	O-100	0,9703	O-100	0,5355
75-50	0,9417	75-50	0,0802	75-50	0,7223	75-50	0,9997
O-50	0,4175	O-50	0,7070	O-50	0,7678	O-50	0,9987
O-75	0,7547	O-75	0,4936	O-75	0,2039	O-75	0,9999

Quadro correspondente a Figura 31A, B, C e D.

Concentração de Glucose nos frutos				Concentração de Frutose nos frutos			
Película		Polpa		Película		Polpa	
Comparação	p-value	Comparação	p-value	Comparação	p-value	Comparação	p-value
S-I	0,9077	S-I	0,2446	S-I	0,7540	S-I	0,9044
T-I	0,1459	T-I*	0,0045	T-I	0,3216	T-I**	0,0012
T-S	0,2973	T-S	0,1798	T-S	0,0903	T-S**	0,0037
50-100	0,9793	50-100	0,6302	50-100	0,3029	50-100	0,4894
75-100	0,9991	75-100	0,1906	75-100	0,9574	75-100	0,9606
O-100	0,8422	O-100	0,8325	O-100	0,9574	O-100	0,9859
75-50	0,9521	75-50	0,8280	75-50	0,5857	75-50	0,7824
O-50	0,9723	O-50	0,9841	O-50	0,5857	O-50	0,6978
O-75	0,7731	O-75	0,6247	O-75	1,0000	O-75	0,9988
PO-PE***		0,0003		PO-PE*		0,0359	

Quadro correspondente a Figura 31E, F, G e H.

Concentração de Sacarose nos frutos				Concentração de Amido nos frutos			
Película		Polpa		Película		Polpa	
Comparação	p-value	Comparação	p-value	Comparação	p-value	Comparação	p-value
S-I	0,9955	S-I	0,8955	S-I	0,3934	S-I	0,5854
T-I	0,1774	T-I**	0,0062	T-I*	0,0129	T-I**	0,0087
T-S	0,2076	T-S*	0,0188	T-S	0,2135	T-S	0,0857
50-100	0,8098	50-100	0,4901	50-100	0,5804	50-100	0,4615
75-100	0,9992	75-100	0,4062	75-100	0,8283	75-100	0,8450
O-100	0,8368	O-100	0,9324	O-100	0,9675	O-100	0,9526
75-50	0,8725	75-50	0,9989	75-50	0,9729	75-50	0,9107
O-50	0,9999	O-50	0,8372	O-50	0,8423	O-50	0,7750
O-75	0,8947	O-75	0,7611	O-75	0,9787	O-75	0,9909
PO-PE**		0,0054		PO-PE		0,4309	

Quadro correspondente a Figura 32.

Valor económico da produção	
Comparação	p-value
S-I	0,0012
T-I	0,2328
T-S	0,0000
50-100	0,4160
75-100	0,0728
O-100	0,1460
75-50	0,7580
O-50	0,9178
O-75	0,9855

8.3. Percentagem de redução de ascorbatos e glutatonas

Quadro A1. Percentagem de redução de ascorbatos e glutatonas em folhas.

Percentagem de redução - Folhas					
Modalidade		Ascorbato		Glutatonas	
		Média	Erro Padrão	Média	Erro Padrão
T	T	74,19	3,76	37,21	8,05
	O	79,95	5,48	8,06	6,58
	100	74,83	11,28	11,86	8,39
	75	69,92	5,02	56,74	1,60
	50	72,29	7,74	63,72	2,66
I	I	63,68	7,81	16,13	3,87
	O	52,13	5,57	1,87	1,52
	100	53,03	9,86	17,10	3,97
	75	65,70	14,62	32,51	3,97
	50	93,97	20,72	13,05	6,67
S	S	79,17	9,39	19,75	4,41
	O	88,17	19,46	16,19	11,45
	100	54,29	4,63	21,48	2,75
	75	92,53	26,71	36,82	1,86
	50	81,69	1,34	3,32	1,18

Quadro A2. Percentagem de redução de ascorbatos e glutatonas em polpa e película de frutos.

Percentagem de redução - Película						Percentagem de redução - Polpa					
Modalidade		Ascorbato		Glutatonas		Modalidade		Ascorbato		Glutatonas	
		Média	Erro Padrão	Média	Erro Padrão			Média	Erro Padrão	Média	Erro Padrão
T	T	64,26	2,83	92,90	2,92	T	T	38,02	6,04	89,76	3,83
	O	56,77	7,45	99,23	0,27		O	17,26	1,46	97,39	1,36
	100	64,37	1,68	99,62	0,08		100	54,34	1,19	79,53	8,07
	75	67,82	5,59	86,57	6,35		75	42,07	16,91	85,25	9,46
	50	68,09	3,28	86,18	6,29		50	38,42	7,46	96,89	0,42
I	I	76,00	3,89	95,65	1,93	I	I	53,72	2,71	85,97	7,69
	O	76,08	10,69	92,63	5,60		O	52,24	4,25	90,56	5,79
	100	70,87	10,46	97,36	1,43		100	53,36	5,35	93,94	1,76
	75	78,91	1,10	95,24	3,33		75	61,23	6,32	62,12	25,44
	50	76,46	7,66	98,23	0,64		50	48,04	0,90	97,25	1,24
S	S	80,18	2,94	70,58	10,28	S	S	54,02	6,73	40,06	11,54
	O	79,30	8,21	96,60	2,32		O	44,47	5,84	56,21	22,95
	100	85,23	2,02	73,29	14,42		100	71,89	15,59	50,11	19,49
	75	69,37	1,31	71,29	17,30		75	71,51	10,00	18,18	12,86
	50	83,22	2,45	41,39	23,70		50	34,16	5,63	28,44	23,22

8.4. Valores pagos aos produtores

Quadro A3. Preços estimados de valores pagos aos produtores por kg de fruta (sem custo estimado da central fruteira) (valores obtidos, para as semanas que precederam a colheita, através de consulta do site <https://regsim.gpp.pt/regsim/consulta/mercados> no dia 31/05/2022). Estes valores foram utilizados para o cálculo dos valores médios de rentabilidade económica obtidos nos vários pomares e modalidades em estudo, apresentados na Figura 32 (secção Resultados).

Tabela de preços ao produtor	
Calibre	€/Kg
<55	0,05
55-60	0,23
60-65	0,31
65-70	0,47
70-75	0,65
75-80	0,7
>80	0,7