

MESTRADO EM ENGENHARIA AGRO PECUÁRIA

Tiago José da Silva Salgado

Diferentes formas de condução em Pereiras var.
'Rocha' e o seu impacto em produção, qualidade e
fisionomia das cultivares

Orientador: Professor Luís Coelho

Coimbra, 2025

ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA
INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA

MESTRADO EM ENGENHARIA AGRO PECUÁRIA

Tiago José da Silva Salgado

Diferentes formas de condução em Pereiras var. 'Rocha' e o seu impacto em produção, qualidade e fisionímia das cultivares

Relatório de estágio apresentado à Escola Superior Agrária de
Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à
obtenção do grau de mestre em ENGENHARIA AGROPECUÁRIA

Orientador: Professor Luís Coelho

Coimbra, 2025

Agradecimentos

Ao Dr. ^o Miguel Leão, à Eng^a Justina e ao Eng.^o Luís Coelho por me apresentarem a este tema e me permitirem estruturá-lo e realizá-lo no INIAV.

Ao Senhor Ricardo Amaro por me permitir usar os seus pomares para esta dissertação e sempre se mostrar disponível para qualquer situação que fosse necessária.

Aos meus pais por me darem a oportunidade de iniciar nesta etapa até ao fim e por sempre me apoiarem nos meus objetivos

Resumo

Com o objetivo de estudar outros tipos de métodos de condução em pereira var. 'Rocha' monitorizou-se ao longo da campanha de 2021, os aspetos de qualidade, quantidade e de rendimento fotossintético de pereiras conduzidas em três sistemas de condução, Eixo central revestido, Eixo em V e Bi-eixo. Este estudo foi efetuado com o objetivo de perceber como é que as plantas respondem a estes diferentes métodos de condução.

Para entender como responde cada método de condução foram avaliados vários parâmetros, desde a volumetria da copa das árvores, as medições de interceção solar e de fotossíntese (NDVI e PRI) e dos valores de pós colheita, tais como a distribuição de calibragem e valores como Brix, dureza e peso.

As árvores que foram conduzidas em Eixo em V e em Bi-eixo mostraram-se mais adaptadas à utilização do sol, principalmente aquando do meio-dia solar com incrementos na ordem dos 10%. Isto resultou em frutos com uma melhor distribuição de calibre, tendo muito menos frutos nos calibres mais pequenos e também com uma maior produção por hectare. O eixo com melhor comportamento entre produção e calibres foi o Bi-eixo que quando otimizado, apenas perdia três toneladas de produção por hectare, mas com um ganho de 15% nos calibres de 70-75 mm, e de 3% nos de 65-70mm - estes que são os calibres mais valorizados pelo mercado.

Os testes de qualidade e número de frutos demonstraram que o Bi-eixo mesmo quando não otimizado está muito próximo do seu potencial máximo produtivo, perdendo apenas 2 toneladas por ha quando otimizado.

Palavras-chave: Pereira 'Rocha', Métodos de condução, Fotossíntese, Pós colheita

Abstract

With the aim of studying other types of training methods in pear trees variety 'Rocha', during the 2021 campaign, aspects of quality, quantity, and photosynthetic yield of pear trees trained in three systems: Central Axis Covered, V-Shape Axis, and Bi-axis were monitored. This study was conducted to understand how the plants respond to these different training methods.

To understand how each training method responds, several parameters were evaluated, including the volume of the tree canopies, measurements of solar interception and photosynthesis (NDVI and PRI), and post-harvest values such as size distribution and values like Brix, firmness, and weight.

The trees trained in V-Shape Axis and Bi-axis proved to be more adaptable to sunlight utilization, especially during solar noon, with increases around 10%. This resulted in fruits with better size distribution, having significantly fewer fruits in the smaller sizes and also yielding greater production per hectare. The axis with the best performance in terms of production and size was the Bi-axis, which when optimized, only lost three tons of production per hectare but gained 15% in sizes of 70-75 mm and 3% in sizes of 65-70 mm—these being the sizes most valued in the market.

Quality tests and fruit counts demonstrated that the Bi-axis, even when not optimized, is very close to its maximum productive potential, losing only 2 tons per hectare when optimized.

Keywords: Pear Trees var. 'Rocha', training methods, photosynthesis, post-harvest

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Abstract	v
1. Introdução	1
2. Revisão Bibliográfica.....	2
2.1. A var. Pera Rocha em Portugal	2
2.2 Os modelos de condução dos pomares portugueses	2
2.2.1 – O porta enxerto	3
2.2.2 – Unidades de frutificação.....	3
2.3 – Sistemas de condução	4
2.3.1 – Eixo central revestido	4
2.3.2 - Eixo em V	5
2.3.3 – Eixo em Y	5
2.4 – Atividade fotossintética.....	5
2.4.1 – Absorção de luz dependendo da anatomia da folha e copa	6
2.4.2 – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	6
2.4.3 – PRI (Photochemical Reflectance Index).....	7
2.4.4 – Pós colheita	7
3. Material e Métodos.....	9
3.1 – Caracterização da unidade de experimentação	9
3.2 – Delineamento experimental.....	10
3.3 – Recolha de dados.....	12
3.3.1 – Área de secção de tronco	12
3.3.2 – Registo dos estados fenológicos.....	12
3.3.3– Medição da copa das árvores.....	13
3.3.4 – Análise estatística	13
3.3.5- Medições de interceção solar, NDVI e PRI	13
3.3.6 – Medições pós colheita.....	14
4. Resultados e discussão	15
4.2 – Volumetrias	15
4.3 – Interceção e mapping.....	18

4.4 – Medições de NDVI e PRI	18
4.5 – Medições pós colheita.....	19
4.5.1 – Produção	19
4.5.2 – Calibragem	21
4.5.3 – Testes de qualidade (peso, Brix e dureza).....	23
5. Conclusões	24
Bibliografia	25
Anexo I	26
Anexo II	27

Índice de Figuras

Figura 1 - Equipamentos para medição de NDVI e PRI (Polypen e Fluorpen).....	14
Figura 2- Gráfico copa Bi-eixo(y)	15
Figura 3 - Gráfico copa Eixo em V (este)	16
Figura 4 - Gráfico Copa Eixo em V (oeste).....	16
Figura 5 - Gráfico Copa Eixo central revestido	17
Figura 6 - Gráfico de calibragem Bi-eixo.....	21
Figura 7 – Calibragem de Eixo em V	22
Figura 8 - Calibragem de Eixo central revestido.....	22
Figura 9 - Imagens representativas de cada estado fenológico, segundo a escala de Fleckinger (1948).	26

Índice de tabelas

Tabela 1 - Tabela de valores de intercepção solar	18
Tabela 2 - Valores de Fotossíntese (NDVI e PRI)	19
Tabela 3 -Produção e peso médio de frutos	20
Tabela 4 - Produção por ha (ton)	20
Tabela 5- Tabela de Brix, Dureza e Peso	23

1. Introdução

Temos na pêra 'Rocha' um dos nossos produtos distintos a nível de fruta portuguesa pelo que esta tem uma representatividade muito forte no nosso país com 12 504 ha de pomares e com uma produção de cerca de 161353 t. Grande maioria desta produção serve para exportação ajudando também assim em muito a economia portuguesa. (GPP 2018).

Nos últimos anos surgiu uma necessidade tanto da parte do mercado como da parte do ambiente de sermos mais produtivos, com uma melhor qualidade e também com uma maior consciência ecológica.

O aumento de produção que a população pede atualmente tem de ser complementado com a utilização de sistemas de condução que permitam a implementação de pomares de uma maior densidade de plantação, sem perder as características que são adjacentes a esta variedade única de peras.

Uma das maneiras que se pensou para complementar o processo de produção foi o uso de novos métodos de condução que permitissem à árvore uma melhor captação da luz solar, aquilo que lhe permite trabalhar em favor da produção (Musacchi, 2008).

2. Revisão Bibliográfica

2.1. A var. Pera Rocha em Portugal

A var. Pera Rocha foi identificada na propriedade do Sr. Rocha há mais de 180 anos (1836) (Soares, Silva, & Alexandre, 2001).

A cultivar é medianamente exigente em horas frio, pelo que necessitam 550 horas com temperaturas abaixo 7,2°C, na sua dormência vegetativa, de modo que possam diferenciar os seus gomos florais de modo a obter produção frutícola.

A cultura tem como principal problema económico a sua baixa produção em comparação a outras peras que são comercializadas noutros países, como a pera 'Conference'. O que nos leva a pensar em como podemos aumentar as produções de modo a garantir o rendimento.

Esta variedade também tem uma maior suscetibilidade à alternância anual de produções pelo que exige uma gestão mais específica da cultivar (ANP, 1997; Sousa, 2010b).

O que distingue esta variedade das demais é que tem características inconfundíveis. A sua epiderme de cor amarelo-verde com uma carepa típica à volta do pedúnculo e algumas pontuações dispersas pela superfície do fruto. Tem também qualidade organoléticas como o seu teor Brix e suculência (Soares, Silva, & Alexandre, 2001).

Normalmente os seus calibres são entre os 60 e 65mm, tendo uma forma arredondada e alongada devido à maneira partenocárpica como é formada. Esta variedade tem ainda como grande mais-valia a sua excelente capacidade de conservação e transporte. Fazendo-a ideal para a exportação pois tem um período de comercialização elevado, cerca de 8 ou mais meses tendo em conta as tecnologias recentes (Soares, Silva, & Alexandre, 2001)

2.2 Os modelos de condução dos pomares portugueses

O sistema de condução é a forma como a árvore é orientada para que seja mais produtiva e de melhor manuseamento pelos produtores, tanto a nível de colheita como de podas. Dos aspetos mais importantes para a conceção de um pomar de modo que as árvores consigam maximizar a interceção solar obtendo o melhor daquilo que são as fontes naturais que são disponibilizadas à árvore (Palmer, 1989; Kappel e Brownlee, 2001).

O sistema de condução tem como principais objetivos 4 pontos essenciais:

- A captura de luz, sendo esta otimizada ao pomar de modo à produção de biomassa;

- A porosidade da copa à luz deverá ser o mais alta possível para melhorar a distribuição da mesma à maioria da árvore possível, ajudando assim a diminuir a variabilidade na qualidade e calibre da fruta (Lakso, 1994);
- A repartição da biomassa de modo que toda a árvore seja equilibrada;
- O equilíbrio de pontos sink e source de modo que não haja cortes inadequados no manuseamento do pomar de modo a induzir um crescimento vegetativo desnecessário (Miller, Broom, Thorp, & Barnett, 2001).

Todos os sistemas, sobretudo os pomares mais intensivos visam que a árvore seja o mais homogênea possível carga de fruta e não tendo um desenvolvimento vegetativo tão acentuado. Procura ainda que estas entrem em plena produção o mais cedo possível otimizando os ganhos de carbono e a produção de frutos por ha.

Ao não terem um crescimento tão acentuado também faz com que o custo das operações manuais sejam menores, pois com um crescimento menor e terem sido projetados para melhorar a utilização solar são mais autossuficientes. Um dos pilares básicos para o planeamento do desenho de pomares é que a construção da árvore de modo a otimizar a distribuição de luz pelo máximo da copa possível (Lauri, Costes, & Regnard, 2006).

2.2.1 – O porta enxerto

Para que o pomar seja bem estruturado e compatível com os nossos terrenos um ponto fulcral é o porta enxerto, e este tem vários efeitos na árvore, sendo eles:

- O porta-enxerto é selecionado com base em sua compatibilidade com a variedade de pereira enxertada e sua influência no vigor da árvore;
- A tolerância a doenças e pragas como *Phytophthora*;
- Influencia o tamanho da árvore e consequentemente, o espaçamento necessário no pomar;
- Também atualmente os porta-enxertos são selecionados pela sua capacidade de melhorar a tolerância das árvores a estresses ambientais, como seca ou solos salinos (Erez, 2003);

Todos estes fatores são influenciados e dependentes do local de cultivo, as condições de solo e o tipo de pomar que se procura.

2.2.2 – Unidades de frutificação

A pereira tem como principais órgãos de frutificação o esporão seguido da verdasca, sendo que a produção em ramos mistos é muito pouca expressiva em pomares de alta produção. As verdascas são aquelas com maior importância pois são as que asseguram uma maior regularidade de frutificação ao longo dos anos, especialmente em anos mais

difíceis de alternância. As verdascas são ainda onde os frutos de maior calibre, daí que a poda anual seja renovada permitindo que o potencial produtivo seja mantido no pomar (Alexandre et al., 2001).

A dominância apical é definida como o controlo exercido pelos gomos apicais sobre o crescimento dos axilares. Uma das maneiras empíricas que se usava para combater este processo era através de empas, pelo que hoje em dia tenta-se logo através das podas que se consiga aplicar esse tipo de ângulos de modo a contrariar a dominância apical (Ito et al., 2001).

2.3 – Sistemas de condução

A nível mundial vários são os sistemas de condução utilizados para a manipulação da copa da árvore, nesta dissertação abordaremos 3 deles o Eixo central Revestido, Eixo “V” e Eixo “Y” ou Bi-eixo.

Com a necessidade de intensificação cultural a opção de novos sistemas de condução com o objetivo de maximizar a utilização do potencial fotossintético do pomar. Segundo Costes et al., (2006) os pomares intensivos visam uma maturação do pomar e a produção máxima de fruta dentro de poucos anos, uma boa captura de luz de modo a melhorar os ganhos de carbono e a produção por hectare. Uma distribuição equilibrada da luz interceptada dentro da copa da árvore minimizando a heterogeneidade do crescimento vegetativo e qualidade da fruta.

Seguimos hoje num objetivo de maximizar a eficiência produtiva através de um equilíbrio entre a interceção de luz e um melhoramento das operações culturais, como colheita e podas.

2.3.1 – Eixo central revestido

O eixo central revestido é um sistema de condução de pomares onde uma única haste central é permitida crescer verticalmente até à sua altura máxima projetada. Geralmente tem ramos laterais podados de modo a criar uma estrutura central. Estes ramos laterais são podados de modo a terem neles os principais órgãos de frutificação fazendo com que a árvore seja como que um muro produtor.

Este sistema tem como principais vantagens um manejo mais fácil pois como é bastante controlada com a poda não tem muita biomassa excedente. Proporciona ainda uma boa exposição à luz solar em toda a sua copa exterior, sendo que os frutos internos já não têm tanta exposição (Reig, G., Betrán, J. A., Domingo, R., & Primo-Millo, E. (2010). *Agricultural practices and the development of the 'Rocha' pear tree*. *Scientia Horticulturae*, 125(3), 276-282.)

2.3.2 - Eixo em V

O Sistema de condução em V é um método de condução que privilegia acima de tudo a exposição à luz solar e o aproveitamento da mesma nas horas de mais radiação. As árvores são guiadas para ter uma haste com ângulos entre 60 a 90 graus e são alternadas entre si uma para cada lado da linha. É necessária uma maior atenção à poda do que no caso do sistema anterior pois podemos ter algumas direções dos ramos não desejadas.

Para o uso deste tipo de sistema tal como os outros tem que ser logo estruturado desde o projeto do pomar pois este envolve espaçamentos diferentes para que se proporcione uma boa exposição à luz solar e um desenvolvimento heterogêneo de todas as copas (Deckers e Schoofs, 2004).

2.3.3 – Eixo em Y

O sistema de condução em bi-eixo é uma técnica inovadora utilizada no cultivo de pereiras, que visa maximizar a produtividade e a qualidade dos frutos. Este método distingue-se pela sua estrutura vertical, onde as plantas são organizadas em dois eixos principais, permitindo uma melhor exposição à luz solar e um manejo mais eficiente.

No sistema de bi-eixo, as pereiras são podadas para crescer verticalmente, com ramificações laterais que se desenvolvem em ângulos específicos. Essa configuração não apenas otimiza a luz que atinge as folhas e frutos, mas também facilita o acesso durante a colheita. A técnica é especialmente vantajosa em regiões onde a intensidade luminosa pode limitar o desenvolvimento das frutas (CAMPOS, SILVA, & OLIVEIRA, 2019).

A disposição em bi-eixo melhora o arejamento entre as plantas, reduzindo a humidade e, conseqüentemente, a incidência de doenças. Isso é crucial para a saúde das plantas e também para a qualidade do produto final (MENDES, COSTA, & ALVES, 2022).

2.4 – Atividade fotossintética

"A luz é uma fonte primária de energia para acumular matéria seca nas plantas e também um sinal ambiental importante para o crescimento e desenvolvimento. Tanto a qualidade da luz quanto a intensidade da luz têm sido demonstradas como tendo uma ampla gama de efeitos na fisiologia e bioquímica das plantas. Portanto, não é surpreendente que as plantas tenham evoluído várias estratégias para otimizar a maquinaria fotossintética em resposta às mudanças na luz. No campo do cultivo e manejo de árvores frutíferas, os sistemas de condução geralmente determinam a arquitetura da árvore, o que representa uma estratégia espacial para intercetação e distribuição de luz dentro da copa, influenciando assim a eficiência fotossintética e a produtividade. A taxa líquida de fotossíntese (PN) é um parâmetro importante que pode

ser usado para analisar a competência do dossel em relação à radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e ajudar na seleção da arquitetura ideal do dossel por meio de poda (Zheng, Liyuan, & Shihua, 2020).

Este mecanismo na planta desempenha um papel fundamental na vida das pereiras pois é o processo natural pelo qual as plantas produzem os seus próprios recursos. Tem como principais aspetos a produção de açúcares e oxigênio. Sendo que são estes fotoassimilados que são das principais fontes de sustento da planta.

É através destes fotoassimilados que os frutos recebem os seus açúcares que lhe são tão característicos e também através deles que crescem e ganham o calibre necessário para haver uma produção rentável. Outro grande benefício da fotossíntese é a captação carbónica no solo ajudando assim toda a atividade microbiana do solo e também a sua estrutura.

2.4.1 – Absorção de luz dependendo da anatomia da folha e copa

Em média cada metro quadrado de superfície da Terra recebe cerca de 340W de energia solar todos os dias. Mas grande parte desta radiação (50%) ou é demasiado curta ou demasiado longa para ser absorvida pelos pigmentos sintéticos. Além disso apenas uma pequena percentagem de radiação ativa fotossintética (PAR, 400-700nm) incidente nas folhas é absorvida sendo que outra percentagem é refletida da superfície (15%).

Como apenas o tamanho de onda de luz de cor vermelha e azul são absorvidas a luz verde na sua grande maioria é transmitida ou refletida, dando assim a cor verde à vegetação. A fração da PAR que é absorvida é também perdida pelo metabolismo (20%) e pelo calor (10%). Pelo que, ao fim de todo este ciclo, apenas cerca de 5% da radiação solar que chega à superfície da folha é utilizada na fotossíntese para produzir carboidratos.

As folhas que são cobertas por outras folhas (folhas em sombra) capturam menos luz e luz de diferente qualidade. Têm menos eficiência fotossintética que as folhas totalmente expostas (Bhatla & Lal, 2018).

2.4.2 – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

O NDVI é um índice amplamente utilizado para monitorar a saúde da vegetação e a dinâmica da cobertura do solo. Ele é calculado a partir da diferença entre a refletividade do infravermelho próximo e a refletividade no vermelho, permitindo a identificação de áreas vegetativas e a avaliação da biomassa. Estudos demonstram que o NDVI pode ser

utilizado para analisar a dinâmica temporal da cobertura vegetal, como evidenciado em pesquisas que aplicaram o índice em bacias hidrográficas para entender as mudanças na vegetação ao longo do tempo. Além disso, o NDVI é uma ferramenta valiosa na agricultura de precisão, pois fornece informações sobre a saúde das culturas e ajuda na tomada de decisões para o meio agrícola (Zheng, Liyuan, & Shihua, 2020).

2.4.3 – PRI (Photochemical Reflectance Index)

O PRI, por outro lado, é um índice que fornece informações sobre a eficiência da fotossíntese e a capacidade das plantas de captar luz solar. Ele é baseado na reflectância em duas bandas espectrais específicas, sendo sensível às mudanças na fotossíntese, permitindo a avaliação do estresse hídrico e das condições ambientais que afetam a produção de fotoassimilados (Gamon, Penuelas, & Field, 1992). O PRI é especialmente útil em estudos que buscam entender a resposta das plantas a diferentes condições de luz e estresse, complementando as informações obtidas pelo NDVI.

A combinação do NDVI e do PRI oferece uma visão mais abrangente da saúde das plantas e da eficiência na utilização da luz solar. Enquanto o NDVI fornece uma visão geral da biomassa e da cobertura vegetal, o PRI permite uma análise mais detalhada da eficiência fotossintética e da resposta das plantas a fatores ambientais.

2.4.4 – Pós colheita

A pós-colheita é uma etapa crítica no ciclo produtivo da pera rocha (*Pyrus communis* L.), uma das variedades de pera mais valorizadas em Portugal. Após a colheita, os frutos continuam a sofrer processos fisiológicos e bioquímicos que impactam suas características sensoriais e sua aceitação pelo mercado. A gestão adequada dessa fase é essencial para garantir a manutenção da qualidade, preservando fatores como sabor, textura e aparência, que são determinantes para o sucesso comercial das peras rocha (Kader, 2005).

Uma das principais preocupações na pós-colheita da pera rocha é a minimização das perdas, que podem ser significativas. Estima-se que em diversas regiões produtoras, até 40% das frutas podem ser descartadas devido a danos mecânicos, deterioração ou condições inadequadas de armazenamento (FAO, 2018). A implementação de técnicas de conservação, como a refrigeração e o controle de atmosfera modificada, contribui para prolongar a vida útil dos frutos, mantendo suas qualidades organolépticas e reduzindo o desperdício.

Outro aspecto crucial da pós-colheita da pera rocha é o impacto direto na valorização comercial do produto. A qualidade estética e sensorial das peras influencia seu preço no mercado. Frutos bem manuseados, que apresentam características ideais, geralmente

têm uma maior aceitação entre os consumidores e são vendidos a preços mais altos. Processos adequados de embalagem, transporte e merchandising são indispensáveis para garantir que as peras rocha cheguem em condições ótimas ao consumidor final (Toivonen & Brummell, 2008).

2.4.4.1 – Peso

O peso da pera rocha é um indicador crítico de qualidade, pois frutos com peso adequado são geralmente sinônimo de boa nutrição e desenvolvimento. Durante a colheita, é desejável que as peras atinjam um peso que reflita uma maturação ideal, pois peras excessivamente leves podem indicar problemas de desenvolvimento ou desidratação. Além disso, o peso impacta o rendimento econômico para os produtores, visto que peras mais pesadas tendem a ter maior aceitação no mercado (Kader, 2005).

2.4.4.2 – Teor de sólidos solúveis (Brix)

O teor de sólidos solúveis, medido em graus Brix, é um parâmetro importante na avaliação da doçura e da qualidade sensorial das peras rocha. Frutos com maiores níveis de Brix são geralmente considerados mais doces e saborosos, o que aumenta suas chances de aceitação pelos consumidores. Este parâmetro é especialmente relevante na pós-colheita, pois um elevado teor de Brix pode indicar que a fruta está em um estágio ótimo de maturidade, o que é essencial para um armazenamento eficiente e para o sucesso nas vendas (Toivonen & Brummell, 2008).

2.4.4.3 – Dureza

A dureza é outra característica vital nas peras rocha, relacionada à textura e à firmeza do fruto. A dureza é um indicador de frescor e qualidade, com peras mais firmes apresentando maior resistência a danos mecânicos durante o manuseio e transporte. Frutos com dureza adequada são menos propensos a apresentar problemas de amolecimento precoce e deterioração, o que se traduz em uma vida útil mais longa e em uma melhor apresentação no ponto de venda. A monitorização da dureza nas peras é, portanto, essencial para orientar decisões sobre o momento da colheita e as condições ideais de armazenamento, maximizando a qualidade do fruto e minimizando as perdas pós-colheita (Konarska, 2013).

3. Material e Métodos

3.1 – Caracterização da unidade de experimentação

O Ensaio foi realizado em 2021, num pomar em Alfeizerão, concelho de Alcobaça, do Sr. Ricardo Amaro. Este foi selecionado pois tem 3 tipos de condução em pereiras da Var ‘Rocha’, Bi-eixo (Y), Eixo Inclinado (V) e Eixo central revestido.

A parcela insere-se numa mancha de aluviossolos, onde os horizontes não são hidromórficos e são constituídos por depósitos estratificados de aluviões que receberam a adição de sedimentos.

Climaticamente o concelho de Alcobaça é classificado como um clima do tipo Csb (Koppen), sendo um clima temperado marítimo e mediterrâneo que resulta da grande proximidade do litoral e homogeneidade do relevo.

As árvores que são conduzidas em Bi-eixo foram formadas no pomar através de duas enxertias de borbulha. A entrelinha não é mobilizada tendo um coberto espontâneo. Todo este pomar tem fertirrigação com sistema gota a gota, sendo a sua fertilização feita de acordo com as análises de solo e foliares feitas.



Figura 1- Bi-eixo (y)



Figura 2 - Eixo inclinado (v)



Figura 3 - Eixo central revestido

3.2 – Delineamento experimental

Foram definidos em 3 sistemas diferentes: Eixo central revestido, Sistema de eixo duplo (Y) e Eixo em V. Nestes foram definidas mondas manuais deixando a carga ótima a cada árvore e outra repetição com a monda manual do agricultor.

Ao todo foram definidas 3 repetições de 4 árvores cada em cada sistema de condução diferente. Três repetições otimizadas e três repetições testemunha sem esta mesma otimização de carga para ver também a resposta de cada sistema de condução ao seu potencial produtivo máximo. Perfazendo um total de 72 árvores.

Linha 3 - Bi-eixo

Linha 7 - Eixo inclinado

Linha 10 - Eixo central revestido

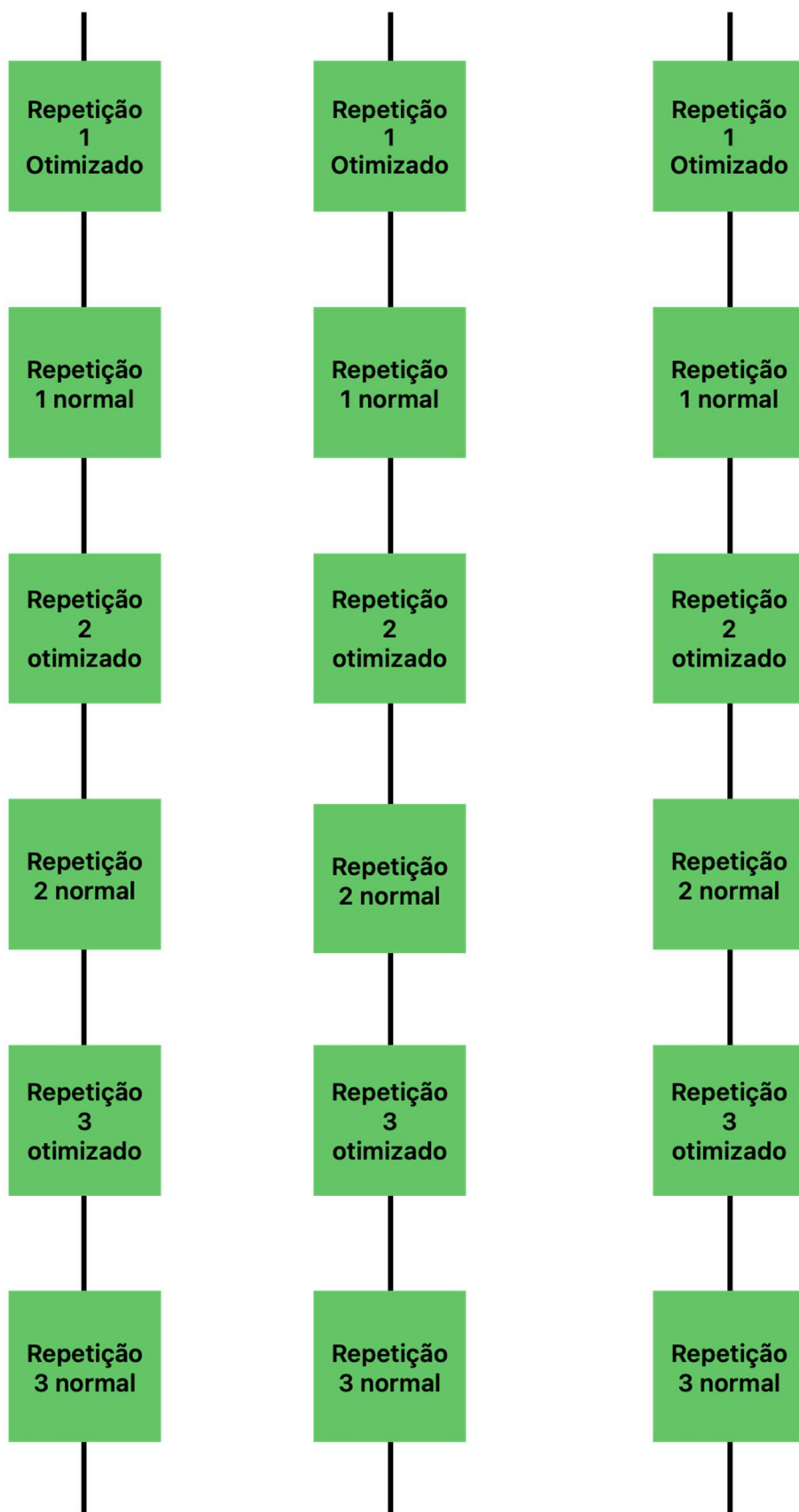


Figura 4 - Esquema dos blocos de produção

3.3 – Recolha de dados

Foram retirados valores e características do pomar para que pudéssemos observar o comportamento destes métodos de condução e qual a sua resposta perante as otimizações que lhe foram implementadas.

Os parâmetros avaliados foram a área de secção de tronco, registo dos estados fenológicos, medição das copas, medições de interceção solar, NDVI, PRI e valores pós colheita.

3.3.1 – Área de secção de tronco

No início do ciclo cultural foram medidas as ASC de cada árvore 10 cm acima da cicatriz de enxertia e 5 cm abaixo, isto no caso do bi-eixo. Nos outros dois sistemas de condução foram medidos a 5 cm abaixo e 20 cm acima da cicatriz de enxertia, isto de acordo com a metodologia utilizada por Musacchi (2008). Com a medida destes diâmetros foi possível calcular a produção ótima para cada árvore podendo assim modular a carga de cada árvore de modo a obtermos a sua produção máxima para os calibres que são mais desejados no mercado.

A 1 de Abril foram medidas as áreas de secção de tronco (ASC) de modo a conseguirmos quantificar qual a produção que desejávamos e seria ótima para as árvores que foram marcadas.

O cálculo da ASC permitiu-nos chegar a que para uma produção de 50 toneladas por ha, e com frutos na ordem dos 150g, teríamos de ter 120 frutos por árvore no modelo bi-eixo(y) e 111 frutos por árvore tanto no modelo de condução de eixo central como de Eixo em V.

Após a queda natural de frutos por indução natural das suas hormonas de crescimento foi realizada uma contagem dos frutos que estavam ainda na árvore. Pela área de seção de tronco que tínhamos fomos calcular o número de frutos ótimo para cada árvore do bloco que era otimizado.

Este processo foi realizado para que pudéssemos ver em condições ótimas de carga qual a resposta da árvore à produção. Sendo que depois foram realizados testes de qualidade diferenciando os blocos otimizados e não otimizados.

3.3.2 – Registo dos estados fenológicos

Os registos dos estados fenológicos foram feitos com base na escala de Fleckinger (INRA) (Anexo I). A determinação dos estados fenológicos foi feita ao longo do ciclo cultural, nas constantes visitas ao pomar durante todo o ciclo cultural de 2021.

3.3.3– Medição da copa das árvores

De modo a avaliar a arquitetura das árvores foram medidas as suas copas aquando da sua volumetria máxima de folhagem que também representa a sua maior capacidade fotossintética. Estas medições foram realizadas de modo a obter o volume de massa foliar que apresentam desde o eixo central que possuem até a zona mais exterior.

As medições tiradas de modo a obter uma representação da copa das árvores foram a alturas específicas. primeiro a 50 cm do solo, depois a 100cm, 150cm, 200cm e 300cm. Usámos como referência um eixo central perpendicular ao solo de modo que conseguíssemos também retratar a inclinação do modo de condução em Y e em V.

3.3.4 – Análise estatística

Foi realizada uma análise estatística anova e um teste de Turkey aos números de frutos e ao peso destes mesmos, tendo em conta o método de condução e se a carga era ou não otimizada.

Os testes e análise estatística encontram-se no Anexo II.

3.3.5- Medições de interceção solar, NDVI e PRI

Foram feitas medições com um aparelho chamado Polypen que nos deu os valores de NDVI das árvores bem como os valores de PRI, de modo a podermos perceber a eficiência da sua fotossíntese bem como a saúde da vegetação.

A interceção solar ou mapping foi feito em 3 alturas diferentes do mesmo dia, logo de manhã, a meio da manhã, ao meio-dia solar, ao meio da tarde e ao final da tarde, para que pudéssemos perceber a quantidade de luz solar que era retida pela copa da árvore.



Figura 1 - Equipamentos para medição de NDVI e PRI (Polypen e Fluorpen)

3.3.6 – Medições pós colheita

Após a colheita dos frutos estes foram calibrados na estação frutícola do INIAV Alcobaça, onde foram divididos nos intervalos de diâmetros (mm) < 60, 60 a 65, 65 a 70, 70 a 75 e > 75. Dentro de cada intervalo de diâmetro foram seleccionados uma amostra representativa de modo a obtermos o peso e outros dados em cada um destes. Os frutos foram então pesados, medido a dureza de cada fruto e ainda registado o valor de grau Brix. Todos estes valores foram registados segundo o sistema de condução que tinham e também segundo o tipo de carga (otimizada e não otimizada).

4. Resultados e discussão

Após a recolha dos dados, estes tiveram de ser avaliados de modo a conseguirmos obter resultados para este estudo.

Foi formulado um esquema das volumetrias em forma de gráfico para que se pudesse perceber como estavam expostas as copas das árvores em cada método de condução.

Foram trabalhados os dados de fotossíntese (NDVI e PRI) e também da interceção solar das copas de modo a entender quais os métodos de condução mais eficientes.

Por fim foram analisados vários dados de pós colheita, sendo eles a calibragem, peso, Brix e dureza, para analisar como responde cada método de condução às condições edafoclimáticas e práticas culturais.

4.2 – Volumetrias

As volumetrias das árvores foram medidas e dimensionadas em relação a um eixo central de modo que possamos ver quais as suas orientações e inclinações.

Nos seguintes gráficos, retirados através da copa média de cada linha, conseguimos ver as diferentes aberturas de copa e inclinações que os diferentes sistemas têm.

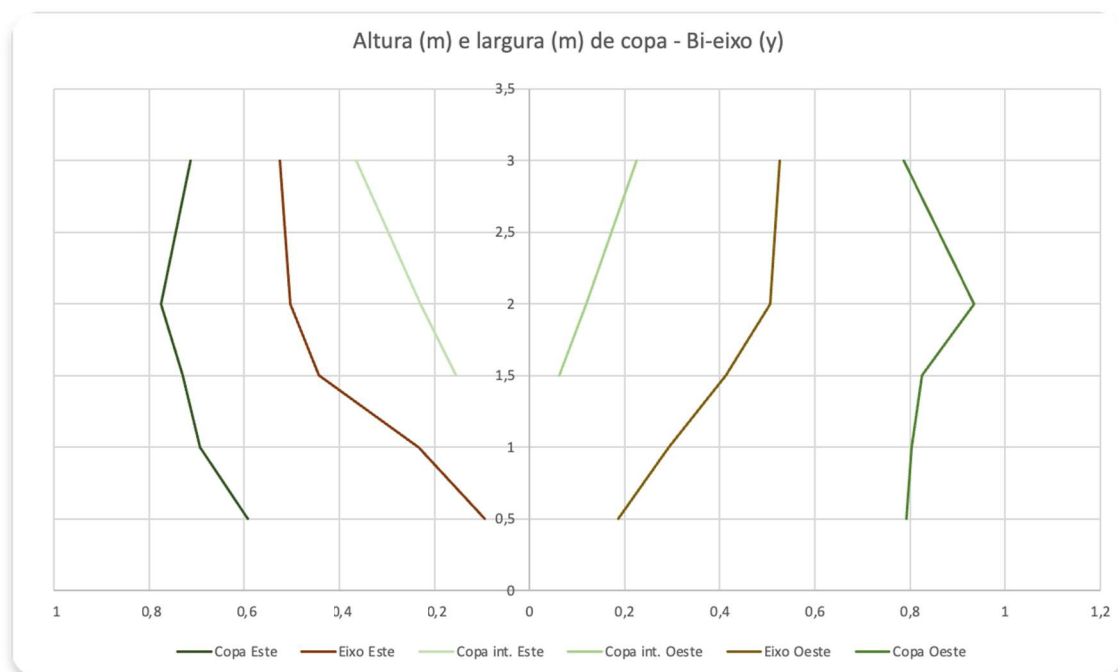


Figura 2- Gráfico copa Bi-eixo(y)

Neste tipo de copa conseguimos nos aperceber o quão mais eficientes estas deverão ser a aproveitar a luz que é trazida na altura mais próxima do meio-dia solar, quando a luz solar é mais intensa e por esta razão melhor para a criação de fotoassimilados.

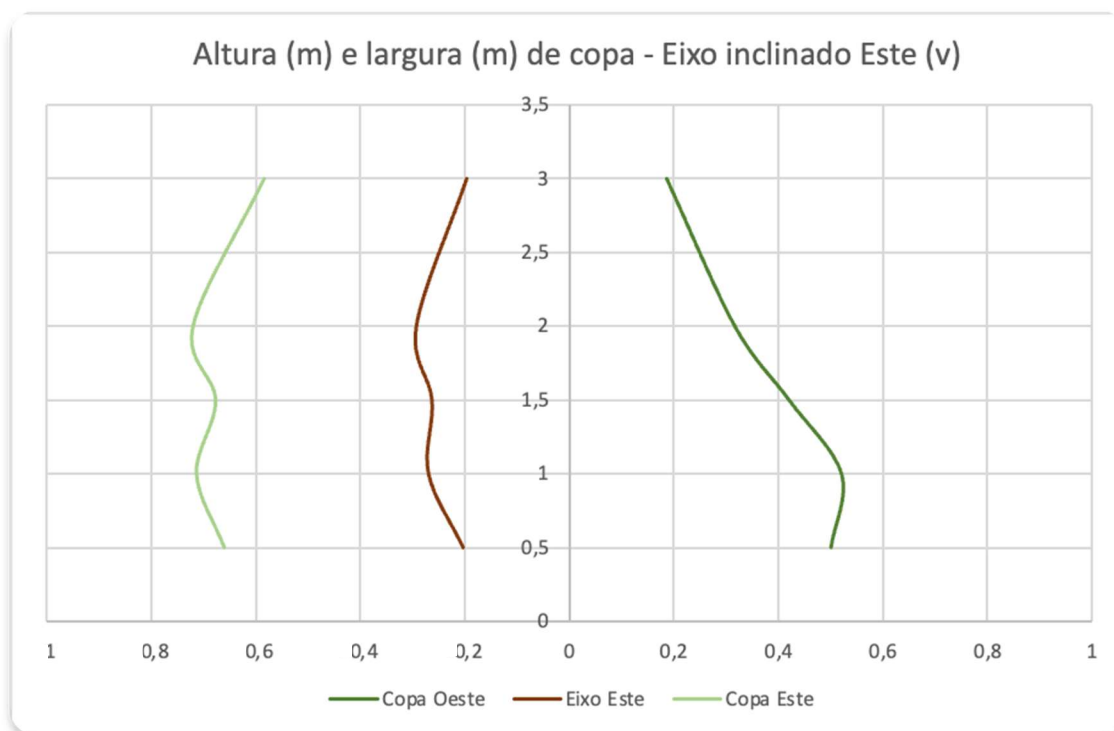


Figura 3 - Gráfica copa Eixo em V (este)

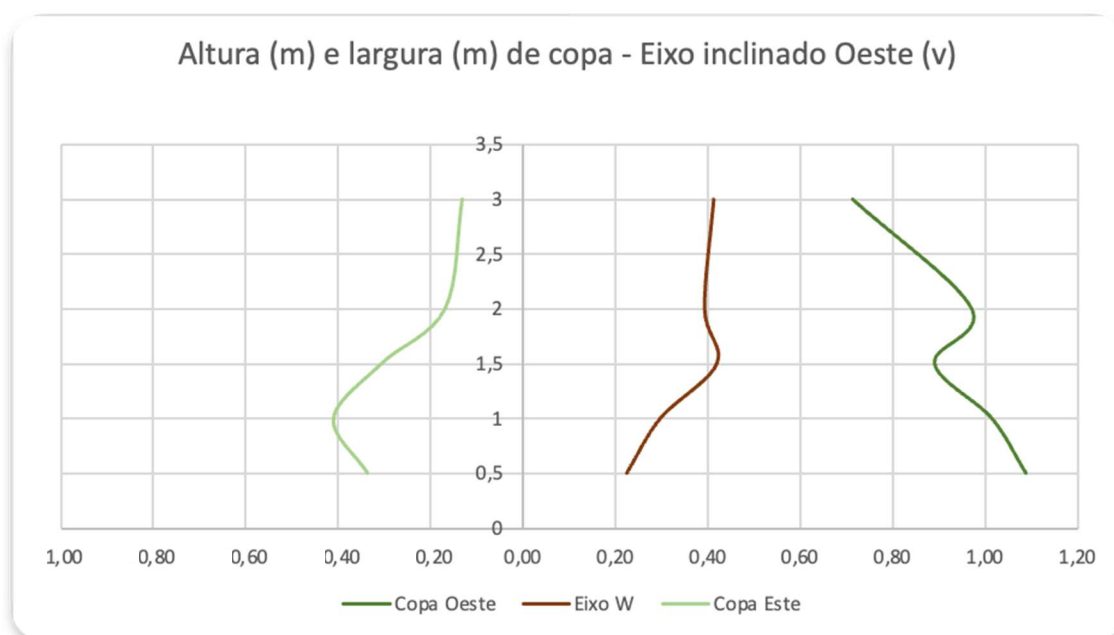


Figura 4 - Gráfico Copa Eixo em V (oeste)

Nas figuras 2 e 3, observamos a orientação de ambos os eixos em V. Neste modelo temos um pouco menos de massa foliar que no Bi-eixo pois temos apenas um eixo de condução, mas estes são mais vigorosos e dão ramos maiores. Ambos os modelos de condução com ângulos de exposição solar demonstram que a sua dominância apical faz com que estes tendam nas zonas mais altas da árvore a transitar para o eixo central perdendo assim o seu ângulo de exposição.

Com isto são necessários diferentes tipos de apoios (arames, estacas e outras ferramentas de apoio) para que possamos conduzir estas árvores e manter a sua característica mais apreciada que é a exposição solar extra em diferença do eixo central revestido.

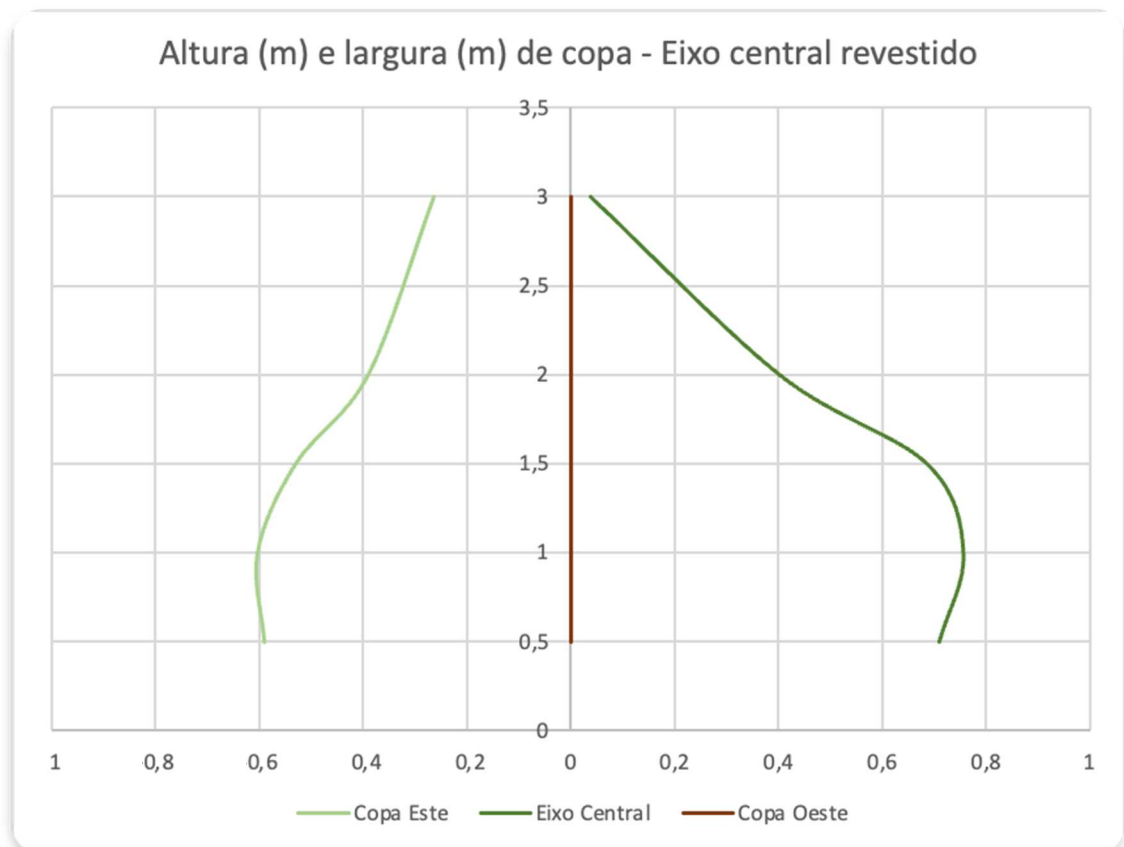


Figura 5 - Gráfico Copa Eixo central revestido

Este tipo de sistema de condução é o mais utilizado em Portugal pelo conhecimento que já se tem sobre ele. Perde na exposição solar que os outros têm, e na ótica de um pomar intensivo como têm sido instalados atualmente e que em termos sustentáveis aproveita muito mais o terreno agrícola que proporcionamos. É ainda uma árvore com um grande vigor e dominância apical ficando assim facilmente com 4 metros de altura ou mais.

4.3 – Intercepção e mapping

No âmbito de observarmos qual a eficiência de cada modelo de condução a capturar a radiação solar fizeram-se medições desta mesma de manhã, ao meio-dia solar e à tarde em duas datas diferentes para conseguirmos ter a noção de o quão mais eficientes estes novos modelos são.

Tabela 1 - Tabela de valores de intercepção solar

	09/jul			26/ago		
	Manhã	Meio dia solar	Tarde	Manhã	Meio dia solar	Tarde
Y	60,00%	41,90%	55,60%	55,00%	40,90%	62,00%
V	57,50%	39,60%	56,20%	51,37%	41,65%	66,00%
Eixo	54,90%	30,90%	56,90%	45,86%	33,53%	67,00%

Conseguimos observar que estes novos modelos embora não muito distantes do eixo central revestido nas primeiras horas da manhã ou a meio da tarde, temos um grande ganho percentual ao meio-dia solar.

Este aumento torna-se ainda mais importante nesta altura do dia pois é quando a luz solar é ótima para a síntese de fotoassimilados, e tendo em conta que desde que um pulso solar é libertado do sol até que chega a uma folha é perdido cerca de 95% dele qualquer margem que possamos aproveitar será de grande valor.

Conseguimos notar um incremento de intercepção solar de quase 10% perto do meio-dia solar do Bi-eixo (y) e do Eixo inclinado (v) para o Eixo central revestido. O que nos deixa entender que nesta hora de maior incidência de raios solares ambos os métodos de condução novos se mostram mais eficientes na sua utilização.

Ainda para mais nos modelos de produção de hoje onde tentamos aproveitar a fisionomia da planta ao máximo de modo a rentabilizar o pomar, é sempre vantajoso estes incrementos à produção, pois para o agricultor também será refletido num menor gasto de fatores de produção.

Sabemos ainda que o solo utilizável que temos é finito e com o aumento da população é de esperar que tenhamos de obter o máximo de aumentos necessários, sendo assim todo e qualquer incremento percentual é de máxima importância.

4.4 – Medições de NDVI e PRI

A fotossíntese é a principal forma da planta produzir fotoassimilados pelo que ao querermos otimizar a planta este é um dos pontos fulcrais. O NDVI como valor de teor

de água e de clorofila na planta, é um valor de suma importância e também o de fotossíntese PRI (Photochemical Reflectance Index) são dois valores que nos ajudam a perceber e retratar o estado da cultura e neste caso estando a falar na mesma cultura como o método de condução afeta o aproveitamento da luz solar e como responderá como cultura. Podemos ver pelo gráfico seguinte quais os métodos mais eficientes.

Tabela 2 - Valores de Fotossíntese (NDVI e PRI)

	Eixo Central Revestido	Eixo Inclinado (v)	Bi-Eixo (Y)
NDVI	0,6716	0,7079	0,6942
PRI	0,0116	0,0175	0,0167

Podemos notar que pela exposição solar teremos um maior aproveitamento da mesma nos métodos de condução em que tentamos maximizar a exposição solar de modo que uma maior parte das folhas esteja em contacto com a luz solar.

Um valor que “PRI” que seja mais elevado diz-nos que a árvore é mais eficiente no aproveitamento da luz solar e também uma planta por sua vez mais saudável. Conseguimos ver nesta tabela que o Eixo em V e o Eixo em Y, ambos novos modelos testados, são mais eficientes do que o eixo central.

Também conseguimos pelos valores de PRI que ao serem mais elevados mostram que a cultura se encontra mais bem adaptada ao terreno onde está instalada.

Algo que é ainda de suma importância é a adaptação a efeitos climáticos novos e mais stressantes para as plantas pelo que uma planta que possua um índice de PRI mais elevado está mais bem adaptada e preparada para condições mais adversas, sejam elas secas, altas temperaturas ou até mesmo presenças de poluentes.

4.5 – Medições pós colheita

Neste capítulo são referidos os resultados obtidos na produção (número e peso de frutos) por modalidade, bem como a distribuição desta produção em diferentes categorias de calibragem. São igualmente referidos os resultados obtidos nos testes de qualidade dos frutos.

4.5.1 – Produção

Após a colheita dos frutos foram contados quantos frutos cada bloco de árvores tinha e o seu peso para conseguirmos obter também o peso médio de cada fruto por linha, conforme conseguimos ver na tabela seguinte.

Tabela 3 -Produção e peso médio de frutos

		Bi-eixo Y	Eixo em V	Eixo central revestido
Otimizado	Nº Frutos	1029	828	668
	Peso médio p/ fruto (g)	165,5	157	171
Normal	Frutos	1087	1087	942
	Peso médio p/ fruto (g)	162,9	149,8	144

Tabela 4 - Produção por ha (kg)

		Bi-eixo (y)	Eixo em V	Eixo central revestido
Produção p/ha	Otimizado	78843	65065	57147
	Normal	81991	86516	67898

É de ressaltar que sempre que otimizamos uma linha conseguimos obter frutos com um peso médio maior, algo que é extremamente importante pois estes são os frutos que são mais valorizados pelo mercado.

Os métodos mais recentes de bi-eixo em Y e de Eixo em V denotam um maior número de frutos em comparação ao eixo central revestido algo que está intrinsecamente ligado ao facto de estes modelos de condução conseguirem aproveitar melhor a luz que lhes é entregue bem como se adaptarem melhor ao terreno.

Conseguimos prever através desta pequena tabela que com os novos modelos de condução teremos muito mais entrada de fruta mais valorizada nas centrais fruteiras.

É ainda de notar que o Bi-eixo (y) é o método de condução que mais se aproxima do seu potencial máximo produtivo, sendo que apenas perde cerca de 2 toneladas por hectare, uma perda muito reduzida quando comparada aos outros modelos de condução.

Foi analisado através de uma análise estatística Anova de fator duplo e de um teste de turkey o peso e número de frutos, analisando em relação à carga e ao modelo de condução.

É de notar que nesta análise podemos ver que existe uma grande disparidade entre o número de frutos quando a carga é otimizada e quando não o é, algo que seria de esperar. Menos no Bi-eixo onde o número de frutos tanto no modelo de carga otimizada como o do agricultor são muito próximos, o que nos mostra que este modelo de produção se encontra muito próximo do seu potencial máximo.

Podemos assim deduzir que o Bi-eixo poderá apresentar também grandes ganhos a nível de mão de obra já que necessita de quase nenhuma mão de obra manual ou tardia, algo que torna a produção final muito mais dispendiosa.

4.5.2 – Calibragem

A calibragem é também um dado muito importante para termos a noção de até que ponto é vantajoso esta otimização de carga em termos de valorização do produto no mercado. Ao testarmos três métodos de condução diferentes queremos perceber de que forma a distribuição de frutos em termos de preço será representada na produção total e conseguimos perceber isso pelo gráfico seguinte, onde o Bi-eixo em Y, se demonstra um método de condução nos maiores grupos de calibragem e com um ganho evidente nos calibres maiores quando otimizamos a uma produção média de 50 ton. Obtemos um ganho percentual de 15,28% nos calibres de 70-75mm e de 3% de 65-70mm. Com a valorização de mercado nestes intervalos de calibre faz todo o sentido ter uma carga otimizada às plantas que estão na exploração.

O método de condução de Eixo em V também conseguimos denotar uma maior predisposição a produzir frutos de maior calibre comparado ao método mais usado no nosso país que é o Eixo Central Revestido.

O Bi-eixo demonstrou ainda que ao ser otimizado era o modelo de condução que melhor respondia a este estímulo tendo uma maior percentagem de frutos com maiores calibres. O que demonstra que a sua melhor eficiência ao aproveitar a luz solar nos consegue dar mais qualidade na nossa produção.

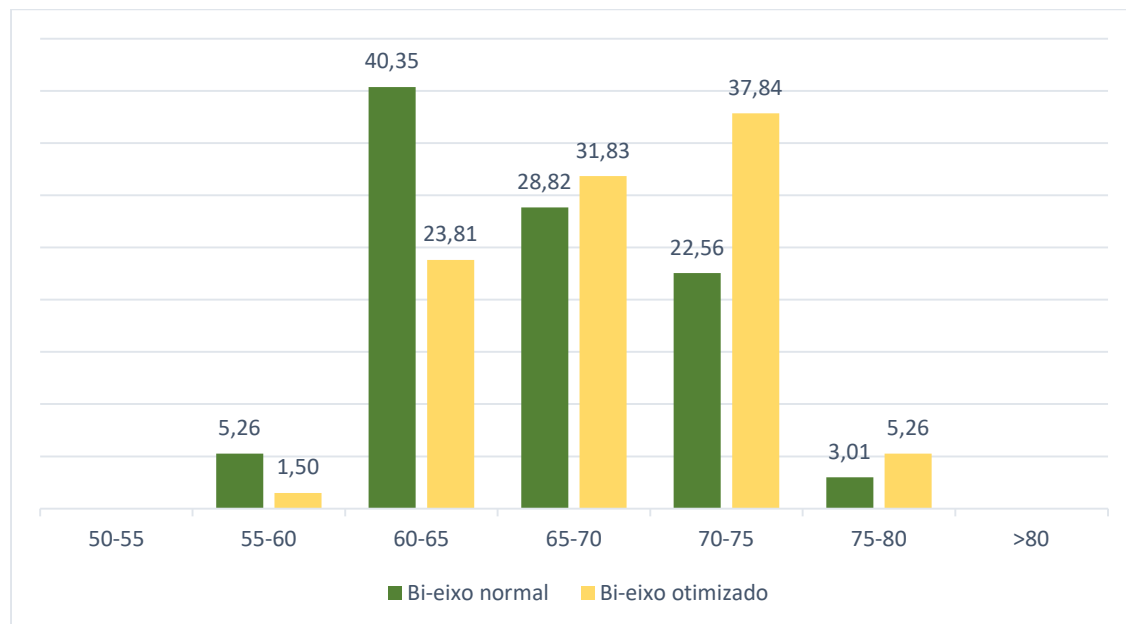


Figura 6 - Gráfico de calibragem Bi-eixo

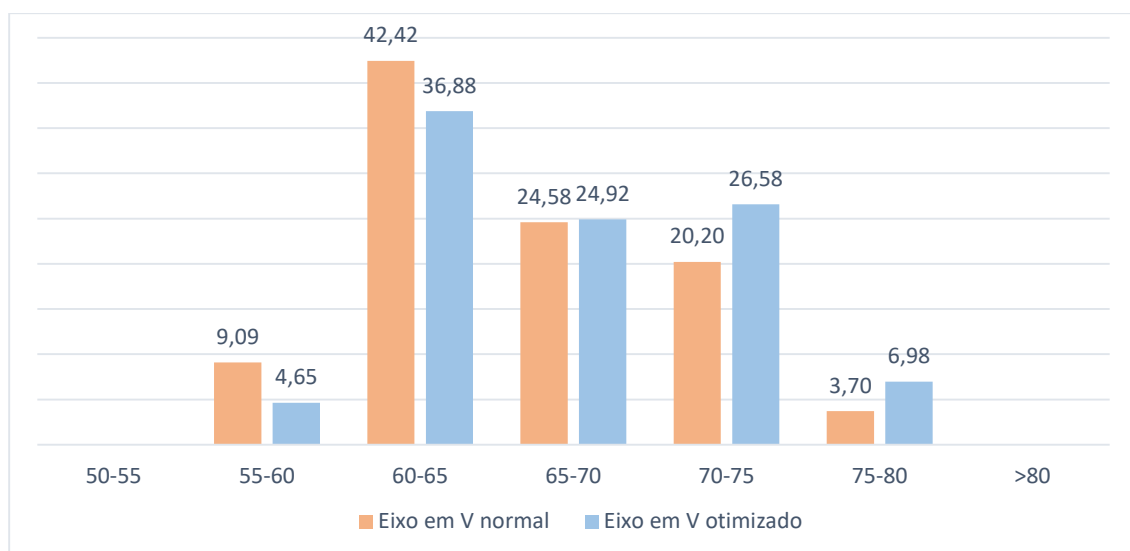


Figura 7 – Calibragem de Eixo em V

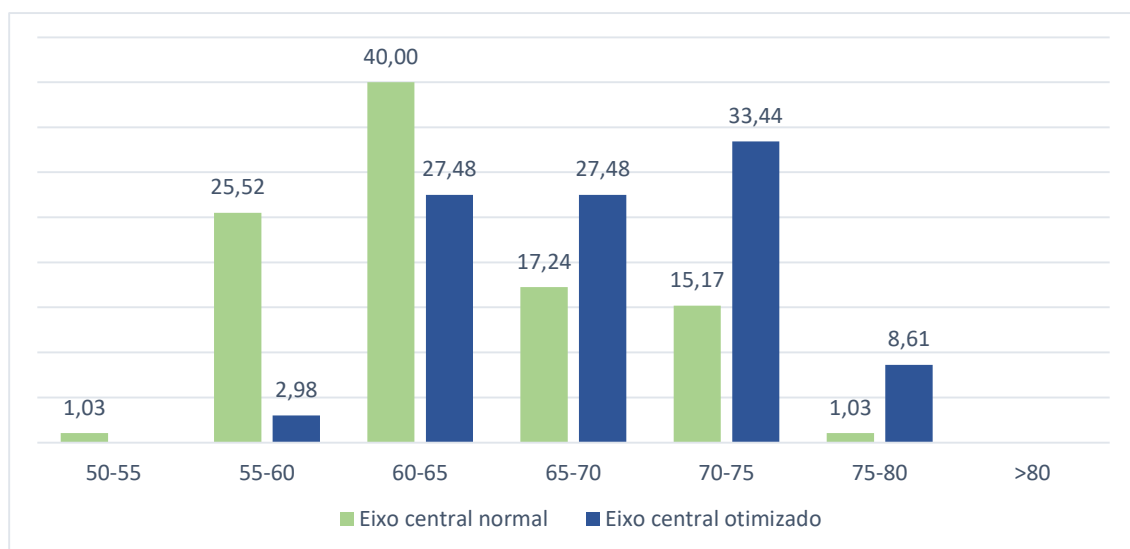


Figura 8 - Calibragem de Eixo central revestido

Qualquer um dos novos modelos de condução tem uma maior percentagem de frutos nos calibres mais valorizados pelo mercado pelo que sendo ou não otimizado serão sempre vantajosos estes modelos porque para além de produzir mais tem uma distribuição de calibres mais interessante para o produtor.

4.5.3 – Testes de qualidade (peso, Brix e dureza)

Nestes testes selecionamos os frutos de calibre 65-70mm e realizamos alguns testes tendo em conta o método de condução e também se a carga tinha sido otimizada ou não.

Tabela 5- Tabela de Brix, Dureza e Peso

Sistema de condução	Brix (Bx)	Dureza(Kg/cm ²)	Peso(g)
Bi-eixo otimizado	11,8	5,9	179,3
Bi-eixo normal	11,8	6,1	181
Eixo V otimizado	11,3	5,6	178,2
Eixo V normal	11,3	6,1	176,4
Eixo Central otimizado	11,9	5,5	175,6
Eixo Central normal	11,7	5,7	177,9

Na tabela 2 são descritos os parâmetros de análise de qualidade aplicados à pêra Rocha nos diferentes sistemas de condução.

Trabalhámos apenas em frutos com 65-70mm de calibre para ver qual a diferença entre os diferentes métodos de condução.

Nos parâmetros que foram analisados tanto o Brix como o peso não tiveram grandes oscilações notando assim que nenhum dos sistemas de condução tiveram grande diferença quando os frutos são do mesmo calibre.

Relativamente à dureza dos frutos verificou-se que qualquer um dos sistemas de condução têm um nível de dureza mais alto quando não são otimizados.

5. Conclusões

No ensaio, observou-se que a Pereira 'Rocha' apresentou melhores resultados de produção e calibres nos novos modelos de condução, especificamente no sistema de Bi-eixo e no Eixo Inclinado em V. Essa resposta positiva das plantas pode ser atribuída principalmente à melhor exposição à luz solar proporcionada por esses métodos de condução.

Durante o meio-dia solar, quando os raios solares incidem quase perpendicularmente ao solo, esses sistemas de condução otimizam a captação de luz. Essa condição é crucial, pois a luz solar é um fator determinante para a fotossíntese, influenciando diretamente o crescimento e a qualidade dos frutos. A disposição das plantas em ângulos que favorecem a incidência de luz maximiza a eficiência fotossintética, resultando em um aumento significativo na produção e no tamanho dos frutos.

Estes achados reforçam a importância dos métodos de condução que considerem a orientação e a estrutura das plantas, visando não apenas a produtividade, mas também a qualidade dos frutos. A adoção de sistemas como o Bi-eixo e o Eixo Inclinado em V pode, portanto, ser uma estratégia eficaz para otimizar o cultivo de pereiras, especialmente em condições climáticas favoráveis.

A utilização dos modelos de condução Bi-eixo e Eixo Inclinado resultou em melhorias significativas nos calibres das pêras, com uma distribuição mais atrativa para o mercado, concentrando-se em calibres mais altos. Entre os dois métodos, o Bi-eixo destaca-se quando otimizado, pois não apenas proporciona uma melhor distribuição de calibres, mas também apresenta uma perda de produção mínima, em torno de 2 toneladas por hectare. Isso evidencia a importância de uma planta maximizar a utilização da luz solar, resultando em uma maior produção de fotoassimilados. Essa eficiência não só melhora a qualidade dos frutos, mas também contribui para a rentabilidade dos produtores, reforçando a relevância de inovações nas práticas de cultivo.

O Bi-eixo revelou ainda que poderá ser uma excelente solução futura nos pomares portugueses pois mesmo quando não é otimizada a sua carga este encontra-se muito próximo do seu potencial máximo de produção o que nos permite perceber que poderá ter grandes ganhos para os produtores a nível de mão de obra algo que atualmente é de suma valorização para os agricultores.

Bibliografia

- Alexandre, J., Soares, J., & Silva, A. (2001). A pêra Rocha in ANP, O livro da pera Rocha.
- Bhatla, S. C., & Lal, M. A. (2018). *Plant Physiology, Development and Metabolism*. Springer.
- CAMPOS, R. F., SILVA, A. P., & OLIVEIRA, L. M. (2019). Manejo de pomares de pereiras: O sistema de bi-eixo.
- Erez. (2003). Effect of Four Pear Rootstocks on Growth, Yield, and Fruit Size of 'Doyenne du Comice' Pear Trees.
- Gamon, J. A., Penuelas, J., & Field, C. (1992). A narrow-band spectral index to assess the photosynthetic efficiency of vegetation. *Remote Sensing of Environment*.
- Lakso, A. N. (1994). Apple. In: B. Schaffer and P. Andersen (eds.). p. 3–35. *Handbook of environmental physiology of fruit crops. I—Temperate crops*.
- Lauri, P. É., Costes, E., & Regnard, J. L. (2006). Analyzing Fruit Tree Architecture: Implications for Tree Management and Fruit Production. .
- MENDES, T. L., COSTA, J. M., & ALVES, M. G. (2022). Qualidade de peras cultivadas em sistema de bi-eixo. (J. o. Biotechnology, Ed.)
- Miller, S. A., Broom, F. D., Thorp, T. G., & Barnett, A. M. (2001). Effects of leader pruning on vine architecture, productivity and fruit quality in kiwifruit.
- Musacchi, S. (2008). *BIBAUM®: A NEW TRAINING SYSTEM FOR PEAR ORCHARDS*. doi:10.17660
- Soares, J., Silva, A., & Alexandre, J. (2001). *O livro da pera Rocha. Volume Primeiro. 1st edn. Cadaval*. Portugal: Associação Nacional de Produtores de Pera Rocha.
- Zheng, L., Liyuan, A., & Shihua, L. (2020). Comparative physiological and transcriptomic analysis of pear leaves under distinct training systems.

Anexo I

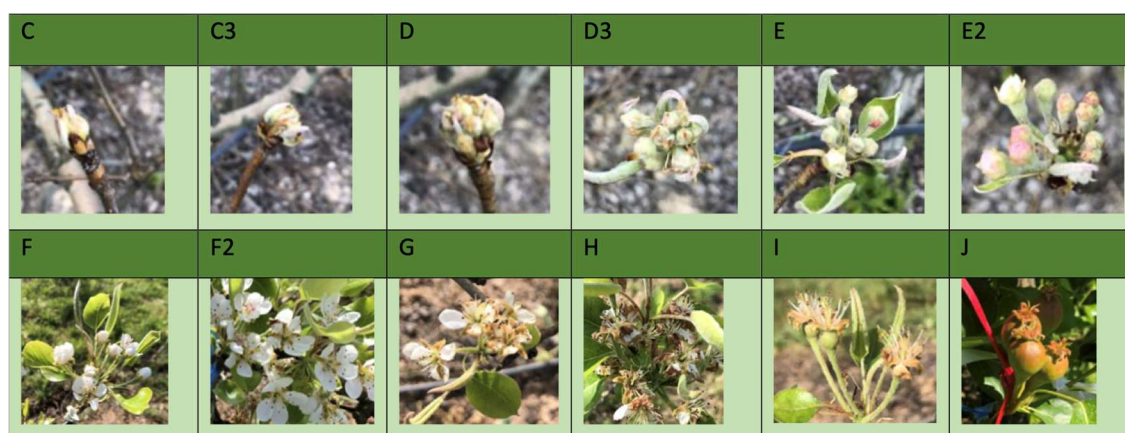


Figura 9 - Imagens representativas de cada estado fenológico, segundo a escala de Fleckinger (1948).

Anexo II

Anova Carga e Eixos

Anova: factor duplo com repetição

SUMÁRIO Nun Frutos Peso Fruto:Total

eixo_Otimizado

Contagem	18	18	36
Soma	668	114,2	782,2
Média	37,11111	6,344444	21,72778
Variância	91,98693	2,602614	289,3518

eixo_Normal

Contagem	18	18	36
Soma	942	135,65	1077,65
Média	52,33333	7,536111	29,93472
Variância	267,5294	6,242002	649,0067

V_Otimizado

Contagem	18	18	36
Soma	828	130	958
Média	46	7,222222	26,61111
Variância	175,1765	3,863301	473,632

V_Normal

Contagem	18	18	36
Soma	1087	162,85	1249,85
Média	60,38889	9,047222	34,71806
Variância	447,8987	6,794845	898,6712

Y_Otimizado

Contagem	18	18	36
Soma	844	139,45	983,45
Média	46,88889	7,747222	27,31806
Variância	629,5163	15,99661	707,4957

Y_Normal

Contagem	18	18	36
Soma	831	135,35	966,35
Média	46,16667	7,519444	26,84306
Variância	453,0882	11,15416	609,5597

Total

Contagem	108	108
Soma	5200	817,5
Média	48,14815	7,569444
Variância	378,4638	8,058263

ANOVA						
Fonte de variaç	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Amostra	3305,849	5	661,1698	3,756914	0,002823	2,258342
Colunas	88918,08	1	88918,08	505,2524	4,17E-57	3,887447
Interaçõe	2150,571	5	430,1143	2,444005	0,035415	2,258342
Dentro	35901,44	204	175,9875			
Total	130275,9	215				

Turkey Carga e eixos

		QMR	176		
N.º Tratamentos		6	dms	13	
Graus de liberdade		204			
N.º Repetições		18			
		q	4	<u>Número de frutos</u>	Média 1 Média 2 Módulo da Média
				eixo_Normal - eixo_Otimizado	52,33333 37,11111111 15,22222222
<u>Número de frutos</u>				eixo_Normal - V_Otimizado	52,33333 46 6,333333333
eixo_Otimizado	a			eixo_Normal - V_Normal	52,33333 60,38888889 8,055555556
eixo_Normal	b			eixo_Normal - Y_Otimizado	52,33333 46,88888889 5,444444444
V_Otimizado	b			eixo_Normal - Y_Normal	52,33333 46,16666667 6,166666667
V_Normal	c			eixo_Otimizado - V_Normal	37,11111 60,38888889 23,27777778
Y_Otimizado	a			eixo_Otimizado - V_Otimizado	37,11111 46 8,888888889
Y_Normal	a			eixo_Otimizado - Y_Normal	37,11111 46,16666667 9,055555556
				eixo_Otimizado - Y_Otimizado	37,11111 46,88888889 9,777777778
				V_Normal - V_Otimizado	60,38889 46 14,38888889
				V_Normal - Y_Otimizado	60,38889 46,88888889 13,5
				V_Normal - Y_Normal	60,38889 46,16666667 14,22222222
				V_Otimizado - Y_Normal	46 46,16666667 0,166666667
				V_Otimizado - Y_Otimizado	46 46,88888889 0,888888889
				Y_Normal - Y_Otimizado	46,16667 46,88888889 0,722222222
				<u>Peso de frutos</u>	Média 1 Média 2 Módulo da Média
eixo_Otimizado a				eixo_Normal - eixo_Otimizado	7,536111 6,344444444 1,191666667
eixo_Normal a				eixo_Normal - V_Otimizado	7,536111 7,222222222 0,313888889
V_Otimizado a				eixo_Normal - V_Normal	7,536111 9,047222222 1,511111111
V_Normal a				eixo_Normal - Y_Otimizado	7,536111 7,747222222 0,211111111
Y_Otimizado a				eixo_Normal - Y_Normal	7,536111 7,519444444 0,016666667
Y_Normal a				eixo_Otimizado - V_Normal	6,344444 9,047222222 2,702777778
				eixo_Otimizado - V_Otimizado	6,344444 7,222222222 0,877777778
				eixo_Otimizado - Y_Normal	6,344444 7,519444444 1,175
				eixo_Otimizado - Y_Otimizado	6,344444 7,747222222 1,402777778
				V_Normal - V_Otimizado	9,047222 7,222222222 1,825
				V_Normal - Y_Otimizado	9,047222 7,747222222 1,3
				V_Normal - Y_Normal	9,047222 7,519444444 1,527777778
				V_Otimizado - Y_Normal	7,222222 7,519444444 0,297222222
				V_Otimizado - Y_Otimizado	7,222222 7,747222222 0,525
				Y_Normal - Y_Otimizado	7,519444 7,747222222 0,227777778

Anova Eixos

Anova: factor duplo com repetição

SUMÁRIO	Nun Frutos	Peso Frutos	Total
<i>eixo</i>			
Contagem	36	36	72
Soma	1610	249,85	1859,85
Média	44,72222222	6,940277778	25,83125
Variância	234,2063492	4,661117063	479,6467

<i>v</i>			
Contagem	36	36	72
Soma	1915	292,85	2207,85
Média	53,19444444	8,134722222	30,66458
Variância	355,8753968	6,033259921	693,1495

<i>y</i>			
Contagem	36	36	72
Soma	1675	274,8	1949,8
Média	46,52777778	7,633333333	27,08056
Variância	525,9706349	13,20085714	649,3099

<i>Total</i>			
Contagem	108	108	
Soma	5200	817,5	
Média	48,14814815	7,569444444	
Variância	378,4638283	8,05826324	

ANOVA

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Amostra	906,4111343	2	453,2056	2,385402	0,094542	3,038877
Colunas	88918,08449	1	88918,08	468,0114	2,36E-55	3,886121
Interacções	553,2861343	2	276,6431	1,456083	0,235492	3,038877
Dentro	39898,16653	210	189,9913			
Total	130275,9483	215				

$$dms = q \cdot \sqrt{\frac{QMR}{n^{\circ} \text{ Repetições}}}$$

dms = diferença mínima significativa

QMR	190				
N.º Tratamentos	3	dms	7,60403		
Graus de liberdade	210				
N.º Repetições	36				
q	3,31	<u>Número de frutos</u>	Média 1	Média 2	Módulo da Média
		eixo - V	44,72222	53,19444444	8,472222222
<u>Número de frutos</u>		eixo - Y	44,72222	46,52777778	1,805555556
eixo	a	V - Y	53,19444	46,52777778	6,666666667
V	b				
Y	a	<u>Peso de frutos</u>	Média 1	Média 2	Módulo da Média
		eixo - V	6,940278	8,134722222	1,194444444
<u>Peso de frutos</u>		eixo - Y	6,940278	7,633333333	0,693055556
eixo - V	a	V - Y	8,134722	7,633333333	0,501388889
eixo - Y	a				
V - Y	a				

Anova Cargas

Anova: factor duplo com repetição

SUMÁRIO	Nun Fruto: Peso Fruto Total		
	<i>Otimizado</i>		
Contagem	54	54	108
Soma	2340	383,65	2723,65
Média	43,33333	7,10463	25,21898
Variância	307,4717	7,546157	487,2333

	<i>Normal</i>		
Contagem	54	54	108
Soma	2860	433,85	3293,85
Média	52,96296	8,034259	30,49861
Variância	409,3571	8,282153	716,2315

	<i>Total</i>		
Contagem	108	108	
Soma	5200	817,5	
Média	48,14815	7,569444	
Variância	378,4638	8,058263	

ANOVA						
Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Amostra	1505,222	1	1505,222	8,217882	0,004566	3,885697
Colunas	88918,08	1	88918,08	485,4554	9,88E-57	3,885697
Interacções	1021,815	1	1021,815	5,578681	0,019086	3,885697
Dentro	38830,83	212	183,1643			
Total	130275,9	215				

Turkey Cargas

$$dms = q \cdot \sqrt{\frac{QMR}{n^{\circ} \text{ Repetições}}}$$

dms = diferença mínima significativa

QMR 183,1643
 N.º Tratamentos 2
 Graus de liberdade 212
 N.º Repetições 54
 q 2,77

dms 5,101563

Número de frutos

otimizada a
 normal b

<u>Número de frutos</u>	Média 1	Média 2	Módulo da Média
Otimizada - Normal	43,33333	52,96296	9,62962963

Peso de frutos

otimizada a
 normal a

<u>Peso de frutos</u>	Média 1	Média 2	Módulo da Média
Otimizada - Normal	7,10463	8,034259	0,92962963