

Os novos desafios para o souto no contexto das alterações climáticas





Os novos desafios para o souto no contexto das alterações climáticas

ClimCast – Os novos desafios para o souto no contexto das alterações climáticas

Coordenador Científico: José Gomes Laranjo

Editores: José Gomes Laranjo, Alcino Pires, José Ângelo Pinto, Duarte Marques, Anabela Martins, Rui Carneiro

Local de publicação: Vila Real Data de publicação: 12/2022

Edição: RefCast - Associação Portuguesa da Castanha

Nº edição: 1ª edição

Impressão e acabamento: Minerva Transmontana, Tipografia, Lda

Tiragem: 200 exemplares Fotografias: dos autores Suporte: impresso e digital

ISBN: 978-989-53782-3-4 (Suporte: Papel) ISNN: 978-989-53782-7-2 (Suporte: Electrónico)

Depósito Legal: 509076/22

As Entidades participantes



Refcast – Associação Portuguesa da Castanha



Serviruri – Prestação de Serviços Técnico Agrícolas Lda



Aguiar Floresta – Associação Florestal e Ambiental de Vila Pouca de Aguiar



Câmara Municipal de Marvão



Aflima - Associação Florestal do Lima



Arborea – Associação Agro-Florestal e Ambiental da Terra Fria Transmontana



Coopenela - Cooperativa Agrícola de Penela da Beira CRL



SORTEGEL, Produtos Congelados, SA



Agrifuturo – Associação de Agricultores para Valorizar o futuro



UTAD – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro



IPB - Instituto Politécnico de Bragança



IPV - Instituto Politécnico de Viseu



IPVC – Instituto Politécnico de Viana do Castelo



IPCB – Instituto Politécnico de Castelo Branco



PREFÁCIO

As alterações climáticas e o seu impacto na vida da Terra são hoje, cada vez mais, motivo de preocupação generalizada de todos nós, gerando simultaneamente um sentimento de incapacidade cada vez maior na Humanidade que pensa "para o Futuro". Somos hoje, mais de 8 biliões de seres humanos a habitar a Terra, aos quais acrescem todas as outras espécies de animais que também precisam de se alimentar. Por isso, produção de alimentos em quantidade e qualidade é, será, cada vez mais um desafio à agricultura, num quadro cada vez mais adverso, causado por eventos climáticos extremos cada vez mais frequentes, uso agrícola inapropriado de solos, etc. Indubitavelmente, no nosso clima de características marcadamente mediterrânicas, em que entre maio e setembro ocorre somente 10% da precipitação anual mas onde se acumula 70% do calor anual criará novos desafios à agricultura portuguesa, e no caso concreto à fileira de produção de castanha.

Foi este o sentimento que esteve presente nos promotores deste GO. Era necessário antecipar o futuro em relação à produção da castanha em Portugal. Questões como, se vamos continuar a produzir nas mesmas regiões e nas mesmas condições, se a área de cultivo terá de ser deslocalizada no futuro, passando a abranger novas áreas, deixando de ser viável noutras? Que cultivares poderemos continuar a produzir e se não teremos de introduzir outras melhor adaptadas? No limite, se não teremos de ajustar as Denominações de Origem Protegidas?

Para tentar dar resposta a estas e outras questões, através deste Grupo Operacional ClimCast instalámos uma rede de 7 soutos demonstração em diferentes contextos edafoclimáticos do país "castanhícola". Estes soutos estão constituídos por exemplares de 11 cultivares de castanha e estão dotados com estações meteorológicas.

Eis o "ClimCast", esta é a base do embrião de uma rede de conhecimento para servir o setor, até quando o setor pretender.

A finalizar um agradecimento às entidades participantes neste Grupo Operacional.

É devido um reconhecimento muito especial pela permanente colaboração que os nossos dois consultores externos dedicaram a este projeto. Obrigado Prof. Doutor Santiago Pereira Lorenzo, obrigado Doutora Beatriz Cuenca. Obrigado às entidades que representam por terem permitido esta tão frutuosa cooperação.

Eis o nosso contributo!

José Gomes Laranjo

RefCast- Associação Portuguesa da Castanha Centro de Investigação e de Tecnologias Agro-Ambientais e Biológicas Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro Coordenador Científico GO ClimCast



PREFÁCIO

Esta obra es el compendio del trabajo realizado por el grupo de trabajo del proyecto ClimCast, integrando investigadores de distintas disciplinas y centros de referencia con un objetivo común, el estudio del castaño frente al cambio climático.

Cuando el Profesor Laranjo me invitó a participar en el proyecto como asesor externo, acepté encantado por la oportunidad que me brindaba de interaccionar con el grupo de trabajo para poder aportar, pero sobre todo aprender.

La primera grata sorpresa fue la solicitud de incorporar a los ensayos de campo dos variedades españolas de castaño europeo que sirvieran de contraste con las variedades portuguesas.

Una de las variedades elegidas fue 'Parede', origen de un grupo genético del norte de la Península Ibérica, concretamente en la confluencia de Galicia, Asturias y El Bierzo. Esta variedad es de pequeño calibre y color claro, muy apreciada por su facilidad de pelado, su excelente sabor, buena aptitud al pelado y, además, buena aptitud maderera. Por su zona de origen, es muy adecuada para su cultivo en zonas frías y elevadas.

Buscando el mayor contraste posible, y evitando grupos varietales comunes entre España y Portugal como la variedad 'Longal' y otras relacionadas, elegimos la variedad 'Pilonga' de la Sierra de Ronda en Málaga, una zona lejana y aislada de las zonas productoras típicas de castaña de la Península Ibérica. La principal característica de 'Pilonga' es su recolección temprana, a finales de septiembre y principios de octubre, además de su excelente tamaño y buena producción de polen. Tanto 'Pilonga' como 'Parede' presentan baja tabicación, el tan deseado valor agronómico 'marrón'.

La preparación de las parcelas supuso un gran reto, con la dificultad añadida del transporte de los injertos desde zonas lejanas para la realización del injertado en campo.

Pero este esfuerzo se ha visto recompensado por los resultados ya obtenidos, y por los que aún están por llegar.

Doy las gracias al grupo ClimCast y, especialmente, al Prof. Laranjo por haberme hecho partícipe de este proyecto que yo había soñado realizar algún día en España, pero es un honor que ya se haya hecho realidad en Portugal.

Muito Obrigado.

Santiago Pereira Loreno

Universidad de Santiago de Compostela Departamento de Producción Vegetal y Proyectos de Ingeniería Escola Politécnica Superior de Enxeñaría Consultor externo no GO ClimCast

PREFÁCIO



Colaborar con mis colegas portugueses en el proyecto ClimCast sido un lujo y una gran oportunidad. No solo he aprendido mucho a lo largo de esos meses de castañicultura, del comportamiento del clon ColUTAD, y del funcionamiento del sector de la castaña en Portugal, sino que además me ha permitido conocer mejor a los profesionales socios del proyecto: investigadores relacionados con el suelo, el clima, el riego... temas de los que sé muy poco; viveristas con puntos de vista y técnicas diferentes a las nuestras; castañicultores y asocioaciones de productores de toda la geografía portuguesa...

El proyecto ClimCast es una iniciativa digna de ser imitada. Adquirir conocimiento sobre la adaptabilidad y compatibilidad del clon ColUTAD como portainjerto en las principales zonas de producción de castaña de Portugal, es de importancia fundamental en un contexto de cambio climático. Pero además, la forma de adquirir ese conocimiento, involucrando a los actore, de toda la geografía de producción de castaña del país, está produciendo un resultado fantástico. Compartir las mismas tareas, cada cual en su zona, con diferentes resultados, ha llevado a generar sinergias, compartiendo y comparando técnicas y know-how, y creando lazos de colaboración entre los socios, que serán muy útiles en el futuro desarrollo del setor.

Particularmente, he disfrutado de la experiencia, poniendo mi pequeño granito de arena desde mi sector de conocimiento. Y confieso tener una envidia sana, y una firme intención de copiar la iniciativa en mi país: para conocer mejor nuestros portainjertos y variedades, y su adaptabilidad en las diferentes zonas de producción, pero sobre todo, para conseguir también esa interacción y sinergia en el sector, del que ya disfrutan los socios del proyecto ClimCast.

Beatríz Cuenca

Responsable de producción biotecnológica Vivero de Maceda (TRAGSA), Ourense, España Consultora externa do GO ClimCast

Índice

1.	O PROJETO E OS SEUS OBJETIVOS	. 19
1.1.	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA OU OPORTUNIDADE QUE SE PROPÕE	
ABORDAI	R.19	
1.2.	DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO DE PARTIDA, NO QUE RESPEITA AO PROBLEMA	١.
OU OPOF	RTUNIDADE OBJETO DA INICIATIVA	. 20
1.3.	DESCRIÇÃO DOS OBJETIVOS VISADOS	. 22
1.4.	IDENTIFICAÇÃO DOS RESULTADOS PREVISTOS	. 22
2.	UMA REDE DE SOUTOS DEMONSTRAÇÃO	. 25
2.1.	SOUTO DE SALGUEIROS (SD S_V)	. 28
2.2.	SOUTO DE PARADA (SD P_B)	. 34
2.3.	SOUTO DE CARRAZEDO DE MONTENEGRO (SD CM_V)	. 42
2.4.	SOUTO DE LAGOA (SD L_VPA)	. 45
2.5.	SOUTO DE REFOIOS DO LIMA (SD RL_PL)	. 52
2.6.	SOUTO DE PENELA DA BEIRA (SD PB_P)	. 53
2.7.	SOUTO DE MARVÃO (SD PE_M)	. 60
2.7.1.	3	
2.7.2.	3	
2.7.3. 2.7.4.	3 3	
2.7.4. 2.7.5.		
2.7.6.		
2.7.7.	•	
2.7.8.		
2.7.9.		
2.7.10	0. Outras observações	
2.8.	BANCO DE GERMPLASMA DA UTAD	
2.9.	RESUMO GERAL DO ESTADO DE INSTALAÇÃO DAS VARIEDADES NOS SD	. 78
3.	CARACTERIZAÇÃO DO PORTA-ENXERTO COLUTAD	
3.1.	CARACTERÍSTICAS DO PORTA-ENXERTO	
3.1.1.	. Multiplicação vegetativa do ColUTAD	. 81
3.1.2.		
4.	EVOLUÇÃO DO COBERTO VEGETAL NA REDE DE SOUTOS	
DEMONS	STRAÇÃO	. 83
4.1.	SD SALGUEIROS; SD PARADA	. 83

4.2. S	D PORTA DA ESPADA	. 89
4.3. S	D PENELA DA BEIRA	. 91
4.4. S	D CARRAZEDO MONTENEGRO	. 92
4.5. S	D LAGOA	. 93
4.6. B	ANCO DE GERMOPLASMA DA UTAD	. 94
	APACIDADE DE SEQUESTRO DO CARBONO NOS SOLOS DA REDE DE	
	MONSTRAÇÃO	. 95
	D SALGUEIROS; SD PARADA	
	ARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA DOS SOLOS DA REDE DE SOUTOS	
	AÇÃO	aa
	ARACTERIZAÇÃO ECOFISIOLÓGICA DAS CULTIVARES DE CASTANHEIRO	. 99
	S NA REDE DE SOUTOS DEMONSTRAÇÃO CLIMCAST	102
	<u>-</u>	
7.1. A	NO 2021	103
7.1.1.	Análise do teor em pigmentos fotossintéticos1	03
7.1.1.1.		
7.1.1.2.	Análise do balanço Cla/Clb	105
7.1.1.3.		
7.1.1.4	Análise do balanço clorofila/carotenoides	111
7.1.2.	Avaliação do estado hídrico das plantas1	13
7.1.3.	Avaliação do estado nutritivo foliar1	15
7.1.3.1.	Macronutrientes	115
7.1.3.2.	Micronutrientes	121
7.2. A	NO 2022	127
7.2.1.	Avaliação do nível hídrico das plantas1	28
7.2.2.	Avaliação do estado de nutrição mineral1	
7.2.2.1.		
7.2.2.1.		
7.2.1.	Avaliação do comportamento da taxa fotossintética1	49
7.2.2.	Avaliação do comportamento da taxa de transpiração	
7.2.3.	Avaliação da eficiência do uso de água no processo	
fotossintéti	ico1	57
7.2.4.	Avaliação do conteúdo em pigmentos fotossintéticos1	61
7.2.5.	Análise do transiente da fluorescência da clorofila a através do	
teste O-J-I	_P 1	70

7.3.	AVALIAÇÃO DO GRAU DE PROXIMIDADE ECOFISIOLÓGICA DE CULTIVAR	ES
ENTRE OS	SOUTOS DEMONSTRAÇÃO	173
8.	CALENDARIZAÇÃO DOS ESTADOS FENOLÓGICOS EM CULTIVARES DE	
CASTANH	EIRO	179
9.	INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO	
CASTANH	EIRO	191
9.1.	INTRODUÇÃO	191
9.2.	MONITORIZAÇÃO CLIMÁTICA	193
9.2.1.	A Rede de Estações ClimCast (REC)	. 194
9.2.2.	Os dados medidos na REC	. 195
9.2.3.	A base de dados meteorológicos do ClimCast	. 196
9.2.3	.1. A base de dados da REC	196
9.2.3	.2. Outras bases de dados meteorológicos utilizadas no ClimCast	197
9.2.4.	Resultados da monitorização climática	
9.3.	METEOROLOGIA, CLIMA E CASTANHEIRO	202
9.3.1.	A distribuição de castanheiro no mundo e em Portugal	
	tal	
9.3.1	.1. A produção e a área de produção de castanha em Portugal	206
9.3.2.	Identificação dos fatores meteorológicos e climáticos	
9.3.3.	,	
9.4.	CARTOGRAFIA CLIMÁTICA DO CASTANHEIRO	216
9.4.1.	A modelação da produtividade do castanheiro	. 216
9.4.2.	'	
9.5.	CONCLUSÕES	223
10.	UMA REDE DE AVISOS BASEADA EM ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS	225
10.1.	INTRODUÇÃO	225
10.2.	REDE DE ESTAÇÕES CLIMCAST	
10.3.	AS BASES DE DADOS DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS	227
10.4.	MONITORIZAÇÃO METEOROLÓGICA E CLIMÁTICA	228
10.5.	A REDE DE AVISOS	

O projeto e os seus objetivos

1.1. Identificação do problema ou oportunidade que se propõe abordar.

A produção da castanha é fortemente condicionada pelas condições meteorológicas médias e extremas verificadas durante o seu ciclo anual. Às doenças e pragas que afetam e dizimam os castanheiros estão também associadas condições ambientais específicas. Assim, o potencial económico e a estratégia de desenvolvimento da Fileira da Castanha em Portugal enfrentam as dificuldades resultantes da variabilidade climática e das alterações climáticas. As projeções de clima para o futuro em Portugal sugerem mudanças significativas nos valores médios (temperatura e precipitação mensal e anual), na variabilidade e na magnitude e frequência de eventos extremos (e.g., precipitação intensa, seca, ondas de calor, etc.). Esta iniciativa surgiu no contexto da estratégia de crescimento da Fileira (aumento da área de produção) e teve como objetivo fornecer um conjunto de produtos de suporte à decisão política e de apoio às associações de produtores.

As alterações climáticas observadas atualmente e projetadas para o futuro, como o aumento global da temperatura do ar e alterações no regime de precipitação, terão entre outros efeitos, um forte impacto no coberto vegetal, extremamente dependente das condições atmosféricas.

O castanheiro apresenta fragilidades decorrentes da pouca tolerância à conjugação dos stresses hídrico e térmico que resultam na perda de vigor e produtividade bem como um aumento anormal da taxa de mortalidade de árvores.

De facto, dados do INE para o período entre 2000 – 2021 (Figura 1) revelam que a produção de castanha no intervalo 2000-2015: (i) diminuiu de 33 000t para 18 000t, apesar do aumento da área de cultivo de 29 000 para 35 000ha; (ii) apresenta elevada variabilidade interanual com os casos extremos claramente associados à ocorrência de episódios climáticos extremos durante a estação de crescimento. De 2015 até 2021, observou-se um aumento para o dobro, tendo-se, contudo, voltado a observar decréscimos na produção, provocados pelas condições climáticas do ano.

Para além disso, há que ter em conta as ameaças bióticas e abióticas, responsáveis por flutuações indesejáveis no mercado do fruto (produção e cotação), pelos sérios problemas que causam à indústria de processamento da castanha.

Apesar desta situação, o setor apresenta uma forte dinâmica de crescimento refletida num plano estratégico, em consonância com a Rede Europeia da Castanha — EuroCastanea, que propunha um aumento de área de produção na Europa de 50 000 ha até 2020, de forma a contrariar a diminuição da produção de castanha na Europa.

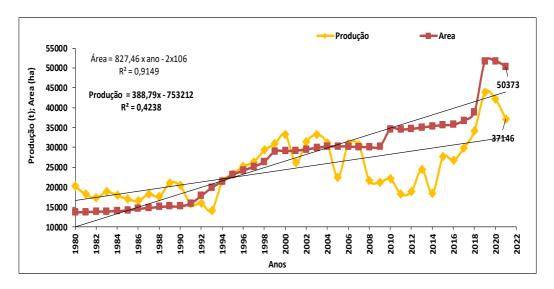


Figura 1- Área de castanheiro e produção de castanha em Portugal entre 1980 e 2021 (Fonte: INE, S/D).

Esta iniciativa/proposta surgiu no sentido de aproveitar a oportunidade da estratégia de desenvolvimento do setor e, no contexto de alterações climáticas, propondo: (i) caracterizar a evolução das condições edafoclimáticas das principais regiões produtoras em termos de potencialidades para a produção da castanha; (ii) identificar as variedades melhor adaptadas às condições climáticas futuras; (iii) desenvolver ferramentas para estimar a produção futura; (iv) desenvolver um manual de boas práticas de cultura da castanha a adotar pelos produtores (v) criar uma rede de avisos para a castanha.

1.2. Descrição da situação de partida, no que respeita ao problema ou oportunidade objeto da iniciativa.

As condições edafoclimáticas condicionam o crescimento das árvores, quer pelas características do porta-enxerto e sua influência na variedade, quer pela capacidade de adaptação das variedades tipicamente usadas em cada região, originando por consequência diferentes potenciais de produção.

Na Europa, a cultura do castanheiro para a produção do fruto existe sobretudo nos países europeus da bacia Mediterrânica. Esta região é particularmente suscetível à mudança climática e considerada um "hot spot" para o estudo das alterações climáticas (Giorgi, 2006). Vários grupos de investigadores europeus, incluindo membros da equipa de trabalho deste Grupo Operacional, têm trabalho na influência da variabilidade e alteração climática na cultura (Pereira et al., 2011; Calheiros et al., 2012; Pereira et al., 2013) bem como procurando conhecer os recursos genéticos existentes, do ponto de vista da sua plasticidade adaptativa

(Villani et al., 2012; Pereira-Lorenzo et al., 2012; Gomes-Laranjo et al., 2012) ou efetuando seleção dentro de variedades visando a obtenção de clones melhorados (Dinis et al., 2012).

Os estudos de avaliação da influência da variabilidade climática na produtividade da castanha em Portugal permitiram identificar algumas das variáveis meteorológicas e os índices de deteção remota com maior potencial preditivo da produtividade da castanha e desenvolver modelos de simulação e previsão da série da produtividade da castanha em Portugal. Os resultados dos estudos da capacidade adaptativa foram muito promissores no sentido de terem sido encontrados genótipos com plasticidade adaptativa a condições edafoclimáticas contrastantes. Estes trabalhos de seleção vêm de longa data e permitiram a seleção de variedades diferentes para cada região.

A área Portuguesa produtora de castanha está quase exclusivamente integrada em 4 DOP's, as quais recomendam o uso específico de variedades.

Em Portugal, a principal área de cultivo do castanheiro localiza-se no Interior a Norte do Rio Tejo, correspondendo tradicionalmente a regiões com altitudes entre os 300 e os 1200 m a.s.l. e consequentemente a situações climáticas bastante contrastantes. Os soutos localizados a baixa altitude (300-600 m a.s.l.) correspondem às zonas mais quentes nas quais se atingem 2600 - 3000°D, (durante o período vegetativo de maio a outubro) enquanto os soutos localizados nas maiores altitudes, correspondem a zonas mais frias (1700 a 2000°D entre maio e outubro). Os soutos localizados acima dos 1000 m a.s.l. (e.g. na Serra da Padrela, 1200 m a.s.l.) são soutos relativamente jovens (menos de 40 anos), situação só possível graças ao aquecimento gradual do Planeta. Pelo contrário, nas zonas de menor altitude, onde estão instalados a maioria dos soutos, devido à alteração do clima, enfrentam atualmente novos problemas decorrentes sobretudo da conjugação da temperatura excessiva com a escassez de precipitação no período de Verão.

Estas dificuldades sentidas pelas árvores localizadas a baixa altitude traduzem-se por uma efetiva perda de vigor e consequentemente o aparecimento de maior sensibilidade para a doença da tinta (*Phytophthora cinnamomi*) responsável pela elevada mortalidade. Nestas regiões, abaixo dos 800 m a.s.l. é frequente os soutos terem mais de 50% de falhas de árvores. Esta nova realidade climática obriga a práticas de adaptação do souto com a escolha de variedades adequadas e porta-enxertos. Por outro lado, o aumento da temperatura média do ar conduziu ao aparecimento de soutos em altitudes consideradas desadequadas até há uns anos atrás.

Nestas altitudes e no caso de Verão mais fresco, a falta de calor poderá impedir a maturação regular das castanhas e mesmo comprometer a produção de castanha. Nestes anos, as produções na região de baixa altitude são consideradas normais. Nesta região, o maior problema fitossanitário é a doença do cancro cortical (*Chryphonectria parasítica*).

1.3. Descrição dos objetivos visados.

Num quadro de forte dinâmica de crescimento de áreas de novas plantações é urgente dar informação precisa aos potenciais investidores sobre o modelo de cultura. Pretende-se caracterizar as regiões do ponto de vista das condições climáticas presentes e futuras bem como fornecer um conjunto de parâmetros bióticos e abióticos climaticamente influenciáveis que permitam aos técnicos e produtores tomar as melhores decisões decorrentes das alterações climáticas, nomeadamente, adaptar, com sucesso, os soutos existentes às novas condições edafoclimáticas e definição das novas áreas de cultivo, visando manter os níveis adequados de produção de castanha. Os objetivos do ClimCast incluíam:

Comparar o comportamento do conjunto das variedades recomendadas para cada DOP em locais com condições climáticas contrastantes;

Monitorizar a evolução dos solos onde serão feitas as plantações, dada a dependência das suas características físico-químicas e biológicas com as condições meteorológicas e climáticas, nomeadamente da temperatura e precipitação;

Implementar o sistema de monitorização climática ClimCast a partir de cada uma dessas unidades de demonstração, que permitirá recolher informação detalhada, melhorar o conhecimento da relação entre as condições meteorológicas e o castanheiro e que será o embrião de uma futura rede de avisos para o castanheiro.

Identificar as variáveis meteorológicas, índices de deteção remota e outros parâmetros (e.g., índices de seca) com maior potencial preditivo da produtividade da castanha em Portugal;

Caracterizar climaticamente as principais regiões produtoras de castanha, nas condições atuais e de clima futuro para permitir selecionar a melhor variedade para cada situação edafoclimatica;

Mapear as regiões produtoras e potencialmente produtoras de castanha em função das suas características climáticas e consequente aptidão para a produção de castanha, criando uma graduação da situação de risco da cultura;

Desenvolver modelos climáticos de produtividade e carta de produção potencial da castanha em Portugal;

E, finalmente, produzir um manual de boas práticas de cultura da castanha, no contexto de alterações climáticas, destinado aos produtores deste sector.

1.4. Identificação dos resultados previstos.

No final do GO, esperamos ter informação mais sustentada sobre a capacidade de adaptação desta cultura no contexto das alterações climáticas, perspetivando-se aquilo que poderá ser o futuro dos soutos nas situações mais limitantes da baixa altitude.

Os estudos deste GO permitirão ainda alertar os produtores para a especificidade adaptativa das variedades, oferecendo indicações sobre as variedades mais adequadas para

as diferentes situações climáticas. Inclusivamente este estudo poderá sugerir a introdução de variedades de umas regiões noutras. Serão assim propostos os modelos culturais melhor adequados às situações edafoclimáticas contrastantes.

Será igualmente disponibilizada informação comparativa de todas as variedades estudadas em relação à calendarização dos seus estados fenológicos e respetivas necessidades de graus dia de crescimento (°D). Este parâmetro ajudará na previsão temporal dos diferentes estados fenológicos e será um instrumento da maior importância para ajudar a ajustar a escolha da variedade/local.

A monitorização da evolução do solo, permitirá avaliar o impacto das alterações climáticas no solo e proceder aos ajustamentos necessários nos planos de fertilização.

Será desenvolvido um modelo climático de produtividade e carta de produção potencial da castanha em Portugal. Este modelo permitirá sistematizar melhor o conhecimento sobre as condicionantes climáticas da produção e com alguma antecedência ajudar a prever a produção anual de castanha, aspeto da maior importância para a indústria.

Por fim, mas não menos importante, é a rede de soutos complementada com estações meteorológicas que fica montada permitindo dar corpo a uma rede de avisos que funcionará a partir da RefCast.

2 Uma rede de soutos demonstração.

Carneiro, R. ¹, Batista, J. ², Pereira, A. ³, Droga, R. ⁴, Espírito Santo, J. ⁵, Pires, A. ⁶, Carmo, M. ⁷, Seco, F. ⁷, Freitas, M. ⁸, Ramos, C. ⁹, Raimundo, F. ¹⁰, Viana, H. ¹¹, Ramos, A. ¹², Rodrigues, R. ¹³, Sameiro Patrício, M. ^{14,15}, Gomes-Laranjo, J. ¹⁰,

¹RefCast- Associação Portuguesa da castanha, Vila Real, geral@refcast.pt

²Aguiarfloresta- Associação Florestal e Ambiental de Vila Pouca de Aguiar, Vila Pouca de Aguiar, geral@aguiarfloresta.org

³Arborea- Associação Agro-Florestal da Terra Fria Transmontana, Vinhais, abel.arborea@gmail.com

⁴Cooperativa Agrícola Penela da Beira, Penela da Beira, rdroga@coopenela.pt

⁵agriFUTURO- Associação de Agricultores para Valorizar o Futuro, Carrazedo de Montenegro, agrifuturo.cm@gmail.com

⁶Sortegel, Sortes, Bragança, apires@sortegel.pt

⁷Município de Marvão, Marvão, gab.florestal@cm-marvao.pt

⁸AFL- Associação Florestal do Lima, Ponte de Lima, mariano.aflima@gmail.com

⁹Serviruri Prestação de Serviços Técnico Agrícolas Lda, Vila Real, geral@serviruri.pt

¹⁰CITAB - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, jlaranjo@utad.pt

¹¹ Escola Superior Agrária de Viseu, Instituto Politécnico de Viseu, Viseu, hviana@esav.ipv.pt

¹²Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Instituto Politécnico de Castelo Branco, Castelo Branco, aramos@ipcb.pt

¹³Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Ponte de Lima, raulrodrigues@esa.ipvc.pt

14 Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Bragança

¹⁵Laboratório para a Sustentabilidade e Tecnologia em Regiões de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, sampat@ipb.pt

A estrutura organizativa da rede constituída por 8 soutos demonstração (SD) está assim definida:

SD Salgueiros- Vinhais (SD S_V); Gestão- Arborea | Supervisão- IPB

SD Parada – Bragança (SD P B); Gestão-Sortegel | Supervisão-IPB

SD Lagoa – Vila Pouca de Aguiar (SD L_VPA); Gestão- AguiarFloresta | Supervisão- UTAD

SD Carrazedo Montenegro – Valpaços (SD CM V); Gestão- Agrifuturo | Supervisão- UTAD

SD Refoios do Lima – Ponte de Lima (SD RL_PL); Gestão- AFLima | Supervisão- IPVC

SD Penela da Beira – Penedono (SD PB P); Gestão- Coopenela | Supervisão- IPV

SD Porto da Espada – Marvão (SD PE_M): Gestão- Câmara Municipal Marvão | Supervisão IPCB

SD Folhadela - Vila Real (SD UTAD_VR); Gestão | Supervisão- UTAD (este SD é constituído pelo Banco de Germoplasma da UTAD, que fornece material de enxertia para os outros SD).

Os 8 soutos demonstração (SD) estão localizados de acordo com a Tabela 1 e Figura 2, variando as respetivas altitudes entre 67 m a.s.l. (Refoios do Lima) e 1050 m a.s.l. (Lagoa).

- 1 1 4 1 11	~	. ~		•-
Tabela 1- Localiza	h sofilos sob oca	emonstracao e resi	netivas altitudes a i	MELITIS AS ALLE
Tubcia I Localiza	_t ao aos soatos a	cilionisti ação e res	petivas aititaaes a i	que se situaiii.

Souto Demonstração	Coordenadas (graus decimais)	Altitude (m a.s.l.)
Salgueiros	41°54′12.73″N; 7°01′40.95″W,	1008
Parada	41°38′12.53″N; 6°42′42.94″W	740
Lagoa	41°31'52.32"N; 7°31'39.58"W	1050
Carrazedo Montenegro	41º33'41.76N; 7º25'51.41"W	765
Penela da Beira	41°01′38″N; 7°26′38″W	885
Refoios do Lima	41°47'35.85"N; 8°32'38.81"W	67
Porto da Espada	39°21'19.5"N 7°21'40.1"W	583
Vila Real	41°17'10.94"N; 7°44'43.97"W	417



Figura 2- Rede de soutos ClimCast. 1- SD Lagoa, 2- SD Moimenta, 3- SD Penela da Beira, 4- SD Parada, 5- SD Carrazedo de Montenegro, 6- SD Porto da Espada, 7- SD Refoios do Lima, A- Banco Germoplasma UTAD.

Cada souto demonstração tem uma área de cerca de 5000 m², estando plantados 99 castanheiros. O porta-enxerto usado foi o ColUTAD, por ser de origem Portuguesa, e foi entendido que esta era uma boa oportunidade para criar conhecimento sobre este porta-enxerto.

As plantações foram iniciadas em março 2018, exceto para o caso do SD de Carrazedo de Montenegro que foi feita em 2019.

Nesta altura, há ainda porta-enxertos em falta, por não terem pegado. Foi feito o respetivo levantamento para se efetuarem as necessárias reposições durante o período de Inverno 2021|2022 (Tabela 2). Em termos globais até ao momento houve necessidade de replantar 78% dos porta-enxertos, variando esta reposição entre 30,3% no SD Carrazedo de Montenegro e 149,5% no SD Lagoa.

Tabela 2- Castanheiros a replantar em cada um dos SD no período de Inverno 2020 | 2021.

Souto Demonstração	Plantas total (nº)	Ano Plantação	Plantas repostas 2018 2019 (nº)	Plantas repostas 2019 2020 (nº)	Plantas repostas 2020 2021 (nº)	Plantas repostas 2021 2022	Castanheiros secos (agosto 2021)	Plantas repostas (%)
Carrazedo Montenegro (CM-Va)	99	2019		14	16	16	12	30,3
Refoios do Lima (RL-PL)	97	2018	92		41			137,1
Lagoa (L-VPA)	99	2018	82		66		32	149,5
Salgueiros (S-Vi)	99	2018	50		20		31	70,7
Parada (P-B)	100	2018	59		8		2	67,0
Penela da Beira (PB-P)	99	2018	33		15		13	48,5
Porto da Espada (PE-M)	99	2019		24		29	29	46,5
Total	692		316	38	188	45	119	78,3
Vila Real (UTAD-VR)	160	1992		19	6			15,6

Em todos os soutos demonstração foi seguida a mesma sequência de cultivares no plano de enxertia, conforme apresentada na Tabela 3. A enxertia foi iniciada em 2019, tendo sido da responsabilidade do parceiro Serviruri.

Tabela 3– Identificação das variedades pelo número da árvore (1 a 99) e pela série ou repetição (da 1ª à 9ª)

	-Número-da-Série¤								
	1ª¤	2®#	38¤	48¤	50µ	68¤	7®¤	8##	9##
	Bária¤	Parede¤	Judia¤	Amarelal¤	Bária¤	Pilonga¤	Amarelal¤	Parede¤	Longal¤
	Amarelal ⁿ	<u>Bária¤</u>	Parede¤	Boaventura¤	<u>Amarelal</u> ¤	Colutad¤	Judia¤	Colutad¤	Pilonga¤
	Colutad¤	Cota¤	Pilonga¤	Longal¤	Cota¤	Amarelal¤	Bária¤	Cota¤	Bária¤
	Judia¤	Martainha¤	Amarelal¤	Cota¤	Colarinha¤	Judia¤	Boaventura¤	Boaventura¤	Colarinha¤
	Cota¤	Colarinha¤	Longal¤	Bária¤	Boaventura¤	Parede¤	Colarinha¤	Martainha¤	Judia¤
е·п	Longal¤	Boaventura¤	Boaventura¤	Martaínha¤	Judia¤	Bárla¤	Longal¤	Amarelal¤	Parede¤
eqaq	Boaventura¤	Longal¤	Colutad¤	Colarinha¤	Pilonga¤	Cota¤	Martaínha¤	Bária¤	Cota¤
vari	Parede¤	Amarelal¤	Colarinha¤	Pilonga¤	Martaínha¤	Longal¤	Pilonga¤	Pilonga¤	Amarelal¤
Sequencia-variedade-¤	Pilonga¤	Colutad¤	<u>Bária</u> ¤	Colutad¤	Longal¤	<u>Martaínha</u> ¤	Parede¤	Longal¤	<u>Martaínha</u> ¤
	Martaínha¤	Pilonga¤	Cota¤	Parede¤	Colutad¤	Colarinha¤	Cota¤	Judia¤	Boaventura
S	Colarinha¤	Judia¤	Martainha¤	Judia¤	Parede¤	Boaventura¤	Colutad¤	Colarinha¤	Colutad¤

2.1. Souto de Salgueiros (SD S_V)

O Souto Demonstração (SD) de Salgueiros, com aproximadamente 0,5 ha, foi instalado em abril de 2018 e integra a rede de SD do projeto GO ClimCast, financiado pelo PDR2020 e cofinanciado pelo FEADER, no âmbito do Portugal 2020. O souto situa-se nas imediações da localidade de Salgueiros, concelho de Vinhais (41°54′12.73″N; 7°01′40.95″W, Altitude 1008 m, Exposição S). A precipitação média anual em Salgueiros é da ordem de 1215,6 mm. A temperatura média anual para a região é de 12,6°C, a temperatura máxima absoluta é de 39,5°C, atingida no mês de agosto, e a mínima absoluta é de -11,6°C, observada no mês de fevereiro (IPMA I.P., 2021). Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima é Temperado, do Tipo C, verificando-se o Subtipo Cs (Clima temperado com Verão seco), variedade Csb (clima temperado com Verão seco e suave). O relevo é ondulado e os solos são derivados de xistos correspondentes a Leptossolos. Antes da instalação do SD o uso do solo era a cultura cerealífera como se pode observar na Figura 3.



Figura 3- Aspeto do terreno antes da instalação do souto demonstração em Salgueiros

O terreno foi mobilizado com charrua na totalidade e a plantação efetuada na vala aberta com charrua de um ferro.

Após a mobilização foi efetuada a piquetagem com vista à instalação das plantas em quincôncio com um compasso 8 x 8 m. Foram plantadas inicialmente 97 plantas. A retancha foi efetuada nos dois anos seguintes com vista à substituição das plantas que não vingaram. Na plantação inicial foram utilizadas plantas (clones) de castanheiro híbrido Colutad, provenientes de amontoa, com um ano de idade (Figura 4). Na retancha foi igualmente utilizado o clone Colutad com plantas de 2 anos. Foram colocados um tutor e uma rede plástica em cada planta para a sua proteção. As plantas foram regadas nos primeiros 3 anos, durante o período de verão, com periodicidade variável que podia atingir 15 dias.



Figura 4- Instalação e retancha do SD de Salgueiros.

Após a plantação efetuou-se o levantamento da posição de cada planta no terreno com auxilio de GPS (GPS Trimble Geo XT) para a elaboração do mapa relativo ao croqui do SD em Arcmap (Figura 5). Na Figura 6 apresenta-se o aspeto geral do SD.



Figura 5- Croqui do souto demonstração de Salgueiros, Vinhais.



Figura 6- Souto demonstração de Salgueiros em 2020.

Em janeiro de 2019 foi instalada no local uma estação meteorológica (Figura 7) e em março do mesmo ano efetuou-se a primeira retancha das plantas que não vingaram, igualmente com o clone Colutad. As retanchas prolongaram-se nos anos seguintes por altura da primavera.



Figura 7- Estação meteorológica no SD de Salgueiros.

Foi feita uma análise prévia ao solo para ajustar a sua fertilidade. Com base nesta análise aplicou-se na plantação calcário dolomítico (2,5kg por planta) como corretivo mineral e os adubos Superfosfato de Cálcio 18% (1kg por planta) e Cloreto de Potássio 60% (0,25kg por planta) e ainda um adubo elementar azotado 20,5% (0,05kg por planta). Adicionalmente fezse uma aplicação foliar com Boro no início da rebentação dos castanheiros.

A amostragem do solo para uma caracterização inicial mais completa foi realizada no mês maio de 2018 em diferentes profundidades (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm). Foram recolhidas 4 amostras de terra por profundidade que, depois de secas em estufa a 45°C, foram crivadas com um crivo de malha 2 mm e posteriormente analisadas em laboratório para determinação do carbono orgânico do solo (Corg), pH, P e K, capacidade de troca catiónica efetiva (CTCe) e grau de saturação de bases (GSB). Na Tabela 4 apresentam-se os resultados da análise química do solo referente à situação inicial. Na vegetação do subcoberto predominam as gramíneas.

Tabela 4- Caracterização química inícial do solo do SD de Salgueiros, Vinhais (Diegues et al., 2019)

	Prof.	рН	рН	Corg	Р	K	CTCe	GSB
Local								
	(cm)	(H ₂ O)	KCl	(%)	mg	kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	(%)
	0-10	5,3 a	4,1 a	2,0°	21,6 a	97,7ª	5,9 a	50,5 a
S		(0,1)	(0,1)	(0,3)	(5,2)	(16,2)	(0,6)	(9,9)
eiro	10-20	5,3 a	4,0 a	1,1 b	22,6 a	51,7 b	4,6 ab	39,3 a
Salgueiros		(0,1)	(0,1)	(0,2)	(4,1)	(3,9)	(0,53)	(8,1)
S	20-40	5,3 a	4,0 a	1,0 b	29,6 a	47,0 b	4,2 b	39,6 a
		(0,19)	(80,0)	(0,38)	(19,8)	(4,9)	(0,37)	(11,2)

Valores médios, erro padrão entre parêntesis; Corg, carbono orgânico; CTCe, capacidade de troca catiónica; GSB, grau de saturação em bases; Letras diferentes por profundidade indicam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey (P<0,05).

A enxertia do souto iniciou-se em setembro de 2019 pelo método de borbulha. No souto foram consideradas 10 cultivares distribuídas aleatoriamente seguindo as sequências

apresentadas na Tabela 2. As enxertias foram repetidas nos anos seguintes até completar o processo com vista à reposição das falhas de enxertia. Foram mantidas 9 plantas não enxertadas para se poder comparar a capacidade de adaptação e produção do porta-enxerto Colutad como produtor direto. Na primavera seguinte procedeu-se, quando era evidente a rebentação da borbulha, ao corte do porta-enxerto 10 cm, aproximadamente, acima da enxertia (Figura 8).



Figura 8- Enxertia do porta-enxerto Colutad no SD de Salgueiros.

Na Figura 9 e Figura 10 são apresentadas algumas imagens do SD com 3 anos e demonstração da técnica de enxertia de borbulha para o público alvo. É de notar que as plantas não apresentam grande desenvolvimento pelo facto de terem sido sistematicamente rebaixadas em consequência do processo de enxertia.



Figura 9- Imagem geral do souto.



Figura 10- Ação de divulgação do método de enxertia de borbulha junto do público alvo (em cima). Pormenor da reenxertia de um porta-enxerto Colutad realizada a cerca de 30 cm do solo com o método de enxertia de borbulha com gomo vivo (em baixo).

Em julho de 2021 estavam enxertadas 84,4% das plantas vivas que se destinavam a ser enxertadas (exclui-se as 9 plantas Colutad que se manterão como produtoras diretas). Nesta fase foram contabilizadas 64% dessas plantas com rebentos de enxertia, 35 % com falha de enxertia e 15,5% ainda não tinham sido enxertadas por não reunirem as condições para tal

pelo facto de terem sido substituídas devido à mortalidade. As plantas não enxertadas e com falha de enxertia foram reenxertadas no início de setembro 2021 (Tabela 5).

Tabela 5- Inventário do resultado do pegamento das enxertias e reenxertias efetuadas até 2021.

Variedade	Plantas (nº)	Enxertias pegadas (nº)	Reenxertias 2022 (nº)
Bária	9	5	4
Amarelal	9	1	8
Colutad	9	NE	-
Judia	9	5	4
Cota	9	5	4
Longal	9	6	3
Boaventura	9	4	5
Parede	9	4	5
Pilonga	9	4	5
Martaínha	9	3	6
Colarinha	9	4	5
Total		41	49

NE, não enxertado

Referências bibliográficas

IPMA I.P., 2021. Normal Climatológica — Bragança 1981-2010. Versão: 2.1 de 2021. Instituto Português do Mar e da Atmosfera I. P..

Diegues, S., Pereira, E., Afonso, S., Patrício, M. (2019). Estudo Comparativo da Microbiologia do Solo em Soutos Demonstração: Contributo para o Desenvolvimento de Estratégias de Adaptação Sustentáveis. Article *In* Proceedings 5th Ibero-American Congress on Entrepreneurship, Energy, Environment and Technology (CIEEMAT), 11th – 13th September, Portalegre, 319–323.

2.2. Souto de Parada (SD P_B)

O Souto Demonstração (SD) de Parada, com aproximadamente 0,5 ha, foi instalado em abril de 2018 e integra a rede de SD do projeto GO ClimCast, financiado pelo PDR2020 e cofinanciado pelo FEADER, no âmbito do Portugal 2020. O souto situa-se nas imediações da localidade de Parada, concelho de Bragança (41º38'12.53"N; 6º42'42.94"W, Altitude 740 m, Exposição S-SE). A precipitação média anual em Parada é da ordem de 772,7 mm. A temperatura média anual para a região é de 12,6ºC, a temperatura máxima absoluta é de 39,5ºC, atingida no mês de agosto, e a mínima absoluta é de -11,6 ºC, observada no mês de fevereiro (IPMA I.P., 2021). Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima é Temperado, do Tipo C, verificando-se o Subtipo Cs (Clima temperado com Verão seco), variedade Csb (clima temperado com Verão seco e suave). O relevo é ondulado e os solos são derivados de

xistos correspondentes a Leptossolos. Antes da instalação do SD o uso do solo era florestal com plantação de pinheiro bravo como se pode observar na Figura 11.



Figura 11- Aspeto do terreno antes da instalação do souto demonstração em Salgueiros

A instalação no SD de Parada foi efetuada à cova, com cerca de 1,5 m de lado por 1 m de profundidade, aberta com retroescavadora em terreno previamente ripado. A plantação foi efetuada em linha na curva de nível. Após a mobilização foi efetuada a piquetagem com vista à instalação das plantas em quincôncio com um compasso 8 x 8 m e uma linha de bordadura. Foram plantadas inicialmente 97 plantas.

A retancha foi efetuada nos dois anos seguintes com vista à substituição das plantas que não vingaram. Na plantação inicial foram utilizadas plantas (clones) de castanheiro híbrido Colutad, provenientes de amontoa, com um ano de idade (Figura 12Figura 13).

Na retancha foi igualmente utilizado o clone Colutad com plantas de 2 anos. Em cada planta foram colocados um tutor e uma rede plástica para a sua proteção. As plantas foram regadas nos primeiros 3 anos, durante o período de verão, com periodicidade variável que podia atingir 15 dias.



Figura 12- Instalação do SD de Parada



Figura 13- Instalação e retancha do SD de Parada

Após a plantação efetuou-se o levantamento da posição de cada planta no terreno com auxilio de GPS (GPS Trimble Geo XT) para a elaboração do mapa relativo ao croqui do SD em Arcmap (Figura 14). Na Figura 15 apresenta-se o aspeto geral do SD.

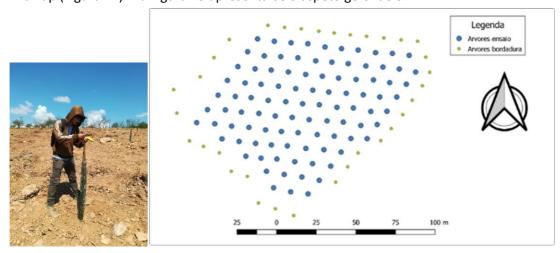


Figura 14-Georreferenciação das árvores e croqui do souto demonstração de Parada, Bragança.



Figura 15- Souto demonstração de Salgueiros em 2022, após despedrega por trituração superficial e regularização do solo para instalação de pastagem.

Em outubro de 2018 foi instalada no local uma estação metrológica (Figura 16) e em março do ano seguinte efetuou-se a primeira retancha das plantas que não vingaram, igualmente com o clone Colutad. As retanchas prolongaram-se nos anos seguintes por altura da primavera.



Figura 16- Estação meteorológica no SD de Parada.

Foi feita uma análise prévia ao solo para ajustar a sua fertilidade (Tabela 6 a Tabela 8). Com base nesta análise aplicou-se calcário dolomítico (2,5kg por planta) como corretivo mineral e os adubos Superfosfato de Cálcio 18% (1kg por planta), Cloreto de Potássio 60% (0,25kg por planta) e ainda um adubo elementar azotado 20,5% (0,05kg por planta). Adicionalmente fez-se uma aplicação foliar com Boro no início da rebentação dos castanheiros.

Tabela 6- Resultados das análises químicas de nutrientes minerais feitas ao solo na instalação.

	pH (H₂O)	pH (KCl)	МО	Fósforo	Potássio	Boro
_			(%)	(mg P ₂ O ₅ kg ⁻¹)	(mg K ₂ O kg ⁻¹)	(mg B kg ⁻¹)
Valor	5,3	4,2	4,8	7	91	
Equilíbrio adequado	Ácido		Alto	Baixo	Muito baixo	

Tabela 7- Resultados das análises químicas das bases de troca feitas no SD. Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), potássio (k), sódio (Na) e acidez de troca (AT).

	Ca	Mg	K	Na	AT	СТС
				cmol _c kg ⁻¹		
Valor	2,2	0,25	0,19	0,03	0,69	3,37
Equilíbrio adequado	Baixo	Muito baixo	Muito Baixo	Não limitante	Médio	Baixo

Tabela 8- Percentagem de presença de bases troca e do alumínio de troca

	Ca	Mg	K	Na	Saturação bases de troca
Valor	66	7	6	1	20
Equilíbrio adequado	60-70	10-20	5-10	0-5	0-10 Limitante

A amostragem do solo para uma caracterização inicial mais completa foi realizada no mês maio de 2018 em diferentes profundidades (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm). Foram recolhidas 4 amostras de terra por profundidade que, depois de secas em estufa a 45°C, foram crivadas com um crivo de malha 2 mm e posteriormente analisadas em laboratório para determinação do carbono orgânico do solo (Corg), pH, P e K, capacidade de troca catiónica efetiva (CTCe), grau de saturação de bases (GSB). Na Tabela 9 apresentam-se os resultados da análise química do solo referente à situação inicial. Na vegetação do subcoberto predomina a categoria "outras" que inclui a vegetação herbácea exceto gramíneas e leguminosas. A superfície do solo deste SD foi regularizada com auxilio de uma máquina trituradora de pedras na primavera de 2022 com vista à instalação de pastagem natural.

Tabela 9- Caracterização química inícial do solo do SD de Parada, Bragança (Diegues et al., 2019)

	Prof.	рН	рН	Corg	Р	K	CTCe	GSB
Local								
	(cm)	(H ₂ O)	KCl	(%)	mg kg ⁻¹		cmol _c kg ⁻¹	(%)
	0-10	5,5ª	4,2ª	1,6ª	10,1 a	97,7 a	3,8 a	51,6 a
		(0,01)	(0,01)	(0,1)	(2,9)	(13,7)	(0,3)	(5,7)
a	10-20	5,5 a	4,2a	1,3 a	10,0 a	98,3 a	3,7 a	43,2 a
Parada		(0,01)	(0,01)	(0,2)	(0,6)	(11,8)	(0,7)	(4,6)
g	20-40	5,4 a	4,1 ^a	1,5 a	19,1 ^a	85,7 a	3,6 a	47,9 a
		(0,2)	(0,2)	(0,2)	(4,4)	(11,0)	(0,8)	(9,0)

Valores médios, erro padrão entre parêntesis; Corg, carbono orgânico; CTCe, capacidade de troca catiónica; GSB, grau de saturação em bases; Letras diferentes por profundidade indicam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey (P<0,05).

A enxertia do souto iniciou-se em setembro de 2019 pelo método de borbulha. No souto foram consideradas 10 cultivares (mais o ColUTAD) distribuídas aleatoriamente seguindo as sequências apresentadas na Tabela 3. As enxertias foram repetidas nos anos seguintes até completar o processo com vista à reposição das falhas de enxertia. Foram mantidas 9 plantas não enxertadas para se poder comparar a capacidade de adaptação e produção do portaenxerto Colutad como produtor direto. Na Primavera seguinte procedeu-se, quando era evidente a rebentação da borbulha, ao corte do porta-enxerto 10 cm, aproximadamente, acima da enxertia (Figura 17 e Figura 18).



Figura 17- Enxertia do porta-enxerto Colutad no SD de Parada em 2019.





Figura 18- Grupo participante no dia aberto sobre enxertia e aspeto de enxertias pegadas SD de Parada em 2019.

Na Figura 19 e Figura 20 são apresentadas algumas imagens do SD com 3 anos e demonstração da técnica de enxertia de borbulha para o público alvo. É de notar que as plantas não apresentam grande desenvolvimento pelo facto de terem sido sistematicamente rebaixadas em consequência do processo de enxertia.



Figura 19- Imagem geral do souto em 2020.



Figura 20- Ação de divulgação do método de enxertia de borbulha junto do público alvo (em cima). Pormenor da reenxertia de um porta-enxerto Colutad realizada a cerca de 30 cm do solo com o método de enxertia de borbulha com gomo vivo (em baixo).

Em julho de 2021 estavam enxertadas 84,4% das plantas vivas que se destinavam a ser enxertadas (exclui-se as 9 plantas Colutad que se manterão como produtoras diretas). Nesta fase foram contabilizadas 64% dessas plantas com rebentos de enxertia, 35 % com falha de enxertia e 15,5% ainda não tinham sido enxertadas por não reunirem as condições para tal pelo facto de terem sido substituídas devido à mortalidade. As plantas não enxertadas e com falha de enxertia foram reenxertadas no início de setembro 2021 (Tabela 10).

Tabela 10- Inventário do resultado do pegamento das enxertias e reenxertias efetuadas até 2021 (NE, não enxertado).

Variedade	Plantas (nº)	Enxertias pegadas (nº)	Reenxertias 2022 (nº)
Bária	9	5	4
Amarelal	9	1	8
Colutad	9	NE	-
Judia	9	5	4
Cota	9	5	4
Longal	9	6	3
Boaventura	9	4	5
Parede	9	4	5
Pilonga	9	4	5
Martaínha	9	3	6
Colarinha	9	4	5
Total		41	49

Referências bibliográficas

IPMA I.P., 2021. Normal Climatológica — Bragança 1981-2010. Versão: 2.1 de 2021. Instituto Português do Mar e da Atmosfera I. P..

Diegues, S., Pereira, E., Afonso, S., Patrício, M. (2019). Estudo Comparativo da Microbiologia do Solo em Soutos Demonstração: Contributo para o Desenvolvimento de Estratégias de Adaptação Sustentáveis. Article *In* Proceedings 5th Ibero-American Congress on Entrepreneurship, Energy, Environment and Technology (CIEEMAT), 11th – 13th September, Portalegre, 319–323.

2.3. Souto de Carrazedo de Montenegro (SD CM_V)

A agriFUTURO realizou a instalação do SD em Fevereiro de 2019, numa parcela cedida por Carlos Afonso Barreira da Costa, registada no ISIP com o nº 258510624006 (Figura 21).



Figura 21– SD Parcela nº 258510624006 – GPS (41º33'41.62"N – 7º25'51.32"O) onde está instalado o souto demonstração, marcada com linha vermelha tracejada.

As atividades de plantação iniciaram com a marcação, seguida da abertura das covas (com uma retroescavadora), fertilização, colocação do porta-enxerto (ColUTAD) e tutores (Figura 22, Figura 23).



Figura 22— Plantação do SD CM-Va sob a coordenação da agriFUTURO (fevereiro de 2019).



Figura 23- Aspeto do SD em agosto de 2019.

A primeira enxertia foi realizada em 18/09/2019. Das 99 plantas foram enxertadas 74 plantas, 16 estavam mortas e foram deixados 9 plantas ColUTAD por enxertar. O sucesso da enxertia não foi o esperado, devido essencialmente às condições meteorológicas (Figura 24).



Figura 24- Dia Aberto - 1ª enxertia do SD - 18/09/2019.

No ano seguinte, em 02/09/2020, foram reenxertadas 64 plantas usando a técnica da enxertia de borbulha, neste caso usando borbulhas com gomos verdes, designadas habitualmente por "gomo vivo" (Figura 25).

Foram feitas reenxertias em setembro de 2021 em 38 castanheiros e em 23/05/2022, 20 plantas.



Figura 25 - Aspeto da enxertia realizada a 02/09/2020

Na Figura 26 aFigura 28 são apresentadas algumas imagens sobre o estado atual do souto demonstração.



Figura 26- Aspeto geral do souto em julho 2022.



Figura 27- Proximidade de algumas das plantas (esquerda) e castanheiro enxertado (direita) podendo observar-se o pormenor do sistema de tutoragem usado.



Figura 28- Castanheiro enxertados, podendo observar-se a forma como os lançamento da enxertia estão tutorados.

Na Tabela 11, um inventário do estado atual da fixação do ColUTAD e respetivas enxertias. Dos 99 acessos (posição com castanheiro), estão 71 enxertados, aos quais acrescem 8 castanheiros ColUTAD (não encxertados). O nível de pegamento varia entre 4 (Amarelal) e 8 nas cultivares Bária, Judia, Boaventura, Parede e Martaínha.

Tabela 11- Inventário das plantas com enxertias pegadas, enxertias feitas em 2021 e plantas mortas em outubro 2022.

Variedade	Plantas (nº)	Enxertias pegadas (nº)	Castanheiros mortos (nº)	Reenxertias 2022 (nº)
Bária	9	8	1	0
Amarelal	9	4	1	0
ColUTAD	9	NE (8)	1	NE
Judia	9	8	1	0
Cota	9	7	1	0
Longal	9	6	2	0
Boaventura	9	8	1	0
Parede	9	8	1	0
Pilonga	9	7	0	2
Martaínha	9	8	1	0
Colarinha	9	7	1	1
Total	99	79	11	3

2.4. Souto de Lagoa (SD L_VPA)

A execução do projeto decorreu normalmente desde a escolha da localização e assinatura do contrato de cedência, em regime de comodato, da parcela de implementação do Souto Demonstração (Figura 29 e Figura 30). Este souto situa-se a uma altitude média de 1050 m a.s.l. na freguesia de Lagoa, concelho de Vila Pouca de Aguiar.



Figura 29- Localização do SD Lagoa.

Previamente à plantação foi feita análise de solo, tendo os resultados indicado tratar-se de um solo ácido, com textura média, com teor médio em fósforo e potássio (Tabela 12) com baixo nível de bases de troca e consequentemente conteúdo em alumínio limitante (Tabela 13 e Tabela 14).

Tabela 12- Resultados das análises químicas de nutrientes minerais feitas ao solo.

	pH água	pH KCl	МО	Fósforo	Potássio	Boro
			(%)	(mg P_2O_5/kg)	(mg K₂O/kg)	(mg B /kg)
Valor	4,8	4,1	10,8	79	75	0,56
Equilíbrio adequado	Ácid	0	Muito alto	Médio	Médio	Baixo

Tabela 13- Resultados das análises químicas das bases de troca feitas: Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), potássio (k), sódio (Na) e acidez de troca (AT) feitas ao solo.

	Ca	Mg	К	Na	AT
			cmol	c/kg	
Valor	3,28	0,51	0,25	0,01	1,33
Equilíbrio adequado (%)	Baixo 70-80	Baixo 15-25	Alto 5-10	Não limitante 0-5	Limitante

Tabela 14- Percentagem de presença de bases troca e do alumínio de troca feitas ao solo.

	Saturação bases de troca (cmol₅/kg)	Saturação Al troca (%)
Valor	5,38	24,7
Equilíbrio adequado	Datina	0-10
(%)	Baixo	Limitante

Tabela 15- Proposta de fertilização efetuada na plantação

Fertilizante	Quantidade Kg/ha	Aplicação
Calcário dolomítico	5000	Na plantação
Superfosfato Cálcio 18%	280	Na plantação
Cloreto Potássio 60% (1)	250	Na plantação
Estrume (2)		Na plantação
Adubo elementar azotado 20,5% ⁽³⁾	100	Fim de Abril
Boro ⁽⁴⁾	1	Fim de Abril

A plantação foi feita em março de 2018 (Figura 32), tendo sido feita a opção da preparação do solo através da abertura de covas grandes em detrimento da surriba. Como se pode verificar, o solo é um solo escuro, indicador de teor elevado de matéria orgânica e profundo.



Figura 30- Aspeto da plantação, feita com abertura de covas largas (1m x 1m x 1m) para promover a descompactação do solo e incorporação de fertilizantes.

Na mesma altura foi instalada a estação meteorológica no local (Figura 31). Em outubro 2018, pode observar-se o aspeto geral do souto, onde é sintomático o pouco desenvolvimento dos castanheiros (Figura 31).



Figura 31- A estação meteorológica foi instalada em março 2018 (esquerda) e panorâmica do souto em outubro 2018 (direita).

Devido à elevada mortalidade registada neste souto após a plantação, em fevereiro de 2019, foi feita uma replantação de 82 plantas. Na Figura 32 pode-se observar, o abrolhamento de um castanheiro em meados de abril.

Figura 32- Aspeto de um porta-enxerto ColUTAD, plantado em fevereiro 2019 (retancha) a 17-04-2019.

Entretanto em setembro de 2019 foram feitas as primeiras enxertias neste souto. Foi usada a técnica da enxertia de borbulha com gomo vivo (borbulha retirada de ramo verde, do seu terço médio/inferior) (Figura 33 e Figura 34).



Figura 33- Cartaz de divulgação do Dia Aberto (setembro 2019) sobre enxertia do castanheiro e momentos da do decurso da ação.



Figura 34- Momentos do decurso das enxertias durante o dia aberto.

Em 2020, os castanheiros apresentavam ainda um desenvolvimento muito pequeno, tendo-se registado uma mortalidade elevada de castanheiros. O coberto vegetal era dominado por gramíneas (Figura 35).



Figura 35- Aspeto do souto em junho 2020.

Considerando crescimento muito limitado das plantas que se continuava a verificar neste souto, foi decidido durante a reunião geral de 2021, repetir as análises de solo. Foram colhidas duas amostras, uma correspondente ao espaço entrelinha e outra correspondente ao espaço junto aos castanheiros, procurando perceber qual o impacto da fertilização efetuada na plantação. As amostras foram colhidas a 6 setembro 2021.

Os resultados são apresentados na Tabela 16 à Tabela 18. Conforme também se pode observar pelos resultados a fertilização efetuada à cova resultou numa melhoria significativa na fertilidade do solo.

Tabela 16- Resultados das análises químicas de nutrientes minerais feitas ao solo na instalação na parte "junto às plantas".

	pH água	pH KCl	МО	Fósforo	Potássio	Boro
			(%)	(mg P_2O_5/kg)	(mg K ₂ O/kg)	(mg B /kg)
Valor	5,5	4,9	8,1	178	64	0,44
Equilíbrio adequado	Ácid	0	Muito alto	Alto	Médio	Baixo

Tabela 17- Resultados das análises químicas das bases de troca feitas: Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), potássio (k), sódio (Na) e acidez de troca (AT) na parte "junto às plantas".

	Ca	Mg	К	Na	AT
			cmc	ol _c /kg	
Valor	8,04	0,84	0,19	0,01	0,14
Equilíbrio adequado (%)	Médio 70-80	Baixo 15-25	Baixo 5-10	Não limitante 0-5	Não limitante

Tabela 18- Percentagem de presença de bases troca e do alumínio de troca na parte "junto às plantas".

	CTC efetiva	Saturação Al troca
	(cmolc kg-1)	(%)
Valor	9,22	1,5
Equilíbrio adequado	Médio	0-10
	iviedio	Não limitante

No souto demonstração de Lagoa, no início de Março 2020 procedeu-se à substituição de 66 plantas mortas (Figura 36).





Figura 36- Retanha, março 2020

Na Figura 37 são apresentadas algumas imagens sobre o estado do souto demonstração em julho 2021, após um trator com capinadeira ter destroçado a vegetação seca da entrelinha. Posteriormente procedeu-se à limpeza da linha manualmente, bem como à abertura das caldeiras para se efetuarem as regas.



Figura 37- Imagem geral do souto em julho 2021.

Em 2021 fez o inventário das enxertias pegadas e não pegadas de forma a ser feito o planeamento da reenxertia. A equipa da Serviruri visitou o SD no dia 30-08-2021 para fazer a reenxertia nas situações em que estas não pegaram, ou fazer a primeira enxertias nos novos castanheiros entretanto plantados. Foram enxertados/reenxertados 24 castanheiros (**Figura 38**).



Figura 38- Reenxertia de um porta-enxerto ColUTAD, tipo gomo vivo, realizada a cerca de 30 cm do solo em agosto 2021.

Em 2022, continuamos a insistir na replantação das plantas mortas e a fazer reenxertias. O desenvolvimento dos castanheiros é bastante pequeno, sintomático de que as condições climáticas em que este souto se encontra poderão não ser as mais recomendadas para a utilização deste porta-enxerto (Figura 39).



Figura 39- Imagem do souto em junho de 2022 e pormenor de enxertia de borbulha em estado dormente.

Os resultados apresentados na Tabela 19 são bem sintomáticos da dificuldade sentida pelo consórcio para a instalação deste souto demonstração. Estão atualmente fixados 65 castanheiros ColUTAD, mas apenas 2 enxertados.

Tabela 19- Inventário das plantas com enxertias pegadas, enxertias feitas em 2021 e plantas mortas.

Variedade	Plantas (nº)	Enxertias pegadas (nº)	Castanheiros mortos (nº)	Reenxertias 2021 (nº)
Bária	9		3	
Amarelal	9		1	
Colutad	9	NE	5	NE
Judia	9		4	4
Cota	9		1	
Longal	9		2	7
Boaventura	9		3	
Parede	9		3	
Pilonga	9	1	4	4
Martaínha	9		3	5
Colarinha	9	1	3	4
Total	97		32	24

2.5. Souto de Refoios do Lima (SD RL_PL)

A instalação do Souto Demonstração de Refoios do Lima ocorreu nos finais de abril de 2018 em terrenos do Campus da Escola Superior Agraria de Ponte de Lima – IPVC (Figura 40) localizada em Refoios do Lima, Ponte de Lima. .



Figura 40- Localização do SD Refoios do Lima.

A plantação foi realizada em março de 2018. A preparação do terreno para a plantação, foi feita com abertura de covas largas, que substituíram a surriba. A plantação foi feita com a colaboração de alunos da ESAPL (Figura 41).



Figura 41- Aspeto geral do terreno no momenta da plantação e do grupo de alunos que participou na plantação.

O sucesso da plantação neste primeiro ano foi muito baixo. Morreram 92 plantas das 99 plantadas. Foram feitas as replantações (92 plantas) no início de 2019 e novamente em 2020 (41 plantas).

Em 2021, foram feitas as primeiras enxertias (Figura 42).



Figura 42- Aspeto geral do Souto demonstração em dezembro 2021.

2.6. Souto de Penela da Beira (SD PB_P)

terreno cedido pela Junta de Freguesia de Penela da Beira (Figura 43). Na imagem está assinalada a localização das plantas. Na Figura 44 Figura 49 pode ver-se a condição do terreno antes da plantação.

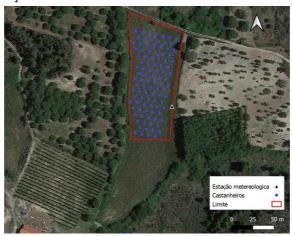


Figura 43- Localização do SD de Penela da Beira, com a referenciação dos castanheiros.



Figura 44- Aspeto do terreno antes da plantação (esquerda) e vista aérea do terreno (direita).

Previamente à plantação, foram colhidas amostras de solo e feitas análises químicas a fim de determinar o grau de fertilidade do solo e as necessidades de correção (Tabela 20 a Tabela 23).

Tabela 20- Resultados das análises químicas de nutrientes minerais feitas ao solo na instalação.

	pH água	pH KCl	МО	Fósforo	Potássio	Boro
			(%)	(mg P_2O_5/kg)	(mg K ₂ O/kg)	mg B /kg)
Valor	5,3	4,4	6,4	45	19	0,66
Equilíbrio adequado	Ácido		Alto	Baixo	Muito baixo	Médio

Tabela 21- Resultados das análises químicas das bases de troca feitas na parcela em 2012 e 2015. Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), potássio (k), sódio (Na) e acidez de troca (AT).

	Ca	Mg	K	Na	AT
			cmol₅/k	· a	
			CITIOIC/ K	·8	
	2,8	0,29	0,05	0,10	0,63
	Daiya	Muito	Muito	Não limitante	Médio
Baixo	baixo	Baixo	Nao iiifiitafite	ivieulo	

Tabela 22- Percentagem de presença de bases troca e do alumínio de troca

	Ca	Mg	K	Na	Saturação bases
					de troca
Valor (%)	72	8	1	3	16
Equilíbrio	60-70	10-20	5-10	0-5	0-10
adequado (%	6)				Não limitante

Tabela 23- Proposta de fertilização efetuada na plantação

Fertilizante	Quantidade (Kg/planta)	Quantidade (Kg para 99 plantas)	Aplicação
Calcário dolomítico	4	400	Na plantação
Superfosfato Cálcio 18%	1,5	150	Na plantação
Cloreto Potássio 60% (1)	0,5	50	Na plantação
Estrume ⁽²⁾	4	400	Na plantação
Adubo elementar azotado 20,5% ⁽³⁾	0,05	5	Fim de Abril
Borax ⁽⁴⁾	0,05	5	Fim de Abril
Adubo elementar azotado 20,5% ⁽⁵⁾	0,05	5	Fim de Setembro

A preparação do terreno foi feita por surriba, seguindo-se a marcação dos locais de plantação (piquetagem) (Figura 45). A abertura das covas de plantação foi feita com um trator de rastos (Figura 46). Após a plantação manual de 99 castanheiros foi feita uma caldeira em cada planta, e fez-se a ablação da vareta do castanheiro a cerca de 60 cm do solo (Figura 47). Nesta altura foi também instalada a estação meteorológica (Figura 48).



Figura 45- Aspeto do terreno após a realização da surriba (esquerda) e momento da realização da piquetagem (direita).



Figura 46- Abertura de covas para a realização da plantação.



Figura 47- Aspeto de um dos castanheiros plantados, com a respetiva caldeira para realização rega pós-plantação, salientando-se também o corte da vareta principal a 60 cm do solo (esquerda) e aspeto de um castanheiro em junho 2018 (direita).



Figura 48- Estação meteorológica instalada no souto demonstração de Penela da Beira

No final de 2018, havia ainda 33 castanheiros mortos (33%), pelo que em dezembro 2018, procedeu-se à retancha (Figura 49), tendo-se optado por proceder à inoculação dos castanheiros com inóculo de micorrizas pioneiras (Figura 50).



Figura 49- Grupo de alunos do IPV que participou na retancha, podendo observar-se um dos castanheiros plantados, planta ColUTAD (de natureza clonal) propagado por amontoa.



Figura 50- Nesta replantação, o sistema radicular dos castanheiros foi inoculado com uma mistura de micorrizas pioneiras.

Na Figura 51 pode observar-se o aspeto do souto, 8 meses após a plantação (outubro 2018), notando-se um bom desenvolvimento nos castanheiros que sobreviveram.



Figura 51- Aspeto do souto em outubro 2018.

Em 19 de setembro de 2019, foi organizado um dia aberto para realizar a enxertia deste souto. A operação foi feita pela equipa da Serviruri. A técnica usada foi de borbulha, com o material vegetal retirado dos ramos em crescimento do ano de cada uma das variedades em estudo (Figura 52 a Figura 54).



Figura 52- Cartaz do dia aberto para realizar a enxertia e do grupo de participantes.



Figura 53- Aspeto geral do souto e do grupo de participantes no dia aberto da Enxertia.



Figura 54- Etapas de execução de uma enxertia pela técnica de borbulha com gomo "vivo", em 2019.

Na Figura 55 pode ser observado por vista aérea o estado do SD, em 2020.



Figura 55- Aspeto geral do souto em 2020.

Em setembro de 2020 foram feitas reenxertias das plantas que não vingaram. Na Figura 56 mostra-se o estado de um enxerto antes a após a enxertia pela técnica de borbulha, em 2020. Na Figura 57 pode ver-se o estado de desenvolvimento, de um desdes enxerto, registado em 2021.



Figura 56- Enxertia de um porta-enxerto ColUTAD, pela técnica de borbulha com gomo "vivo" realizada em 2020 (esquerda)



Figura 57- Aspeto de uma planta enxertada em setembro 2020, registada em julho de 2021.

De forma a completar as enxertias não pegadas em 2020, em agosto de 2021, foram efetuadas novas 43 reenxertias. As variedades enxertadas estão descritas na Tabela 24.

Tabela 24- Registo das reenxertias feitas em 2021, enxertos pegados e plantas mortas, por variedade,.

Variedade	Plantas (nº)	Enxertias pegadas (nº)	Castanheiros mortos (nº)	Reenxertias 2021 (nº)
Bária	9	2		
Amarelal	9	1		7
Colutad	9	NE	2	NE
Judia	9	2		7
Cota	9		1	
Longal	9	3	1	5
Boaventura	9	1	2	6
Parede	9	1	3	
Pilonga	9			8
Martaínha	9	2	3	4
Colarinha	9	2	1	6
Total	97	14	13	43

2.7. Souto de Marvão (SD PE_M)

2.7.1. Plano de instalação

O souto de demonstração (SD) de Porto de Espada foi instalado pelo Município de Marvão com a supervisão do IPCB. O mapa de localização do referido SD pode observar-se na Figura 58. A Figura 59 mostra um maior detalhe da parcela, que tem uma área total de cerca de 4500 m² dividida em dois patamares com um talude de cerca de 1,5 metros (na vertical).



Figura 58- Localização do SD Porta da Espada (Fonte: adaptado de Google)

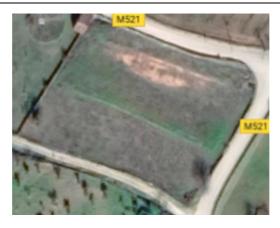


Figura 59- Aspeto geral da parcela antes da plantação (Fonte: adaptado de Google)

Devido à menor área efetiva da parcela (relativamente à informação veiculada previamente, que seria de cerca de 1 ha), o plano de plantação foi adaptado à nova realidade, pelo que o compasso de plantação foi de 6,5 m de distância entre árvores, distribuídas em quincôncio. Refira-se que o plano de plantação, previamente estabelecido (para todos os SD), era de 8 m de distância entre árvores. Na sequência dos ajustes efetuados, a Figura 60 mostra a disposição das plantas no terreno, ficando 4 linhas no patamar inferior e 5 linhas no superior. De referir que, mais tarde, se decidiu substituir a cultivar Negral pela cultivar Bária. A mesma Figura mostra também o local onde se instalou a estação meteorológica automática (EMA).

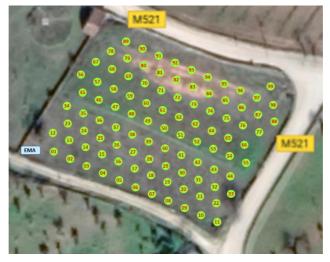


Figura 60- Croqui do SD com a distribuição das plantas no terreno.

Tendo por objetivo a determinação da fertilização de fundo, realizou-se uma amostra do solo para análise, em março de 2018, cujos resultados se apresentam na Figura 61. Os resultados das análises mostram um solo de textura média, com moderada acidez para o castanheiro (pH adequado deve estar entre 6-6,5), mas com teores extremamente baixos em fósforo e potássio (deve conter 150 mg.Kg⁻¹ de cada nutriente). Também o teor de matéria

orgânica é muito baixo, recomendando-se valores de cerca de 3,5%. O teor de B é igualmente baixo, devendo-se fazer uma correção na Primavera.

PARÂMETROS		Nº da amostra Parcela		39618 Souto		
Humidade		%				
Terra Fina						
Areia Grossa		%				
Areia fina		%				
Limo		%				
Argila		%				
Classe de Textura						
Textura Manual *1,*4			Méd	dia		
pH (H ₂ O)			5,2	Ac		
pH (KCl)						
Matéria Orgânica*4		%	0,9	M.B		
Fósforo 'assimilável'	P ₂ O ₅	mg,kg-1	1	M.B		
Potássio 'assimilável'	K ₂ O	mg.kg-1	36	В		
Condutividade eléctrica		dS.m ⁻¹	0,05	N.S		
Azoto Total (na M.S)	N-Total	g.kg-1				
Azoto Amoniacal	N-NH ₄ +	g.kg ⁻¹				
Nitratos	N-NO ₃ -	g.kg·1				
Cloretos	Cl-	%				
Ferro Total	Fe	%	7,8	32		
Manganês Total	Mn	mg.kg	63	5		
Zinco Total	Zn	mg.kg-1		.8		
Cobre Total	Cu	mg.kg-1	8,3	19		
Crómio Total	Cr	mg.kg-1	18	,1		
Níquel Total	Ni	mg.kg-1	10,			
Chumbo Total	Pb	mg.kg-l	15,	.8		
Cádmio Total	Cq	mg.kg-l	< LDM	(0,04)		
Fósforo Total	Р	%				
Acidez Total *2.*3		ton/ha				
Necessidade em Calcário		toniina				
Bases de troca						
Cálcio	Ca 2+	cmol (4).kg-1	1,42	M.B		
Magnésio	Mg 2+	cmol (+).kg-1	0,15	M.B		
Potássio	K+	cmol _⊞ .kg- ¹	0,07	M.B		
Sódio	Na+	cmol (+).kg-l	0,05	M.B		
Relação Ca 2+/Mg 2+			15,6	M.A.		
CTC	-	cmol (+).kg-1	16,1	M		
Boro (na M.S)	В	mg.kg-l	0,28	В		

Figura 61- Excerto do boletim de análise emitido pelo Laboratório de Solos e fertilidade da ESACB/IPCB.

2.7.2. Plantação

Devido a alguns problemas relacionadas com a disponibilização do terreno e com a preparação do solo, as atividades de plantação (do porta-enxerto ColUTAD) iniciaram-se apenas em 2019. Previamente à plantação, procedeu-se à marcação do terreno com estacas, de acordo com a distribuição das plantas e tal como se pode observar no croqui da Figura 60.

Nos dias 18 e 19 de março efetuou-se a abertura das covas de grandes dimensões (cerca de $2,5 \times 2,5$ m) com uma retroescavadora, com vista à mobilização do solo em profundidade (cerca de 1 m) e aplicação da fertilização de fundo. Antes da abertura da cova, houve o

cuidado de utilizar uma régua de plantação para, mais tarde, ser possível colocar a árvore no local apropriado (Figura 62).

A Figura 63 mostra o trabalho da retroescavadora na abertura da cova. Após a abertura da cova, a fertilização de fundo constituída por cerca de 3,5 kg de um produto orgânico na forma de *pellets*, 3,5 kg de superfosfato de cálcio 18% e 3,5 kg de calcário dolomítico, por cova, foi sendo aplicada e misturada com a terra (Figura 64).



Figura 62- Utilização da régua de plantação.

Pela sua diminuta quantidade, o cloreto de potássio 60% (0,5 kg/cova) foi aplicado após a plantação e enterrado manualmente aquando da preparação da caldeira para a rega de manutenção (referida mais adiante, Figura 67). Posteriormente, voltou a utilizar-se a régua de plantação para abrir uma pequena cova de cerca de 30-40 cm de profundidade no local onde deveria ser colocada a planta (Figura 65). A plantação terminou com a abertura de uma pequena caldeira, na qual se aplicaram cerca de 20 litros de água e com a (re)colocação das estacas e tutoragem (Figura 66).





Figura 63 – Abertura das covas com retroescavadora.





Figura 64- Ação da retroescavadora na mistura da terra com a fertilização de fundo.



Figura 65- Sequência das operações de plantação.



Figura 66- Abertura da caldeira, rega de plantação e colocação da estaca.

Posteriormente à época de plantação foram abertas caldeiras de maiores dimensões, para se efetuar a rega de manutenção (Figura 67). O aspeto geral da parcela após a plantação pode observar-se na Figura 68.



Figura 67- Aspeto das caldeiras abertas para se efetuar a rega de manutenção em julho e agosto.



Figura 68- Aspeto geral do SD de Marvão após a plantação em ambos os patamares inferior (esquerda) e superior (direita).

2.7.3. Manutenção da plantação

Durante a primavera de 2019 procedeu-se à fertilização de manutenção (em cobertura) com cerca de 50 g/árvore de um adubo nítrico-amoniacal 20,5% e de um adubo com borato de sódio (Borax). Em julho e agosto procedeu-se a uma rega de manutenção. Dado que o SD de Porto de Espada é o que se localiza mais a sul e, portanto, o que está sujeito a maiores efeitos dos stresses térmico e hídrico a Câmara Municipal optou por instalar um sistema de rega gota-a-gota para garantir o sucesso nos primeiros anos de instalação do souto.

As Figura 69 aFigura 71 mostram o desenvolvimento de algumas plantas e o aspeto geral da plantação em julho de 2019, bem como a EMA já instalada. Nesta época (julho de 2019), o sucesso da plantação foi avaliado em 84%, tendo sido repostas as plantas mortas (retanchas) em 2020. A manutenção da superfície do solo (com um destroçador) foi efetuada apenas em setembro de 2019 (algo tardia), umas semanas antes de se iniciar o processo de enxertia (Figura 72).



Figura 69– Desenvolvimento de uma árvore do patamar inferior (esquerda) e do patamar superior (direita) em julho de 2019.



Figura 70– Aspeto geral do souto em ambos os patamares inferior (esquerda) e superior (direita) em julho de 2019.



Figura 71– Vista geral e de pormenor da EMA instalada no SD de Porto de Espada (foto em julho de 2019).



Figura 72– Aspeto geral do souto em setembro de 2019, algum tempo após o corte das infestantes com um destroçador.

Nos anos seguintes (2020 a 2022), as operações de manutenção da plantação seguiram uma pauta similar à descrita para 2019, com alguns ajustes ocasionais em função de

eventuais condições específicas. De salientar que o corte das infestantes passou a ser executado na época mais correta (maio/junho) e que foram sendo executadas algumas podas (de formação) nas plantas correspondentes às repetições do ColUTAD. Algumas plantações (retancha) para substituir árvores mortas foram também sendo executadas ao longo daqueles anos. Outras operações diretas sobre as plantas, tais como cortes/podas, foram sendo executadas em função do processo de enxertia que se prolongou até 2022. Devido à existência de plantas em diferentes estados de desenvolvimento, as quantidades de fertilizantes aplicadas em cobertura mantiveram-se iguais às de 2019. As Figura 73 a Figura 75, mostram alguns aspetos da manutenção da plantação ao longo do tempo (2020, 2021 e 2022, respetivamente).





Figura 73- Aspeto geral do SD de Porto de Espada em maio (esquerda) e em junho (direita) de 2020.





Figura 74– Aspeto geral do SD de Porto de Espada em março (esquerda) e em setembro (direita) de 2021.





Figura 75– Aspeto geral do SD de Porto de Espada em julho (esquerda) e em outubro (direita) de 2022.

2.7.4. Enxertias

O processo de enxertia do SD de Porto de Espada iniciou-se em setembro de 2019 e temse prolongado no tempo até 2022. As enxertias de 2019 tiveram um sucesso bastante reduzido (Figura 76), provavelmente devido às condições dos porta-enxertos e, eventualmente, ao estado do material de enxertia. Neste particular, é de referir a qualidade do material das cultivares espanholas, Pilonga e Parede, cujos gomos vinham enegrecidos.

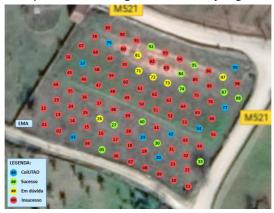


Figura 76– Resultado do processo de enxertia de 2019. O insucesso (a vermelho) inclui as falhas de enxertia e as falhas de plantação.

As enxertias de 2020 ainda tiveram um sucesso relativamente reduzido (Figura 77), fosse pelas razões já apontadas ou por se ter aplicado apenas uma borbulha em cada árvore. Em outubro de 2020, a cultivar Amarelal, cujas borbulhas chegaram mais tarde, foram já enxertadas com aplicação de 3 borbulhas por árvore, com bons resultados.

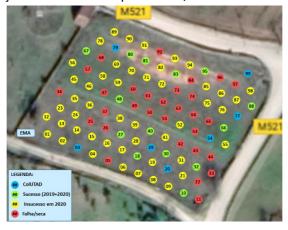


Figura 77 – Resultado do processo de enxertia (2019 e 2020).

No ano de 2021 continuaram a aplicar-se 3 borbulhas por árvore e o sucesso já foi mais evidente. Neste ano (2021), ficaram por enxertar as cultivares Pilonga, Parede e Boaventura por falta de material de enxertia (Figura 78). A cultivar Boaventura foi posteriormente enxertada em maio de 2022 (de "olho vivo") e as cultivares Pilonga e Parede foram enxertadas em setembro de 2022 (de "olho dormente"). Relativamente a estas 3 cultivares enxertadas em 2022 é seguro afirmar-se um relativo sucesso da enxertia (apesar de algum material em mau estado), o suficiente para ter no próprio SD material de enxertia em boas condições para as enxertias de 2023.



Figura 78- Resultado do processo de enxertia (2019, 2020 e 2021).

Por motivos de falta de comunicação atempada com o fornecedor de plantas, não houve retanchas de plantação em 2021. Estas retanchas foram efetuadas em 2022 (33 novas plantas) que, por falta de vigor, não foram enxertadas em 2022. Deste modo, o croqui da Figura 79 mostra que, no cômputo final desta fase do SD (fim de 2022), as plantas não enxertadas correspondem essencialmente a retanchas de 2022 (algumas das quais ainda voltaram a morrer). Em suma, o processo de instalação do SD de Porto de Espada ainda não se encontra finalizado, uma vez que os processos de retancha (de plantação e enxertia) terão de prosseguir em 2023. As Figura 80 aFigura 82 mostram o aspeto final (outubro de 2022) de algumas plantas do SD de Porto de Espada.



Figura 79- Resultado do processo de enxertia (2019, 2020, 2021 e 2022).



Figura 80— Exemplo de duas enxertias bem-sucedidas em maio de 2022 (esquerda) e em setembro de 2021 (direita). *Nota: foto em outubro de 2022.*



Figura 81- Exemplo de duas enxertias bem-sucedidas em 2020. Nota: foto em outubro de 2022.



Figura 82– Exemplar de ColUTAD plantado em março de 2019. *Nota: foto em outubro de 2022 (4º folha).*

2.7.5. Dia Aberto

Em novembro de 2019 foi realizado o 1º Dia Aberto no SD de Porto de Espada, por ocasião da Feira da Castanha, cujo cartaz/programa se apresenta na Figura 83. As Figura 84 eFigura 85, mostram a sessão em sala (de manhã) e a sessão no campo (à tarde). Por motivos da bem conhecida pandemia da COVID-19, não se voltaram a efetuar os Dias Abertos previstos para os anos de 2020 a 2022.



Figura 83- Cartaz do 1º Dia Aberto no SD de Porto de Espada



Figura 84- Sessão de esclarecimento, inserida no 1º Dia Aberto do SD de Porto de Espada.



Figura 85 – Sessão de campo, inserida no 1º Dia Aberto do SD de Porto de Espada.

2.7.6. Monitorização da fertilidade do solo

Nos anos de 2020 e 2022 foram retiradas amostras de solo para análise. Os resultados obtidos, bem como os correspondentes valores pré-plantação (2018) podem observar-se na Tabela 25. Em 2018 e 2022 as amostras (compósitas) foram retiradas aleatoriamente na parcela, enquanto em 2020 foram retiradas duas amostras (compósitas), uma da zona da cova (onde se aplicou a fertilização de fundo) e outra da área envolvente (sem aplicação de qualquer fertilização).

Tabela 25– Valores das análises de solo efetuadas no Laboratório de Solos e Fertilidade da Escola Superior Agrária do IPCB.

	рН	мо	P2O5	V20	Fo	Mn	Zn	Cu	Complexo de troca catiónica (cmol+/kg)			+/kg)	- R		
Ano	рп	IVIO	F203	K2O	re	IVIII	211		Ca	Mg	K	Na	Ca/Mg	СТС	- Б
2018	5,2	0,9	1	36	7,82	635	37,8	8,39	1,42	0,15	0,07	0,05	15,6	16,1	0,28
2010	Ac	MB	MB	В					MB	MB	MB	MB	MA	М	В
2020	5,3	3,15	24	394	9,77	1462	37,4	9,35	1,54	0,19	1,07	0,05	8,1	16,1	0,36
(cova)	Ac	Μ	MB	MA					MB	MB	Α	MB	Α	Μ	В
2020	5,5	3,36	5	95	10,5	1661	38,1	9,43	2,43	0,25	0,16	0,06	9,7	14,7	0,52
(fora)	Ac	Μ	MB	Μ					В	MB	В	MB	MA	Μ	Μ
2022	5,7	6,4	31	251					3,78	0,52	0,41	0,09	7,2	13,4	1,9
2022	P.Ac		В	MA					В	MB	MB	MB	В	Μ	Α

Notas: MO e Fe expressos em %; restantes elementos expressos em mg/kg; relação Ca/Mg sem unidades.

Da observação dos valores da Tabela 25, é de salientar a subida dos valores da matéria orgânica (de inferior a 1% a superior a 6%), do cálcio de troca (de muito baixo a baixo), da relação Ca/Mg (de muito alta a baixa, apesar da subida do cálcio e da manutenção do magnésio em muito baixo) e do boro (de baixo a alto). De salientar ainda a subida do manganês de 2018 para 2020.

Relativamente ao fósforo e ao potássio é notória a influência da aplicação da fertilização de fundo na zona da cova, apesar do fósforo se manter a níveis relativamente baixos. O potássio apresenta valores relativamente altos, particularmente na cova, certamente por ter sido aplicado mais à superfície. As subidas da matéria orgânica, do cálcio de troca e, embora em menor grau, do magnésio de troca podem estar também relacionadas com a fertilização de fundo, apesar do pH ter tido uma evolução muito reduzida. O valor crescente do boro dever-se-á, certamente, às aplicações do borax.

2.7.7. Monitorização do estado nutricional das plantas

O estado nutricional das plantas foi monitorizado em 2021 e 2022 através da colheita de folhas (em setembro) e respetiva análise (Tabela 26).

Tabela 26- Valores das análises foliares efetuadas no Laboratório de Solos e Fertilidade da Escola Superior Agrária do IPCB.

Cultivar	Ano	N	Р	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	В
Colarinha	2021	2,58	0,37	1,28	1,04	0,27	52,6	70,2	21	45,7	279	419
Coldillilla	2022	2,64	0,38	1,47	3,43	0,21	86,7	153	17	47,3	1705	351
ColUTAD	2021	2,97	0,11	1,4	2,39	0,2	82,8	85,5	27,1	50,9	179	352
COIOTAD	2022	1,96	0,3	1,06	3,46	0,19	134	165	13,9	44,6	1932	417
Boaventur	2021	3,76	0,32	1,34	2,61	0,19	43,2	64,6	19,1	22,3	387	151
a	2022	2,89	0,38	1,54	2,14	0,21	68	148	19,2	46,9	1663	153
Longal	2021	3,07	0,39	1,78	2,99	0,2	65	74,1	20,5	41,4	228	439
Longal	2022	2,38	0,34	1,91	2,42	0,22	67	96,1	13,4	32,6	851	287
Côta	2021	3,54	0,28	1,34	2,27	0,23	163,7	90,7	20,2	30,9	219	408
COLA	2022	2,44	0,32	1,82	1,87	0,17	62,5	105	14,4	35,9	844	355
Amarelal	2021	2,72	0,33	1,39	3,03	0,27	177	72,2	18,5	33,9	258	319
Allialeiai	2022	2,38	0,33	1,89	2,12	0,21	64,8	135	13,9	35,4	799	289
Martainha	2021	2,92	0,31	1,68	2,08	0,21	38,2	74,5	22,4	36,3	173	225
IVIdi Lallilla	2022	2,44	0,35	1,69	2,7	0,2	60,4	122	15,6	31,2	739	309
Pilonga	2022	2,03	0,32	0,97	2,51	0,24	78,6	66,8	13	25,8	309	345
Bária	2022	2,42	0,3	1,27	2,91	0,24	78,3	112	13,6	28,8	751	309
Judia	2022	3,26	0,46	1,87	3,6	0,28	76,9	144	16,4	40,7	603	365
Média	2021	3,08	0,30	1,46	2,34	0,22	88,9	76,0	21,26	37,34	246	330
Média	2022	2,48	0,35	1,55	2,72	0,22	77,7	124,7	15,04	36,92	1019	318
Média global		2,73	0,33	1,51	2,56	0,22	82,3	104,6	17,60	37,09	701, 1	323
Referência		1,9-	0,11-	0,76-	0,43-	0,13-		15-	4-53	11-66	179-	13-
neierencid		2,84	0,34	1,93	1,45	0,59		333	4-33	11-00	2210	133

<u>Notas</u>: Valores do N ao Mg expressos em %; restantes elementos expressos em mg/kg. <u>Referência</u>: Portela, E. (2007). Estado nutritivo dos soutos em Trás-os-Montes. Análise foliar. Il Congresso Ibérico do Castanheiro. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, 20-22 Junho.

A maior parte dos nutrientes encontra-se dentro do intervalo de referência para os soutos de Trás-os-Montes (Portela, 2007), exceto para o cálcio e o boro. Tratando-se de um micronutriente "secundário", o valor "em excesso" do cálcio não será problemático, a não ser que tal signifique um efeito antagonista com o magnésio. Já relativamente ao boro e tratando-se de um micronutriente, o seu valor 2-3 vezes superior ao de referência pode

significar alguns problemas de fito-toxicidade. Os sintomas da Figura 86 são devidos à referida fito-toxicidade do boro. São também de salientar os valores do ferro e do manganês, que registaram uma subida acentuada de 2021 para 2022.

Figura 86- Sintomas de fito toxicidade do boro.



2.7.8. Monitorização do desenvolvimento das plantas

As enxertias bem-sucedidas de 2019 (crescimentos em 2020) foram em pequeno número e cresceram muito pouco, pelo que não se considerou relevante fazer a sua medição. Desta forma, a Tabela 27 apresenta os valores totais dos crescimentos medidos em 2021 e relativos às enxertias bem-sucedidas em 2019 e 2020. Alguns lançamentos foram eliminados numa perspetiva de "poda de formação".

No ano de 2022, já foi maior o número de plantas cujas enxertias foram bem-sucedidas, tendo-se efetuado apenas a medição da altura e largura das árvores. O volume foi calculado pelo produto da altura com a área do quadrado de lado igual à largura da planta. As alturas e volumes mais elevados corresponderam às plantas do ColUTAD (não enxertado). As plantas mais pequenas (e só com crescimento na vertical) corresponderam às plantas de Boaventura (enxertadas em maio de 2022, exceto uma) e às da Pilonga (apenas 1 enxertia bem-sucedida em setembro de 2021) (Tabela 28).

Tabela 27– Crescimentos das plantas medidos em 2021 (relativos às enxertias bem-sucedidas em 2019 e 2020).

		Altura*	do	Nº	de	
Nο	Cultivar	eixo (cm)		later	ias	Comprimento de laterais** (cm)
10	Martaínha	40		0		
18	Longal	113		4		55; 10; 15; 24
19	Amarelal	69		2		6; 11
27	Longal	79		4		9; 21; 20; 8
30	Colarinha	70		4		19; 25; 43; 59
32	Côta	54		1		21
40	Colarinha	86		6		5; 5; 75; 69; 10; 74
48	Colarinha	170		3		82; 48; 10
66	Boaventura	38		0		
67	Amarelal	89		9		75; 10; 10; 10; 20; 30; 74; 66
80	Côta	73		2		5; 18
83	Amarelal	143		5		124; 99; 103; 105; 82
88	Colarinha	72		2		70; 21
95	Côta	75		8		6; 9; 12; 10; 15;23; 21; 26
96	Amarelal	176		6		39; 125; 42; 36; 62; 121

Notas: *a partir da enxertia; **por ordem, de baixo para cima.

Tabela 28- Sucesso das enxertias e desenvolvimento das plantas em 2022.

	Enxertias bei	m-sucedidas	Altura* (m)	Volume (m³)
Cultivar	número	percentagem	— Altura* (m)	volume (m.)
Amarelal	4	44%	1.525	0.604
Bária	5	56%	1.250	0.084
Boaventura	6	67%	0.525	
Colarinha	5	56%	1.590	0.663
ColUTAD			3.100	10.822
Côta	5	56%	1.330	0.285
Judia	4	44%	1.250	0.007
Longal	6	67%	1.342	0.218
Martaínha	4	44%	1.250	0.111
Parede	0	0%		
Pilonga	1	11%	0.700	

Nota: *a partir do solo.

2.7.9. Frutos

Em 2021 e 2022 foi possível obter alguns frutos nas árvores do ColUTAD. O peso médio da castanha, obtido em amostras de frutos do ColUTAD, foi de 17 g (calibre ≈ 60 frutos/kg) em setembro de 2021 e de 13 g (calibre ≈ 75 frutos/kg) em outubro de 2022. Refira-se que em 2022 os frutos aparentavam já alguma desidratação. As Figura 87Figura 88 mostram alguns aspetos da produção de frutos.



Figura 87– Vista de ouriços nas árvores do ColUTAD em agosto (esquerda) e ouriço em fase de deiscência em setembro (direita).



Figura 88- Aspeto exterior e interior de algumas castanhas de ColUTAD.

2.7.10. Outras observações

A Figura 89 o aspeto geral e uma vista de pormenor de uma árvore de ColUTAD, com sintomas de amarelecimento das folhas numa pernada e sintomas de doença do cancro cortical no tronco (*Chryphonectria parasítica*). O amarelecimento das folhas está ligado ao cancro cortical na base do ramo.



Figura 89– Aspeto de uma árvore ColUTAD com sintomas de amarelecimento nas folhas de uma pernada e pormenor do cancro cortical.

2.8. Banco de Germplasma da UTAD

O banco de germoplasma da UTAD tem fixadas 24 variedades: Amarelal, Aveleira, Bária, Bebim, Benfeita, Boaventura, Carreiró, Colarinha, Cota, Demanda, Judia, Lada, Lamela, Longal, Martaínha, Misericórdia, Moreira, Negral, Palumina (Itália), Passã, Rebolão, Sousã,

Trigueira e Verdeal (Figura 90). Em 2021 procedeu-se a trabalhos de reposição do sistema de rega e plantaram-se 10 plantas ColUTAD.



Figura 90- Imagem do aspeto geral do Banco de Germoplasma no mês de abril 2021.

Com o objetivo de fixar mais algumas variedades e reforçar outras existentes em 2020, foram feitas as seguintes enxertias de garfo (Figura 91): Carreiró – 2; Colarinha – 2; Bária – 1; Martaínha – 2; Amarelal – 1; Moreira – 1.



Figura 91- Enxertia de garfo.

O banco está instalado num solo moderadamente ácido, com níveis médios de matéria orgânica e potássio, sendo o nível de fósforo alto. Tem níveis baixos de boro e de bases de troca (Tabela 29 a Tabela 31).

Tabela 29- Resultados das análises químicas de nutrientes minerais feitas ao solo em 2019.

	pH água	pH KCl	МО	Fósforo	Potássio	Boro
			(%)	(mg P_2O_5/kg)	(mg K ₂ O/kg)	mg B /kg)
Valor	5,9	4.8	3,3	145	91	0,36
Equilíbrio	Moderadamente		Médio	Alto	Médio	Baixo
adequado	ácido					

Tabela 30- Resultados das análises químicas das bases de troca feitas na parcela em 2012 e 2015. Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), potássio (k), sódio (Na) e acidez de troca (AT).

Ca	Mg	K	Na	AT	СТС
cmol _c /kg					
2,1	0,37	0,21	0,20	0,00	2,85
Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Não	Muito baixa
DaixU	DαΙλÜ	DαΙλU	DaixU	limitante	

Tabela 31- Presença de bases troca e do alumínio de troca (%).

	Ca	Mg	К	Na	Saturação bases de troca
Valor	72	13	8	7	0
Equilíbrio adequado	60-70	10-20	5-10	0-5	0-10 Não limitante

2.9. Resumo geral do estado de instalação das variedades nos SD

No cômputo geral do total os 7 soutos demonstração, correspondem a 693 acessos (plantas). Destas estão enxertadas 166 plantas, às quais se juntam mais 45 plantas da cultivar ColUTAD que devem ser mantidas sem enxertar (Tabela 32). O SD com maior sucesso de pegamento de enxertia até ao momento é o de Porto da Espada (41 plantas), enquanto no polo oposto está Lagoa, onde apenas se conseguiu o pegamento de 3 enxertias. Em relação às cultivares, a Longal é a que apresentou maior sucesso (29 plantas em 63 plantas) enquanto as que estão a mostrar maior dificuldade são a Parede (4 plantas) e a Pilonga (8 plantas).

Tabela 32- Inventário das plantas com enxertias pegadas, enxertias feitas em 2021 e plantas mortas.

Variedades	Total acessos previstos	Carrazedo de Montenegro	Lagoa	Parada	Salgueiros	Penela da Beira	Refoios do Lima	Porto da Espada	Total
Bária	63	6		3	3	1		5	18
Amarelal	63	3		1	2	1		5	12
Judia	63	5	1	5	2	4	6	4	27
Cota	63	5			2	1		5	13
Longal	63	4	1	5	3	3	7	6	29
Boaventura	63		1	3	3	3		6	16
Parede	63	1			1	2			4
Pilonga	63	2		3	1	2			8
Martaínha	63	4		2	2	3	7	5	23
Colarinha	63	5		2	2	2		5	16
Sub-total	630	35	3	24	21	22	20	41	166
ColUTAD	63	8	2	9	5	5	9	7	45
Total	693	43	5	33	26	27	29	48	211

3 Caracterização do porta-enxerto ColUTAD

Gomes-Laranjo, J.¹, Correa, R.², Ramos, C.²

¹CITAB, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, jlaranjo@utad.pt ²Serviruri Prestação de Serviços Técnico Agrícolas Lda, geral@serviruri.pt

3.1. Características do porta-enxerto

Numa tentativa de combater o problema da doença da tinta foram desenvolvidas várias estratégias, de entre as quais se destacam os estudos relacionados com as características do solo e do agente patogénico, bem como com o maneio da cultura e a produção de portaenxertos híbridos resistentes à doença (Gomes et al., 1997). Para o efeito, diversos grupos de investigadores iniciaram programas de melhoramento do castanheiro em Portugal, Espanha, França e Itália a partir do início do Séc. XX. No entanto, a introdução de espécies orientais, designadamente o castanheiro chinês (*C. mollissima*) e o castanheiro japonês (*C. crenata*) em programas de melhoramento por hibridação como forma de combater esta patologia, levantou alguns problemas de difícil resolução. Por um lado, a sua utilização como produtores diretos implicaria o abandono das nossas cultivares, as quais são consideradas de excelente qualidade, por outro, na sua utilização como porta-enxerto apareceram problemas de compatibilidade com as variedades de *C. sativa*.

Em Portugal, o programa de hibridações foi iniciado na década de 50 do séc. XX, no Centro de Estudos do Castanheiro em Alcobaça por Columbano Taveira Fernandes (Fernandes, 1952). Na preservação e aprofundamento dos estudos sobre a enorme colecção de clones híbridos produzida, envolveram-se posteriormente a Direcção Geral das Florestas, a Escola

Superior Agrária de Bragança e a Universidade de Trásos-Montes e Alto Douro (Gomes et al., 1997). De entre todos os clones híbridos, o grupo de trabalho da UTAD, selecionou um, que apresentava um elevado grau de resistência à doença da tinta, ao qual lhe chamou ColUTAD, em homenagem ao fitopatologista que dedicou toda a sua vida ao melhoramento genético do castanheiro, sem descurar aquilo que foi o trabalho de aprofundamento da caracterização do ColUTAD feito na UTAD (Figura 92).

Figura 92- Castanheiro ColUTAD com 8 anos, aqui usado como produtor de fruto.



A resistência à doença da tinta, no ColUTAD, deve-se principalmente à presença de elevada quantidade de compostos fenólicos, um importante mecanismo de proteção contra doenças, que, neste caso, inibem o crescimento do fungo (*Phytophora cinnamoni*) no interior da planta (Martins et al., 2009). Este clone tem vindo a ser alvo de múltiplos estudos de forma a conhecer tanto as características morfológicas e fenológicas, como o comportamento fisiológico do ColUTAD. O ColUTAD tem bastantes semelhanças com o castanheiro europeu (*Castanea sativa*), tendo-se verificado que geneticamente ocupava uma posição muito mais próxima das populações de *C. sativa* do que da espécie oriental *C. crenata* (Dinis et al., 2009). Este facto é uma peça chave para o sucesso da enxertia pois existe uma boa compatibilidade do clone com as cultivares do castanheiro europeu.

Recentemente, após o aparecimento dos primeiros focos de vespa das galhas do castanheiro em Portugal (em 2014), veio-se também a perceber que o ColUTAD apresentava grande tolerância a esta praga.

Uma outra característica importante verificada neste clone é a sua plasticidade, dado ser capaz de se desenvolver em condições diversificadas de solo e clima, o que foi comprovado por Gomes e colaboradores (1997).

O ColUTAD é ainda um bom produtor de fruto (Figura 93), com maturação entre a 4 semana de setembro e a primeira semana de Outubro (cerca de 3 semanas mais cedo que a Judia e 4 semanas que a Longal). Esta precocidade, pode constituir uma vantagem pela possibilidade de colocação do produto no mercado antecipadamente, aumentando o valor do mesmo, além disso a boa qualidade e sabor e a sua dimensão aceitável são também fatores importantes a ter em conta.



Figura 93 Castanhas produzidas por um castanheiro ColUTAD.

A caracterização molecular dos porta-enxertos COLUTAD, Ca 90 (CxS), S12 (um porta-enxerto híbrido proveniente do programa de melhoramento realizado na Estação Nacional de Fruticultura em Alcobaça), e a variedade Judia estão apresentadas na Tabela 33. Quer no porta-enxerto Ca90 (porta-híbrido proveniente de hibridação feita no INRA, França), quer no COLUTAD foram encontrados alelos exóticos. No entanto nos 10 loci estudados, no Ca90 apareceram 5 loci correspondentes a alelos de castanheiro exótico, enquanto no ColUTAD apareceram 3 loci com alelos exóticos. Por comparação, foi feita a análise para a cultivar Judia, não tendo sido encontrado qualquer alelo exótico.

Tabela 33- Tamanho dos alelos nos pares de bases amplificados para 10 loci com primers SSR's desenvolvidos para *Castanea sativa* (CsCAT3, 14, 16, 41) e (EmCs2, 14, 15), para *Quercus petrae* (QpZAG36,110) e *Quercus robur* (QrZAG96). Carregado com sublinhado- alelos de *C sativa*. Sublinhado e itálico- alelos exóticos (obtidos em *C. crenata, C.mollissima, C. henryi* e *C. pumilla*). Carregado – alelos partilhados com o genotipo Judia padrão, considerado típico da cultivar. A Judia padrão corresponde ao genótipo tido como padrão (Costa et al., 2008).

	CsCA	Т 16	CsC	AT 3	CsCA	T 14	CsCA	T 41	EmC	Cs14	Em	Cs2	EmC	s15	QpZa	ag 36	QpZa	g 110	QrZa	ıg 96
COLUTAD	129	129	212	224	136	140	<u>198</u>	211	138	138	162	162	<u>76</u>	85	<u>205</u>	213	206	219	150	150
Ca90	<u>137</u>	139	<u>202</u>	<u>202</u>	131	<u>136</u>	<u>198</u>	211	138	138	<u>153</u>	164	<u>77</u>	89	<u>205</u>	219	209	223	150	150
S12	128	141	<u>202</u>	224	132	149	<u>198</u>	211	138	138	<u>153</u>	161	<u>77</u>	86	213	217	210	220	151	151
Judia padrão	139	141	208	238	140	150	215	219	138	138	159	161	83	87	213	215	206	206		

3.1.1. Multiplicação vegetativa do ColUTAD

De entre vários processos passíveis de serem utilizados para a multiplicação vegetativa, destaca-se neste caso em particular a mergulhia por amontoa. Este processo inicia-se na Primavera com a rebentação de vários lançamentos (ramos) a partir da touça (pé-mãe). Quando estes atingem um diâmetro semelhante ao de um lápis, é adicionada uma solução auxínica para promover o enraizamento e são colocados anéis metálicos nas suas bases para provocar o estrangulamento do floema, e assim promover o enraizamento na zona do caule imediatamente acima. A base dos rebentos é coberta com solo de modo a que as condições de humidade e obscuridade criadas favoreçam o desenvolvimento de um sistema radicular próprio (Figura 94). No final da época vegetativa, os rebentos já enraizados são separados da planta mãe, originado assim novos porta-enxertos (Figura 95).



Figura 94- Momento (mês de maio) da indução do enraizamento na base de cada um dos lançamentos de touça através da colocação de hormona auxínica e estrangulamento do floema (casca) através da colocação de uma anilha (cima) e aspeto geral do campo de pés mães de ColUTAD (setembro).



Figura 95- Momento do arranque dos novos porta-enxertos (esquerda) e aspeto do sistema radicular dos porta-enxertos.

Em 2018, a UTAD procedeu ao registo do nome, tendo assinado protocolo de cooperação com a Empresa Serviruri que passou a partir desta data a fazer a gestão comercial deste porta-enxerto (Figura 96).



Figura 96 Logotipo do porta-enxerto ColUTAD.

3.1.2. Avaliação morfológica e agronómica em cada SD

Foi feita a avaliação do crescimento dos porta-enxertos em cada um dos soutos demonstração, através da medição do diâmetro do tronco das plantas a cerca de 15 cm acima da superfície do solo. Como critério, foram selecionadas plantas não enxertadas do porta-enxerto ColUTAD. O crescimento do diâmetro de 2021 para 2022 foi variável, em conformidade com as condições edafoclimáticas do SD (Figura 97). Em termos médios registou-se um crescimento de 31% no diâmetro dos troncos. O crescimento variou entre 73% em Refoios do Lima (RL-PL) e 3% em Parada (P-B) e Penela da Beira (PB-P).

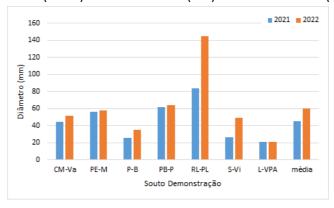


Figura 97- Diâmetro do tronco das plantas ColUTAD, medido 15 cm acima da superfície do solo.

4 Evolução do coberto vegetal na rede de soutos demonstração

Patrício, M.S.^{1,2}, Nunes, L.^{1,2}, Ramos, A.³ e Raimundo, F.³

¹Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

²Laboratório para a Sustentabilidade e Tecnologia em Regiões de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança, <u>sampat@ipb.pt</u>

³Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Instituto Politécnico de Castelo Branco, Castelo Branco, aramos@ipcb.pt

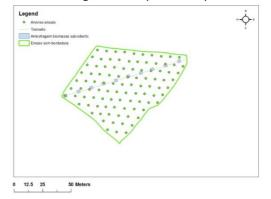
⁴CITAB - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, fraimund@utad.pt

4.1. SD Salgueiros; SD Parada

O coberto vegetal foi avaliado anualmente de 2019 a 2022. Esta análise consistiu na caracterização da biodiversidade florística, fitovolume e biomassa do coberto herbáceo e arbustivo. Nos SD de Parada e Salgueiros o coberto vegetal foi avaliado 4 anos consecutivos. Nos restantes SD foi avaliado uma a duas vezes pelo facto de ter havido mobilização para controlo da vegetação nos primeiros anos. A caracterização da vegetação foi efetuada no final da primavera (segunda quinzena de maio a primeira de junho), de acordo com o estado de desenvolvimento da vegetação de cada SD. A vegetação foi colhida ainda em verde, no limite do seu crescimento vegetativo, para mais fácil identificação florística. Aplicou-se a amostragem de coberto visual na estimativa da cobertura vegetal com parcelas quadradas

de área fixa 0,25 m² (0,5 mx0,5 m), espaçadas sistematicamente de 10 em 10 m, ao longo de transetos, como se exemplifica para o SD de Parada (Figura 98). Foi usada a escala de Braun-Blanquet modificada para estimativa do grau de coberto.

Figura 98- Esquema de amostragem aplicado na avaliação do coberto vegetal exemplificado no SD de Parada, Bragança.



A biomassa herbácea e arbustiva foi avaliada anualmente pelo método de corte e pesagem. A vegetação aérea foi avaliada em 8 parcelas e a biomassa das raízes num subconjunto de 3 parcelas. A vegetação foi seca em estufa a 70°C, até peso constante. As parcelas ficaram assinaladas no terreno para colheitas posteriores. A mesma metodologia foi aplicada em todos os soutos. As amostras recolhidas foram separadas por categorias de vegetação (arbustivas, gramíneas, leguminosas e outras) em laboratório. Foi avaliado o peso

fresco das diferentes categorias de vegetação e efetuada a secagem do material para obtenção da biomassa. A identificação das plantas foi efetuada no local nas mesmas parcelas antes do corte. Para o cálculo do fitovolume mediu-se a altura da vegetação em três pontos da parcela, tendo sido considerado o valor médio por tipologia (arbustivas, gramíneas, leguminosas e outras), e respetivo grau de coberto.

As características do coberto vegetal espontâneo desenvolvido nos casos particulares dos SD de Parada e Salgueiros são apresentadas na Tabela 34. Foram distinguidas 18 espécies herbáceas em Salgueiros e 21 em Parada. Esta análise foi efetuada apenas nestes dois SD da Rede ClimCast.

Tabela 34- Grupos de vegetação encontrados nos SD de Salgueiros e Parada

Gramíneas		Outras	
Briza media	G1	Andryala integrifolia	01
Vulpia fasciculata	G2	Crepis capillaris	02
Elymus campestris	G3	Anthemis arvensis	О3
Polypogon sp	G4	Jasione montana	04
Anthoxanthum odoratum	G5	Logfia galica	O5
Arrhenatherum elatius	G6	Reseda lutea	06
Bromus hordeaceus	G7	Scleranthus annuus	07
Polypogon viridis	G8	11:	00
Hordeum geniculatum	G9	Hymenocarpus Lotoides	08
Leguminosas		Herniaria glabra	09
Ornithopus sativus	L1	Senecio vulgaris	010
Vicia sepium	L2	Andryala integrifolia	011
Trifolium striatum	L3	Leontdon hispidus	012
Ornithopus perpusillus	L4	Solanum nigrum	013
Lupinus luteus	L5	Spergularia sp	014
Arbustivas		Tolpis Barbata	015
Cytisus sp	A1	Rumex acetoselha	016
Cistus ladanifer	A2		
Rubus sp.	A3	Spergula arvensis	017

A biomassa por categorias de vegetação (arbustivas, gramíneas, leguminosas e outras) relativa aos SD de Parada e Salgueiros é apresentada na Figura 99. As gramíneas predominam no SD de Salgueiros enquanto no SD de Parada é a tipologia outras que prevalece. Esta diferenciação do coberto vegetal pode estar relacionada com o uso do solo antes da instalação dos soutos (cereal em Salgueiros e plantação de pinheiros em Parada). É de notar o aparecimento de arbustivas com o decorrer do tempo pelo que a manutenção adequada do subcoberto é fundamental para o seu controlo.

A percentagem de cobertura do solo, segundo a análise de componentes principais realizada (PCA), varia entre os dois soutos (Figura 100) constituindo também um elemento diferenciador dos mesmos.

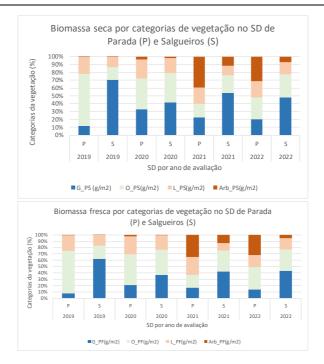


Figura 99- Biomassa por categorias de vegetação nos SD de Parada (P) e Salgueiros (S).

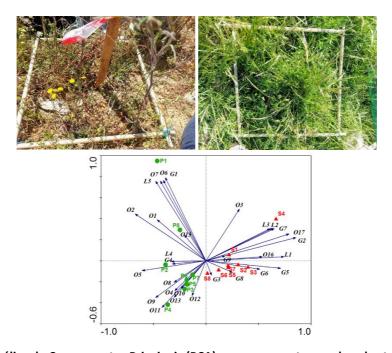


Figura 100- Análise de Componentes Principais (PCA) para a percentagem de coberto (P1, P2,...,Pn, representam as parcelas relativas ao SD de Parada e S1, S2,..., Sn, representam as parcelas relativas ao SD de Salgueiros). Os restantes símbolos representam as espécies observadas nos SD que constam na Tabela 34 por grupos de vegetação (A, arbustivas; G, gramíneas, L, leguminosas e O, outras). Aspeto da vegetação dos SD: Parada à esquerda e Salgueiros à direita.

É sobretudo a primeira componente (PC1: 23,9%) que diferencia os dois SD. A segunda componente contribui apenas com 14,1 % para essa diferenciação. No souto de Parada predominam as espécies da tipologia "outras" com uma vegetação mais ruderal enquanto no souto de Salgueiros predominam as gramíneas.

As leguminosas estão mais presentes em Salgueiros à exceção da L5 (*Lupinus*) que existe apenas em Parada com alguma preponderância.

Avaliou-se a abundância e diversidade de espécies com base nos índices de riqueza de espécies (S), de Shannon modificado (Hmod), Simpson modificado (ISmod) e inverso do índice de Berger-Parker ou inverso da proporção da espécie mais abundante (IA).

Utilizou-se a Série de Hill que permite caracterizar mais adequadamente a diversidade fazendo uso dos vários índices variando o intervalo da diversidade entre a riqueza de espécies, ou seja, diversidade máxima, e o valor 1, que corresponde à ausência de diversidade. Como se pode observar na Figura 101, o SD de Parada apresenta maior diversidade.

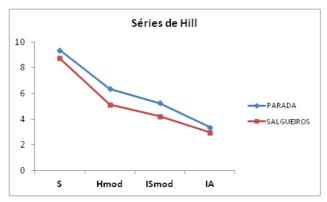


Figura 101- Análise da diversidade do coberto vegetal dos SD pela Série de Hill.

A biomassa produzida nos SD (g m⁻²) é apresentada na Tabela 35. A quantidade de biomassa aérea da vegetação dos SD variou entre 2,81 ton ha⁻¹ e 7,30 ton ha⁻¹.

Tabela 35- Biomassa do coberto vegetal espontâneo desenvolvido nos SD de Parada, Salgueiros, Carrazedo e Lagoa.

	Peso Fresco veg.	Biomassa aérea	Biomassa raizes	Biomassa total (g
Souto	(g m ⁻²)	(g m ⁻²)	(g m ⁻²)	m ⁻²)
Parada*	909,8 ± 291,6	355,2 ± 100,3	100,50 ± 28,37	455,73 ± 128,65
Salgueiros*	990,5 ± 365,6	281,5 ± 31,1	850,23 ± 93,84	1131,78 ± 124,91
Carrazedo**	2522,2 ± 557,3	730,4 ± 150,9	-	
Lagoa**	1676,0 ± 286,6	529,1 ± 114,5	-	

^{*} Médias de quatro anos de avaliação do coberto vegetal nos SD de Parada e Salgueiros

A biomassa total apenas foi avaliada nos soutos de Parada e Salgueiros tendo-se registado um valor médio de 4,55 ton ha⁻¹ e 11,31 ton ha⁻¹, respetivamente. A biomassa aérea

^{**} Dados do coberto vegetal relativos a 2021 nos SD de Carrazedo e Lagoa

demonstra também o potencial forrageiro do coberto vegetal, quer em verde quer em seco, para a alimentação animal.

De seguida apresentam-se imagens do coberto vegetal dos 8 SD da rede ClimCast. O coberto vegetal foi controlado anualmente por corte da vegetação no final da primavera ou escarificação, dependendo dos locais.

A caracterização da biodiversidade vegetal, fitovolume e biomassa do subcoberto no SD de Parada (Figura 102) foi avaliada durante 4 anos consecutivos. A caracterização da vegetação foi efetuada no final da primavera (segunda quinzena de maio). A vegetação foi colhida ainda em verde para mais fácil identificação florística. Foi seguida a metodologia do protocolo comum. As amostras da vegetação recolhida foram separadas por categorias de vegetação (arbustivas, gramíneas, leguminosas e outras) em laboratório. Foi avaliado o peso fresco das diferentes categorias de vegetação e efetuada a secagem do material para obtenção da biomassa.



Figura 102 – Recolha do coberto vegetal e tratamento das respetivas amostras em laboratório.

A biomassa aérea do coberto vegetal foi em média 3,5 ton ha⁻¹. Este SD apresenta um coberto vegetal onde predomina a categoria "outras espécies" continuando a apresentar um tipo de vegetação mais esparsa e ruderal (Figura 103). No total, a biomassa da vegetação herbácea foi de 4,5 ton ha⁻¹ o que se irá refletir na MO aportada ao solo e no C do mesmo. As herbáceas classificadas como "outras" foram a fração da biomassa mais representativa do coberto vegetal no souto de Parada. Observou-se uma tendência crescente no aparecimento de arbustivas, nomeadamente silva e esteva.



Figura 103- Amostragem do coberto vegetal após o corte.

A caracterização da biodiversidade vegetal, fitovolume e biomassa do subcoberto no SD de Salgueiros (Figura 104) foi avaliada durante 4 anos consecutivos. A caracterização da vegetação foi efetuada no final da primavera (segunda quinzena de maio). A vegetação foi colhida ainda em verde para mais fácil identificação florística. Foi seguida a metodologia do protocolo comum. As amostras da vegetação recolhida foram separadas por categorias de vegetação (arbustivas, gramíneas, leguminosas e outras) em laboratório. Foi avaliado o peso fresco das diferentes categorias de vegetação e efetuada a secagem do material para obtenção da biomassa.



Figura 104 – Recolha do coberto vegetal e raízes por amostragem. Separação da vegetação por categorias no Laboratório.

A biomassa aérea do coberto vegetal foi em média 2,8 ton ha⁻¹. Este SD apresenta um coberto vegetal generalizado com pastagem natural. No total, a biomassa da vegetação

herbácea foi de 11,3 ton ha⁻¹ o que se irá refletir na MO aportada ao solo e no C do mesmo. As gramíneas foram a fração da biomassa mais representativa do coberto vegetal neste souto.

O corte do coberto vegetal tem sido feito anualmente, em junho, usando uma motorroçadora (Figura 105).



Figura 105- Aspeto do SD após o corte da vegetação usando uma motorroçadora.

4.2. SD Porta da Espada

Nos anos de 2019 a 2021, a caracterização do coberto vegetal foi efetuada apenas por fotografia, como mostram as Figura 72 a Figura 75já anteriormente apresentadas (capítulo 2.7.3). Em 2022, foi efetuado um pequeno levantamento do coberto vegetal do qual resultou a divisão da parcela em 6 diferentes áreas (de A a F) com aspeto visual distinto (Figura 106).

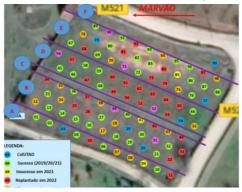


Figura 106— Divisão da parcela do SD de Porto de Espada em 6 faixas distintas de acordo com o aspeto do coberto vegetal em Abril de 2022.

As 6 faixas (zonas) distintas poderão caracterizar-se da seguinte forma:

- **ZONA A** da bordadura inferior à 1ª linha: cobertura vegetal a 100% da área, com uma altura média de cerca de 40 cm. Composição florística: gramíneas (≈ 50%); compostas (≈ 25%); *Plantago sp.* (≈ 5%); leguminosas (≤ 1%); outras.
- **ZONA B** restante área do patamar inferior até ao início do talude: cobertura vegetal a 100% da área, com uma altura média de cerca de 25 cm. Composição florística:

- gramíneas (\approx 50%); compostas (\approx 25%); *Plantago sp.* (\approx 5%); leguminosas (\leq 1%); outras.
- ZONA C talude (a separar as duas áreas úteis de plantação com uma altura de cerca de 1,5 metros na vertical): cobertura vegetal a 100% da área, com uma altura média de cerca de 50 cm. Composição florística: gramíneas (≈ 30%); compostas (≈ 40%); Plantago sp. (≈ 10%); outras.
- ZONA D patamar superior até cerca do meio da entrelinha entre as linhas 6 e 7 (cerca de 45% da área útil do patamar): cobertura vegetal a 100% da área, com uma altura média de cerca de 70 cm. Composição florística: gramíneas (≈ 10%); compostas (≈ 2%); leguminosas (≈ 1-2%); Plantago sp. (≈ 70%); outras.
- ZONA E restante área do patamar superior (cerca de 55% da área do patamar, excetuando a zona de bordadura superior): cobertura vegetal a cerca de 75% da área, com uma altura média de cerca de 15 a 20 cm. Composição florística: gramíneas (≈ 20%); compostas (≤ 1%); leguminosas (≈ 5%); Plantago sp. (≤ 1%); outras.
- ZONA F bordadura superior (constituída por um terceiro patamar, mas com talude de cerca de 0,5 m, na vertical): cobertura vegetal a 100% da área, com uma altura média de cerca de 50 cm. Composição florística: gramíneas (≈ 60%); compostas (≈ 8%); leguminosas (≈ 2%); outras.

De entre alguns géneros, que puderam ser identificados, podem referir-se os seguintes:

- <u>Gramíneas</u>: Panasco (em todas as zonas) e Balanco (concentrada em manchas, especialmente nos topos das zonas A, C e D).
- <u>Leguminosas</u>: Ornithopus sp., Medicago sp., Trifolium sp. e Vicia sp.. A maior ocorrência destas plantas observou-se na zona E, em particular junto às caldeiras que foram utilizadas na rega). Este caso pode dever-se à melhoria da fertilidade do solo resultante das fertilizações ou de sementes provenientes da matéria orgânica (em pellets) que foi aplicada à plantação (na cova).
- <u>Compostas</u>: a(s) composta(s) dominante(s) nas zonas A e B podem ver-se na Figura 107. Na Zona C e D apareciam manchas de cardos. Alguns malmequeres isolados também se observaram (Figura 108).
- <u>Plantago</u> sp.: planta dominante na zona D, como mostra a Figura 109.
- Outras: manchas ou presenças ocasionais de: soagem, Rumex, malva e outras não identificadas.



Figura 107- Leguminosas em redor das plantas na zona E.



Figura 108– Composta(s) dominante(s) (não identificada(s).



Figura 109– Plantago sp. (em 1º plano).

4.3. SD Penela da Beira

A Figura 110 apresenta o coberto vegetal característico do SD de Penela da Beira em julho de 2019 no momento em que se procedeu à colheita de amostras para análise.



Figura 110- Aspeto do coberto vegetal Cima) e colheita de amostras de vegetação (baixo).

4.4. SD Carrazedo Montenegro

A Figura 111 apresenta o coberto vegetal característico do SD de Carrazedo Montenegro onde predominam um conjunto de famílias de plantas herbáceas que não as gramíneas, nem as leguminosas (ausentes).



Figura 111- Aspeto do coberto vegetal na primavera. Amostragem do coberto vegetal em junho 2021.

Em 2020, a massa seca da vegetação colhida foi de 396 g m⁻². Em 2021, a produção total de biomassa da parte aérea da vegetação do coberto registada neste SD foi de 7,3 ton ha⁻¹ a que corresponde um peso fresco de 25,2 ton ha⁻¹. A biomassa do coberto vegetal foi

determinada separadamente por categorias: leguminosas (LEG), gramíneas (GRA) e outras (Tabela 36).

Tabela 36- Média e desvio padrão da biomassa (g m⁻²) de leguminosas (LEG), de gramíneas (GRA), de outras famílias e biomassa total no souto demostração de Carrazedo de Montenegro, resultante de 8 amostras (n=8.)

2021	LEG	GRA	LEG/GRA	Outras	Total
Peso fresco	0±0	1093±591	0	1428 ±683	2522±557
Peso seco	0±0	389±217	0	341±213	730±150
2020					
Peso seco					396±220

Foi feito o controlo do coberto vegetal, após a realização de colheita de amostras para determinação da biomassa e diversidade de espécies (Figura 112).

Figura 112- Aspeto do souto após o controlo da vegetação por escarificação.

4.5. SD Lagoa

A Figura 113 apresenta o coberto vegetal característico do SD de Lagoa onde predomina a vegetação herbácea da categoria das gramíneas.





Figura 113- Aspeto do coberto vegetal no final da primavera 2020, no momento em que se procedeu à colheita de amostras.

Em 2020 a massa seca correspondente ao coberto vegetal foi de 200,6 g.m⁻², enquanto em 2021 foi de 529,1 g.m⁻², correspondendo a uma produção total de biomassa

da parte aérea da vegetação do coberto de 5,2 ton ha⁻¹ a que corresponde um peso fresco de 16,8 ton ha⁻¹. A biomassa do coberto vegetal foi determinada separadamente por categorias: leguminosas (LEG), gramíneas (GRA) e outras (**Erro! Autorreferência de marcador inválida.**, Figura 114).

Tabela 37- Média e desvio padrão da biomassa (g m²) de leguminosas (LEG), de gramíneas (GRA) de outras famílias e biomassa total no souto demostração de Lagoa, resultante de 8 amostras (n=8).

2021	LEG	GRA	LEG/GRA	Outras	Total
Peso fresco	95,4±188,2	1436,6±446,1	0,066	143,9±159,7	1676,0±289,6
Peso seco	20,8±40,6	483,7±149,0	0,043	24,6±29,6	529,1±114,5
2020					
Peso seco					200,6 ±49,0



Figura 114 – Corte do coberto vegetal por amostragem no souto demonstração de Lagoa em julho 2021.

4.6. Banco de Germoplasma da UTAD

Tratando-se de um SD já instalado, na primeira semana de julho, é feito o controle do coberto vegetal com um destroçador de correntes (Figura 115).



Figura 115- Aspeto do banco de Germoplasma após o corte da vegetação em julho, denotando a existência de stresse hídrico forte nas árvores.

Capacidade de sequestro do carbono nos solos da rede de soutos demonstração

Patrício, M.S.^{1,2}

¹Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

²Laboratório para a Sustentabilidade e Tecnologia em Regiões de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança, <u>sampat@ipb.pt</u>

5.1. SD Salgueiros; SD Parada

O solo é um importante compartimento de carbono (C) e exerce um papel fundamental sobre a emissão de gases com efeito de estufa e consequentemente influencia as mudanças climáticas globais. É também um importante reservatório de C fundamental para a produtividade das plantas. Por outro lado, o sequestro do C no solo contribui para a diminuição do efeito de estufa. Desta forma, é importante implementar nos SD práticas de gestão que enriqueçam o C do solo bem como fazer uma gestão conservativa da MO do solo. A vegetação do subcoberto contribui anualmente com um valor considerável de carbono para o solo da ordem das 5,6 ton ha-1 (valor de C da vegetação observado no SD de Salgueiros).

O C sequestrado pela biomassa do coberto vegetal nos SD (g m⁻²) é apresentado na Tabela 38. A quantidade de C na biomassa aérea da vegetação dos SD variou entre 1,4 ton ha⁻¹ em Salgueiros e 3,6 ton ha⁻¹ em Carrazedo. O C total relativo às componentes da biomassa aérea e raízes da vegetação do coberto apenas foi avaliado nos SD de Parada e Salgueiros tendo-se registado um valor médio de 2,3 ton ha⁻¹ e 5,6 ton ha⁻¹, respetivamente.

Tabela 38- Carbono armazenado na biomassa do coberto vegetal espontâneo desenvolvido nos SD de Parada, Salgueiros, Carrazedo de Montenegro e Lagoa.

	C vegetação	C raízes	C total
Souto	(g m ⁻²)	(g m ⁻²)	(g m ⁻²)
Parada*	177,62 ± 50,14	50,25 ± 14,19	227,86 ± 64,33
Salgueiros*	140,77 ± 15,54	425,12 ± 46,92	565,89 ± 62,45
Carrazedo**	365,2 ± 75,10		-
Lagoa**	264,5 ± 85,20		-

^{*} Médias de quatro anos de avaliação do coberto vegetal nos SD de Parada e Salgueiros

^{**} Dados do coberto vegetal relativos a 2021 nos SD de Carrazedo e Lagoa

No SD de Parada foi efetuado um estudo complementar de comparação do efeito da gestão do solo nos fluxos de CO₂. Assim, foram avaliados os fluxos de CO₂ na interface solo/atmosfera em solo nu vs. solo com pastagem. O estudo foi desenvolvido pelo IPB com sistema portátil automatizado de fluxo de gás no solo LI-8100-NCE. Os resultados preliminares (Reis, 2019; Reis et al., 2019a, Reis e al., 2019b) demonstraram que a presença de vegetação no subcoberto altera a dinâmica do C do solo. Por sua vez, a manutenção de uma pastagem permanente no subcoberto dos soutos constitui uma prática ambientalmente mais sustentável em termos de gases de efeito de estufa (GEE). No período de primavera (março-julho) o teor de humidade no solo com pastagem foi superior ao observado no solo nu (Figura 116). A vegetação com o aproximar do Verão passa de sumidouro a fonte emissora de CO₂ devido à secagem progressiva e consequente perda de capacidade fotossintética.

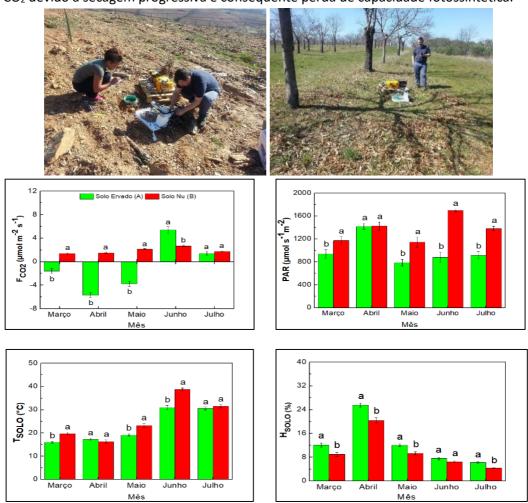


Figura 116- Variação temporal global das médias ± erro padrão dos FCO₂ (μmol m-2 s-1), PAR (μmol s-1 m-2), Tsolo (°C) e Hsolo (%) para o solo ervado (área A) e solo nu (área B), no período março a julho de 2019. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as áreas de amostragem avaliadas pelo teste de Tukey (p<0,05) (Reis, 2019).

Referências bibliográficas

Reis, L.B., Patrício, M.S., Diegues, S., Poggere, G., Feliciano, M., 2019a. Avaliação de fluxos de CO2 do solo de um sistema agroflorestal do Nordeste de Portugal. Artigo comunicação oral, in Proceedings "V Congresso Ibero-americano de Empreendedorismo, Energia, Meio Ambiente e Tecnologia (CIEEMAT)", 11 a 13 de setembro, Portalegre.

Reis L., Patrício M.S., Diegues S., Poggere G., Pereira M.G., Feliciano M. 2019b. Variação temporal e espacial de fluxos de CO2 em solos de souto com práticas de gestão do solo contrastantes. Resumo comunicação poster, in Livro de Resumos "III Congresso Nacional das Escolas Superiores Agrárias (IIICNESA)", 14 a 15 de novembro, Viseu, Portugal.

Reis, L.B. 2019. Estudo comparativo dos fluxos de CO2 na interface solo-atmosfera em sistema agroflorestal com maneio contrastante no nordeste de Portugal. Tese de mestrado em Tecnologia Ambiental, IPB, Bragança.

6 ■ Caracterização microbiológica dos solos da rede de soutos demonstração

Patrício, M.S.^{1,2} e Pereira, E.^{1,2}

¹Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

²Laboratório para a Sustentabilidade e Tecnologia em Regiões de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança, sampat@ipb.pt

A caracterização microbiológica dos solos dos soutos demonstração (SD) que serviu de base a este capítulo, baseia-se na informação recolhida de 2018 a 2021 nos SD de Parada e Salgueiros. Esta análise envolveu a recolha de amostras de solo na profundidade 0-20 cm na primavera e outono de 2018 e primavera, verão e outono de 2021. As amostras foram colhidas de forma aleatória, em zig-zag, a aproximadamente 50 cm do pé da árvore. Após a colheita das amostras estas foram acondicionadas e transportadas para o laboratório, em mala térmica, onde foram crivadas com um crivo de malha de 2 mm e removidos os resíduos vegetais e fragmentos de raízes visíveis. Os parâmetros avaliados foram os seguintes: carbono e azoto da biomassa microbiana (Cmic, Nmic), respiração basal do solo (RBS), quociente microbiano (Cmic/Corg), quociente metabólico do solo (qCO₂) e contagem de bactérias e fungos.

As determinações do carbono da biomassa microbiana (Cmic) e do azoto da biomassa microbiana (Nmic) do solo foram realizadas pelo método de fumigação-extração de acordo com as metodologias descritas por Silva et al. (2007). A respiração basal do solo (RBS) foi determinada de acordo com a norma ISO 16072 (2002). A contagem de microrganismos viáveis do solo (bactérias e fungos) foi feita pelo método de diluição seriada e espalhamento em placa. Os meios de cultura utilizados foram os seguintes: Plate Count Agar (PCA, Liofilchem, Italy), com adição de 100 mg L⁻¹ de cicloheximida, para a quantificação de bactérias, e Rose Bengal Chloramphenicol (RBC, Liofilchem, Italy), para a quantificação de fungos.

Na fase inicial de instalação do SD (2018), com o solo mais exposto devido à mobilização, a atividade microbiana do solo (Tabela 39) não variou da primavera para o outono. O carbono da biomassa microbiana do solo (Cmic) não teve alteração significativa neste período de análise. Relativamente a RBS, verificou-se em ambos os soutos maior libertação de CO₂ na primavera indicando uma maior atividade biológica neste período.

Tabela 39- Atividade microbiana inicial do solo nos SD de Parada, Bragança e Salgueiros, Vinhais (Diegues et al., 2019).

Local	Data	Corg	C_{mic}	C _{mic} /Corg	RBS	qCO ₂
		g kg ⁻¹	(mg kg ⁻¹)	(%)	(mg de C-CO ₂ kg ⁻¹ solo h ⁻¹)	(mg C-CO ² g ⁻¹ Cmic h ⁻¹)
Parada	Primavera	16,1ª	173,3 b	1,21 a	3,7 ^b	36,8 a
		(1,2)	(117,4)	(0,9)	(0,5)	(21,2)
	Outono	16,1ª	428,0 ab	2,70 a	1,7 ^b	3,8 a
		(1,2)	(32,3)	(0,3)	(0,6)	(1,4)
Salgueiros	Primavera	20,2 a	545,1 ª	2,9 a	20,6ª	36,5 a
		(3,1)	(65,0)	(0,5)	(1,2)	(6,0)
	Outono	20,2 a	531,1 ^a	2,9 a	4,3 ^b	8,7 a
		(3,1)	(65,8)	(0,6)	(0,4)	(1,7)

Valores médios, erro padrão entre parêntesis; Corg, carbono orgânico; Cmic, carbono da biomassa microbiana; RBS, respiração basal do solo; Cmic/Corg, quociente microbiano; qCO_2 , quociente metabólico do solo; Letras diferentes por coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey (p<0,05).

Na análise efetuada em 2021 (Tabela 40) observou-se em ambos os soutos um padrão algo similar em relação à atividade microbiana cuja variação pode ser atribuída às condições climatéricas próprias do ano. Deste ponto de vista será importante futuramente correlacionar os resultados obtidos com os dados climáticos registados nas estações meteorológicas instaladas nos SD. Contudo, os dados obtidos evidenciam que a atividade microbiana no SD de Parada (menor altitude), avaliada pelo carbono microbiano, demonstra menor valor neste parâmetro no verão devido a menor incorporação de C na biomassa microbiana e maior qCO₂ que se estende para o outono (Tabela 40. Os dados obtidos manifestam uma tendência para redução da atividade microbiana no verão, mais marcada no SD de Parada, uma vez que a RBS diminui.

Tabela 40- Carbono da biomassa microbiana (Cmic), azoto da biomassa microbiana (Nmic), respiração basal do solo (RBS) e quociente metabólico (qCO2) em amostras do solo colhidas em 2021.

	Estação	C _{mic}	N _{mic}	C _{mic} /C _{org}	RBS	qCO ₂
Local		(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(%)	mg C-CO ₂ kg ⁻¹	mg C-CO ₂ g ⁻
					solo h ⁻¹	¹ Cmic h ⁻¹
	Primavera	468,4±96,9 a	n.d.	2,5±0,5 a	29,2±2,2ab	64,2±13,2 ^{cd}
Parada	Verão	212,6±74,3 bc	105,4±51,5ª	1,1±0,4 b	15,2±2,6 ^c	75,8±21,0 ^{cd}
	Outono	102,4±15,8°	41,4±9,6 ^b	0,5±0,1 ^b	23,9±3,5 b	234,1±15,0°
	Primavera	287,0±51,2 b	n.d.	2,4±0,4 a	30,2±1,8 ab	107,9±21,1 ^b
Salgueiros	Verão	337,1±36,5ab	56,9±20,2 ab	2,8±1,0 a	11,6±1,0°	37,3±11,6 ^d
	Outono	196,2±120,2bc	66,9±13,3 ab	1,7±0,3ab	30,4±4,7 a	160,4±42,1 ^b

Valores médios ± desvio padrão; Cmic, carbono da biomassa microbiana; Nmic, azoto da biomassa microbiana; RBS, respiração basal do solo; Cmic/Corg, quociente microbiano; qCO₂, quociente metabólico do solo; Letras diferentes por coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey (p<0,05).

A elevada taxa de respiração a curto prazo pode significar uma mineralização da matéria orgânica e a longo prazo uma diminuição do stock do carbono orgânico no solo. Todavia, esta

variável não pode ser avaliada isoladamente, mas em conjunto com outras para que permita conclusões mais coerentes como é o caso do quociente metabólico (qCO_2). O qCO_2 foi maior na primavera em Salgueiros, relativamente a Parada, e menor nas restantes estações do ano. O maior valor do qCO_2 a partir do verão pode ser indicador de que o SD de Parada gasta mais carbono (respiração) para manutenção da microbiota do solo, ocorrendo neste SD maior perda potencial de carbono.

No geral, não foi observada uma alteração significativa na abundância de bactérias e de fungos nos dois períodos de análise em cada SD (Tabela 41). Em Parada observou-se uma abundância de bactérias mais reduzida na instalação do souto (primavera 2018) tendo recuperado com o tempo (Tabela 41).

A maior atividade microbiana foi observada na primavera em Parada (menor altitude). A altitude a que se encontram os SD parece fazer com que o verão afete mais a comunidade bacteriana em Parada relativamente a Salgueiros (Tabela 41, condicionando a sua atividade neste período com menor incorporação de C no tecido microbiano e menor eficiência dos microrganismos.

Segundo Gama-Rodrigues (1999) à medida que a biomassa microbiana se torna mais eficiente, menos C é perdido (libertado) como CO₂, pela respiração, e uma fração significativa de C é incorporada no tecido microbiano e, por isso, solos com qCO₂ baixos, estão próximos do estado de equilíbrio. O SD de Salgueiros apresenta valores mais baixos de qCO₂ no período verão outono e uma maior incorporação de C no tecido microbiano, contudo esta superioridade não pode ser considerada diferente entre SD.

Tabela 41- População de bactérias e fungos (log (UFC/g) de solo seco) nos solos dos SD de Parada e Salgueiros em 2018 e 2021

Local	Data	Bactérias		Fungos		
		2018	2021	2018	2021	
Parada	Primavera	2,8 ± 0,2 b	4,7 ± 0,7 ^{ab}	4,9 ± 0,5 b	4,9 ± 0,4 ab	
	Verão	nd	$3,3 \pm 0,4$ ^c	nd	5,2± 0,2 ^a	
	Outono	3,7 ± 0,5 ^b	5,5 ± 0,2 ^a	4,9 ± 0,5 ab	$4,7\pm0,1$ b	
Salgueiros	Primavera	4,2±0,5 ^a	4,3 ±0,9 bc	5,5±0,2 ^a	5,0± 0,2 ab	
	Verão	nd	$4,3 \pm 0,3$ b	nd	$5,2 \pm 0,1$ a	
	Outono	4,1±0,6 a	5,3 ± 0,1 ^a	5,6±0,1 ^a	$5,3 \pm 0,4$ a	

Valores médios ± desvio padrão. nd – não determinado. Letras diferentes por coluna indicam diferenças significativas entre estações do ano e entre SD pelo Teste de Turkey (p<0,05).

Esta primeira análise permitiu demonstrar alguma diferenciação entre os dois locais em estudo. Assim, a quantidade de fungos e bactérias inicial foi superior em Salgueiros devido à matéria orgânica para decomposição estar mais acessível (terreno anteriormente usado para cultivo agrícola, nomeadamente cereal) e em maior quantidade para os microrganismos. Em Parada, os resíduos orgânicos existentes no solo eram provenientes do pinhal previamente existente no local com um tipo de matéria orgânica, rica em lenhina, mais difícil de decompor

pelos microrganismos. Isto é visível na recuperação do carbono da biomassa microbiana da primavera para o outono neste local (Diegues et al., 2019). Esta diferenciação foi atenuada em 2021 manifestando-se principalmente no verão, com menor abundância de bactérias em Parada, e fungos no outono.

Referências bibliográficas

Diegues, S., Pereira, E., Afonso, S., Patrício, M. (2019). Estudo Comparativo da Microbiologia do Solo em Soutos Demonstração: Contributo para o Desenvolvimento de Estratégias de Adaptação Sustentáveis. Article In Proceedings 5th Ibero-American Congress on Entrepreneurship, Energy, Environment and Technology (CIEEMAT), 11th – 13th September, Portalegre, 319–323.

Gama-Rodrigues, E. F. (1999). Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. *In* Santos, G.A.; Camargo, F.A.O. (Eds.) Fundamentos da matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênesis, p.227-244.

ISO 16072:2002. Soil quality — Laboratory methods for determination of microbial soil respiration.

Silva E., Azevedo P., De-Polli, H. (2007). Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (BMS-C). ISSN 1517-8862, agosto 2007, Seropédica/RJ

■ Caracterização ecofisiológica das cultivares de castanheiro instaladas na rede de soutos demonstração ClimCast

Marques, T.¹, Carneiro, R.², Hilário, G.³, Gonçalves, M.³, Pinto, D.³, Pereira, M.¹, Pinto, T.¹ e Gomes-Laranjo, J.¹

¹Departamento de Biologia e Ambiente – ECVA, Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas e Inov4Agro, Laboratório Associado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro Vila Real, Portugal

²RefCast- Associação Portuguesa da Castanha, Vila Real, refcast@gmail.com

³Alunos na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.

7.1. Ano 2021

7.1.1. Análise do teor em pigmentos fotossintéticos

7.1.1.1. Conteúdo em clorofila

As primeiras análises foram realizadas em 2021, entre julho e agosto. Foram igualmente feitas determinações laboratoriais do teor em pigmentos fotossintéticos.

É ao nível da sua composição em pigmentos fotossintéticos, que as plantas procuraram adaptar-se às condições de radiação do meio ambiente onde se encontram. O teor médio de clorofila nas variedades portuguesas de castanheiro estudadas, varia entre 50 e 120 μg.cm⁻² (Livro castanheiros). Os SD com maiores teores de clorofila são Refoios de Lima (RL_PL), seguido de Lagoa (L_VPA) e Carrazedo de Montenegro (CM_Va) enquanto Parada (P_B), Salgueiros (S_Vi) e Porto da Espada (PE_M) foram os que apresentaram valores mais baixos de conteúdo de clorofilas totais (Figura 117).



Figura 117- Conteúdo médio de Clorofila total (microgramas/cm²) presente nas plantas em cada um dos soutos demonstração. A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

Quando analisamos o conteúdo de clorofila por variedade (Figura 118), verificamos que a cultivar Judia e Longal são as que apresentam valores mais altos e a Colarinha com os valores mais baixos das variedades em estudo.

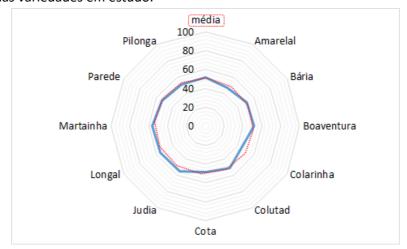


Figura 118- Conteúdo médio de Clorofila total (microgramas/cm²) presente nas plantas de cada cultivar, no conjunto de todas as análises efetuadas. A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

Em Carrazedo de Montenegro (CM_Va), destacam-se os cultivares Côta (seguido da Judia e Bária) com os teores de clorofila mais altos do SD. O ColUTAD mostrou ser o cultivar com valores mais baixos (Figura 119).

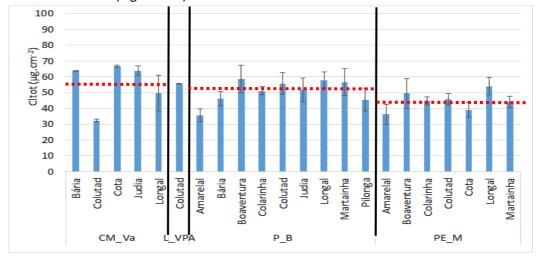


Figura 119- Conteúdo médio de Clorofila total (microgramas/cm²) presente nas plantas de cada cultivar em Carrazedo de Montenegro (CM-Va), Lagoa (L-VPA), Parada (P-B) e Porto da Espada (PE-M). A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

Em Parada (P_B), as cultivares Boaventura, ColUTAD, Longal e Martaínha foram os que obtiveram valores de clorofila mais altos. A cultivar Amarelal foi a que registou valores mais baixos de clorofila.

Mais uma vez a Boaventura e a Longal mostraram ter teores mais altos de clorofila em Porto da Espada (PE M) e a Amarelal a que teve valores mais baixos.

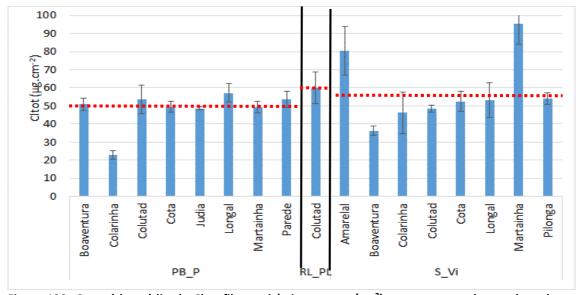


Figura 120- Conteúdo médio de Clorofila total (microgramas/cm²) presente nas plantas de cada cultivar em Penela da Beira (PB-P), Refoios de Lima (RL-PL) e Salgueiros (S-Vi). A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

Em Penela da Beira (PB_P) a cultivar Longal (seguida do ColUTAD e Parede) foram as que tiveram valores de clorofila mais altos. A Colarinha foi a que apresentou valores mais baixos do local (mas também de todos os cultivares analisados em vários locais).

Em Refoios de Lima (RL_PL) apenas temos uma cultivar representativa tal como em Lagoa o ColUTAD.

Por fim, em Salgueiros (S_Vi) há um grande destaque do cultivar Martaínha e Amarelal (valores superiores a 80 microgramas/cm²) não só no SD S_Vi, mas também numa visão geral dos cultivares por SD. A Boaventura apresentou os teores mais baixos neste SD.

7.1.1.2. Análise do balanço Cla/Clb

Como referido por (Gomes-Laranjo et al., 2007), o balanço entre as duas classes de clorofila, representado pela razão Cla/Clb, constitui uma das estratégias adaptativas das plantas face às variações de radiação solar disponível em cada local. Esta razão varia entre espécies, ajudando a classificar as espécies de sombra e de sol, mas varia igualmente dentro da mesma espécie entre variedades, ou mesmo entre árvores da mesma cultivar, ou ainda dentro da mesma árvore, entre as zonas de sombra e as de sol. A razão Cla/Clb varia

normalmente entre 3 e 5, indicando os menores valores uma melhor adaptação aos ambientes mais sombrios, enquanto os maiores sugerem melhor adaptação às condições mais soalheiras.

Verificamos que oc cultivares de Refoios de Lima (RL_PL) são os que apresentam a razão maior de Cla/Clb, seguido de Porto da Espada (PE_M), Penela da Beira (PB_P) e Carrazedo de Montenegro (CM_Va), indicando que nestes locais os cultivares serão os mais bemadaptados a exposição do sol.

Parada (P_B) e Lagoa (L_VPA) são as que têm razões menores indicando que as cultivares destes SD serão mais adaptados a condições de sombra (Figura 121).

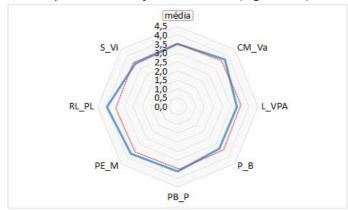


Figura 121- Razão média clorofila a/clorofila b (Cla/Clb) presente nas plantas em cada um dos soutos demonstração. A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

Quando analisamos por cultivar (Figura 122) verificamos que as cultivares Parede, Colarinha e Amarelal são as que apresentam razões Cla/Clb mais altos (acima da média global), indicando que serão cultivares mais adaptados a exposição do sol.

Em contrapartida, a cultivar Boaventura e Martaínha têm os valores de Cla/Clb mais baixos indicando que serão cultivares com características mais de sombra.

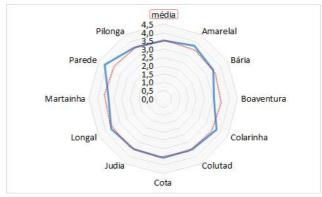


Figura 122- Razão média clorofila a/clorofila b (Cla/Clb) presente nas plantas de cada cultivar, no conjunto de todas as análises efetuadas. A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

Relativamente ao comportamento de cada cultivar em cada SD verificamos que em Carrazedo de Montenegro (CM_Va) a cultivar Longal é a que apresenta valores mais altos, o que em teoria deveria estar mais bem-adaptado a uma maior exposição solar. Por oposição, a Côta é a que tem valores Cla/Clb mais baixos, levando a crer que é um cultivar mais adaptado à sombra (Figura 123).

Em Lagoa (L_VPA) e Refoios de Lima (RL_PL) apenas temos como representante o ColUTAD sendo mais baixas as razões em Lagoa do que em Refoios de Lima o que poderemos concluir que em Lagoa os ColUTAD estão mais bem-adaptados a locais de menor exposição solar do que os de Refoios de Lima (Figura 123Figura 124).

Em Parada notamos que o cultivar Colarinha apresenta maiores valores de razão Cla/Clb e a Boaventura menores, indicando que a Colarinha será o mais bem-adaptado à exposição solar e a Boaventura a zonas de menor.

Em Porto da Espada (PE_M) as razões Cla/Clb são as mais homogéneas dos SD em estudo, no entanto verifica-se que a Amarelal é a que tem valores mais altos e a Boaventura valores de Cla/Clb mais baixos.

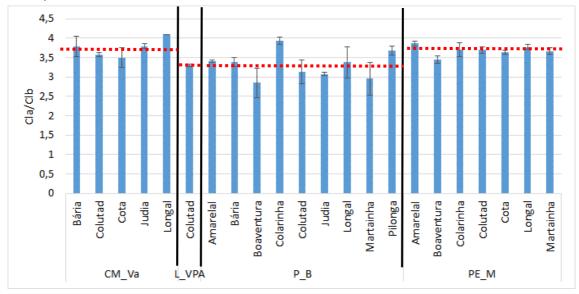


Figura 123- Razão média clorofila a/clorofila b (Cla/Clb) presente nas plantas de cada cultivar em Carrazedo de Montenegro (CM-Va), Lagoa (L-VPA), Parada (P-B) e Porto da Espada (PE-M). A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

Relativamente a Penela da Beira (PB_P) a cultivar Parede é a que apresenta maiores valores de razão Cla/Clb e o ColUTAD o que apresenta valores menores (Figura 124).

Por último em Salgueiros (S_Vi) o cultivar Amarelal tem as razões mais altas e a Boaventura mais baixas. Este resultado verificou-se exatamente idêntico ao SD Porto da Espada (PE_M).

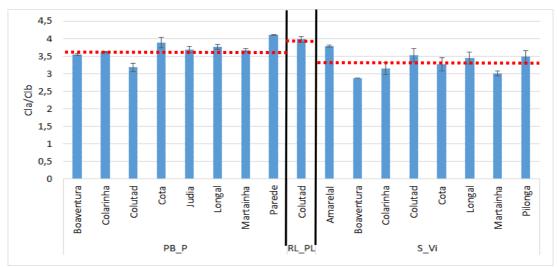


Figura 124- Razão média clorofila a/clorofila b (Cla/Clb) presente nas plantas de cada cultivar em Penela da Beira (PB-P), Refoios de Lima (RL-PL) e Salgueiros (S-Vi). A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

7.1.1.3. Conteúdo em carotenoides

Os carotenoides são pigmentos fotossintéticos com importantes funções a nível da folha:

1) por um lado auxiliam a captura de radiação para a fotossíntese, por outro auxiliam na defesa da clorofila contra a sua degradação por foto-oxidação. Relativamente aos carotenoides, é de notar que Lagoa (L_VPA) é o SD que apresenta valores mais altos. Em oposto a este, o SD Refoios de Lima (RL_PL) é o que apresenta os teores de carotenoides mais baixos de entre os locais estudados (Figura 125).

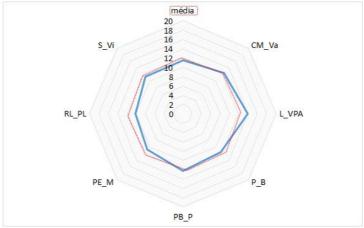


Figura 125- Conteúdo médio de Carotenoides totais (microgramas/cm²) presente nas plantas em cada um dos soutos demonstração. A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

Quando vamos analisar as cultivares dos SD em estudo (Figura 126), verificamos que a Amarelal, Bária, Longal e Parede são as que têm conteúdos em carotenoides mais altos. Boaventura, Colarinha, ColUTAD, Côta, Martaínha e Pilonga foram os que tiveram valores mais baixos de carotenoides (abaixo da média geral).

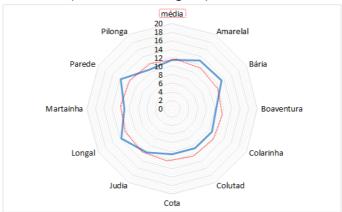


Figura 126- Conteúdo médio de Carotenoides totais (microgramas/cm²) presente nas plantas de cada cultivar, no conjunto de todas as análises efetuadas. A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

Analisando as variedades individualmente por SD, verificamos que em Carrazedo de Montenegro (CM_Va) o cultivar Bária foi o que teve valores mais altos de carotenoides e o ColUTAD os mais baixos (também se verificou para este último os teores mais baixos de clorofila) (Figura 127).

Em Lagoa (L_VPA) e Refoios de Lima (RL_PL) a única cultivar em estudo é o ColUTAD, tendo os valores de carotenoides mais altos em Lagoa (na clorofilas verificou-se o oposto).

Em Parada (P_B) os valores foram os mais homogéneos entre os cultivares quando comparados com os restantes SD. Neste local verificamos que o cultivar Longal e Bária foram os que tiveram valores mais altos de carotenoides e a Judia os valores mais baixos. Comparando com os resultados obtidos no conteúdo de clorofila verificamos que o Longal foi o que também teve valores mais altos (Figura 127).

Em Porto da Espada (PE_M) destaca-se o cultivar Longal com maior teor de carotenoides e ColUTAD e Côta com valores mais baixos. É de notar que o cultivar Longal também teve os valores de clorofila mais altos dos restantes (Figura 127 e Figura 119).

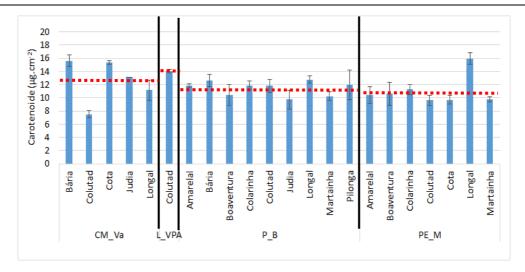


Figura 127- Conteúdo médio de Carotenoides total (microgramas/cm²) presente nas plantas de cada cultivar em Carrazedo de Montenegro (CM-Va), Lagoa (L-VPA), Parada (P-B) e Porto da Espada (PE-M). A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

Relativamente a Penela da Beira (PB_P) volta-se a destacar o cultivar Longal nos valores mais altos de carotenoides (identicamente aos resultados de clorofila, no entanto menos acentuado). O cultivar Colarinha foi o que apresentou valores de carotenoides mais baixos igualmente como tinha acontecido nos resultados de clorofila.

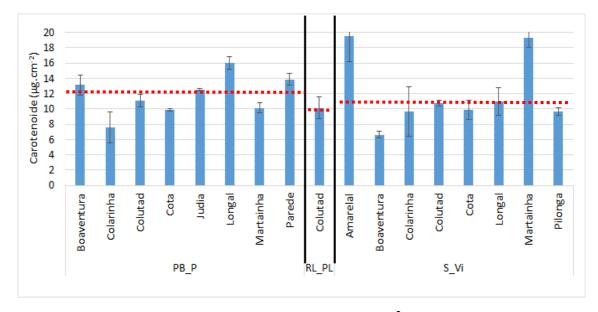


Figura 128- Conteúdo médio de Carotenoides total (microgramas/cm²) presente nas plantas de cada cultivar em Penela da Beira (PB-P), Refoios de Lima (RL-PL) e Salgueiros (S-Vi). A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

Por último em Salgueiros (S_Vi), Amarelal e Martaínha destacam-se no conteúdo de carotenoides tal como nos resultados de clorofila sendo os cultivares com valores mais altos. A Boaventura volta a ser o cultivar com o conteúdo de carotenoides mais baixos quando compramos como conteúdo das clorofilas (sendo o mais baixo em conteúdo tanto de carotenoides como de clorofila em Salgueiros) (Figura 127 e Figura 120).

7.1.1.4. Análise do balanço clorofila/carotenoides

O balanço entre o conteúdo de clorofilas e carotenoides é um importante indicador sobre a capacidade como a planta, mais concretamente as suas folhas e em particular os cloroplastos fazem a regulação da sua adaptação às condições do meio ambiente. Em termos médios, as plantas apresentam uma proporção de 5 para 1. Por norma razões mais elevadas entre estes dois grupos de pigmentos indicam condições edafoclimáticas de menor stress para as plantas e vice-versa.

Analisando os resultados da razão Clorofila/Carotenoide (Cl/Car) verificamos que o souto com valores mais altos é Refoios de Lima (RL_PL) seguido pelo Salgueiros (S_Vi). O SD com valores mais baixos de razão Cl/Car foi Porto da Espada (PE_M) e Lagoa (L_VPA) (Figura 129).



Figura 129- Razão média Clorofila/Carotenoide (Cl/Car) presente nas plantas em cada um dos soutos demonstração. A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

Em teoria, e transpondo para este caso, então as cultivares em Refoios de Lima (RL_PL) são cultivares com menor tolerância a altas radiações. Porto outro lado, Porto da Espada (PE_M) e Lagoa (L_VPA) são cultivares mais tolerantes a altas radiações. É de referir que em Lagoa apenas temos a cultivar ColUTAD como representante.

Na análise da razão por cultivar verifica-se que a Boaventura e Martaínha são os cultivares com maior razão Cl/Car e, por oposto, a cultivar Amarelal é a que tem razões menores. Estes resultados em teoria podem indicar que os cultivares Boaventura e Martaínha são menos tolerantes a radiações mais altas e, Amarelal é a que tem maior tolerância (Figura 130).

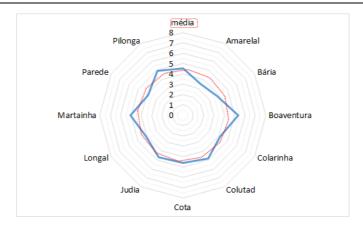


Figura 130- Razão média Clorofila/Carotenoide (Cl/Car) presente nas plantas de cada cultivar, no conjunto de todas as análises efetuadas. A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

Quando analisamos os cultivares por cada SD verificamos que em Carrazedo de Montenegro (CM_Va) o cultivar Judia foi o que apresentou maiores razões Cl/Car e o cultivar Bária foi o que teve menores valores (Figura 131).

Em Lagoa (L_VPA) e em Refoios de Lima (RL_PL) apenas temos como representante o ColUTAD onde se destaca claramente o do SD de Refoios de Lima com maior razão Cl/Car do que em Lagoa. Segundo a literatura, seria de esperar que os ColUTAD de Refoios de Lima (RL PL) são menos adaptados a uma maior radiação solar do que os de Lagoa (L VPA).

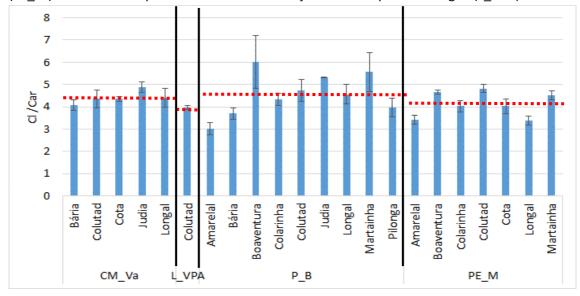


Figura 131- Razão média Clorofila/Carotenoide (Cl/Car) presente nas plantas de cada cultivar em Carrazedo de Montenegro (CM-Va), Lagoa (L-VPA), Parada (P-B) e Porto da Espada (PE-M). A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

Em Parada (P_B) verifica-se que Boaventura é o que tem valores de razão mais altos (seguido do cultivar Martaínha) e a Amarelal o que tem valores mais baixos.

Em Porto da Espada (PE_M) o cultivar com razão Cl/Car mais alto é o ColUTAD seguido do Boaventura e Martaínha e, o Amarelal foi o que teve razões mais baixas. Em Parada, verificaram-se resultados similar.

Em Penela da Beira (PB_P) Côta e Martaínha foram os cultivares com maior razão Cl/Car neste souto e, Colarinha o que teve valores mais baixos (Figura 132).

Por último em Salgueiros (S_Vi), Boaventura e Pilonga foram os que tiveram razões mais altas de Cl/Car e Amarelal foi o cultivar com valores de razão mais baixos (Figura 132).

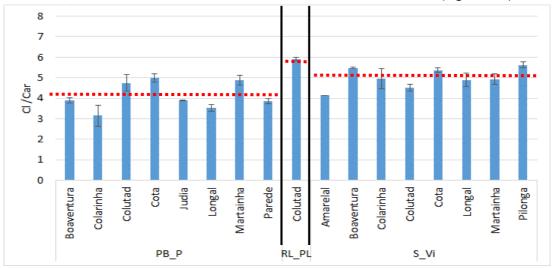


Figura 132- Razão média Clorofila/Carotenoide (Cl/Car) presente nas plantas de cada cultivar em Penela da Beira (PB-P), Refoios de Lima (RL-PL) e Salgueiros (S-Vi). A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

Quando comparamos com os cultivares em conjunto verificamos que há semelhanças. O cultivar Amarelal é o que apresenta razões mais baixas (verificou-se em 3 Soutos de Demonstração) e, Boaventura e Martaínha eram os que tinham razões mais altas (verificaram-se esses resultados em 2 soutos mais um para a Boaventura).

7.1.2. Avaliação do estado hídrico das plantas

Os trabalhos decorreram em simultâneo com a avaliação da produtividade fotossintética em Julho e Agosto. As medições foram feitas em todos os soutos entre as 11 e as 15h (Figura 133 a Figura 135). De acordo com a bibliografia, valores de pressão hídrica abaixo de 12 bars, representam níveis hídrico de conforto para a planta. Acima destes valores recomenda-se a rega.

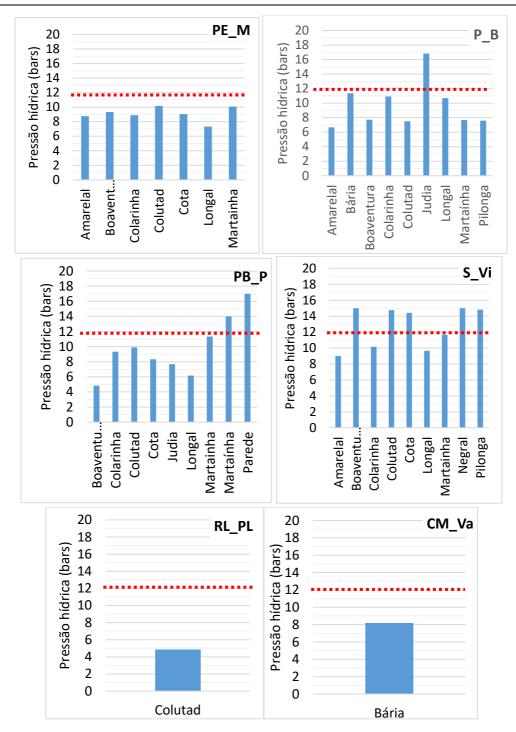


Figura 133- Valores da pressão hídrica regista nas diversas variedades nos soutos demonstração em estudo. A linha vermelha tracejada representa o valor máximo de pressão hídrica admissível para a planta manter condições adequadas de trocas gasosas.

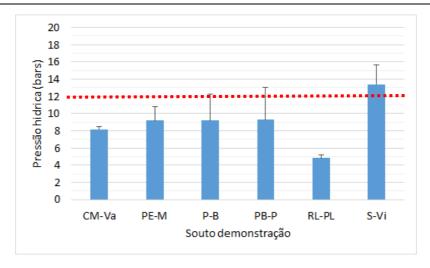


Figura 134 – Pressão hídrica média medida em cada um dos soutos demonstração. A linha vermelha tracejada representa o valor máximo de pressão hídrica admissível para a planta manter condições adequadas de trocas gasosas.

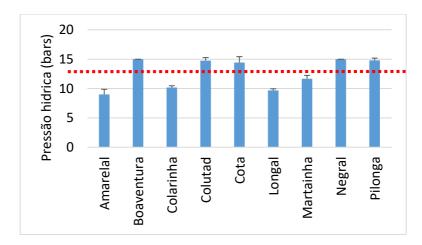


Figura 135- Pressão hídrica média medida em cada variedade. A linha vermelha tracejada representa o valor máximo de pressão hídrica admissível para a planta manter condições adequadas de trocas gasosas.

7.1.3. Avaliação do estado nutritivo foliar

7.1.3.1. Macronutrientes

Durante os trabalhos de campo para avaliação ecofisiológica das variedades foram feitas colheitas de amostras foliares para determinação do conteúdo em nutrientes minerais. Entre a Figura 136 e a Figura 137 apresentam-se os resultados obtidos em cada SD para os macronutrientes (N- azoto, K- potássio, Ca- cálcio, P- fósforo, Mg- magnésio e S-enxofre) para cada cultivar.

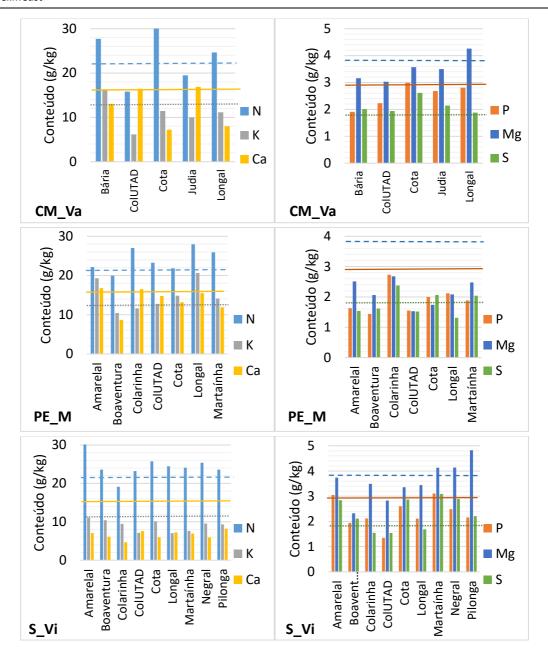


Figura 136- Conteúdo médio em macronutrientes (esquerda: azoto, potássio, cálcio; direita: fósforo, magnésio e enxofre) nos soutos demonstração de Carrazedo de Montenegro (CM-Va), Porta da Espada (PE-M) e Salgueiros (S-Vi). As linhas horizontais assinalam o conteúdo adequado para cada nutriente, havendo correspondência entre a cor da linha e da marca referente ao nutriente.

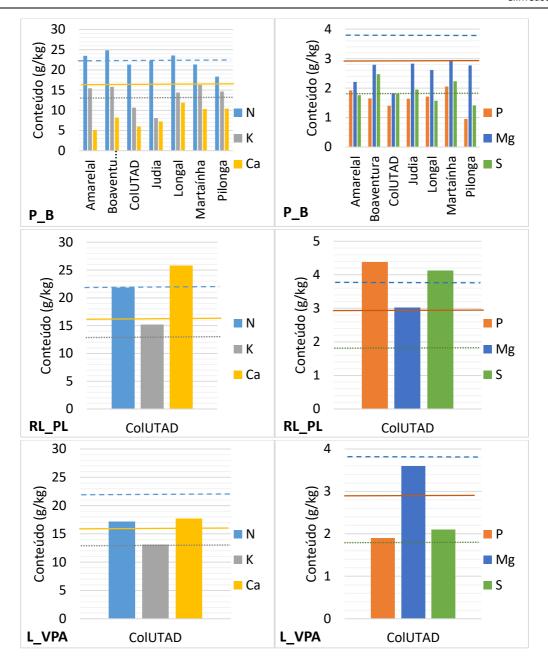


Figura 137- Conteúdo médio em macronutrientes (esquerda: N - azoto,K - potássio, Ca - cálcio; direita: P - fósforo, Mg - magnésio e S - enxofre) nos soutos demonstração de Parada (P-B), Refoios do Lima (RL-PL) e Lagoa (L-VPA). As linhas horizontais assinalam o conteúdo adequado para cada nutriente, havendo correspondência entre a cor da linha e da marca referente ao nutriente.

Entre a Figura 138 e a Figura 141, são apresentados os resultados das análises foliares de macronutrientes referentes a cada cultivar nos diferentes SD.

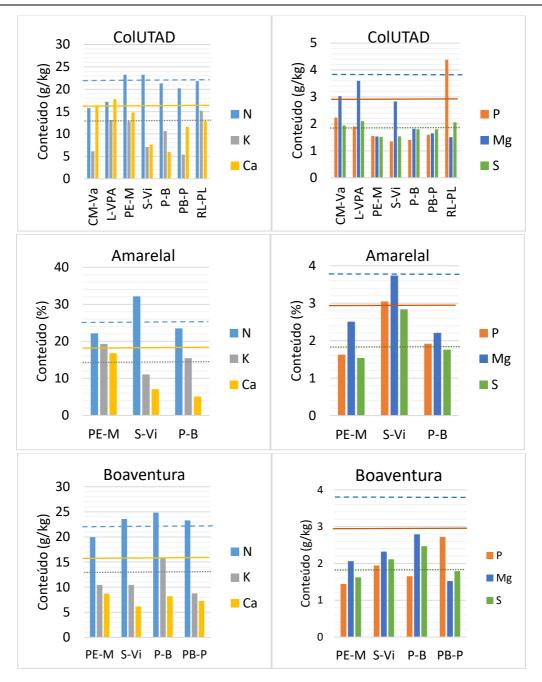


Figura 138- Conteúdo médio em macronutrientes (esquerda: azoto, potássio, cálcio; direita: fósforo, magnésio e enxofre) nas cultivares ColUTAD, Amarelal e Boaventura em cada um dos SD. As linhas horizontais assinalam o conteúdo adequado para cada nutriente, havendo correspondência entre a cor da linha e da marca referente ao nutriente.

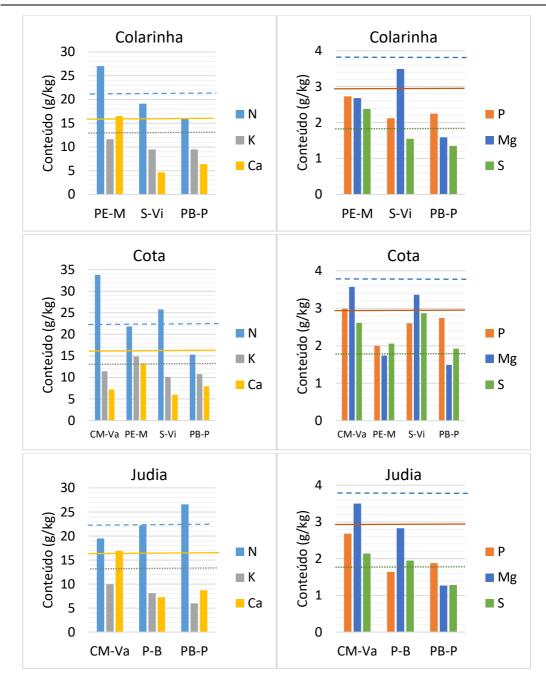


Figura 139- Conteúdo médio em macronutrientes (esquerda: azoto, potássio, cálcio; direita: fósforo, magnésio e enxofre) nas cultivares Colarinha, Cota e Judia em cada um dos SD. As linhas horizontais assinalam o conteúdo adequado para cada nutriente, havendo correspondência entre a cor da linha e da marca referente ao nutriente.

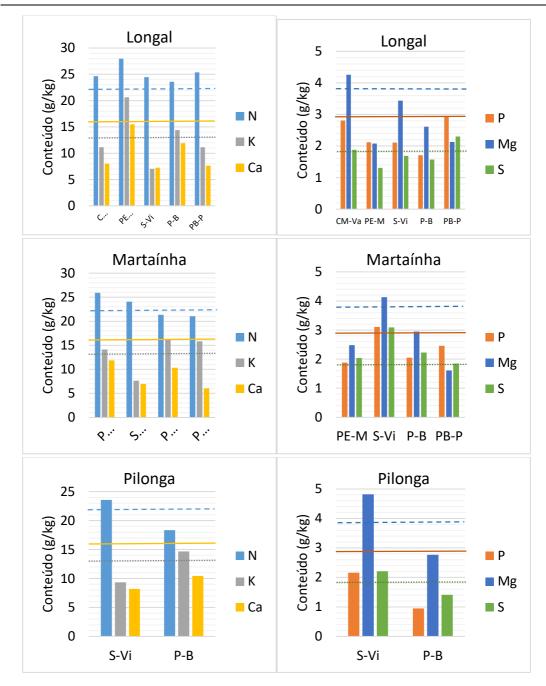


Figura 140- Conteúdo médio em macronutrientes (esquerda: azoto, potássio, cálcio; direita: fósforo, magnésio e enxofre) nas cultivares Longal, Martaínha e Pilonga em cada um dos SD. As linhas horizontais assinalam o conteúdo adequado para cada nutriente, havendo correspondência entre a cor da linha e da marca referente ao nutriente.

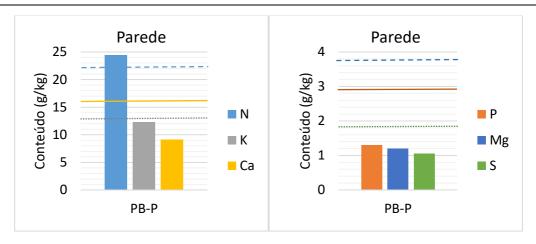


Figura 141- Conteúdo médio em macronutrientes (esquerda: azoto, potássio, cálcio; direita: fósforo, magnésio e enxofre) na cultivar Parede em cada um dos SD. As linhas horizontais assinalam o conteúdo adequado para cada nutriente, havendo correspondência entre a cor da linha e da marca referente ao nutriente.

7.1.3.2. Micronutrientes

Durante os trabalhos de campo para avaliação ecofisiológica das variedades foram feitas colheitas de amostras foliares para determinação do conteúdo nos seguintes nutrientes minerais: Fe – ferro, Zn – zinco, Cu – cobre e Mn – manganês (Figura 142 aFigura 153).

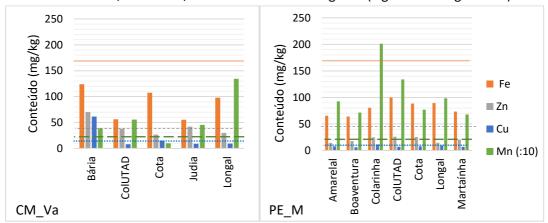


Figura 142- Conteúdo em micronutrientes minerais nas diferentes variedades instaladas em cada um dos soutos demonstração. As linhas horizontais assinalam o conteúdo adequado para o respetivo nutriente havendo concordância entre cor e nutriente. O teor de manganês está dividido por 10 Mn(:10).

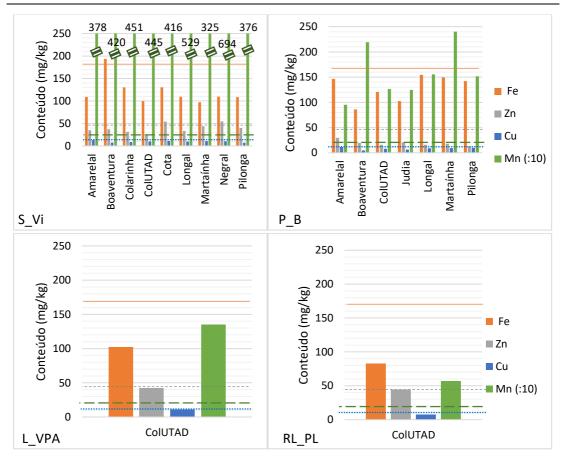


Figura 143- Conteúdo total de micronutrientes minerais presentes em folhas de castanheiro das diversas variedades estudadas em cada souto demonstração. As linhas horizontais assinalam o conteúdo adequado para o respetivo nutriente havendo concordância entre cor e nutriente. O teor de manganês está dividido por 10 Mn(:10).

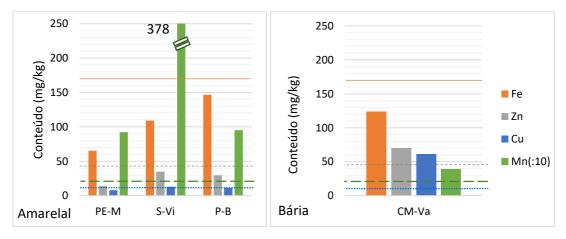


Figura 144- Conteúdo em micronutrientes minerais para cada variedade instalada nos diferentes soutos demonstração. As linhas horizontais assinalam o conteúdo adequado para o respetivo nutriente havendo concordância entre cor e nutriente. O teor de manganês está dividido por 10 Mn(:10).

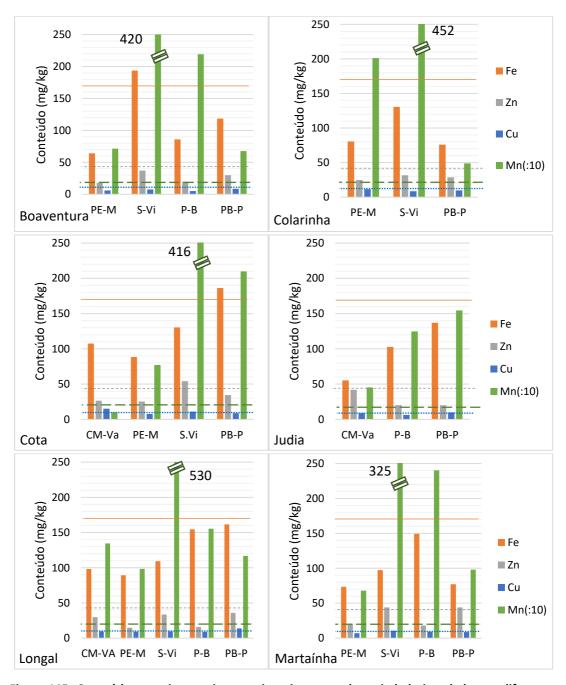


Figura 145- Conteúdo em micronutrientes minerais para cada variedade instalada nos diferentes soutos demonstração. As linhas horizontais assinalam o conteúdo adequado para o respetivo nutriente havendo concordância entre cor e nutriente. O teor de manganês está dividido por 10 Mn(:10).

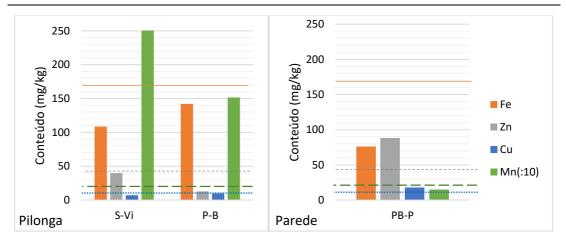


Figura 146- Conteúdo em micronutrientes minerais para cada variedade instalada nos diferentes soutos demonstração. As linhas horizontais assinalam o conteúdo adequado para o respetivo nutriente havendo concordância entre cor e nutriente. O teor de manganês está dividido por 10 Mn(:10).

Foi igualmente analisado o conteúdo em boro (Figura 147 aFigura 151). Devido a fertilização com boro efetuada no SD de Porta da Espada (PE-M) os teores deste micronutriente estão muito acima dos valores adequados (30 -75 mg/kg), sendo mesmo suscetíveis de causar toxicidade (ver ponto 2.7).

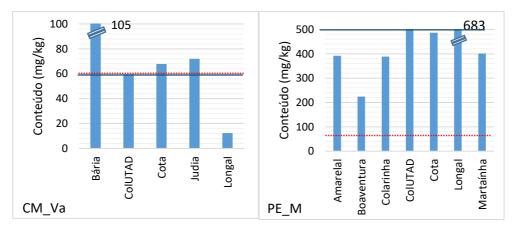


Figura 147- Conteúdo em boro nas diferentes variedades instaladas em Carrazedo de Montenegro (CM-VA) e Porta da Espada (PE-M). A linha horizontal a tracejado fino assinala o conteúdo adequado e a linha azul continua assinala o valor de referência do ColUTAD.

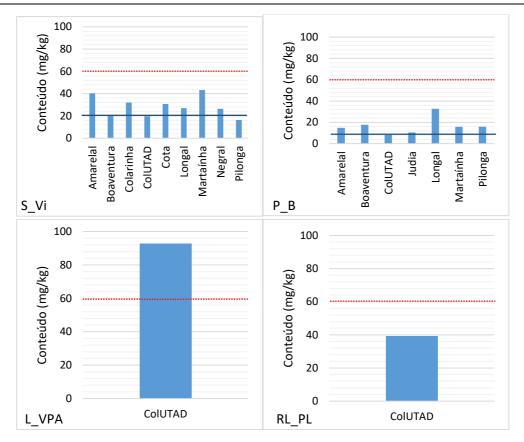


Figura 148- Conteúdo em boro nas diferentes variedades instaladas em Salgueiros (S-Vi), Parada (P-B), Lagoa (L-VPA) e Refoios do Lima (RL-PL). A linha horizontal a tracejado fino assinala o conteúdo adequado e a linha azul continua assinala o valor de referência do ColUTAD.

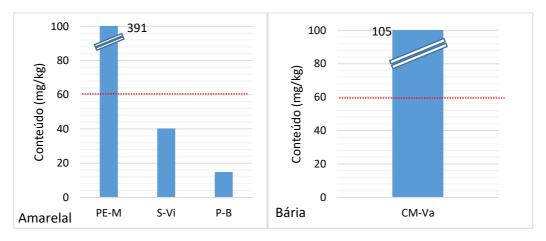


Figura 149- Conteúdo foliar em boro presente nas cultivares Amarelal e Bária nos diferentes SD. A linha horizontal a tracejado fino assinala o conteúdo adequado.

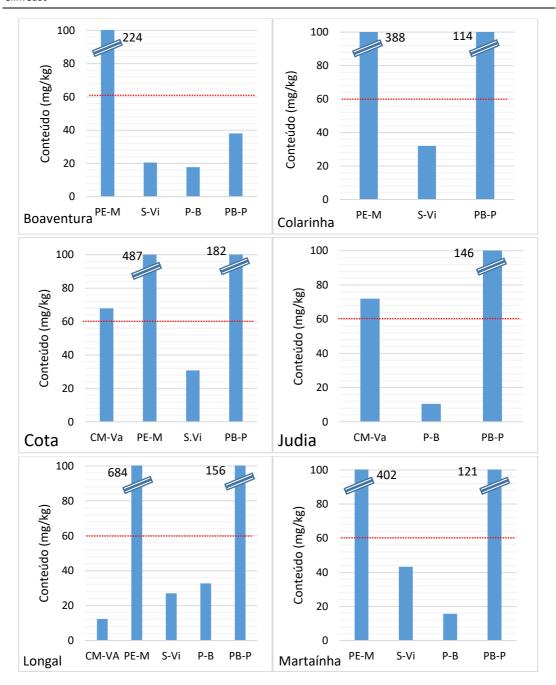


Figura 150- Conteúdo foliar em boro presente nas cultivares Boaventura, Colarinha, Cota, Judia, Longal e Martaínha nos diferentes SD. A linha horizontal a tracejado fino assinala o conteúdo adequado.

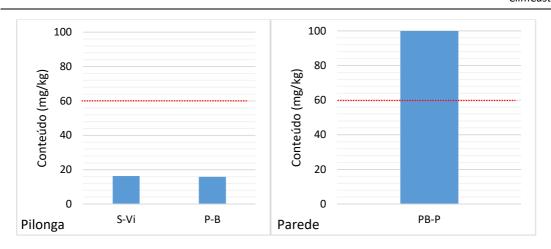


Figura 151- Conteúdo foliar em boro presente nas cultivares Pilonga e Parede nos diferentes SD. A linha horizontal a tracejado fino assinala o conteúdo adequado.

7.2. Ano 2022

Os trabalhos decorreram entre julho e agosto, tendo sido efetuadas visitas a cada um dos soutos demonstração onde foram feitas medições em 3 exemplares de cada variedade. As medições decorreram entre as 11h as 14h em cada um dos dias de trabalho de campo, cujo dia deveria estar com céu limpo.

Do SD de Lagoa (L-VPA) não foi possível apresentar resultados por não se ter conseguido instalar as cultivares. Nos restantes 6 SD foi feito trabalho com quase todas as cultivares conforme se pode observar na Tabela 42.

Tabela 42- Listagem de cultivares estudadas em cada um dos soutos demonstração: Carrazedo de Montenegro (CM-Va), Parada (P-B), Penela da Beira (PB-P), Porto da Espada (PE-M), Refoios do Lima (RL-PL) e Salgueiros (S-Vi).

	CM-Va	P-B	PB-P	PE_M	RL-PL	S-Vi
Amarelal						
Bária						
Boaventura						
Colarinha						
ColUTAD						
Côta						
Judia						
Longal						
Martaínha						
Parede						
Pilonga						

Foram efetuadas medições de trocas gasosas de forma a obter dados de taxa fotossintética e taxa de transpiração e feito o teste de fluorescência da clorofila designado Teste OJIP, de forma a obter-se o Índice de Performance (IP) para cada cultivar. Foram igualmente feitas determinações laboratoriais do teor em pigmentos fotossintéticos.

7.2.1. Avaliação do nível hídrico das plantas

Um bom nível hídrico nas plantas é absolutamente crucial para que a planta possa manter as folhas com seus estomas abertos durante o dia, e assim realizar as trocas gasosas (Figura 152): permitir a saída de vapor de água (transpiração) e oxigénio e a entrada do dióxido de carbono (para a fotossíntese).

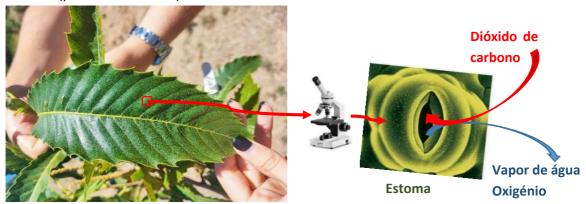


Figura 152- Folha de castanheiro, cultivar Martaínha, com apresentação simplificada das trocas gasosas que ocorrem nas folhas durante o dia enquanto existir luz solar. Nota corretiva: os estomas encontram-se, aos milhares, localizados na parte inferior da folha e não na superior como a imagem pode sugerir. O orifício que se observa na imagem corresponde a cerca de 0,003 mm.

Os estudos anteriores sugerem que no castanheiro, devemos sempre manter este nível num valor abaixo de 12 bars de pressão hídrica (Mota, 2018). A pressão hídrica é um parâmetro que nos permite aferir o estado hídrico das plantas através das suas folhas.

Este parâmetro implica a sujeição de uma folha de cada vez a uma pressão dentro de uma câmara apropriada, até que se obtenha um ponto de equilíbrio entre a pressão exercida dentro da câmara e a força de retenção da água pela folha. Naturalmente que quanto maior for essa pressão, menor é a quantidade de água disponível dentro da folha e, por consequência dentro da planta. A folha funciona assim como um sensor para a avaliação da água na planta (Figura 153).



Figura 153- Durante a realização de uma medição da pressão hídrica efetuada com com uma câmara de pressão tipo "pump-up" (https://www.pmsinstrument.com/resources/ measuring-stem-water-potential-swp/).

Em termos globais, as plantas dos soutos de Parada (P-B), Salgueiros (S-Vi) e L-VPA enfrentavam problemas hídricos mais ou menos severos, no momento das medições. Em P-B, o valor médio foi de 15,9 bars, em S-Vi foi de 14,9 bars e em L-VPA foi 13,4 bars. Nos restantes soutos, o nível hídrico estava dentro de valores adequados, destacando-se o souto de Refoios do Lima (RL-PL) e de Penela da Beira (PB-P) por as suas plantas terem em Final de Julho tão elevado nível hídrico (Figura 154). Conforme foi estabelecido de início, não foi feita qualquer rega em nenhum souto.

Quando comparamos os soutos, verificamos que o souto que apresenta as plantas com menor grau de hidratação é Parada. Isto pode ser devido a vários fatores (como a temperatura e estrutura e constituição do solo). No entanto, quando comparado com Porto de Espada (média de 38°C) e Salgueiros (média de 35°C) e Parada (36°C) verificamos que em Porto de Espada as plantas estão melhor hidratadas, salientando aqui o papel da exposição solar (encosta com pendor sul/poente) e estrutura do solo têm em Parada provocando um aumento muito grande na crise hídrica das plantas. Esta situação é similar à que ocorre em Salgueiros, mas não em Porto de Espada em que o SD está instalado em terreno plano, com solo profundo.

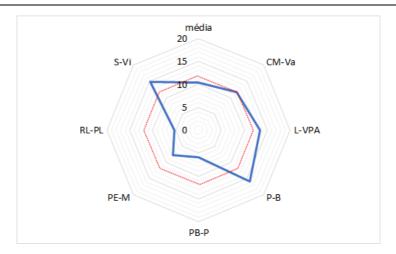


Figura 154- Valores médios da pressão hídrica registados em cada SD. Cada valor é o resultado de todas as medições efetuadas em cada SD. A linha vermelha tracejada representa o valor adequado de pressão hídrica para o castanheiro.

Em relação ao comportamento global das cultivares, a Parede e a Pilonga apresentaram, em termos gerais valores de 12,8 e 12,5 bars, respetivamente, valores estes que estão no limiar do nível adequado (12 bars). Quantos às restantes, apresentaram valores entre 9 e 10,5 bars excepto o ColUTAD com 11,8 bars (Figura 155).

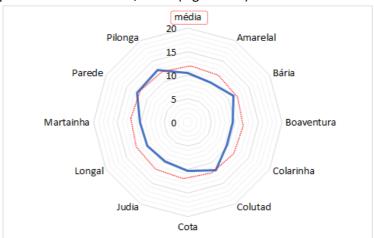


Figura 155- Valores médios da pressão hídrica registados em cada cultivar. Cada valor é o resultado de todas as medições efetuadas em cada cultivar. A linha vermelha tracejada representa o valor adequado de pressão hídrica para o castanheiro.

Em Carrazedo de Montenegro (CM-Va), as cultivares ColUTAD, Côta, Judia estavam com nível hídrico inferior ao adequado, destacando-se neste souto as plantas da Amarelal, Bária, Colarinha, Longal, Martaínha, Parede e Pilonga (sobretudo esta) por possuírem níveis adequados de água (Figura 156).

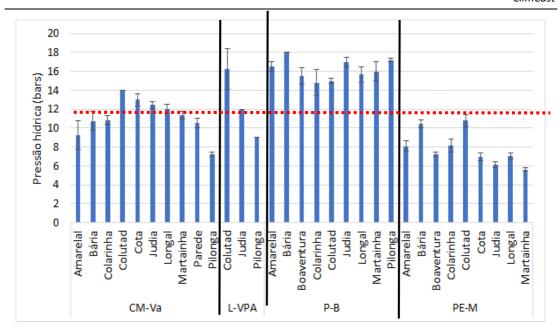


Figura 156- Valores médios da pressão hídrica registados em Carrazedo de Montenegro (CM-Va), Lagoa (L-VPA), Parada (P-B) e Porto da Espada (PE-M). Cada valor é o resultado de todas as medições efetuadas em cada SD. A linha vermelha tracejada representa o valor adequado de pressão hídrica para o castanheiro.

Em Lagoa (V-VPA), o ColUTAD mostrou igualmente dificuldades na gestão hídrica, apresentando um valor de 16 bars (sintomático de fortes carências hídricas). Nas mesmas condições, a Pilonga destacou-se aqui pelo elevado nível hídrico (Figura 156).

Por sua vez em Parada (P-B), todas as cultivares estavam em crise hídrica, que era mais acentuada na Bária (18,0 bars) (Figura 156).

Contrariamente em Porto da Espada (PE-M), todas estavam em conforto hídrico. Poderse-á destacar a Bária e o ColUTAD como as menos e a Martaínha e Judia como as mais confortáveis (Figura 156).

Em Penela da Beira (PB-P), não foi observada qualquer restrição hídricas, todas as cultivares apresentaram valores entre 4 e 7 bars, o mesmo sucedendo em Refoios do Lima. Nestes dois soutos, foi o ColUTAD, que apesar de tudo apresentou os mais de pressão mais elevado (indicador de menor conteúdo interno de água) (Figura 157).

Por fim em Salgueiros (S-Vi), todas as cultivares estavam abaixo do limiar adequado de água (pressão hídrica acima de 12 bars), destacando-se a Pilonga, Martaínha, ColUTAD e Colarinha como as mais afetadas (Figura 157).

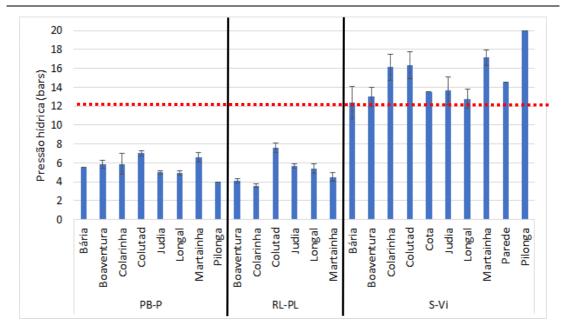


Figura 157- Valores médios da pressão hídrica registados em Penela da Beira (PB-P), Refoios do Lima (RL-PL) e Salgueiros (S-Vi). Cada valor é o resultado de todas as medições efetuadas em cada SD. A linha vermelha tracejada representa o valor médio global de todas as medições.

7.2.2. Avaliação do estado de nutrição mineral

7.2.2.1. Análise do conteúdo em macronutrientes minerais

Um bom nível hídrico nas plantas é absolutamente crucial para que a planta possa manter as folhas com seus estomas abertos durante o dia, e assim realizar as trocas gasosas (Figura 152): permitir a saída de vapor de água (transpiração) e oxigénio e a entrada do dióxido de carbono (para a fotossíntese).

O azoto é o macronutriente mais abundante nas plantas, sendo também o mais exigido em relação aos demais. A sua função mais importante está relacionada com sua participação na constituição das proteínas. Além disso, participa também na formação de compostos indispensáveis às plantas, como purinas, pirimidinas e coenzimas. De todos os nutrientes minerais, o azoto é o mais importante para o crescimento das plantas, influenciando o crescimento das folhas e, consequentemente, a disponibilidade de hidratos de carbono disponíveis para o crescimento, a taxa fotossintética por unidade de área da folha, bem como o número e tamanho de órgãos de armazenamento. Quando existe uma carência nutricional de azoto, um dos principais sintomas que se observam é a perda de cor das folhas, principalmente as mais velhas. Além disso, as plantas ficam mais fracas, os seus caules ficam atrofiados e a floração é reduzida. Quando se verifica o excesso de azoto nas plantas, a floração atrasa-se e as plantas ficam mais débeis. As plantas tornam-se menos resistentes a problemas fitossanitários, como pragas e doenças, entre outros fatores.

Um dos principais efeitos do potássio nas plantas caracteriza-se pela sua intervenção nos processos de transporte de fotoassimilados (açúcares) entre as folhas e os restantes órgãos da planta. Desta forma, favorece a coloração e qualidade gustativa dos frutos (quer no seu peso e calibre quer no seu teor em açúcares). É nutriente ativo na regulação da transpiração, atuando no movimento de abertura e fecho dos estomas, estando também associado à absorção de água e nutrientes através do sistema radicular. Quando o potássio está em excesso, este interfira com a absorção de outros nutrientes como o cálcio.

O cálcio é um macronutriente catiónico e secundário muito importante para o desenvolvimento das plantas, encontrado no solo na forma de carbonatos, sulfatos e silicatos. Quando adicionado ao solo, na forma de calcário, contribui para reduzir a acidez do solo, diminuindo a toxicidade do alumínio, cobre e manganês. O cálcio é um componente importante na formação das células vegetais que estruturam os tecidos das plantas, fazendo parte da parece celular. ajuda na disponibilidade de molibdênio e de outros micronutrientes. Aquando da sua deficiência, inibe o crescimento da parte radicular e aérea.

Pela observação da Figura 158, todos os SD apresentam níveis acima do adequado, ou seja, têm à sua disposição o azoto que a cultura necessita.

Quanto ao potássio, este apresenta-se um pouco abaixo do valor recomendado exceto no SD de Marvão (PE-M), onde apresenta com valores um pouco superiores ao recomendado.

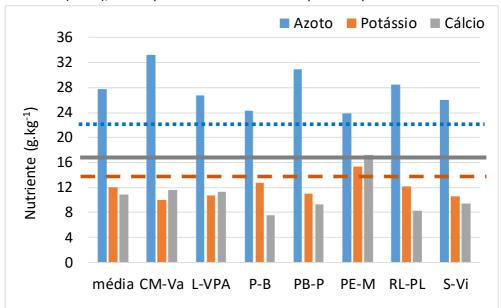


Figura 158- Conteúdos médios em azoto, potássio e cálcio em cada SD e o valor médio global de todos os SD. Cada valor médio em cada SD é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto, a linha castanha com tracejado largo e a linha cinzenta representam os valores adequados para cada nutriente.

Os níveis de cálcio (com exceção de Marvão que apresenta sensivelmente os níveis recomendados) encontram-se abaixo dos níveis recomendados em todos os soutos demonstração, em especial no souto de Bragança e de Refoios do Lima.

O fósforo caracteriza-se por ser um macronutriente primário e essencial devido à sua importância no crescimento e desenvolvimento das plantas. Integra as membranas fosfolipídicas, entra na constituição dos nucleótidos e no armazenamento e transferência de energia como o ATP, bem como tem um papel muito importante na transferência dos açúcares a partir das folhas. Portanto é um dos principais nutrientes no que respeita à produção, o que resulta em menores produções quando este apresenta-se com níveis deficientes. O fósforo, através dos fosfonatos, é muito importante na defesa da planta contra a doença da tinta, promovendo a síntese de compostos com ação fungicida (fitoalexinas). Deve ser aplicado ao solo logo após a colheita da castanha, para que com a ajuda das chuvas se vá infiltrando no solo de forma a poder ser absorvido no próximo ciclo vegetativo.

O magnésio (Mg) é outro nutriente essencial para as plantas, pois é nutriente mineral constituinte da clorofila (entre 15-20% da clorofila). É outro nutriente de caráter móvel, ou seja, os sintomas aparecerão primeiramente nas folhas mais velhas caracterizado pelo amarelecimento das folhas velhas na forma de clorose internerval (Figura 159). É frequente

o castanheiro apresentar sintoma de deficiência magnésio a partir de julho/agosto. O magnésio para as plantas, é um macronutriente secundário utilizado em grandes quantidades.

Figura 159- Folhas apresentando sintomas relacionados com a carência de magnésio.

O enxofre está envolvido em funções de carater estrutural em vários tipos de moléculas, como os lípidos, polissacáridos, flavonoides, alcaloides e outros, mas também desempenha um papel de coenzima. É também essencial para a formação de aminoácidos e consequentemente das proteínas, uma vez que entra diretamente na sua constituição. Tem um carater bastante móvel no solo, pelo que poderá se perder por lixiviação do solo. Por ter carater pouco móvel na planta os sintomas de carência aparecerão nas folhas mais jovens.

Na Figura 160 podemos aferir que Carrazedo e Penela apresentam valores acima dos indicados como referência para o fósforo, estando Refoios do Lima nesse valor e Marvão muito próximo dos valores recomendados, por outro lado Bragança tem os valores mais baixos, contendo apenas cerca de 60% dos valores de referência.

Quanto ao magnésio, é de notar que apenas o SD de Carrazedo Montenegro (CM-Va) possui níveis acima do recomendado, todos os outros solos apresentam níveis inferiores, destacando-se o de Penela da Beira e Refoios do Lima com os níveis mais baixos.

No caso do enxofre apenas em Parada (P-B) se observa que os seus valores presentes no solo são ligeiramente inferiores ao recomendado.

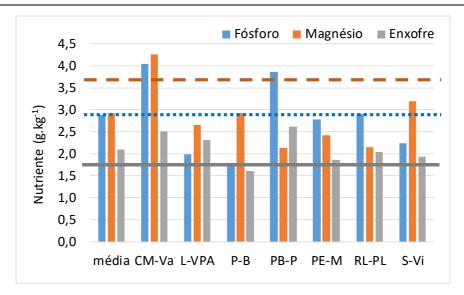


Figura 160- Conteúdos médios em fósforo, magnésio e enxofre em cada SD e o valor médio global de todos os SD. Cada valor médio em cada SD é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto, a linha castanha com tracejado largo e a linha cinzenta representam os valores adequados para cada nutriente.

A Figura 161 apresenta o conteúdo nutricional médio em cada cultivar, e como seria de esperar os níveis de azoto encontram-se acima do adequado para todas as cultivares, variando entre cerca de 23 (ColUTAD) e 32 g.kg⁻¹ (Parede).

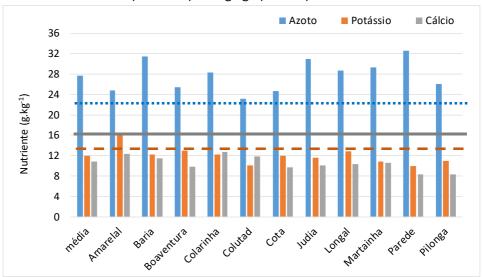


Figura 161- Conteúdos médios em azoto, potássio e cálcio em cada cultivar. Cada valor médio em cada cultivar é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto, a linha castanha com tracejado largo e a linha cinzenta representam os valores adequados para cada nutriente.

A mesma relação é verificada para o potássio e o cálcio, em que no geral as cultivares apresentam níveis um pouco abaixo do conteúdo adequado. A Amarelal, destaca-se pelo

elevado conteúdo em potássio. No lado oposto, está o ColUTAD apresentando conteúdos mais baixos que a generalidade das cultivares. O mesmo já não se verifica para o cálcio, onde nenhuma cultivar conseguiu incorporar as quantidades recomendadas na sua composição foliar, mas a Amarelal mais uma vez foi a que melhor conseguiu absorver este nutriente, tendo a Parede e a Pilonga os piores resultados.

Quanto à Figura 162, apenas as cultivares Colarinha, ColUTAD, Cota e Pilonga apresentam valores abaixo do adequado para o fósforo. Para o magnésio somente a Parede é que se destaca com altos níveis deste nutriente na sua composição foliar, tendo a Boaventura os níveis mais baixos. Em relação ao enxofre, a ColUTAD e a Cota apresentam valores inferiores, mas muito próximos ao adequado, mas tendo em atenção que este nutriente estava com valores adequados nos SD´s em estudo, estes valores eram espectáveis.

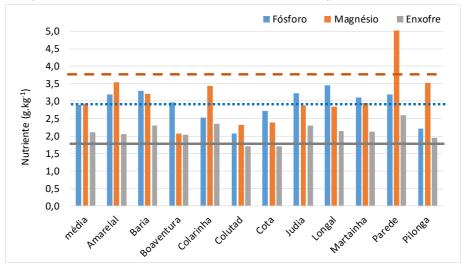


Figura 162- Conteúdos médios em fósforo, magnésio e enxofre em cada cultivar. Cada valor médio em cada cultivar é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto, a linha castanha com tracejado largo e a linha cinzenta representam os valores adequados para cada nutriente.

No cômputo geral dos macronutrientes, as cultivares em estudo apresentam níveis próximos ao adequado, mas, destacando-se negativamente a Pilonga, a Cota, o ColUTAD e a Boaventura por terem os valores baixo comparativamente ao adequado para o somatório dos macronutrientes (Figura 163).

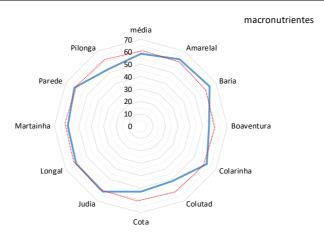


Figura 163- Conteúdos médios em macronutrientes (mg.kg⁻¹): conjunto do teor em azoto, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre existente em cada cultivar. Cada valor médio em cada cultivar é o resultado da soma das médias de todas as análises efetuadas para cada cultivar. A linha vermelha tracejada representa o valor adequado.

Em Porto da Espada (PE-M), 5 das 9 cultivares (Boaventura, Colarinha, ColUTAD, Amarelal e Cota) têm valores abaixo do adequado a nível foliar, sugerindo uma maior dificuldade de absorção por parte destas, contrariamente ao potássio, onde apresentam globalmente valores dentro do adequado (Figura 164).

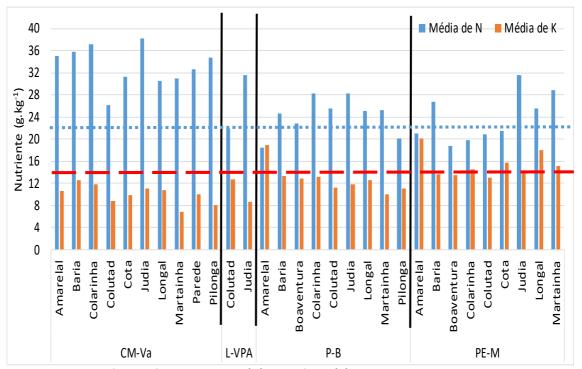


Figura 164- Conteúdos médios em azoto (N) e potássio (K) em cada cultivar em Carrazedo de Montenegro (CM_Va), Lagoa (L-VPA), Parada (P-B) e Porto da espada (PE-M). Cada valor médio em cada cultivar é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto e a linha castanha com tracejado largo representam os valores adequados para cada nutriente.

Ainda em relação aos níveis de potássio, constata-se que no souto de Parada (P-B) é o segundo SD com melhores desempenhos face aos níveis adequados foliares deste nutriente. Destaque ainda para o SD Carrazedo de Montenegro (CM-Va) em que a Martaínha a apresentou sensivelmente 50% dos níveis adequados de potássio e Penela da Beira (PB-P) com o ColUTAD e Salgueiros (S-Vi) com a Longal, a presentar percentagens similares.

De seguida tem-se Vinhais como o segundo e último SD em que algumas cultivares (mais concretamente ColUTAD e Cota) que apresentam valores próximos, mas abaixo do adequado para o azoto, mas tendo apenas a Pilonga como cultivar com níveis adequados de potássio, estando as demais abaixo deste valor (Figura 165). Verifica-se também que em todos os SD, o ColUTAD apresenta sempre valores abaixo do adequado para os níveis de potássio foliar.

Para o fósforo em Carrazedo de Montenegro (CM-Va) e Penela da Beira (PB-P), apenas o ColUTAD apresentou valores abaixo do recomendado, por outro lado em Lagoa (L-VPA) e Parada (P-B) todas as cultivares tinham valores foliares abaixo dos recomendados para o fósforo (Figura 166). Mais uma vez o ColUTAD foi a única cultivar com os valores de fósforo abaixo do adequado para todos os SD's em estudo.

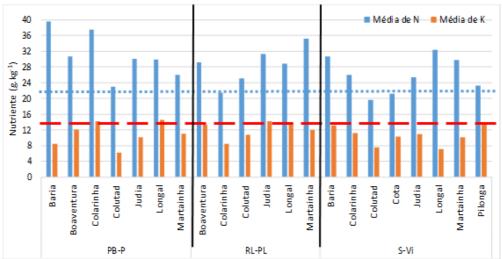


Figura 165- Conteúdos médios em azoto (N) e potássio (K) em cada cultivar em Penela da Beira (PB-P), Refoios do Lima (RL-PL) e Salgueiros (S_Vi). Cada valor médio em cada cultivar é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto e a linha castanha com tracejado largo representam os valores adequados para cada nutriente.

Quanto ao enxofre, a Judia apresentou normalmente conteúdos acima do nível adequado, sugerindo uma boa capacidade de absorção deste nutriente, o mesmo sucedendo com a Longal e em oposição à ColUTAD (Figura 167).

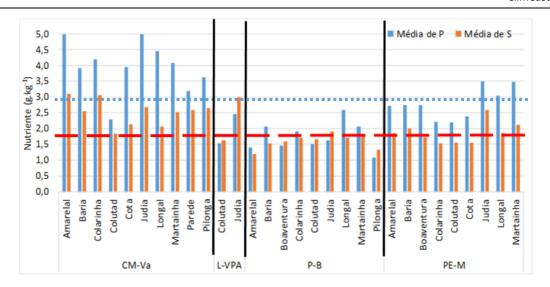


Figura 166- Conteúdos médios em fósforo (P) e enxofre (S) em cada cultivar em Carrazedo de Montenegro (CM_Va), Lagoa (L-VPA), Parada (P-B) e Porto da espada (PE-M). Cada valor médio em cada cultivar é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto e a linha castanha com tracejado largo representam os valores adequados para cada nutriente.

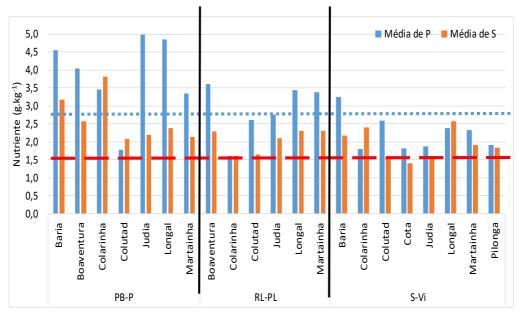


Figura 167- Conteúdos médios em fósforo (P) e enxofre (S) em cada cultivar em Penela da Beira (PB-P), Refoios do Lima (RL-PL) e Salgueiros (S-Vi). Cada valor médio em cada cultivar é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto e a linha castanha com tracejado largo representam os valores adequados para cada nutriente.

Para o cálcio, apenas em Porto da Espada (PE-M) se obtiveram valores dentro dos adequados, seguindo-se Carrazedo de Montenegro (CM-Va), os cultivares dos restantes SD´s apresentam pouco acima de 50% do valor adequado. É de notar que em Parada (P-B) é o que tem os valores mais baixos de cálcio face ao recomendado (Figura 168 e Figura 169).

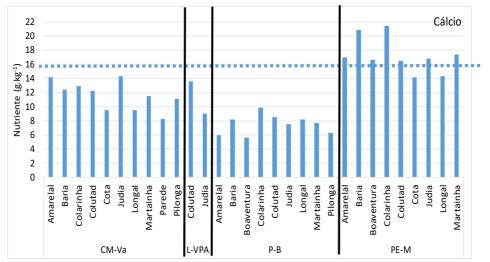


Figura 168- Conteúdos médios em cálcio em cada cultivar em Carrazedo de Montenegro (CM-Va), Lagoa (L-VPA), Parada (P-B) e Porto da espada (PE-M). Cada valor médio em cada cultivar é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto representa o valor adequado.

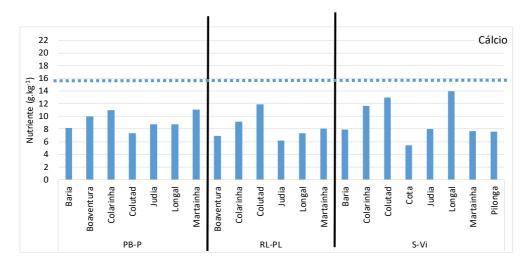


Figura 169- Conteúdos médios em cálcio em cada cultivar em Penela da Beira (PB-P), Refoios do Lima (RL-PL) e Salgueiros (S-Vi). Cada valor médio em cada cultivar é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto representa o valor adequado.

Carrazedo de Montenegro (CM-Va) é o souto em que apresenta mais cultivares com valores adequados para o magnésio, mas a Cota, o ColUTAD e a Longal estão abaixo do valor adequado (Figura 170 e Figura 171).

Pelo contrário, Porta da Espada (PE-M) não tem nenhuma cultivar a atingir os valores adequados sendo a Baria, a Colarinha e a Amarelal os que retêm os melhores valores. O ColUTAD e a Cota são os únicos que não atingem a quantidade adequada em nenhum SD.

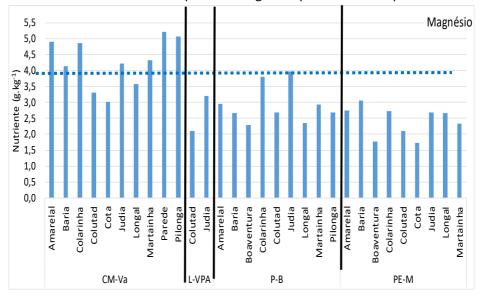


Figura 170- Conteúdos médios em magnésio em cada cultivar em Carrazedo de Montenegro (CM-Va), Lagoa (L-VPA), Parada (P-B) e Porto da espada (PE-M). Cada valor médio em cada cultivar é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto representa o valor adequado.

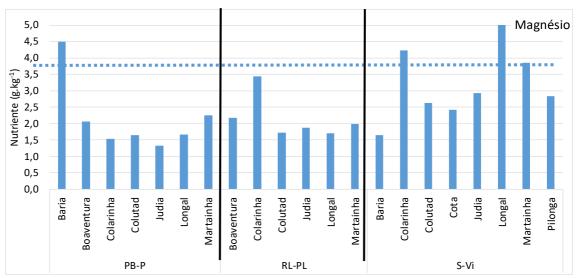


Figura 171- Conteúdos médios em magnésio em cada cultivar em Penela da Beira (PB-P), Refoios do Lima (RL-PL) e Salgueiros (S-Vi). Cada valor médio em cada cultivar é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto representa o valor adequado.

7.2.2.1. Análise do conteúdo em micronutrientes minerais

O boro é um micronutriente que faz parte da constituição da parede celular, contribuindo para a formação de novos tecidos e para a integridade da membrana plasmática. Ele também auxilia na divisão celular, no metabolismo e transporte de açúcares, na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico.

A carência de boro resulta na redução da resistência das plantas às infeções, na diminuição da concentração de clorofila, na deformação das zonas de crescimento, na redução do crescimento das plantas e das suas raízes e no abortamento floral.

De forma geral, o boro é um nutriente mais exigido durante o estágio reprodutivo das plantas face ao vegetativo. De salientar que o boro é tóxico quando aplicado em demasia. A quantidade a aplicar por árvore não deve ultrapassar 50 g (castanheiro jovem) a 200 g (castanheiro adulto).

Como se pode observar pela Figura 172, existe uma grande discrepância entre os SD´s quanto ao conteúdo de boro, onde o SD de Parada (P-B) tem cerca de 4 vezes menos teor de boro que os valores recomendados até Porto da Espada (PE-M) que apresenta este valor muito acima do adequado, estando Vila Pouca de Aguiar e Vinhais dentro dos valores tidos como adequados.

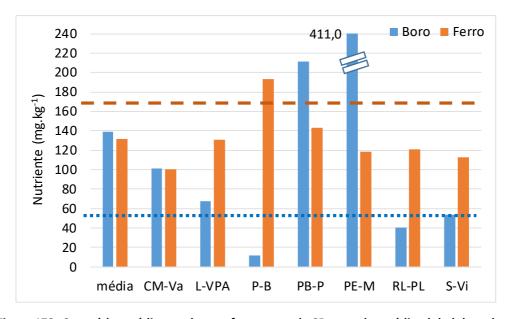


Figura 172- Conteúdos médios em boro e ferro em cada SD e o valor médio global de todos os SD. Cada valor médio em cada SD é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto e a linha castanha com tracejado largo representam os valores adequados para cada nutriente.

Assim como outros nutrientes, o pH é de grande importância para a biodisponibilidade do ferro, mas também a quantidade de matéria orgânica e de fósforo, pois este para ser absorvido pelas plantas precisa passar por uma redução de Fe³+ para Fe²+. Assim para o ferro

ser absorvido pelas plantas é necessário ter o pH adequado, a matéria orgânica apropriada assim como o fósforo, caso contrário ele não é absorvido mesmo que haja grandes quantidades de ferro no solo.

O ferro tem como principais funções, servir como ativador ou componente de enzimas, influenciar na fixação do azoto, como catalisador na biossíntese da clorofila. Quando este se apresenta em deficiência as folhas mais novas tendem a ficar mais finas, amareladas e quebradiças, e somente as nervuras continuam verdes. Quando a deficiência é mais severa ocorre a necrose e a queda das folhas. Há também a ocorrência da inibição crescimento da planta, diminuição do tamanho dos frutos e amadurecimento precoce.

No caso do ferro este embora esteja abaixo dos valores recomendados em todos os soutos com a exceção de Bragança, sendo o de Carrazedo de Montenegro o que apresenta os menores valores, tendo cerca de 60% dos valores adequados (Figura 172).

No caso do zinco (Zn), uma particularidade é que a sua presença no solo não está diretamente correlacionada com sua disponibilidade para as plantas e a sua disponibilidade é afetada pelo pH do solo, sendo mais disponível em solos mais ácidos. Isso significa que calagem excessiva pode provocar deficiência de zinco, mas é de ter em atenção que em solos com pH ácido a deficiência de Zn pode aparecer depois da aplicação de adubos fosfatados solúveis.

Este também tem como função servir como cofator enzimático, sendo importante para a atividade, regulação e estabilização da estrutura proteica. É inclusive um elemento que influencia a síntese e conservação de hormonas como as auxinas que estão envolvidas no crescimento das plantas. Os sintomas da carência de zinco podem ser visíveis pelo aparecimento de folhas jovens com zonas cloróticas e necrosadas.

Mais uma vez também no caso do cobre, o pH afeta a sua disponibilidade, mas também a quantidade de matéria orgânica, uma vez que em solos mais arenosos este pode ser lixiviado, tendo melhor fixação e disponibilidade em solos mais argilosos. No caso das aplicações de fungicidas cúpricos, deve salientar-se que podem ser adicionadas ao solo grandes quantidades de cobre. O cobre é fundamental para trazer um balanço de nutrientes que regulam os processos de transpiração da planta bem como os processos fotossintéticos e também no auxílio a resistência a doenças. No caso da sua deficiência as folhas jovens tornam-se murchas e enroladas, tornando-se quebradiças. Os pecíolos e talos ficam inclinados e há a ocorrência de cloroses pela deficiência de clorofilas (folhas amareladas). Outro aspeto importante é a redução da lignificação (compressão dos xilemas por tecidos vizinhos diminuindo o transporte de água e solutos pela planta). Mas o excesso deste nutriente atua de forma negativa nas raízes fazendo com que estas percam o vigor, engrossando e parando o crescimento. Provoca também deficiência em ferro e redução de absorção do fosforo.

Em Carrazedo de Montenegro (CM-Va), Lagoa (L-VPA) e Penela da beira (PB-P) em termos de zinco e cobre as plantas apresentam níveis adequados ou superiores ao recomendado. É de destacar também que nenhum souto apresenta níveis de carência em cobre (Figura 173).

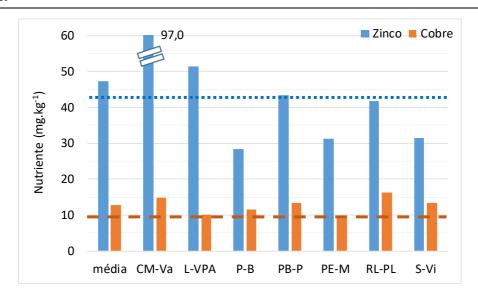


Figura 173- Conteúdos médios em zinco e cobre em cada SD e o valor médio global de todos os SD. Cada valor médio em cada SD é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto e a linha castanha com tracejado largo representam os valores adequados para cada nutriente.

Quanto ao manganês, todos os soutos apresentam valores muito acima dos tidos como adequados, destacando-se Salgueiros (S-Vi) como o mais elevado, tendo a exceção de Lagoa (L-VPA) que tem valores um pouco abaixo do adequado (Figura 174).

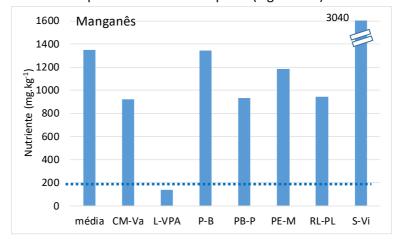


Figura 174- Conteúdos médios em manganês em cada SD e o valor médio global de todos os SD. Cada valor médio em cada SD é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto representa os valores adequados para o nutriente.

Como já observado acima na Figura 175, apenas dois soutos tinham valores abaixo do adequado para o boro e isto traduz-se em que apenas a Pilonga apresenta níveis de boro ligeiramente inferiores ao adequado, mas num cenário geral todas as cultivares apresentam este nutriente em abundância, destacando-se a Baria a Colarinha e a Cota.

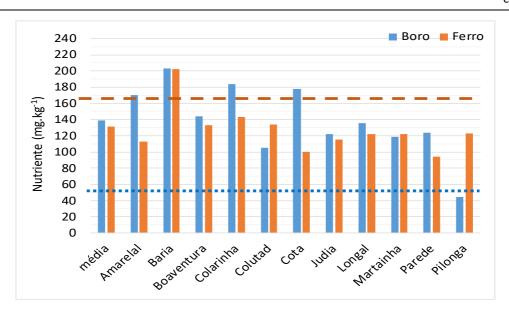


Figura 175- Conteúdos médios em boro e ferro em cada cultivar. Cada valor médio em cada cultivar é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto e a linha castanha com tracejado largo representam os valores adequados para cada nutriente.

Já no caso do ferro, apenas um dos soutos atingia os valores adequados e mais uma vez podemos aferir que regra geral (com exceção positiva da Baria) todos os cultivares estão abaixo dos níveis deste nutriente nas análises feitas à sua composição foliar, sendo a Parede a que apresenta os menores níveis.

No caso do zinco este apresentava uma média transversal a todos os soutos dentro dos valores adequados e isto traduz-se em que apenas a Boaventura, Colarinha e Pilonga não atinjam os valores adequados, mas ao analisar o cobre podemos aferir que este está dentro do adequado para todas as cultivares em estudo, com algum destaque para a Colarinha (Figura 176).

O manganês é essencial para a síntese de clorofila, atuando como ativador de enzimas, é um cofator para a fotólise da água na fotossíntese.

Em termos globais as plantas apresentam muito elevados teores em manganês, com um enorme destaque para a Colarinha e Cota (Figura 177).

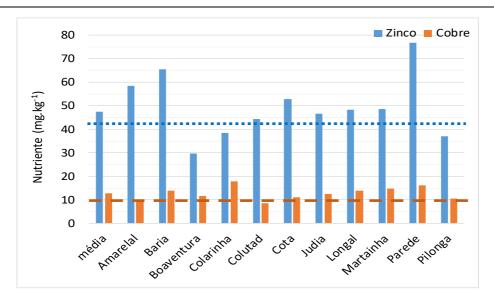


Figura 176- Conteúdos médios em zinco e cobre em cada cultivar. Cada valor médio em cada cultivar é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto e a linha castanha com tracejado representam os valores adequados para cada nutriente.

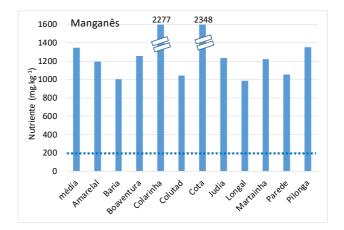


Figura 177- Conteúdos médios em manganês em cada cultivar. Cada valor médio em cada cultivar é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto, representa os valores adequados para o nutriente.

Já na análise dos conteúdos foliares em boro e ferro, podemos ver que estes estão bastante concordantes. No caso do boro, o único souto onde as cultivares instaladas têm uma carência do mesmo, é precisamente Parada (P-B). No caso do ferro apenas em Parada as cultivares apresentam valores dentro do adequado ou próximo deste, devendo-se destacar novamente a Bária como sendo uma cultivar com apetência para a absorção deste nutriente (Figura 178 e Figura 179).

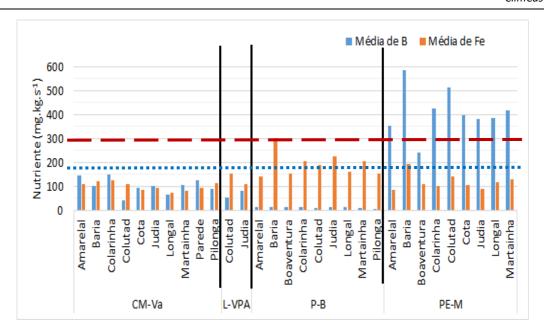


Figura 178- Conteúdos médios em boro (B) e ferro (Fe) em cada cultivar em Carrazedo de Montenegro (CM-Va), Lagoa (L-VPA), Parada (P-B) e Porto da espada (PE-M). Cada valor médio em cada cultivar é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto e a linha castanha com tracejado largo representam os valores adequados para cada nutriente.

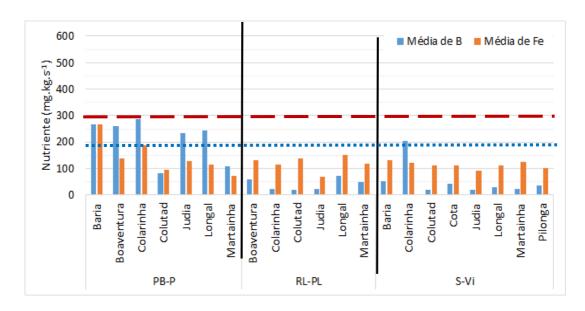


Figura 179- Conteúdos médios em boro (b) e ferro (Fe) em cada cultivar em Penela da Beira (PB-P), Refoios do Lima (RL-PL) e Salgueiros (S_Vi). Cada valor médio em cada cultivar é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto e a linha castanha com tracejado largo representam os valores adequados para cada nutriente.

Ao analisar o conteúdo foliar em zinco, verificamos que em Carrazedo de Montenegro (CM-Va) todas as cultivares apresentam valores acima do adequado (Figura 180 e Figura 181).

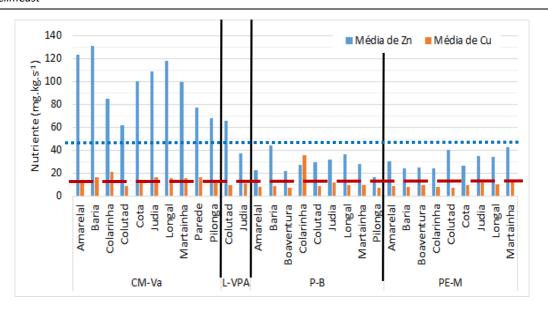


Figura 180- Conteúdos médios em zinco (Zn) e cobre (Cu) em cada cultivar em Carrazedo de Montenegro (CM-Va), Lagoa (L-VPA), Parada (P-B) e Porto da espada (PE-M). Cada valor médio em cada cultivar é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto e a linha castanha com tracejado largo representam os valores adequados para cada nutriente.

Em Lagoa (L-VPA) o ColUTAD teve valores adequados de zinco, bem como em Refoios de Lima (RL-PL), e esteve muito próximo deste patamar em Porto da Espada (PE-M). A Martainha também apresentou valores acima para 2 soutos e esteve muito próximo para o souto de Porto da Espada.

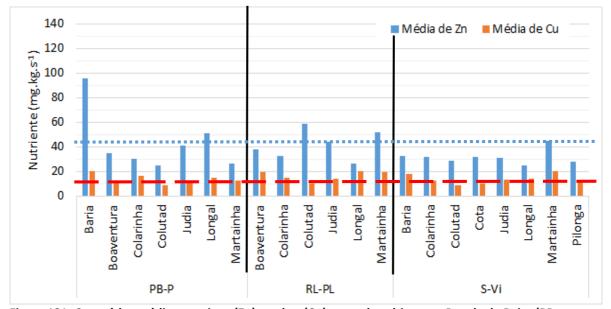


Figura 181- Conteúdos médios em zinco (Zn) e cobre (Cu) em cada cultivar em Penela da Beira (PB-P), Refoios do Lima (RL-PL) e Salgueiros (S-Vi). Cada valor médio em cada cultivar é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha azul com tracejado curto e a linha castanha com tracejado largo representam os valores adequados para cada nutriente.

Já o cobre como se tinha constatado nas análises ao solo, este não se encontra em deficiência em nenhum dos soutos em estudo, por conseguinte seria de esperar que a nível foliar também os cultivares apresentassem níveis adequados do mesmo. E, em regra geral, todos os cultivares apresentaram valores adequados ou muito próximos do adequado, com um realce para o ColUTAD que esteve embora próximo, abaixo dos valores adequados na maioria dos SD para os níveis de cobre.

No que respeita ao manganês, como já era espectável, apenas em Lagoa (L-VPA) é que o conteúdo foliar deste nutriente ficou um pouco abaixo do adequado. Já as restantes cultivares não apresentaram carência de manganês, mas foi em Refoios de Lima (RL-PL) onde globalmente as cultivares apresentaram menor conteúdo foliar de manganês (Figura 182 e Figura 183).

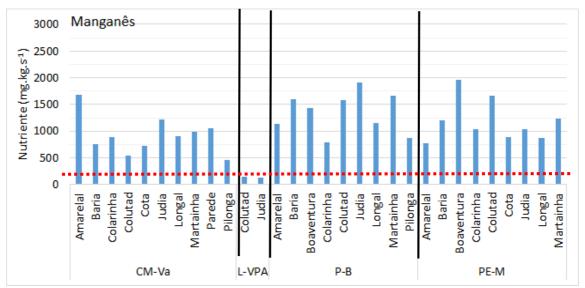


Figura 182- Conteúdos médios em manganês em cada cultivar em Carrazedo de Montenegro (CM-Va), Lagoa (L-VPA), Parada (P-B) e Porto da espada (PE-M). Cada valor médio em cada cultivar é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha vermelha representa os valores adequados para o nutriente.

7.2.1. Avaliação do comportamento da taxa fotossintética

A medição das taxas a que as plantas realizam as trocas gasosas através dos estomas, nas folhas, conforme está explicado na Figura 184, foi feita usando um analisador de gases por infravermelhos (IRGA) (Figura 185).

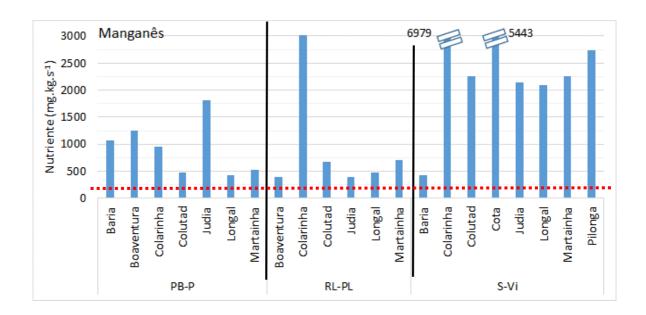


Figura 183- Conteúdos médios em manganês em cada cultivar em Penela da Beira (PB-P), Refoios do Lima (RL-PL) e Salgueiros (S-Vi). Cada valor médio em cada cultivar é o resultado da média de todas as análises efetuadas. A linha vermelha com tracejado curto, representa os valores adequados para o nutriente.

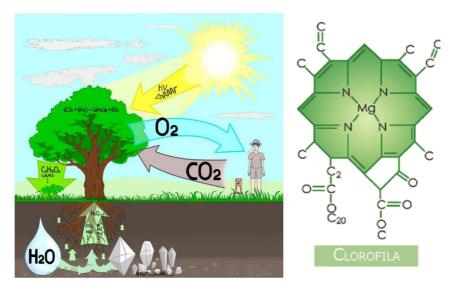


Figura 184- A taxa fotossintética (imagem da esquerda) refere-se à capacidade de uma planta converter o dióxido de carbono que recebe da atmosfera em açúcares (C₆H₁₂O₆) com a ajuda da energia da luz solar. Para isso, necessita de absorver água (H₂O) e nutrientes minerais em quantidade suficiente a partir do solo. É a clorofila (notar a presença de azoto (N) e magnésio (Mg) na sua constituição) que dá a cor verde às folhas, a responsável pela absorção da luz solar para a fotossíntese (imagem da direita).



Figura 185- Câmara de amostragem onde é colocada a folha para serem feitas as medições das taxas das trocas gasosas (esquerda). Esta câmara é acoplada a um IRGA (mod. LCPro+, ADC Biosciences) (direita).

Dados os condicionalismos existentes no SD L-VPA onde muitas poucas cultivares estão instaladas, não foi feita análise do comportamento fotossintético. Em relação aos restantes 6 locais (Figura 186), foi no SD de Refoios do Lima (RL-PL) que foram medidas as maiores taxas fotossíntese, 12,3 µmolCO₂.m⁻².s⁻¹, enquanto as mais baixas ocorreram em Parada (P-B), com 6,9 µmolCO₂.m⁻².s⁻¹, representando um valor 56% abaixo do maior. Dois SD destacam-se pela apresentação de taxas de fotossíntese claramente inferiores aos restantes, além do anterior o de Salgueiros (S-Vi).

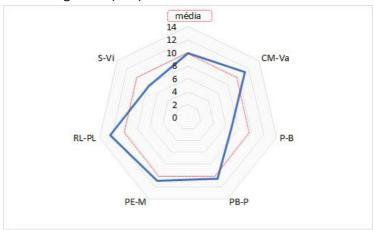


Figura 186- Valores médios da taxa fotossintética (μmolCO₂.m⁻².s⁻¹) em cada SD. A linha vermelha tracejada, representa o valor médio do conjunto das cultivares de todos os SD.

Em relação à análise do comportamento médio de cada cultivar nos 6 soutos demonstração, foram a Parede e a Amarelal que apresentaram melhores resultados (12,8 e 11,7 μmolCO₂.m⁻².s⁻¹), indiciando uma maior capacidade adaptativa às diferentes condições edafoclimáticas dos SD's. No lado oposto, a Côta apresentou uma taxa de 7,7 μmolCO₂.m⁻².s⁻¹, um valor que é 60% da maior taxa encontrada. O comportamento global do porta-enxerto

ColUTAD foi inferior ao de todas as variedades excepto a Côta, demonstrando um impacto positivo da cultivar sobre o porta-enxerto ColUTAD.

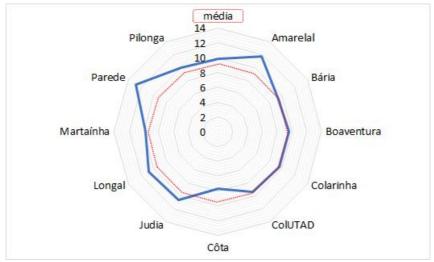


Figura 187- Valores médios da taxa fotossintética (μmolCO₂.m⁻².s⁻¹) para cada cultivar. A linha vermelha tracejada, representa o valor médio para o ColUTAD obtido em todos os SD.

Em Carrazedo de Montenegro (CM-Va), não foram observadas diferenças significativas de comportamento entre as cultivares, excepto para o ColUTAD e Côta, que apresentaram valores semelhantes (neste grupo está incluída a Judia, que é oriunda desta região), mas cerca de 50% dos anteriores, demonstrando para este local uma boa capacidade para acomodação das cultivares de castanheiro (Figura 188). Já em relação a Porto da Espada (PE-M), Judia (14,6 μmolCO₂.m⁻².s⁻¹) e Bária (oriunda desta região) destacaram-se com as maiores taxas fotossintéticas, sendo que no lado oposto, a Boaventura apresentou a menor taxa (6,7 μmolCO₂.m⁻².s⁻¹), mas notando-se ainda que as cultivares Colarinha, Côta, Longal e Martaínha, apresentaram resultados significativamente menores que os melhores e um pouco melhores que o pior.

Relativamente a Parada (P-B), um dos locais com menor taxa fotossintética global, a cultivar que melhor desempenho teve foi a Longal (cultivar predominante nesta região), 10,4 µmolCO₂.m⁻².s⁻¹, seguida de um grupo de cultivares, com resultados semelhantes, Amarelal, Judia, Boaventura, Martaínha e Pilonga. Destacaram-se aqui com significativamente baixas taxas, ColUTAD, Bária e Colarinha.

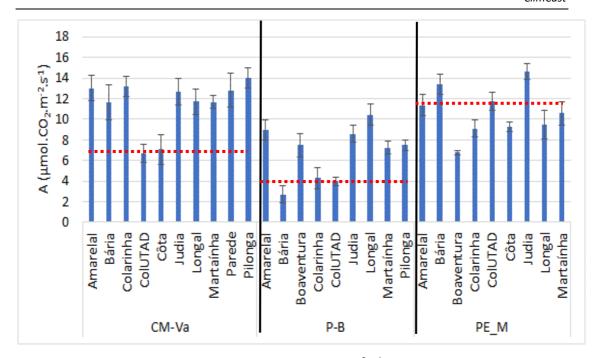


Figura 188- Valores médios da taxa fotossintética (μmolCO₂.m⁻².s⁻¹) para cada cultivar em Carrazedo de Montenegro (CM-Va), Porto da Espada (PE-M) e Parada (P-B). A linha vermelha tracejada, está em linha com a taxa apresentada pelo ColUTAD no respetivo SD.

Em Penela da Beira (PB-P) a Boaventura apresentou a taxa mais elevada (13,2 μmolCO₂.m⁻².s⁻¹) logo seguida de um grupo de cultivares onde se encontram o ColUTAD, Longal e Martaínha (predominante nesta região). As cultivares com menor taxa foram a Bária (6,4 μmolCO₂.m⁻².s⁻¹) seguida de um grupo composto pela Colarinha, Judia e Pilonga com valores intermédios (Figura 189).

Em Refoios do Lima (RL-PL), a Longal (12,8 μmolCO₂.m⁻².s⁻¹) e o ColUTAD apresentaram as maiores taxas fotossintéticas, seguidas da Boventura e Colarinha com valores intermédios e, por fim, a Judia e Martaínha com as menores taxas (Figura 189).

Em relação a Salgueiros (S-Vi), a Pilonga foi a que apresentou maior taxa fotossintética (12,7 μmolCO₂.m⁻².s⁻¹), sendo um comportamento bastante superior ao das restantes cultivares (7 a 8 μmolCO₂.m⁻².s⁻¹), Bária, ColUTAD, Judia e Longal. A Colarinha foi a que apresentou significativamente a menor taxa fotossintética. Destaque ainda para a Martaínha que foi a segunda melhor cultivar neste SD (Figura 189).

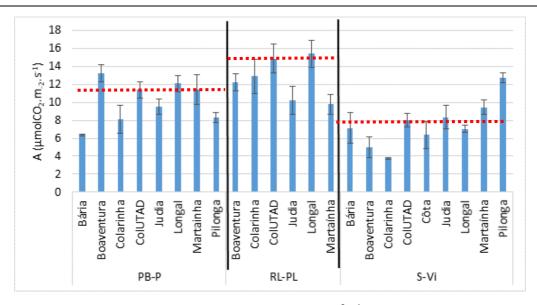


Figura 189- Valores médios da taxa fotossintética (μmolCO₂.m⁻².s⁻¹) para cada cultivar em Penela da Beira (PB-P), Refoios do Lima (RL-PL) e Salgueiros (S-Vi). A linha vermelha tracejada, está em linha com a taxa apresentada pelo ColUTAD no respetivo SD.

7.2.2. Avaliação do comportamento da taxa de transpiração

Quando as plantas estão a transpirar estão a assegurar duas importantes funções: 1) regulação da temperatura das suas folhas e 2) promoção da absorção e transferência dos nutrientes minerais das raízes até às folhas. A taxas globais maiores foram encontradas em Porto da Espada (PE-M), Penela da Beira (PB-P) e Carrazedo de Montenegro (CM-Va) com valores de cerca de 3 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹. Tal como já tinha sucedido com a taxa fotossintética os SD de Salgueiros (S-Vi) e Parada (P-B) apresentaram taxas entre 2 e 2,5 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹, respetivamente, denotando mais limitações hídricas (Figura 190).

Em relação ao comportamento global das cultivares, a Amarelal foi a que apresentou maior taxa de transpiração (3,5 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹), aparecendo um grupo intermédio composto por Pilonga, Martaínha, Longal, Judia, e Colarinha, todas com taxas superiores ao ColUTAD que apresentou uma taxa de transpiração de cerca de 2,5 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹ (Figura 191). Esta taxa foi semelhante à apresentada pela Parede, Côta e Boaventura. Também quanto a este parâmetro, os resultados sugerem um impacto positivo da maioria das cultivares em relação ao comportamento isolado do porta-enxerto ColUTAD.

Relativamente a CM-Va, a taxa média foi de 3,0 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹, notando-se diferenças muito grandes na resposta das cultivares, variando entre 3,8 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹ (Martaínha) e 1,5 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹ (ColUTAD). Neste SD, destacam-se igualmente por terem taxas de transpiração significativamente abaixo da maioria das cultivares, a Côta e a Parede (Figura 192).

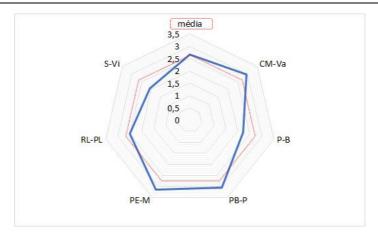


Figura 190- Valores médios da taxa de transpiração (mmolH₂O.m⁻².s⁻¹) em cada SD. A linha vermelha tracejada, representa o valor médio do conjunto das cultivares instaladas em cada SD.

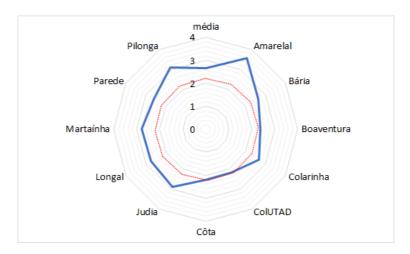
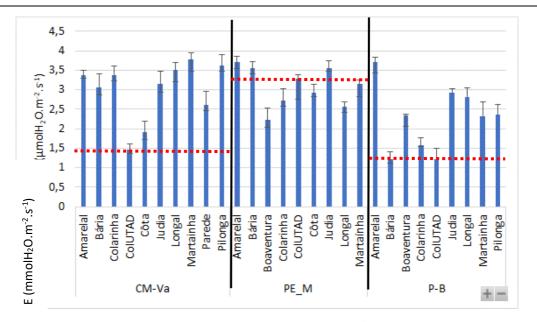


Figura 191- Valores médios da taxa de transpiração (mmolH₂O.m⁻².s⁻¹) por cultivar. A linha vermelha tracejada, representa o valor médio obtido para o ColUTAD.

Em Porto de Espada (PE-M), a taxa média foi de 3,2 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹, variando entre 2,2 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹ (Boaventura) e 3,7 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹ na Amarelal. As cultivares Longal, Côta e Colarinha apresentaram taxas significativamente mais baixas que o grupo da Bária, ColUTAD e Judia.

Em Parada (P-B), a Amarelal voltou a apresentar a maior taxa de transpiração, 3,7 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹, destacando-se das restantes cultivares. Aqui encontramos um grupo intermédio composto pela Boaventura, Judia, Longal, Martaínha e Pilonga com taxas entre 2,3 e 2,9 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹. Encontramos ainda um grupo apresentando maiores limitações, com taxa entre 1,2 e 1,5 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹ composto pela Bária, Colarinha e ColUTAD.



2- Valores médios da taxa de transpiração (mmolH2O.m-2.s-1) por cultivar em cada SD. A Figu linha vermelha tracejada, representa o valor médio obtido para o ColUTAD no SD respetivo.

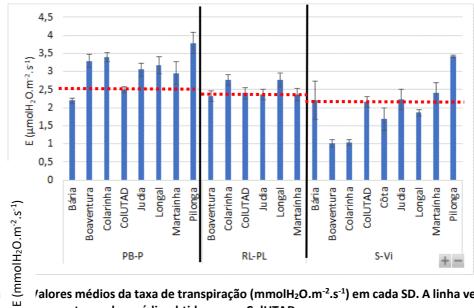


Figura /alores médios da taxa de transpiração (mmolH₂O.m⁻².s⁻¹) em cada SD. A linha vermelha traceja presenta o valor médio obtido para o ColUTAD.

Em Penela da Beira, a taxa média foi de 3,0 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹, sendo a maior taxa a que foi apresentada pela cultivar Pilonga, 3,8 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹, destacando-se a Bária e o ColUTAD, 2,2 e 2,5 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹, respetivamente, por terem apresentado de forma destacada a taxas mais baixas, reflexo de maiores limitações na gestão da água (Figura 193).

Em Refoios do Lima (RL-PL), a taxa média de transpiração foi de 2,5 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹, tendo a Colarinha e a Longal apresentado as maiores taxas, 2,8 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹, sendo a diferença significativa para as restantes cultivares, cuja taxa oscilou entre 2,2 e 2,4 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹.

Por fim, em Salgueiros, a Pilonga apresentou a taxa mais elevada, 3,4 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹, seguida de um grupo intermédio, composto pela Bária, ColUTAD, Judia e Martaínha, com taxas entre 2,2 e 2,4 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹. A Boaventura, Colarinha, constituem o grupo das cultivares com maiores limitações neste souto, com uma taxa de 1,0 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹.

7.2.3. Avaliação da eficiência do uso de água no processo fotossintético

De acordo com a análise global do comportamento das plantas em relação ao seu compromisso fotossíntese/transpiração, que nos dá uma indicação do maior ou menor conforto das plantas em cada local. Os soutos localizados em CM-Va, PB-P e PE-M parecem ser os que até ao momento têm as plantas em maior conforto fisiológico, contrariamente a S-Vi e P-B que se posicionam numa situação bastante contrastante (Figura 194).

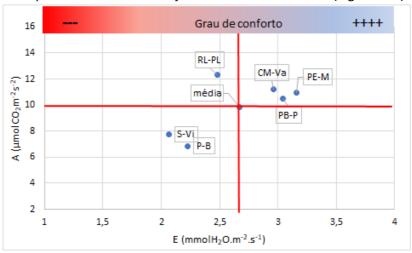


Figura 194- Dendrograma mostrando grau de proximidade entre os SD em função da eficiência da utilização da água na fotossíntese.

No cômputo geral, a cultivar Amarelal, que foi estudada em dos seis SD, sendo que um deles se encontra no grupo de mais limitantes (P-B), apresentou o melhor compromisso fotossintético (Figura 195). Este resultado é bastante inesperado, tanto mais que a Amarela é uma variedade originária do Minho, região com grande disponibilidade hídrica no solo e temperaturas mais amenas. Este resultado deixa uma porta aberta muito importante para que esta cultivar possa no futuro ser cultivada noutras regiões que não o Minho. De igual forma a Pilonga, a segunda cultivar com melhor compromisso, dá indicações de boa capacidade adaptativa nas condições edafoclimáticas dos SD, salientando-se que esta cultivar está em 4 SD, dois dos quais são os que apresentaram as maiores limitações (P-B e Si-Vi), deixando estes resultados também uma boa possibilidade para o futuro, enquanto cultivar a escolher para novas plantações.

Das restantes cultivares, Judia, Martaínha e Longal apresentam compromisso semelhante, ainda dentro do quadrante de maior conforto, enquanto a Côta, ColUTAD e Boaventura estão posicionadas no quadrante de menor conforto, e as duas cultivares de Marvão, Bária e Colarinha apresentam um grau de conforto médio.

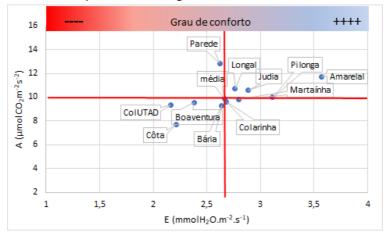


Figura 195- Dendrograma mostrando grau de proximidade entre as cultivares em função da eficiência da utilização da água na fotossíntese.

Em Carrazedo de Montenegro, a maioria das cultivares posicionou-se no quadrante de conforto relativamente à média do SD. Merecem destaque pela menor adaptabilidade o ColUTADe a Côta (Figura 196).

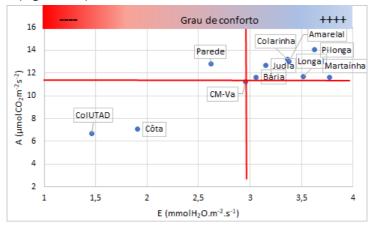


Figura 196- Dendrograma mostrando grau de proximidade entre as cultivares, no SD de Carrazedo de Montenegro (CM-Va) em função da eficiência da utilização da água na fotossíntese.

Em Parada (P-B), surpreendentemente a cultivar Amarelal demonstrou um nível de conforto, aqui atestado pelo compromisso fotossíntese/transpiração muito elevado, destacando-se claramente do segundo grupo constituído pela Longal, Judia, e este do terceiro grupo constituído pela Pilonga, Martaínha e Boaventura. A Bária, a Colarinha e o ColUTAD apresentam claras dificuldades de adaptação neste souto (Figura 197).

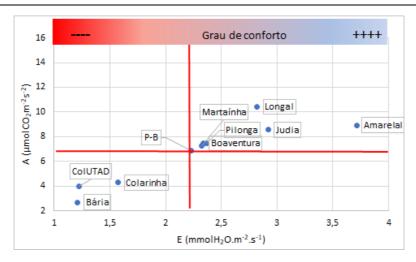


Figura 197- Dendrograma mostrando grau de proximidade entre as cultivares, no SD de Parada (P-B) em função da eficiência da utilização da água na fotossíntese.

Em Penela da Beira (PB-P), o comportamento das cultivares resultou numa distribuição algo difusa, sugerindo-se, no entanto, a Boaventura e a Longal como as melhor adaptadas, seguindo-se num lote intermédio a Judia, Colarinha e Pilonga com comportamento limitado por via da fotossíntese (quadrante inferior direito) e a Martaínha e o ColUTAD limitados pela disponibilidade hídrica. Por fim, a Bária posicionou-se claramente como menos adaptada a estas condições (limitada pela fotossíntese e regime hídrico) (Figura 198).

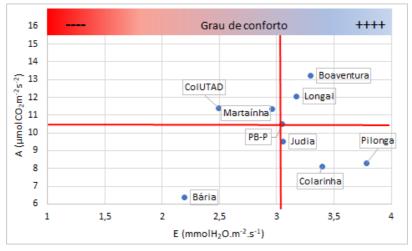


Figura 198- Dendrograma mostrando grau de proximidade entre as cultivares, no SD de Penela da Beira (PB-P) em função da eficiência da utilização da água na fotossíntese.

Em Porto da Espada (PE-M), a separação entre as cultivares em conforto fotossintético ou não foi clara. Assim, o ColUTAD, Judia, Bária (oriunda desta região) e Amarelal estão no quadrante das mais confortáveis, enquanto a Côta, Colarinha e Longal estão no quadrante oposto, destacando-se neste a pior adaptabilidade da Boaventura (Figura 199).

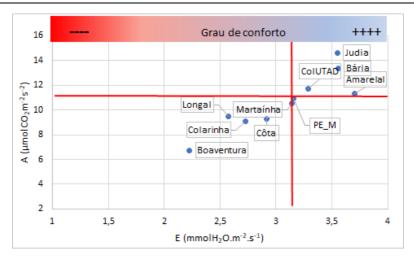


Figura 199- Dendrograma mostrando grau de proximidade entre as cultivares, no SD Porto da Espada (PE-M) em função da eficiência da utilização da água na fotossíntese.

No souto instalado na Região do Minho, em Refoios do Lima (RL-PL), a Longal e a Colarinha destacaram-se pelo bom nível de conforto apresentado, salientando ainda a Longal pela elevada capacidade fotossintética apresentada. No quadrante oposto, das menos confortáveis (inferior esquerdo), aparecem a Judia e Martaínha com limitações, dentro do enquadramento deste souto, a nível do compromisso fotossíntese/transpiração. Por sua vez, o ColUTAD, posicionado num quadrante intermédio, apresentou alguma limitação ao nível da gestão hídrica (Figura 200).

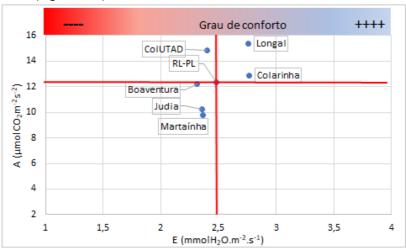


Figura 200- Dendrograma mostrando grau de proximidade entre as cultivares, no SD de Refoios do Lima (RL-PL) em função da eficiência da utilização da água na fotossíntese.

Por fim, em Salgueiros (Si-Vi), a Pilonga apresentou de forma destacada, o melhor nível de conforto no compromisso fotossíntese/transpiração. Ainda no quadrante de conforto superior à média do SD, ficaram agrupadas a Judia, Martaínha e ColUTAD. Em posição intermédia, a Bária demonstrou algumas limitações a nível de fotossíntese. Na posição mais

negativa ficaram a Longal, Côta, e ainda mais destacadas negativamente a Boaventura e Colarinha (Figura 201).

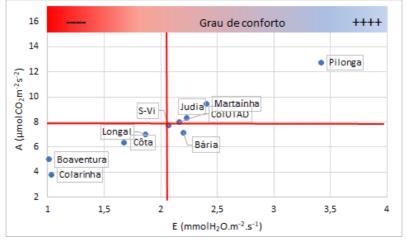


Figura 201- Dendrograma mostrando grau de proximidade entre as cultivares, no SD de Salgueiros (S-Vi) em função da eficiência da utilização da água na fotossíntese.

7.2.4. Avaliação do conteúdo em pigmentos fotossintéticos

As segundas análises foram realizadas em 2022. Os trabalhos decorreram entre julho e agosto. Foram igualmente feitas determinações laboratoriais do teor em pigmentos fotossintéticos (Figura 202). Globalmente, foram as plantas instaladas nos SD de Carrazedo de Montenegro (CM-Va) e Parada (P-B) que apresentaram maiores teores em clorofila. As plantas de Porto de Espada (PE-M) apresentaram, por sua vez, os menores teores de clorofila, em linha com os baixos teores de azoto e magnésio determinados nas análises foliares, havendo ainda a possível limitação provocada pela toxidade do boro que se encontra em excesso nas plantas deste SD, devido a uma fertilização entretanto efetuada.

A ColUTAD apresenta globalmente teores de clorofila em linha com os valores mais elevados de entre as cultivares analisadas, a Judia e a Amarelal (Figura 202). No entanto apresenta tendencialmente taxas fotossintéticas mais baixas que as cultivares (Figura 187). Deve-se, contudo, salientar que a taxa fotossintética, embora dependendo muito da capacidade de captação de radiação solar, está muito influenciada pela disponibilidade em água da planta. Se a planta não tiver água em quantidade adequada, não consegue realizar fotossíntese na sua máxima capacidade.

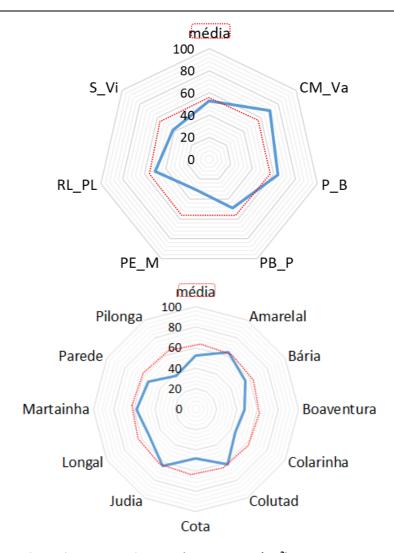


Figura 202 - Conteúdo médio de clorofila total (microgramas/cm²) presente nas plantas em cada um dos soutos demonstração (gráfico de cima) e por cultivar (gráfico de baixo). A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises feitas em cada SD (gráfico de cima) e o valor médio do ColUTAD (gráfico de baixo).

Verificamos que em Carrazedo de Montenegro (CM_Va) a cultivar Bária é a que apresenta maior conteúdo de clorofila (Figura 203) estando também em linha com as cultivares que apresentam taxas fotossintéticas mais elevadas (Figura 188Figura 186). Longal, Parede e Pilonga apresentaram teores abaixo dos valores da ColUTAD.

Em Porto de Espada (PE_M), todas as cultivares apresentaram teores de clorofila inferior ao da ColUTAD (Figura 204), destacando-se o baixo teor da Judia que, no entanto, é a que apresenta taxas mais altas de fotossíntese (Figura 188). É de notar que estes baixos conteúdos estão em linha com os apresentados pelas cultivares em Salgueiros (S_Vi) notando novamente que foi a judia quem apresentou menores conteúdos.

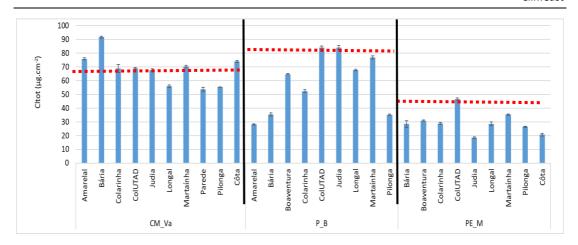


Figura 203 - Conteúdo em clorofilas totais (microgramas/cm²) presente nas folhas das plantas das diferentes cultivares instaladas nos locais Carrazedo de Montenegro (CM-Va), Lagoa (L-VPA), Parada (P-B) e Porto da Espada (PE-M). A linha vermelha tracejada representa o valor do teor para a cultivar ColUTAD no respetivo SD.

Em Parada (P_B) as cultivares ColUTAD e Judia apresentaram os valores mais altos de clorofila e a Amarelal foi a que apresentou valores mais baixos, mas, no entanto, apresentou taxas fotossintéticas altas (Figura 189), demonstrando que outros fatores podem limitar o valor da taxa fotossintética, como é a taxa de transpiração. Assim, a Amarelal também apresentou as maiores taxas de transpiração (E) (Figura 192).

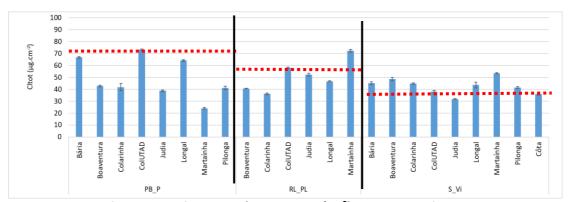


Figura 204 - Conteúdo em clorofilas totais (microgramas/cm²) presente nas folhas das plantas das diferentes cultivares instaladas em Penela da Beira (PB-P), Refoios de Lima (RL-PL) e Salgueiros (S-Vi). A linha vermelha tracejada representa o valor do teor para a cultivar ColUTAD no respetivo SD.

Em Penela da Beira (PB_P) o cultivar ColUTAD é o que tem os valores mais altos. Também quando analisada na Figura 188 o que acontece é que ColUTAD tem das taxas fotossintéticas mais altas e menores taxas de transpiração (Figura 193). A Martainha tem valores de clorofila total mais baixos.

Em Refoios de Lima (RL_PL) as cultivares Martainha e ColUTAD são os que têm os valores mais altos de clorofila e a Colarinha a que tem os valores mais baixos. Nota-se também que na Colarinha e Longal pela Figura 193 são as cultivares com maior transpiração do souto.

Os carotenoides são um grupo de pigmentos fotossintéticos com contributo importante na ajuda que dão à clorofila na absorção da radiação solar e na proteção lhe dão funcionando como "protetor solar". Os resultados obtidos mostraram que Carrazedo de Montenegro (CM-Va) e Parada (P-B) estão acima da média geral enquanto o SD Porto de Espada (PE_M) os que apresentaram médias gerais mais baixas. Quando analisamos as cultivares individualmente verificamos que a ColUTAD, Judia, Martaínha e Amarelal contém os maiores teores. No outro lado, estão a Côta, Longal, Bária, Boaventura, Colarinha, Parede e Pilonga com teores abaixo da média (Figura 205).

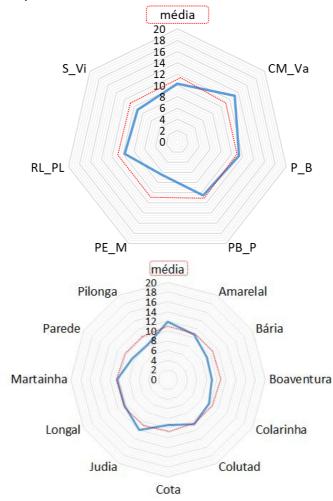


Figura 205 - Conteúdo médio de carotenoides totais (microgramas/cm²) presente nas plantas em cada um dos soutos demonstração (à esquerda) e por cultivar (à direita). A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises feitas em cada SD (gráfico de cima) e o valor médio do ColUTAD (gráfico de baixo).

Contrariamente à tendência verificada para o teor de nutrientes minerais, o ColUTAD, quando isolado, mostra uma tendência para apresentar teores de carotenoides mais elevados que as cultivares mesmo enxertadas nele.

Em Parada, destaque para a grande discrepância entre cultivares, com a Amarelal, Bária e Pilonga a apresentarem teores cerca de 50% dos mais elevados neste SD (Figura 206). Parede e Pilonga apresentaram os teores mais baixos em Carrazedo de Montenegro (CM-Va). A Judia e a Cota apresentaram os teores mais baixos em Porto de Espada (PE-M).

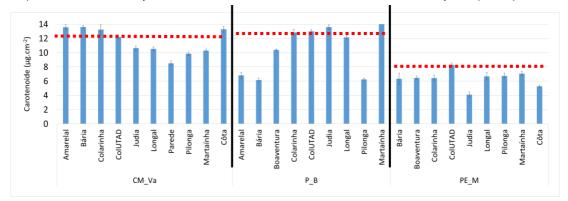


Figura 206 - Conteúdo médio de carotenoides totais (microgramas/cm²) presente nas plantas de cada cultivar em Carrazedo de Montenegro (CM_Va), Parada (P-B) e Porto da Espada (PE-M). A linha vermelha tracejada representa o valor do teor para a cultivar ColUTAD no respetivo SD.

Em Penela da Beira (PB-P) o teor de carotenoides é semelhante em todas as cultivares ao apresentado pela ColUTAD, exceto para a Martaínha que apresentou um teor anormalmente baixo (Figura 207).

Em Refoios de Lima (RL-PL) a cultivar que apresentou maiores teores de carotenoides foi a Martaínha, acima do ColUTAD, e o mais baixos foram a Colarinha e Boaventura (Figura 207).

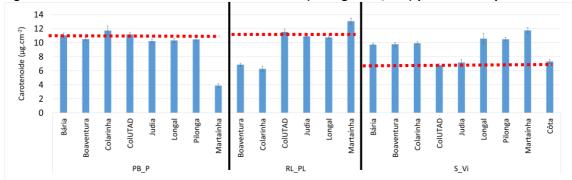


Figura 207 - Conteúdo médio de carotenoides totais (microgramas/cm²) presente nas plantas de

cada cultivar em Penela da Beira (PB-P), Refoios de Lima (RL-PL) e Salgueiros (S-Vi). A linha vermelha tracejada representa o valor do teor para a cultivar ColUTAD no respetivo SD.

Por fim em Salgueiros (S-Vi), a cultivar Martaínha foi a que teve maiores valores de carotenoides (e de clorofila) e a cultivar ColUTAD foi o que teve valores mais baixos.

Anteriormente fizemos a análise do conteúdo em clorofila presentes nas folhas das diferentes cultivares de castanheiro. Este conteúdo em clorofila é o resultado da presença de dois tipos de clorofila: a clorofila a e a clorofila b. A presença de cada um destes tipos em maior ou menor proporção é um indicador importante sobre a capacidade da planta se

adaptar melhor ou pior a locais muito ensolarados ou menos ensolarados. Considerando um valor normal de 3 (correspondendo a 3 clorofilas *a* para uma clorofila *b*) valores acima deste sugerem melhor adaptação da planta a zonas ensolaradas e abaixo deste a zonas mais sombreadas. As condições do meio ambiente (mais ou menos ensolarado) são também um fator a ter em conta como indutor de variação ao qual se junta a capacidade intrínseca da própria cultivar.

Os castanheiros instalados no SD de Parada (P-B) apresentaram o maior valor médio para a razão clorofila a/Clorofila b com 3,5 tal como sucedeu com as plantas instaladas em Refoios do Lima (RL-PL) (Figura 208).O valor mais baixo foi encontrado em Carrazedo de Montenegro (CM-Va), sendo 3,0.

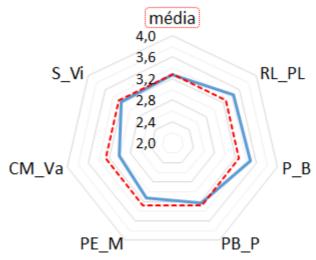


Figura 208 - Razão média clorofila a/clorofila b (Cla/Clb) presente nas plantas em cada um dos soutos demonstração. A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises feitas em cada SD.

A cultivar ColUTAD apresentou uma razão média de 3,4. Com valores superiores aparecera a Pilonga (3,9) e Longal (3,5), enquanto a Amarelal, Colarinha ,Judia, Parede, Martaínha e Cota tiveram razões inferiores (Figura 209). Estes resultadas são coerentes com as caraterísticas ambientais da Andaluzia de ambiente fortemente ensolarado (origem da Pilonga) e da Longal que apresenta boa adaptação a ambientes de maior insolação. Por outro lado a Cota e a Judia são provenientes de ambientes menos ensolarados, como os da Serra da Padrela.

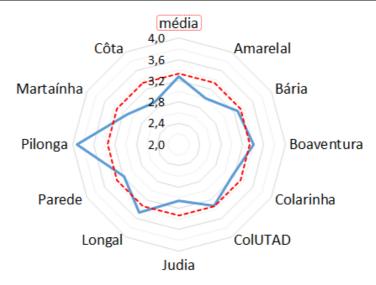


Figura 209 - Razão média clorofila a/clorofila b (Cla/Clb) presente nas plantas de cada cultivar em todos os SD onde está instalada. A linha vermelha tracejada representa o valor médio global do ColUTAD.

Em Carrazedo de Montenegro (CM-Va), a ColUTAD apresentou uma razão Cla/Clb 3,3. Com valor menor e, portanto, sugerindo maior adaptação a ambientes menos ensolarados, destacou-se a Judia e na posição oposta a Pilonga. Em Parada (P-B), o SD com maior exposição solar, a Boaventura (4,5), Longal e Pilonga foram as que apresentaram maiores valores para a razão Cla/Clb. Em Porto de Espada (PE-M) todas as cultivares apresentaram valores para esta razão superiores à ColUTAD, com destaque novamente para a Pilonga (Figura 210).

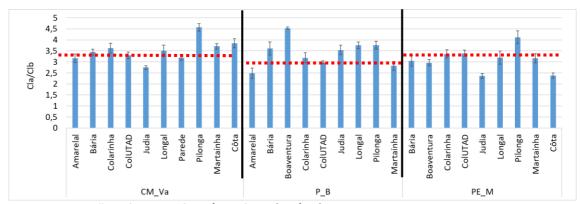


Figura 210 - Razão média clorofila a/clorofila b (Cla/Clb) presente nas plantas de cada cultivar em Carrazedo de Montenegro (CM-Va), Parada (P-B) e Porto da Espada (PE-M). A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

Em Penela da Beira (PB-P), Refoios do Lima (RL-PL) e Salgueiros (S-Vi) a ColUTAD manteve a tendência para apresentar valores de razão Cla/Clb maiores que as respetivas cultivares enxertadas em ColUTAD (Figura 211).

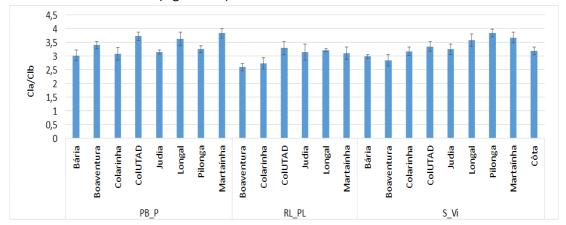


Figura 211- Razão média clorofila a/clorofila b (Cla/Clb) presente nas plantas de cada cultivar em Penela da Beira (PB-P), Refoios de Lima (RL-PL) e Salgueiros (S-Vi). A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

Na análise da razão por cultivar verifica-se que a Parede e ColUTAD são os cultivares com maior razão Cl/Car e, por oposto, o cultivar Pilonga é o que tem razões menores. Estes resultados em teoria podem indicar que as variedades Parede e ColUTAD são cultivares menos tolerantes a radiações mais altas e, Pilonga é o que tem maior tolerância (Figura 212).

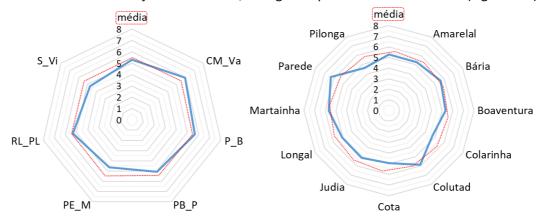


Figura 212 - Razão média clorofila/carotenoides (CI/Car) presente nas plantas em cada um dos soutos demonstração (à esquerda) e por cultivar (à direita). A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

Analisando os resultados da razão Clorofila/Carotenoide (Cl/Car) verificamos que o local com valores mais altos é Carrazedo de Montenegro (CM-Va), seguido por Parada (P-B). O SD com valores mais baixos de razão Cl/Car foi Porto da Espada (PE_M) (Figura 213).

Em teoria, e transpondo para este caso, então os cultivares em Carrazedo de Montenegro (CM-Va) são cultivares com menor tolerância a altas radiações. Porto outro lado, Porto da Espada (PE M) são cultivares mais tolerantes a altas radiações.

Quando analisamos as variedades por cada SD (Figura 213) verificamos que em Carrazedo de Montenegro (CM_Va) o cultivar Martaínha foi o que apresentou maiores razões Cl/Car e o cultivar Colarinha foi o que teve menores valores.

Em Parada (P_B) verifica-se que o ColUTAD é o que tem valores de razão mais altos (seguido do cultivar Boaventura) e a Amarelal o que tem valores mais baixos.

Em Porto da Espada (PE_M) o cultivar com razão Cl/Car mais alto é o ColUTAD seguido da Martaínha e Boaventura, o Côta foi o que teve razões mais baixas.

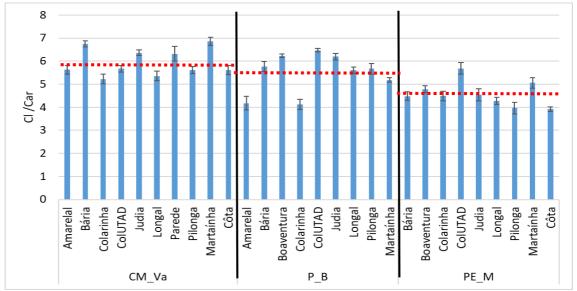


Figura 213 - Razão média clorofila/carotenoides (CI/Car) presente nas plantas de cada cultivar em Carrazedo de Montenegro (CM-Va), Parada (P-B) e Porto da Espada (PE-M). A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

Em Refoios de Lima (RL_PL) (Figura 214) temos a Boaventura com as razões Cl/Car mais altas. Em Penela da Beira (PB_P) ColUTAD e Martaínha foram os cultivares com maior razão Cl/Car neste souto e, Colarinha o que teve valores mais baixos.

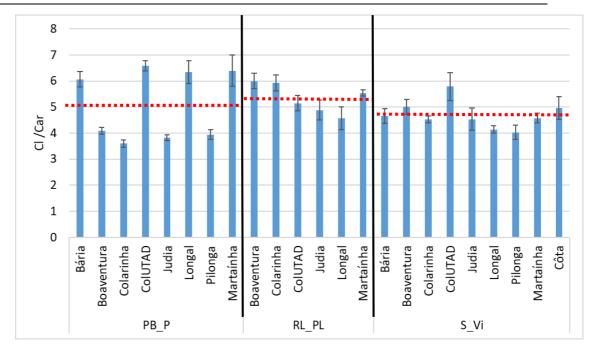


Figura 214 - Razão média clorofila/carotenoides (CI/Car) presente nas plantas de cada cultivar em Penela da Beira (PB-P), Refoios de Lima (RL-PL) e Salgueiros (S-Vi).A linha vermelha tracejada representa o valor médio global para este parâmetro obtido no conjunto de todas as análises.

Por último em Salgueiros (S_Vi), ColUTAD e Boaventura foram os que tiveram razões mais altas de Cl/Car e Pilonga foi o cultivar com valores de razão mais baixos.

Quando comparamos com os cultivares em conjunto verificamos que há semelhanças. O cultivar Pilonga é o que apresenta razões mais baixas, Parede e ColUTAD eram os que tinham razões mais altas (Figura 214).

7.2.5. Análise do transiente da fluorescência da clorofila a através do teste O-J-I-P

Após a adaptação das folhas ao escuro, estas foram expostas a um pulso saturante de luz (3000 μmol m⁻² s⁻¹, comprimento de onda de 650 nm, por 1 segundo), obtendo-se as respostas relacionadas aos transientes da fluorescência da clorofila a, de acordo com equações do teste OJIP (Strasser et al., 2004). Neste capítulo apresentaremos os resultados do Índice de Performance (IP) um parâmetro que aglutina as diferentes variáveis do teste OJ-I-P, dando informação sobre o estado geral de vitalidade do aparelho fotossintético. Este estado de vitalidade pode ser influenciado por diversos fatores como a nutrição mineral, o estado hídrico das plantas, a condições climáticas, bem como pela genética da própria planta (Figura 215).



Figura 215- A medição da fluorescência começa com a colocação de uma mola na folha para promover a adaptação da parte coberta ao escuro (esquerda). O fluorómetro (mod. OS30P, Optisciences) liga através da janela circular ao fim de meia hora de adaptação (direita).

Fazendo uma análise global dos SD, são as plantas instaladas em Carrazedo de Montenegro (CM-Va), Parada (P-B) e Refoios do Lima as que possuem um melhor estado de vitalidade, na medida em que possuem os valores de IP maiores, cerca de 6,0. No lado oposto aparecem as plantas de Salgueiros (S-Vi) (Figura 216).

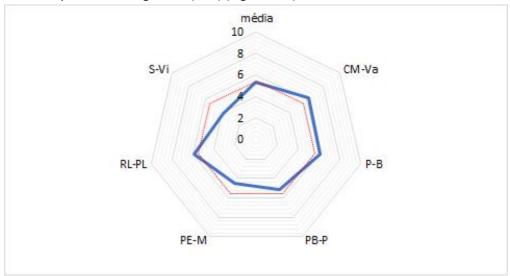


Figura 216- Valores médios do índice de performance em cada SD. Cada valor médio é o resultado da média de todas as leituras efetuadas em cada SD. A linha vermelha tracejada representa o valor médio do conjunto das cultivares em cada SD.

Relativamente ao comportamento global de cada cultivar, os resultados atuais indicam que o ColUTAD é quem tem o aparelho fotossintético com melhor estado de funcionalidade. Forma-se depois um grupo intermédio constituído pela Bária, Colarinha, Longal, Côta e Martaínha e, por fim um grupo com as cultivares com mais limitações apresentadas no conjunto das medições realizadas nos SD, composto pela Amarelal, Boaventura, Judia e Pilonga (Figura 217).

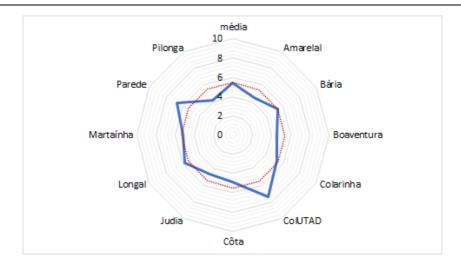


Figura 217- Valores médios do índice de performance em cada cultivar. Cada valor médio é o resultado da média de todas as leituras efetuadas para cada cultivar nos soutos onde está instalada. A linha vermelha traceja representa o valor médio do conjunto das cultivares.

Em Carrazedo de Montenegro (CM-Va), a Colarinha e a Bária apresentaram os melhores IP. Numa posição intermédia, aparecem a Côta, Martaínha e Parede. As cultivares que apresentaram maiores limitações foram a Amarela, ColUTAD, Judia, Longal e Pilonga (Figura 218).

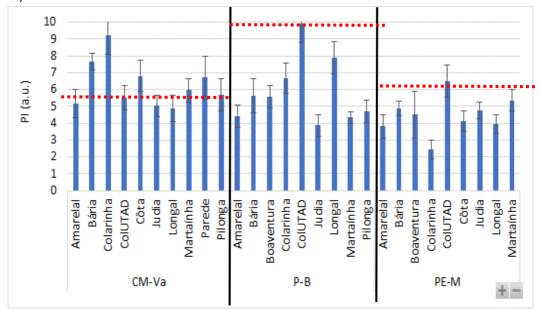


Figura 218- Valores médios do índice de performance em cada cultivar nos SD de Carrazedo de Montenegro (CM-Va), Parada (P-B) e Porto da Espada (PE-M). Cada valor médio é o resultado da média de todas as leituras efetuadas para cada cultivar nos soutos onde está instalada. A linha vermelha tracejada representa o valor médio para o ColUTAD nesse SD.

Em Parada (P-B), destacaram-se o ColUTAD com IP 9,9, um dos mais elevados de todos os SD, e a Longal com IP 7,9. No grupo das cultivares com maiores limitações temos a Amarelal, Judia, Martaínha e Pilonga (Figura 218).

Em Porto da Espada (PE-M), voltou a ser o ColUTAD que se destacou como a cultivar com melhor vitalidade, merecendo destaque no lado oposto, a Colarinha (Figura 218).

Grandes diferenças de IP foram encontradas em Penela da Beira (PB-P), destacando-se pela execelente vitalidade do seu sistema fotossintético o ColUTAD e a Longal, e no lado oposto, a Judia, Colarinha e Pilonga (Figura 219).

Relativamente a Refoios do Lima (RL-PL), o ColUTAD, Judia e Martaínha apresentaram os melhores IP, salientando-se de entre as que têm menor vitalidade a Boaventura (Figura 219).

Em relação a Salgueiros (S-Vi), a Boaventura, Colarinha e ColUTAD destacaram-se como as melhores, havendo depois um grupo composto pela Pilonga, Martaínha e Longal com limitações a nível do aparelho fotossintético (Figura 219).

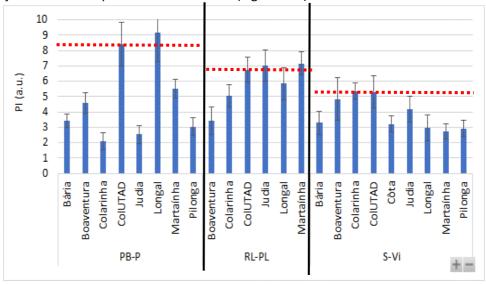


Figura 219- Valores médios do índice de performance em cada cultivar nos SD Penela da Beira (PB-P), Refoios do Lima (RL-PL) e Salgueiros (S-Vi). Cada valor médio é o resultado da média de todas as leituras efetuadas para cada cultivar nos soutos onde está instalada. A linha vermelha tracejada representa o valor médio para o ColUTAD nesse SD.

7.3. Avaliação do grau de proximidade ecofisiológica de cultivares entre os soutos demonstração

Recorrendo ao modelo de análise estatística através do modelo de componentes principais foi feita uma análise do comportamento das cultivares ColUTAD, Colarinha, Judia, Longal e Martaínha entre os seis soutos demonstração nos quais foram feitas medições a nível da sua ecofisiologia: taxa fotossintética (2022), taxa de transpiração (2022), eficiência do uso de água (2022), pigmentos fotossintéticos (2021 e 2022) e nutrientes minerais (2021 e 2022), nível hídrico (2022), diâmetro caule (2022).

Em relação ao ColUTAD, foram extraídos 5 componentes principais, que na sua totalidade ajudam a explicar a variação do seu comportamento entre os diferentes soutos demonstração em 100% (Tabela 43).

Tabela 43- Resultado da extração dos componentes principais a partir da matriz de dados obtida para o ColUTAD com recurso ao programa de estatística IBM SPSS Statistics.

_	Autovalores iniciais			Somas de extração de carregamentos ao quadrado		
Componente	% de % Total variância cumulativa		Total	% de variância	% cumulativa	
1	11,103	29,218	29,218	11,103	29,218	29,218
2	9,819	25,838	55,056	9,819	25,838	55,056
3	7,312	19,241	74,297	7,312	19,241	74,297
4	5,258	13,837	88,134	5,258	13,837	88,134
5	4,509	11,866	100,000	4,509	11,866	100,000

O comportamento do ColUTAD aqui apresentado dá as primeiras indicações sobre o grau de maior ou menor proximidade entre os soutos demonstração, através da distância Euclidiana apresentada pelo gráfico da Figura 220 Assim sendo, observa-se uma proximidade elevada entre Penela da Beira e Refoios do Lima constituindo o único cluster nesta análise (Figura 220). Todos os restantes soutos demonstração parecem estar distantes nas suas características, na forma como o ColUTAD se desenvolveu, aspeto que consideramos positivo atendendo ao tipo de estudo que se pretende efetuar sobre adaptabilidade de cultivares em ambientes contrastantes.

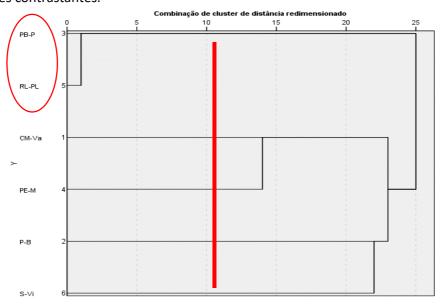


Figura 220- Dendrograma usando a ligação média entre grupos construído a partir da integração dos 5 componentes principais apresentados na Tabela 43, para caracterização do ColUTAD.

Para a cultivar Colarinha o modelo estatístico extraiu 3 componentes principais que explicam 93% do comportamento (Tabela 44).

Tabela 44- Resultado da extração dos componentes principais a partir da matriz de dados obtida para a cultivar Colarinha com recurso ao programa de estatística IBM SPSS Statistics.

•	Autovalores iniciais			Somas de extração de carregamentos ao quadrado		
Componente Total		% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	4,470	44,699	44,699	4,470	44,699	44,699
2	2,899	28,987	73,686	2,899	28,987	73,686
3	1,956	19,563	93,249	1,956	19,563	93,249

O dendrograma para a cultivar Colarinha (Figura 221), agrupou o comportamento desta cultivar em dois clusters: um com maior proximidade constituído pelo SD de Parada (P-B) e Salgueiros (S-Vi) e um segundo grupo com maior distanciamento entre locais, composto pelos SD de Penela da Beira (PB-P) e Porta da Espada (PE-M), mostrando assim alguma capacidade adaptativa a novos locais com alguma diferença climática.

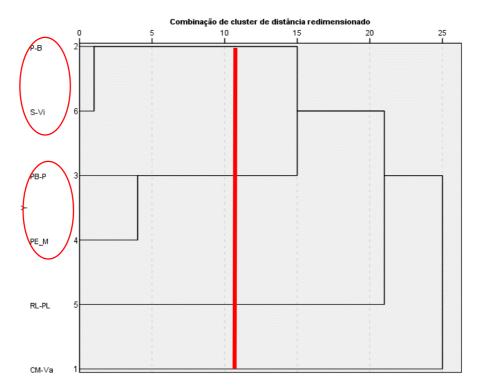


Figura 221- Dendrograma usando a ligação média entre grupos construído a partir da integração dos 5 componentes principais apresentados na Tabela 44, para caracterização da Colarinha.

A análise de componentes principais destacou 3 componentes para caracterizar o comportamento da Judia, que explicam 90,8% do seu comportamento (Tabela 45).

Tabela 45- Resultado da extração dos componentes principais a partir da matriz de dados obtida para a cultivar Judia com recurso ao programa de estatística IBM SPSS Statistics.

•	Autovalores iniciais			Somas de extração de carregamentos ao quadrado		
Componente	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	5,407	54,067	54,067	5,407	54,067	54,067
2	2,008	20,080	74,147	2,008	20,080	74,147
3	1,663	16,629	90,776	1,663	16,629	90,776

A caracterização da distribuição da cultivar Judia está apresentada na Figura 222, tendo sido obtidos dois clusters de similitude: o primeiro de grande proximidade entre Refoios do Lima (RL-PL) e Salgueiros (S-Vi), e o segundo com menor similitude entre Carrazedo de Montenegro (CM-Va) e Porto da Espada (PE-M).

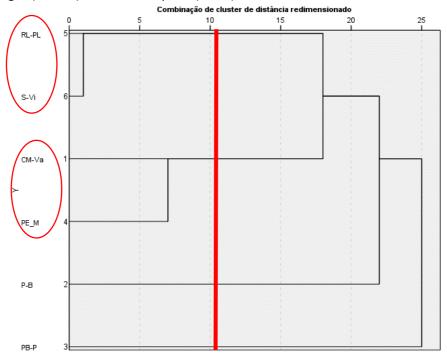


Figura 222- Dendrograma usando a ligação média entre grupos construído a partir da integração dos 3 componentes principais apresentados na Tabela 45, para caracterização da cultivar Judia.

Em relação à cultivar Longal, o seu comportamento ficou explicado por 3 componentes principais representando 90,5% (Tabela 46).

Tabela 46- Resultado da extração dos componentes principais a partir da matriz de dados obtida para a cultivar Longal com recurso ao programa de estatística IBM SPSS Statistics.

•	Autovalores iniciais			Somas de extração de carregamentos ao quadrado		
	% de				% de	%
Componente	Total	variância	cumulativa	Total	variância	cumulativa
1	4,414	44,143	44,143	4,414	44,143	44,143
2	3,337	33,374	77,517	3,337	33,374	77,517
3	1,297	12,968	90,485	1,297	12,968	90,485

A Longal, apresentou apenas um cluster (Figura 223), e neste apresentando uma grande proximidade entre o SD de Carrazedo de Montenegro (CM-Va) e Penela da Beira (PB-P).

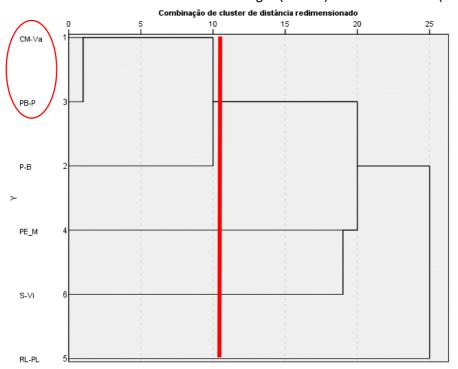


Figura 223- Dendrograma usando a ligação média entre grupos construído a partir da integração dos 3 componentes principais apresentados na Tabela 46Tabela 43, para caracterização da cultivar Longal.

Para a cultivar Martaínha foram extraídos 4 componentes principais, que no seu conjunto explicam 95,3% da variação medida para esta cultivar entre os seis soutos demonstração (Tabela 47).

Tabela 47- Resultado da extração dos componentes principais a partir da matriz de dados obtida para a cultivar Martaínha com recurso ao programa de estatística IBM SPSS Statistics.

•		Somas de extração de carregamentos ao		
Componente	Autovalores iniciais	quadrado		

	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	4,772	47,723	47,723	4,772	47,723	47,723
2	2,084	20,835	68,558	2,084	20,835	68,558
3	1,446	14,456	83,014	1,446	14,456	83,014
4	1,225	12,247	95,261	1,225	12,247	95,261

A Martaínha, tal como a Longal, apresentou apenas um cluster (Figura 224), e neste apresentou uma grande proximidade entre o SD de Penela da Beira (PB-P) e Porto da Espada (PE-M). Este comportamento sugere uma "exclusividade" bastante elevada desta cultivar relativamente a novas áreas de instalação, assumindo que Penela da Beira sendo a região de origem desta cultivar é aquela onde mostra a melhor adaptação.

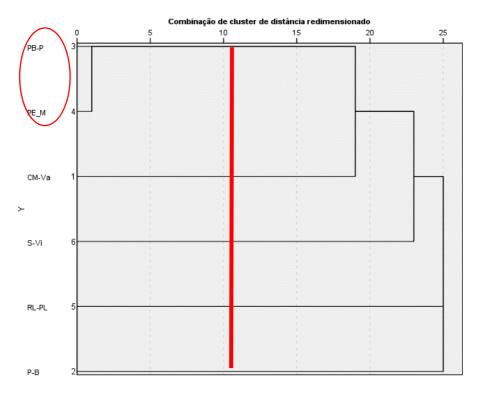


Figura 224- Dendrograma usando a ligação média entre grupos construído a partir da integração dos 3 componentes principais apresentados na Tabela 47, para a caracterização da cultivar Martaínha.

8 ■ Calendarização dos estados fenológicos em cultivares de castanheiro

Pinto, T.¹, Pereira, M.G.¹, Gonçalves, M.², Silva, P.³ e Gomes-Laranjo, J.¹

¹Departamento de Biologia e Ambiente – ECVA, Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas e Inov4Agro, Laboratório Associado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro Vila Real, Portugal; tpinto@utad.pt, jlaranjo@utad.pt

² Estudantes de Doutoramento da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro Vila Real, Portugal

A cultura do castanheiro enfrenta atualmente novos desafios à sua sustentabilidade, decorrentes das alterações climáticas: conjugação do acréscimo da temperatura com a diminuição da precipitação durante o ciclo vegetativo. Estas dificuldades traduzem-se por uma efetiva perda de vigor e maior suscetibilidade para doenças e pragas. O porta-enxerto (PE) híbrido ColUTAD® caracteriza-se por ter elevado grau de tolerância à doença da tinta, tendo sido o escolhido para a instalação dos soutos demonstração do projeto ClimCast.

A fenologia é o estudo das mudanças no tempo de eventos sazonais, como o início do abrolhamento, floração, dormência, migração e hibernação. Algumas respostas fenológicas são fortemente condicionadas pelas condições meteorológicas médias e extremas verificadas durante o seu ciclo anual, Figura 225.



Figura 225. Fases fenológicas do ciclo vegetativo do castanheiro (adaptado de Gonçalves et al., 2020).

³ Estudantes de Licenciatura da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro Vila Real, Portuga

Cada cultivar de *Castanea sativa* Mill. tem uma temperatura ideal e humidade para quebrar a sua dormência e iniciar um novo ciclo vegetativo. Recolher e disponibilizar informação comparativa de todas as cultivares estudadas em relação à calendarização dos seus estados fenológicos e respetivas necessidades de graus dia de crescimento (°D), é um instrumento da maior importância para a escolha da variedade/local.

Desta forma, o eixo do projeto "Monitorização comparativa dos estados fenológicos das cultivares portuguesas", teve como objetivo desenvolver uma escala dos estados fenológicos das cultivares Judia, Longal, Martaínha, Boaventura, Negral, Lada, Amarelal, Côta, Bária e o porta-enxertos ColUTAD, sob condições edafoclimáticas idênticas, nomeadamente no que diz respeito às necessidades de graus dia de crescimento (°D) de cada cultivar. Para esse efeito, foi estabelecido um Souto Demonstração (SD) em Vila Real (zona de baixa altitude), no campo de coleção de variedades portuguesas existente no Campus da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, (Banco de Germoplasma da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, coordenadas: 41º17'20"N; 7º44'0"W). A zona onde se encontra a coleção de cultivares é caracterizada por ter temperaturas baixas durante quase todo o ano, cinco meses com uma temperatura média inferior a 10ºC, tendo em julho e agosto temperaturas médias mensais de 20 °C, Figura 226.



Figura 226. Banco de Germoplasma da UTAD.

As árvores das cultivares contempladas no projeto foram selecionadas e marcadas de forma a que o seu desenvolvimento fenológico fosse monitorizado de forma consistente, durante os anos completos em que decorrem as ações do projeto, Figura 227. Foram estabelecidas saídas semanais de abril a outubro para a monitorização.

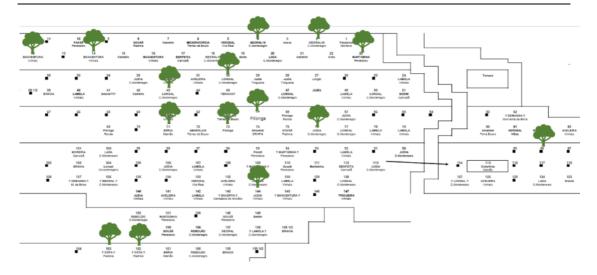


Figura 227. Souto Demonstração de Vila Real (Banco de Germoplasma da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro): Pindicação da localização das árvores acompanhadas ao longo do estudo.

Durante os primeiros meses de 2018, prepararam-se todas as infraestruturas necessárias para o acompanhamento semanal dos estados fenológicos das cultivares referidas. A programação obedeceu ao esquema representado na Figura 228.



Figura 228. Representação esquemática da programação realizada para dar cumprimento aos objetivos deste eixo do projeto. A Linha da escala nas figuras representa 1 cm.

O primeiro passo foi definir com rigor as fases fenológicas do desenvolvimento vegetativo do castanheiro e atribuir-lhe um código. Todas estas fases foram de seguida ilustradas com inúmeras fotografias, para que a classificação fosse rigorosa, evitando grandemente a subjetividade de todos quantos fossem posteriormente utilizar estes fenogramas das cultivares que se iriam construir.

Assim, no primeiro ano do projeto, com início do mês de abril e com uma periodicidade semanal, a equipa visitava o SD de Vila Real para registo da evolução do desenvolvimento vegetativo. Mais ainda, neste ano, foi igualmente realizado um registo fotográfico da evolução dos estados fenológicos das cultivares. Este conjunto alargado de fotografias, permitiu elaborar um guia, a que vulgarmente chamávamos o "caderno de campo" onde todas as fases vegetativas do desenvolvimento do castanheiro estão codificadas e devidamente ilustradas e nos orientavam na classificação dos estados fenológicos. Este guia está representado na Figura 232.

Após o primeiro ano do projeto, este "caderno de campo" com a associação dos estados fenológicos às fotografias que serviu de guia para classificar os estados de desenvolvimento vegetativo semanal em que as cultivares se encontravam nos outros Soutos Demonstração.

Figura 229- Fases e respetivos códigos do desenvolvimento dos órgãos vegetativos do castanheiro. A Linha da escala representa 1 cm.

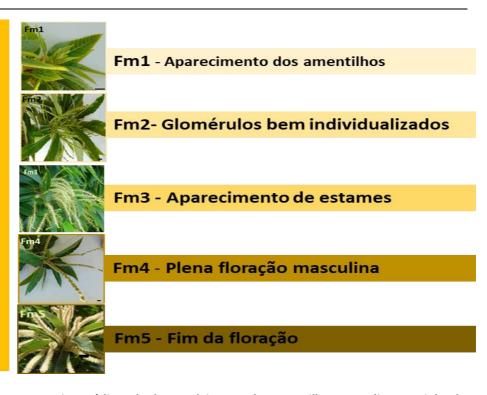


Figura 230- Fases e respetivos códigos do desenvolvimento dos amentilhos masculinos. A Linha da escala representa 1 cm.

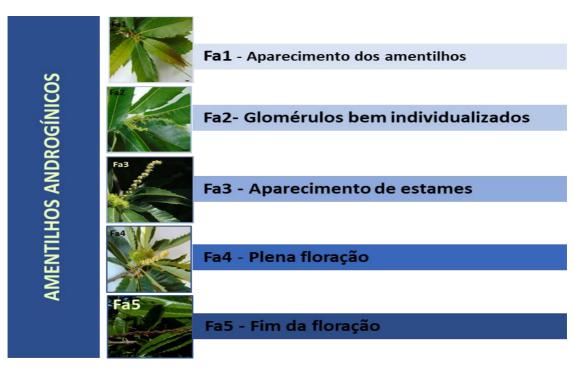


Figura 231. Fases e respetivos códigos do desenvolvimento dos amentilhos andróginos. A Linha da escala representa 1 cm.



Figura 232. Fases e respetivos códigos do desenvolvimento da parte feminina (floração e formação do ouriço). A Linha da escala representa 1 cm.

Com início em abril de 2018 e durante todo o ciclo vegetativo do castanheiro, foram monitorizados semanalmente os estados fenológicos das variedades em estudo, localizadas no SD Vila Real. O conhecimento pormenorizado de todas as fases evolutivas das árvores permitiu a elaboração de um fenograma, com a indicação das necessidades de calor para que cada cultivar consiga completar o ciclo vegetativo, Figura 233.

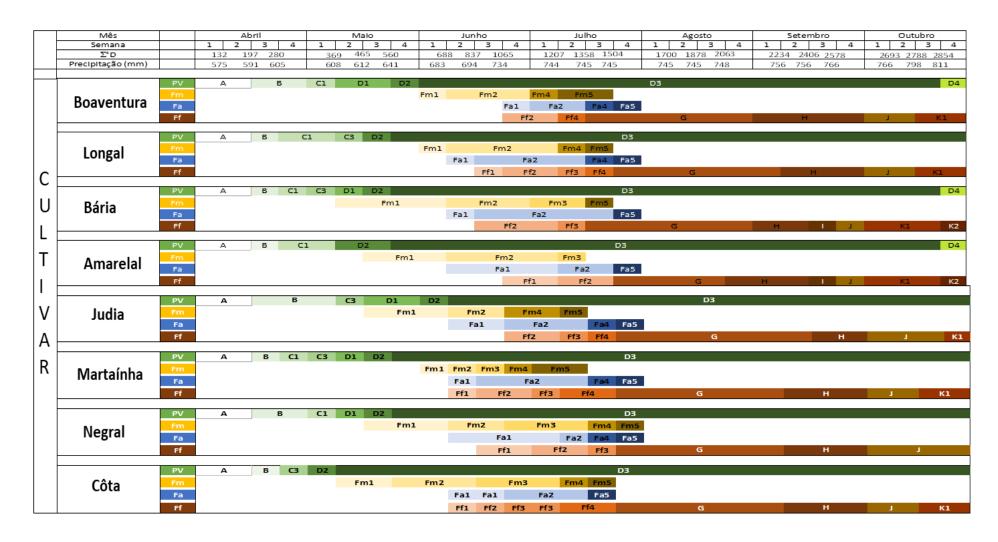


Figura 233-Fenograma construído com dados relativos ao ano de 2018.

O ano de 2020 foi um ano atípico, estavamos em plena Panademia provocada pelo Vírus Sars-Cov-2, pelo que o acompanhamento regular do desenvolvimento vegetativo dos estados fenológicos do castanheiro foi impossível de ser feito.

Em 2021, foram preparadas as saídas de campo ao SD de Vila Real para nova monitorização semanal dos estados fenológicos das variedades Judia, Longal, Martaínha, Boaventura, Negral e Côta. Foi ainda incluído o porta enxertos ColUTAD, com o propósito de se comparar o desenvolvimento fenológico deste porta enxerto e as cultivares a enxertar nos soutos demonstração do projeto. Na preparação das saídas de campo foi igualmente considerado o acompanhamento dos estados fenológicos da variedade de origem espanhola Pilonga, plantadas no Banco de Germoplasma da UTAD no ano anterior.

Observou-se que o ciclo vegetativo se iniciou, em termos médios, na primeira semana de abril, ainda que as cultivares Côta, Pilonga e Martainha apresentassem abrolhamento dos gomos na última semana de março. As cultivares Negral, Judia e Boaventura foram as mais tardias, tendo ocorrido o abrolhamento só na 2ª semana de abril. O aparecimento das primeiras folhas foi registado na cultivar Pilonga logo na 1ª semana de abril. O porta enxertos ColUTAD e as cultivares Côta e Bária foram as mais precoces das cultivares portuguesas, observando-se o aparecimento de folhas na segunda semana de abril. As cultivares mais tardias foram as Boaventura e Judia, em que o aparecimento das folhas só foi visível na última semana de abril.

O final da floração masculina foi registado primeiramente nas árvores ColUTAD, 4ª semana de junho, e em último nas cultivares Boaventura e Longal. O final da Floração feminina observouse na 2º semana de julho para as cultivares mais precoces, Bária e porta enxertos ColUTAD.

Também as árvores ColUTAD foram as primeiras onde se observou o amadurecimento e deiscência do ouriço, última semana de setembro, seguidas da Boaventura e Judia, 1ª semana de outubro. Na última semana de outubro, todas as variedades mostraram sinais da deiscência do ouriço. Com os dados obtidos foi construído o fenograma que se apresenta na Figura 234.

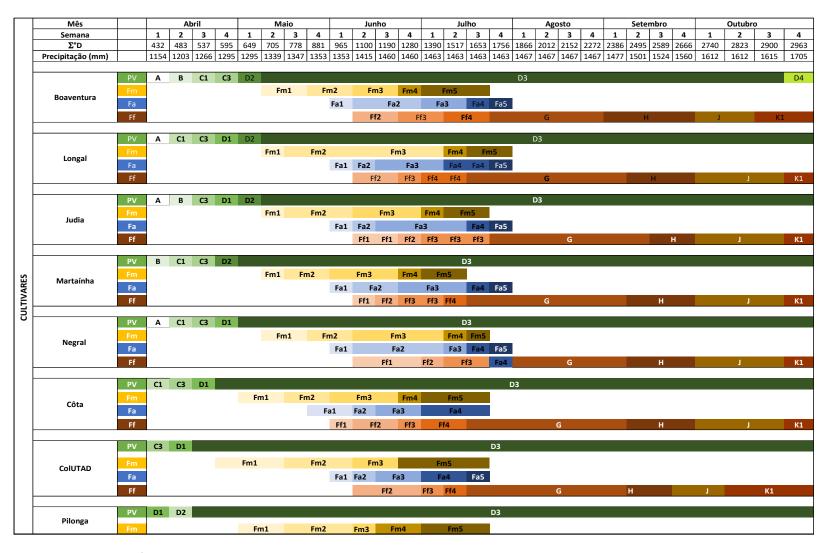


Figura 234. Fenograma construído com dados relativos ao ano de 2021.

O ano de 2018 caracterizou-se por menor temperatura acumulada, graus dia (°D), o que sugere um atraso no desenvolvimento dos estados fenológicos no ano de 2018, demostrando claramente a ação das condições meteorológicas, nomeadamente a temperatura, no ciclo vegetativo do castanheiro. Na Figura 235, é possível comparar o somatório das temperaturas mensais acumulada, em Vila Real (Σ °D) em 2018 com os valores da temperatura acumulada média mensal de 1981 a 2010 e ainda com os valores do ano de 2021, obtidos na estação meteorológica situada no campo de Germoplasma da UTAD.

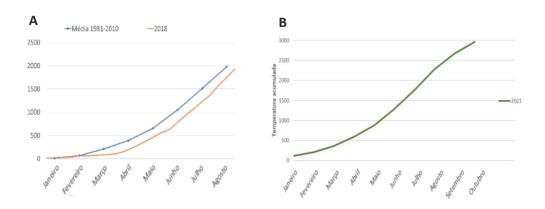


Figura 235. (A) Somatório das temperaturas mensais acumulada, em Vila Real em 2018 com os valores (linha laranja); temperatura acumulada média mensal de 1981 a 2010 (linha azul) (IPMA,2018). (B) Somatório das temperaturas mensais acumulada, em Vila Real em 2021.

Referências Bibliográficas

IPMA (2020). Instituto Português do Mar e da Atmosfera- Portal do Clima, década 1971-2000. Retirado de www.ipma.pt. Acedido em 14 de fevereiro 2020.

IPMA (2020). Instituto Português do Mar e da Atmosfera- Boletins Climatológicos de 2018. Retirado de www.ipma.pt. Acedido em 16 de fevereiro 2020.

Gonçalves, M., Amraoui, M., Gomes Laranjo, J., Pereira, M. (2020). Influência das Condições Meteorológicas no Ciclo Vegetativo da Vegetação: O Caso do Castanheiro. I Jornadas de Estudo & Proteção do Ambiente, 3 e 4 de março 2020, NEPA, UTAD, Vila Real.

Influência da variabilidade e alterações climáticas no castanheiro

Pereira, M. G.^{1,2}, Amraoui, A.¹, Gomes-Laranjo, J.¹, Pinto, T.¹ e Gonçalves, M.¹

¹Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas (CITAB), e Inov4Agro, Laboratório Associado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal, gpereira@utad.pt

² Instituto Dom Luiz, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

9.1. Introdução

A memória descritiva do ClimCast, nomeadamente o plano de ação incluiu a identificação do problema ou oportunidade que a iniciativa propunha abordar. Nessa altura foi reconhecido que:

- a produção da castanha é fortemente condicionada pelas condições meteorológicas médias e extremas verificadas durante o ciclo fenológico anual do castanheiro;
- as doenças e pragas que afetam e dizimam os castanheiros estão também associadas condições atmosféricas;
- as projeções de clima futuro para diferentes cenários em Portugal sugerem mudanças significativas nas distribuições de diferentes elementos climáticos com influência reconhecida na vegetação, como a temperatura do ar e a precipitação;
- estas alterações deverão ocorrer nas estatísticas de localização (e.g., média, mediana, moda), dispersão (e.g., desvio padrão, variância, intervalo ou amplitude interquartil), mas essencialmente no regime (frequência, duração, severidade, intensidade) de eventos meteorológicos e climáticos extremos (e.g., precipitação intensa, seca, ondas de calor) com reconhecida influência no estado fisiológico do castanheiro.

As fragilidades do castanheiro decorrentes da baixa tolerância à conjugação dos stresses hídrico e térmico bem como as ameaças bióticas e abióticas resultam na perda de vigor, aumento anormal da taxa de mortalidade de árvores e consequente diminuição da produção. Dados do Instituto Nacional de Estatística refletem estas características. No período 2000 – 2015, a produção de castanha sofreu forte decréscimo (de 33 000 para 24 000 ton), apesar do aumento da área de cultivo (de 29 000 para 35 000 ha) e apresenta elevada variabilidade interanual (variação entre dois ou mais anos) associada às condições

atmosféricas, nomeadamente à ocorrência de episódios climáticos extremos durante a estação de crescimento do castanheiro.

Os fatores meteorológicos e climáticos são responsáveis por flutuações indesejáveis no mercado do fruto (produção e cotação) que colocam sérios problemas à indústria de processamento e comércio da castanha. O potencial económico e a estratégia de desenvolvimento da Fileira da Castanha em Portugal, enfrentam as dificuldades resultantes da variabilidade climática e das alterações climáticas. Apesar desta situação, o setor apresenta uma forte dinâmica de crescimento refletida num plano estratégico, enquadrado na proposta do grupo europeu da castanha, de aumentar a área de produção, para contrariar a diminuição da produção de castanha na Europa.

Esta iniciativa surgiu no contexto da estratégia de crescimento da Fileira e teve como objetivo geral fornecer um conjunto de produtos de suporte à decisão política e de apoio às associações de produtores. No que respeita à influência do clima e das condições atmosféricas no castanheiro, a lista de objetivos específicos incluiu: (i) caracterizar a evolução das condições edafoclimáticas das principais regiões produtoras e outras regiões com potencial para a produção da castanha; (ii) identificar as cultivares melhor adaptadas às condições climáticas futuras; e, (iii) desenvolver ferramentas para estimar a produção futura. Uma descrição mais detalhada dos objetivos específicos visados foi a seguinte:

- Implementar o sistema de monitorização climática ClimCast a partir de estações meteorológicas instaladas em cada souto de demonstração (SD), que permitirá recolher informação meteorológica local detalhada, melhorar o conhecimento da relação entre as condições meteorológicas e o castanheiro, e que será o embrião de uma futura rede de avisos para o castanheiro;
- Identificar as variáveis meteorológicas, índices de deteção remota e outros parâmetros com maior potencial preditivo da produtividade da castanha em Portugal;
- Caracterizar climaticamente as principais regiões produtoras de castanha, nas condições de clima atual e futuro, para permitir selecionar a melhor cultivar para cada situação edafoclimática;
- Mapear as regiões produtoras e potencialmente produtoras de castanha em função das suas características climáticas e consequente aptidão para a produção de castanha, criando uma graduação da situação de risco climático da cultura, desenvolver modelos climáticos de produtividade e a carta de produção potencial da castanha em Portugal.

O ClimCast tem duas grandes áreas de ação, nomeadamente: (a) conhecer a plasticidade climática das cultivares de castanha; e (b) modelar climaticamente a produção de castanha. Relativamente à modelação da produção, foi definido o Eixo 3 no plano de ação estratégico, dedicado a estudar a influência da variabilidade e alterações climáticas no castanheiro.

Neste eixo, foi prevista a instalação de uma rede de estações meteorológicas automáticas (EMA), junto aos soutos demonstração. Os dados climáticos observados nas EMA servirão para a monitorização climática das regiões produtoras de castanha e dos SD, em particular. Foi ainda planeada a utilização de séries climáticas longas para caracterizar climaticamente as regiões de castanheiro e modelar a produção da castanha com base em variáveis meteorológicas que permita simular a produção anualmente e para diferentes cenários e períodos de clima futuro. Este capítulo pretender descrever as atividades realizadas para cumprir estes objetivos e os resultados obtidos.

9.2. Monitorização climática

A monitorização climática inclui:

- observar (medir) os valores dos elementos climáticos ou variáveis meteorológicas;
- compilar e preparar as bases de dados das diferentes EMA e de outros fornecedores de dados climáticos;
- analisar a qualidade dos dados compilados;
- corrigir os problemas eventualmente identificados (valores em falta, valores repetidos, valores suspeitos, valores errados, etc.);
- calcular os valores de outras variáveis e parâmetros meteorológicos, com base nos valores das variáveis medidas ou obtidas de outras bases de dados;
- acompanhar e avaliar a evolução de variáveis e parâmetros meteorológicos;
- produzir informação para os utilizadores.

A monitorização climática necessita de um acompanhamento rigoroso e análise climatológica detalhada das condições meteorológicas. A monitorização climática pode ser realizada com base em dados disponibilizados em rede, que têm a vantagem de ter uma grande cobertura espacial, mas a desvantagem de uma menor resolução espacial e temporal. Por esta razão, plano do ClimCast preveu a aquisição e instalação de EMA junto ou em cada SD (Figura 236). Este conjunto de EMA constituem a denominada Rede de Estações ClimCast (REC).



Figura 236- Estações Meteorológicas automáticas instaladas no Souto de Demonstração de Penela da Beira, Parada (painel superior) e no campo de germoplasma do Campus da UTAD (painel inferior).

9.2.1. A Rede de Estações ClimCast (REC).

As EMA adquiridas no âmbito do ClimCast visaram permitir medir, com elevada frequência, os valores de um conjunto de variáveis meteorológicas e de humidade no solo, nos locais de implementação dos SD. Os dados registados serviriam para ajudar a cumprir os objetivos do GO ClimCast, incluindo a posterior comparação com os dados registados nas EMA instaladas nos outros SD, permitir caracterizar as condições meteorológicas dessas regiões, com elevada resolução espácio-temporal, e identificar as variáveis e parâmetros meteorológicos com maior influência no castanheiro. No início do período do GO ClimCast foram instaladas seis EMA, nomeadamente:

- Lagoa AguiarFloresta, Associação Florestal e Ambiental de Vila Pouca de Aguiar,
 Lagoa, Vila Pouca de Aguiar, Vila Real (SD1);
- Salgueiros Arbórea, Associação Agro-Florestal e Ambiental da Terra Fria Transmontana, Salgueiros, Vinhais, Bragança (SD2);

- Penela da Beira Coopenela, Cooperativa Agrícola de Penela da Beira C.R.L., Penela da Beira, Viseu (SD3);
- Parada SORTEGEL, Produtos Congelados, SA, Sortes, Bragança (SD4);
- Porto de Espada Município de Marvão/IPCB, Portalegre (SD6)
- Vila Real UTAD, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados,
 Vila Real, Vila Real (SD8)

Durante os anos de 2020 e 2021 foi discutida a necessidade de se instalar uma EMA em Refoios do Lima junto ao SD7, uma vez que este SD está instalado na Escola Superior Agrária de Ponte de Lima (ESA – IPVC) e esta instituição já tem instalada uma EMA. Foi estabelecido um acordo para a integração da EMA da ESA – IPVC na REC. Esta integração passa pela aquisição e integração de sensores de humidade do solo na EMA da ESA – IPVC, pela cedência dos dados observados na EMA da ESA – IPVC à REC e pelo acesso da ESA – IPVC aos dados variáveis e parâmetros meteorológicos da REC.

Durante o ano de 2020, foi discutida a possibilidade de instalar uma EMA em Carrazedo de Montenegro, Valpaços, na sequência da entrada no consórcio da Agrifuturo em substituição da Aflodounorte (SD5). Assim, no final do projeto, a REC incluía um conjunto de 8 EMA (Tabela 48).

Tabela 48- Informação das estações meteorológicas automáticas (EMA) da rede ClimCast com dados acessíveis na plataforma da Hubel, incluindo o nome da estação/localidade, coordenadas geográficas (latitude, Lat; longitude, Lon), altitude (Alt) e data e hora de início de funcionamento.

5044	Lat (°)	Lon (°)	Alt (m)	Data e hora de
EMA				início
Lagoa	41.531	-7.528	1050	07/11 /2018 16:30
Salgueiros	41.904	-7.028	915	21/01/2019 12:00
Penela Beira	41.027	-7.444	900	04/10/2018 00:00
Parada	41.637	-6.712	790	10/10/2018 09:45
C. de Montenegro	41.562	-7.431	765	01/01/2021 00:00
Porto da Espada	39.355	-7.361	583	01/01/2019 00:00
Refoios do Lima	41.793	-8.544	67	01/01/2018 00:00
Vila Real	41.286	-7.746	450	28/02/2019 16:00

9.2.2. Os dados medidos na REC

As EMA da REC estão equipadas com sensores para efetuar a medição de diversas variáveis climáticas, com intervalo de medida de 15 minutos, incluindo:

- velocidade do vento, VV, valor ou módulo do vetor velocidade do vento (km/h);
- direção do vento, DV, direção e sentido do vetor velocidade do vento (°) medido a partir da direção norte (0° a 360°);
- rajada de vento, RV, valor máximo do módulo do vetor velocidade do vento (km/h) durante o intervalo de amostragem;
- precipitação, P, acumulada no intervalo de amostragem (mm);
- humidade relativa do ar, HR, valor percentual da humidade relativa (%);
- humidade do solo, *HS*, a 30 cm de profundidade; valor percentual da humidade no solo, expresso em %VWC (quantidade volume água);
- humidade do solo, *HS*, a 60 cm de profundidade; valor percentual da humidade no solo, expresso em %VWC (quantidade volume água);
- temperatura do ar, T (°C);
- radiação solar, RS, valor máximo da radiação solar, expresso em (W/m2).

9.2.3. A base de dados meteorológicos do ClimCast

9.2.3.1. A base de dados da REC

Desde a instalação das EMA da REC, foi sendo criada, mantida e atualizada uma base de dados com os valores das variáveis e parâmetros meteorológicos da REC. Os elementos meteorológicos medidos em cada SD eram transferidos remotamente para a plataforma de uma empresa contratada para o efeito. Cada parceiro do projeto tinha um conjunto de códigos de acesso aos dados.

A equipa de trabalho da UTAD teve acesso aos dados das EMA da REC disponibilizados na referida plataforma e procedeu ao processo descrito na seção 9.2, que incluiu a compilação dos dados das diferentes estações, preparação inicial das bases de dados, análise de qualidade dos dados e a correção dos problemas identificados. Foram desenvolvidos e implementados programas para realizar automaticamente e uniformemente as tarefas acima referidas para os dados de todas as EMA da REC.

A análise da qualidade dos dados foi realizada de forma independente em cada EMA da REC. A deteção de eventuais erros ou anomalias nos dados foi realizada desde a data e hora de entrada em funcionamento das EMA ou acesso aos dados. O tipo de erro mais comum foram as falhas de dados, que são sobretudo devidos problemas de funcionamento da estação e/ou plataforma da empresa, nomeadamente nos sensores, no envio dos dados, falta de carga da bateria e entupimento do pluviómetro, mas também à mudança da hora. Foram identificados outros tipos de erro, como valores repetidos (e.g., dois valores para o mesmo instante), valores errados (e.g., valores de precipitações muito baixa, devido a entupimentos dos pluviómetros, e valores elevadíssimos da temperatura ou humidade do ar, devidos a avarias nos sensores) e valores suspeitos, por suscitarem dúvidas sobre a sua validade apesar de se encontram dentro da gama de variabilidade observada.

No caso de valores em falta singulares, a correção de valores em falta foi realizada por interpolação linear. Nos outros casos, os valores em falta foram substituídos recorrendo a dados externos à REC, nomeadamente de estações vizinhas (caso da UTAD, que dispõe de várias estações meteorológicas no seu Campus) ou de outros fornecedores (e.g. dados de outras estações meteorológicas próximas ou dados ERA5/ERA5-Land). Nestes casos, a substituição dos valores em falta exigiu uma avaliação da adequabilidade dos dados externos e correção de viés, com base em uma análise comparativa, para garantir a homogeneidade das séries temporais da REC.

Depois de garantir a completude e correção dos dados de base, o processo de preparação dos dados passa para a fase de calcular os valores das variáveis meteorológicas derivadas ou para outras escalas temporais (como sejam a temperatura máxima do ar, a temperatura mínima do ar e temperatura média do ar), e parâmetros meteorológicos (como os Graus-Dia, GD, e a precipitação acumulada desde o inicio do ciclo vegetativo ou do ano).

As EMA foram configuradas para medir valores de variáveis meteorológicas a elevada resolução temporal, com uma periodicidade de 15 minutos. Este curto período de amostragem foi selecionado de forma a permitir uma análise mais detalhada da influência meteorológica no castanheiro. Por exemplo, para avaliar a temperatura máxima e a temperatura mínima, é necessário avaliar o máximo e o mínimo valor de temperatura ao longo do dia, pelo que importa dispor de dados com a maior frequência de amostragem possível. Contudo, para outras aplicações práticas, esta taxa de amostragem é demasiado elevada. Por exemplo, parceiros e produtores, apreciam séries de valores mensais.

Assim, durante o período do GO ClimCast, foram desenvolvidos e implementados programas para, com base nos valores das variáveis meteorológicas medidos de 15 em 15 minutos, serem calculados os valores horários, diários, sazonais e anuais das variáveis e parâmetros meteorológicos. Dados para outras escalas temporais são também necessários, por exemplo, para a correção de erros detetados nos dados medidos nas EMA e para a produção de relatório de monitorização climática. Nestes casos, foi necessário obter as normais climatológicas, que são calculadas para cada mês, mas com base em dados para períodos climatológicos de 30 anos.

9.2.3.2. Outras bases de dados meteorológicos utilizadas no ClimCast

Durante a iniciativa e em diferentes fases, foi sendo reunido um grande conjunto de bases de dados climáticos, nomeadamente:

 Dados ERA-Interim, ERA5 e ERA5-Land horários e junto à superfície de várias variáveis meteorológicas (incluindo temperatura mínima, média e máxima do ar, temperatura do ponto de orvalho, humidade do ar, precipitação), para um domínio espacial que inclui Portugal Continental;

- Variáveis climáticas e bioclimáticas do WorldClim, disponibilizadas seu portal (https://www.worldclim.org/). Estes dados correspondem a mapas de valores das médias aritméticas mensais, calculados para o período de 1970 a 2000, com a resolução espacial de 30 segundos (aproximadamente 1 km²) a 10 minutos (aproximadamente 340 km²). A lista das variáveis climáticas inclui: (i) temperatura mínima do ar (°C); (ii) temperatura média do ar (°C); (iii) temperatura máxima do ar (°C); (iv) precipitação (mm); (v) pressão de vapor de água (kPa); (vi) radiação solar (KJ m⁻² dia⁻¹) e (vii) velocidade do vento (m.s⁻¹). Foram também extraídos dados das dezanove variáveis bioclimáticas: (i) Bio 01, temperatura média anual (°C); (ii) Bio 02, amplitude térmica diurna média (°C); (iii) Bio 03, isotermalidade; (iv) Bio 04, temperatura de sazonalidade; (v) Bio 05, temperatura máxima do mês mais quente (°C); (vi) Bio 06, temperatura mínima do mês mais frio (°C); (vii) Bio 07, intervalo anual de temperatura (°C); (viii) Bio 08, temperatura média do trimestre mais húmido (°C); (ix) Bio 09, temperatura média do trimestre mais seco (°C); (x) Bio 10, temperatura média do trimestre mais quente (°C); (xi) Bio 11, temperatura média do trimestre mais frio (°C); (xii) Bio 12, precipitação anual (mm); (xiii) Bio 13, precipitação do mês mais húmido (mm), (xiv) Bio 14, precipitação do mês mais seco (mm); (xv) Bio 15, precipitação de sazonalidade; (xvi) Bio 16, precipitação do trimestre mais chuvoso (mm); (xvii) Bio 7, precipitação do trimestre mais seco (mm); (xviii) Bio 18, precipitação do trimestre mais quente (mm) e (xix) Bio 19, precipitação do trimestre mais frio (mm).
- Dados diários CORDEX bias adjusted simulados para um domínio espacial semelhante, para o futuro por vários (seis) pares de modelos climáticos, para dois cenários de diferentes concentrações de gases de efeito de estufa na atmosfera (RCP4.5 e RCP8.5) e vários períodos climatológicos: a) período histórico ou de referência (1976 2005), para estudo das condições de clima do passado recente; e, b) períodos futuros (2011 2040, 2041 2070, 2071 2100), para estudo das condições do clima futuro em constante mudança climática. Os dados para o futuro são simulações de vários pares de modelos globais (GCM) e regionais (RCM) de diferentes institutos meteorológicos Europeus.

Todo o estudo da influência da variabilidade e alterações climáticas no castanheiro realizado com base em dados em rede, começou por se iniciar com dados ERA-Interim. Contudo, assim que os dados ERA5 foram disponibilizados, passaram a ser utilizados, pois esta última versão apresenta algumas melhorias e vantagens, nomeadamente disponibilizar valores horários. Esta alteração obrigou a alterar a metodologia, repetir a maior parte dos procedimentos realizados, mas permitiu melhorar os resultados.

Finalmente, importa ainda referir que com base nos dados recolhidos na REC e valores de outras variáveis e parâmetros meteorológicos calculados com base nestes dados, foram

elaborados relatórios de monitorização climática nos SD ClimCast. Foram solicitados e cedidos dados da REC para apoiar investigação científica e formação avançada em temas relacionados com o Castanheiro. Alguns destes dados foram utilizados em dissertações de mestrado e em teses de doutoramento que terminaram ou decorreram durante o GO ClimCast.

9.2.4. Resultados da monitorização climática

Os valores das variáveis meteorológicas medidos na REC permitem o acompanhamento das condições climáticas nos locais dos SD. Em particular, é possível comparar as condições observadas (valores diários e médias mensais) com as condições habituais (normais climatológicas) e perceber, por exemplo, se um determinado mês ou se o ano foi mais quente ou mais frio (Figura 237), mais húmido ou mais seco (Figura 238), que o normal. A partir dos valores diários é também possível verificar a ocorrência de eventos extremos, por exemplo de temperatura (ondas de calor ou de frio) ou de precipitação (eventos de precipitação intensa), perceber a data de início, duração e outras características, como a severidade.

A partir da análise comparativa das variáveis e parâmetros meteorológicos medidos em cada EMA da REC, é ainda possível perceber as semelhanças e diferenças nas condições climáticas em cada SD. Por exemplo, a análise da evolução dos valores mensais de Graus-Dia (GD) calculados para as estações Penela da Beira, Lagoa, Parada, UTAD e Vinhais, nos três anos funcionamento da REC (Figura 239), revela alguma variabilidade interanual mas, essencialmente, um comportamento semelhante com valores sistematicamente mais elevados nas Estações da UTAD e Parada, valores ligeiramente inferiores nas estações de Vinhais e Penela e valores mais baixos na estação de Lagoa.

Por outro lado, a análise da precipitação acumulada ao longo do ano nas mesmas EMA e anos (Figura 240) revela uma muito maior variabilidade. Em 2020, a precipitação acumulada teve uma evolução muito semelhante, em todas as estações, até setembro, havendo a registar valores significativamente mais elevados apenas na estação de Vinhais. No ano anterior (2019), o comportamento geral também foi semelhante, mas as diferenças entre a precipitação acumulada nas diferentes estações foram mais significativas e a dispersão aumentou ao longo do ano. Por exemplo, a diferença entre a precipitação acumulada em abril nas EMA de Parada (235 mm) e Vinhais (420 mm) foi de 185 mm, mas em outubro foi de 275 mm.

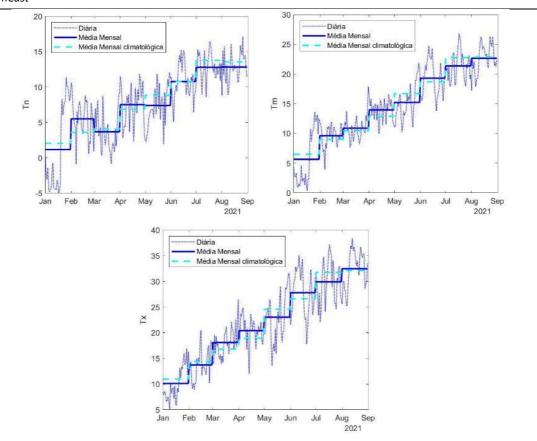


Figura 237- Valores diários, mensais e mensais climatológicos da temperatura mínima (painel de cima, esquerda), média (painel de cima direita) e máxima (painel de baixo) do ar, medida na estação da UTAD.

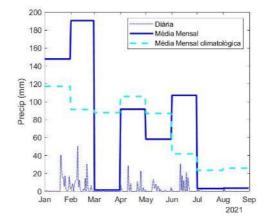


Figura 238- Tal como na Figura 237, mas para a precipitação.

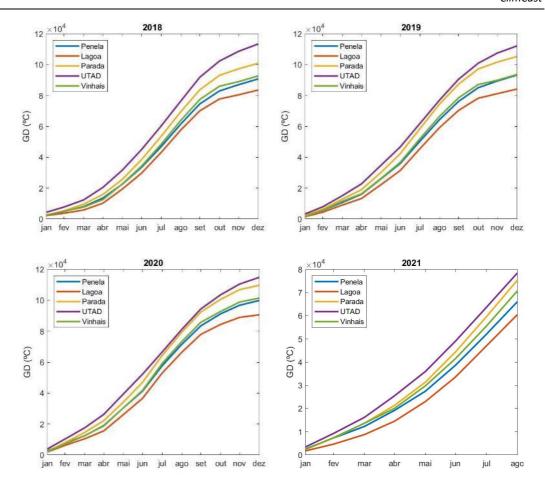


Figura 239- Valores mensais de Graus-Dia (GD) calculados com base na temperatura do ar medida nas estações meteorológicos instaladas nos Soutos de Demonstração de Penela da Beira, Lagoa, Parada, UTAD e Vinhais, nos anos de 2018, 2019, 2020 e 2021.

Em 2019, a EMA com valores mais elevados de precipitação acumulada foi Vinhais, seguida da UTAD e Lagoa, com valores muito semelhantes ao longo do ano, e finalmente Penela e Parada, também com valores muito semelhante. Contudo, em 2018, as diferenças de precipitação acumulada foram ainda mais significativas não apenas entre estações como em relação aos anos mais recentes. Por exemplo, em abril de 2018 a precipitação acumulada já era, essencialmente, a mesma que em setembro de 2019. Neste ano, a precipitação acumulada foi particularmente elevada na EMA da UTAD, principalmente a partir de fevereiro, com valores muito superiores aos das outras estações. Apenas no final do ano, a precipitação acumulada em vinhais se aproximou dos valores registados na UTAD.

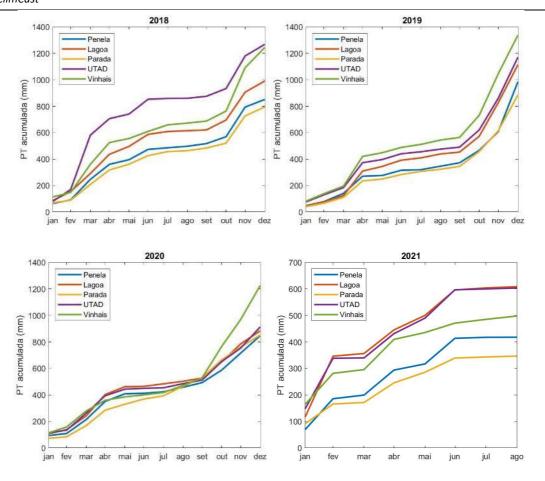


Figura 240- Tal como na Figura 239, mas para a precipitação acumulada.

9.3. Meteorologia, clima e castanheiro

Este subcapítulo corresponde fase 3.2 do Eixo 3, dedicado à influência da variabilidade e alterações climáticas no castanheiro. Para melhor se compreender a motivação, objetivos e metodologia desta fase, importa começar por apresentar a definição de alguns conceitos.

O Clima é o estado do Sistema Climático que é um sistema dinâmico, complexo, não linear, global, aberto, não isolado, composto por (cinco) subsistemas, nomeadamente a Atmosfera, Hidrosfera, Criosfera, Litosfera e Biosfera. Estes subsistemas interatuam entre si (permutam massa, energia e momento), visto serem também sistemas abertos e não isolados, por serem limitados por fronteiras permeáveis e diatérmicas. De uma forma operacional, o clima é caracterizado pela descrição da distribuição estatística dos elementos climáticos (por exemplo, a pressão, precipitação, vento, temperatura e humidade do ar). Esta caracterização pode ser realizada pelos valores de um vasto conjunto de estatísticas de localização (central, como a média, moda ou mediana, ou relativa, como mínimo, máximo, quantil, quartil,

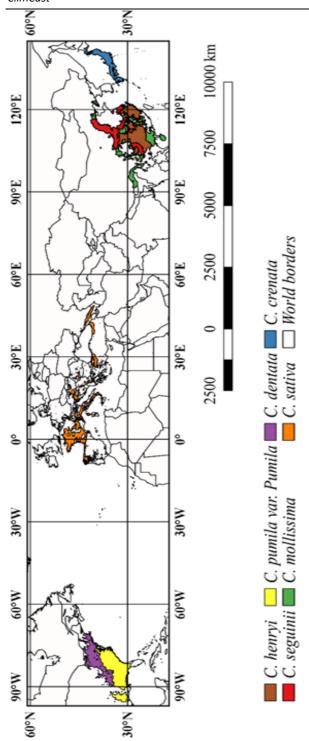
percentil), de dispersão (amplitude, desvio padrão, variância, amplitude interquartil, coeficiente de variação), assimetria (coeficiente de assimetria, curtose), entre outros.

As alterações climáticas são, então, alterações, estatisticamente significativas (avaliadas com testes estatísticos), na distribuição de pelo menos um dos elementos climático. O clima e as alterações climáticas são avaliados com base em séries temporais longas, preferencialmente 30 anos. A variabilidade climática pode ser definida como as flutuações de curto prazo (até anos e décadas) enquanto a alteração climática é a mudança que persistem por um longo período (décadas ou mais). As condições atmosféricas variam, no espaço e no tempo, em escalas muito menores (de minutos a semanas). As condições atmosféricas e climáticas, em particular os eventos extremos, têm um impacto profundo na vegetação que importa conhecer, modelar e simular para poder antecipar o futuro.

Esta fase compreende: (i) a identificação das variáveis e parâmetros meteorológicos com maior potencial preditivo da produtividade da castanha; e, (ii) a caracterização climática das regiões DOP, nas condições atuais e de clima futuro. Os resultados obtidos nesta fase serão utilizados nas fases e tarefas seguintes, bem como para ajudar selecionar a melhor cultivar e porta enxerto para cada situação edafoclimática. As subseções seguintes descreve as ações realizadas no âmbito do estudo da influência das condições atmosféricas, climáticas e o castanheiro.

9.3.1. A distribuição de castanheiro no mundo e em Portugal Continental

A primeira tarefa consistiu na identificação das regiões de castanheiro e de produção de castanha, pois o castanheiro também é cultivado para a produção de madeira. Este processo inclui a obtenção e análise de um vasto conjunto de dados sobre a localização de florestas de castanheiros.



Foram obtidas as distribuições espaciais das regiões produtoras de castanha em todo o mundo (América do Norte, Europa e na Ásia), incluindo (Figura 241): (i) Castanea dentata e Castanea pumila var. pumila no continente americano; (ii) Castanea sativa no continente europeu; (iii) Castanea molíssima, Castanea seguinii, Castanea henryi e Castanea crenata no continente asiático. shapefile correspondente à Castanea sativa foi obtida através da união da shapefile da Castanea sativa obtida no Portal da EUFORGEN (European Forest Genetic Resources Programme) com a shapefile fornecida por Marco Conedera. A distribuição espacial das restantes espécies foi fornecida por Songlin Fei.

Figura 241- Mapas de distribuição espacial das espécies de castanheiro no mundo.

As espécies C. dentata e C. pumila estão distribuídas em zonas temperadas e subtropicais do hemisfério norte, a Leste e Sudeste dos EUA. A espécie C. sativa pode ser encontrada no Sul da Europa, incluindo toda a região do Mediterrâneo. Em território português, OS maiores bosques С. sativa podem encontrados nas regiões classificadas Denominações de Origem como Protegida (DOP) – Soutos da Terra Fria, Soutos da Lapa, Soutos da Padrela e Soutos do Marvão. As espécies chinesas

C. *molíssima*, *C. henryi* e *C. seguinii* são encontradas em regiões de montanha, em toda a China. A distribuição da espécie *C. crenata* está restringida ao arquipélago do Japão.

De acordo com o plano de atividades do projeto, foi realizado um estudo específico para Portugal, com a finalidade de determinar a área de castanheiro existente em cada região do país. A distribuição geográfica das regiões DOP (Denominação de Origem Protegida) da castanha em Portugal Continental foi obtida a partir da Carta de Ocupação dos Solos (COS2015), disponibilizada na plataforma da Direção Geral do Território (www.dgterritorio.pt/dados abertos/cos/) e da informação acerca dos concelhos envolvidos nas regiões abrangidas pelas DOPS da castanha, disponível na plataforma da Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural.

No entanto, para uma maior complementaridade da extensão de área de castanheiro em território português, foi adquirida e estudada a informação disponibilizada pelo INE – Recenseamento Agrícola 2009. Foi ainda averiguada a diferença de área entre ambas as bases de dados desenvolvidas. Para tal, foi utilizada a Carta Administrativa Oficial de Portugal de 2009 (CAOP2009) disponibilizada pela Direção Geral do Território. Com as ferramentas disponibilizadas pelos sistemas de informação geográfica, foi realizada a interseção entre a CAOP2009 e a *shapefile* da *Castanea sativa*, com o objetivo de determinar os concelhos do país onde existem castanheiros.

A partir da COS2015 e da informação acerca dos concelhos envolvidos nas regiões abrangidas pelas DOP da castanha na plataforma da Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, foi obtida a interseção da shapefile COS2015 com cada uma das regiões DOP (Castanha da Terra Fria, Castanha da Padrela, Castanha dos Soutos da Lapa e Castanha de Marvão Portalegre), com o auxílio do QGIS. A título de exemplo, a Figura 242 ilustra a interseção entre a DOP da Castanha da Terra Fria e os polígonos da COS2015 de florestas de castanheiro a nível nacional.

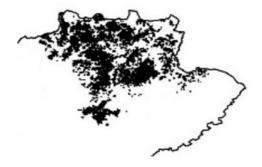


Figura 242- Interseção entre a DOP Castanha da Terra Fria e os polígonos da COS 2015.

Para além das regiões DOP, e apesar de não serem atualmente reconhecidas pela comunidade como regiões produtoras de castanha, foram ainda definidas mais duas regiões de soutos (RS) localizadas no Centro do país, junto da Serra da Estrela (região identificada pelo ponto 4 da Figura 243) e da Serra da Lousã-Açor (região identificada pelo ponto 5 da Figura 243), por apresentarem, de acordo com a COS2015, uma grande concentração de polígonos de florestas de castanheiro. O estudo climático foi realizado considerando a distribuição geográfica destas seis regiões (Figura 243).

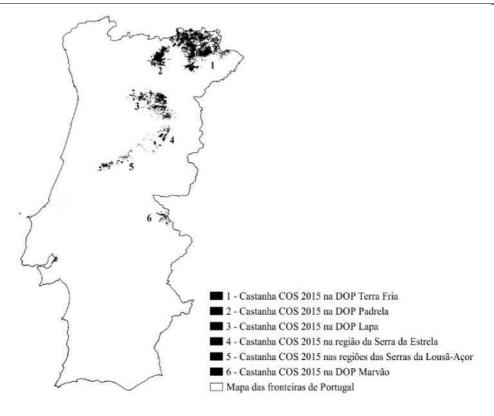


Figura 243- Distribuição espacial da Castanea sativa em Portugal.

9.3.1.1. A produção e a área de produção de castanha em Portugal

A informação sobre a área e a produção de castanha foi obtida a partir das Estatísticas Agrícolas do Instituto Nacional de Estatística. A análise às séries da produção e da área de produção de castanha em Portugal (Figura 244), revela que a produção apresenta a uma significativa variabilidade interanual, tendências decrescentes em alguns períodos e crescentes noutros, nomeadamente quando se registou um aumento significativo na área de produção.

A produção de castanha duplicou, de 20 000 ton em 1980 para cerca de 40 000 ton em 2019. No mesmo período a área de produção quadriplicou, de 13 000 para cerca de 52 000 ha. Os maiores aumentos na área de produção ocorreram principalmente na década de 90 (séc. XX) e na década de 10 (séc. XXI). Estes aumentos significativos na área de produção parecem ter tido impacto no aumento da produção de castanha o que motivou o cálculo, estudo e a modelação da produtividade anual da castanha (Figura 245) em vez da série da produção.

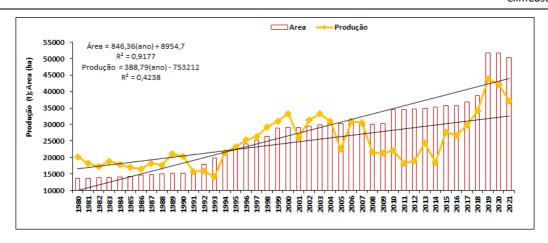


Figura 244- Produção e área de produção da castanha.

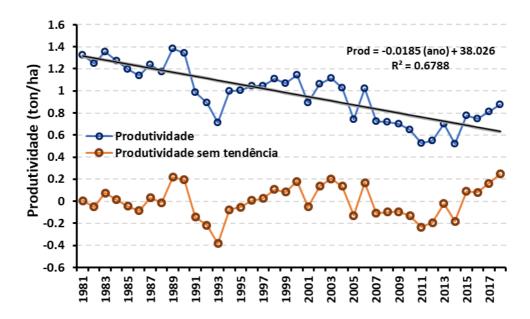


Figura 245- Produtividade anual da castanha observada e com a tendência corrigida.

Adicionalmente, foi retirada a tendência à série anual da produtividade (Figura 245), uma vez que esse é o procedimento adequado para simular a produtividade com um modelo de regressão linear, para além de que as variáveis e parâmetros meteorológicos selecionadas também não apresentam qualquer tendência significativa.

9.3.2. Identificação dos fatores meteorológicos e climáticos

O processo de identificação das variáveis e parâmetros meteorológicos com maior potencial preditivo da produtividade da castanha teve várias fases. O processo começou com a identificação qualitativa das variáveis meteorológicas, índices de deteção remota e outros

parâmetros com maior potencial preditivo da produtividade da castanha, com base em uma pesquisa sistemática da bibliografia. Esta pesquisa incidiu sobre artigos publicados em revistas científicas da especialidade, em relatórios e outros documentos científicos, como teses de doutoramento e dissertações de mestrado, onde eram identificadas variáveis e parâmetros meteorológicos com influência no castanheiro. A pesquisa procurou resultados em estudos realizados em qualquer região do mundo e não apenas em Portugal. Em detalhe, a pesquisa bibliográfica procurou identificar:

- as características geográficas e climáticas das regiões de castanheiro e produtoras de castanha e que, no fundo, promovem ou inibem a existência de castanheiro;
- as variáveis e parâmetros meteorológicos que influenciam as diferentes fases do ciclo vegetativo ou fenológico do castanheiro;
- as variáveis e parâmetros meteorológicos que afetam a produção de castanha;
- as variáveis e parâmetros meteorológicos que influenciam as doenças e pragas que afetam o castanheiro, nomeadamente o seu normal desenvolvimento ao longo do ciclo vegetativo e produção anuais;
- diferenças na fenologia do castanheiro (em especial rebentamento, floração e deiscência dos ouriços) entre as diferentes cultivares de castanha em Portugal.

A título de exemplo, são apresentados alguns resultados deste estudo, nomeadamente os elementos climáticos identificados como tendo a maior influência em cada uma das fases do ciclo de desenvolvimento vegetativo do castanheiro (Figura 246) e, consequentemente, na produção da castanha.

São também apresentados alguns resultados sobre as diferenças nas fases fenológicas (rebentamento, floração e deiscência dos ouriços) entre cultivares de castanha em Portugal (Tabela 49). Neste caso, pode ainda ser referido que as cultivares Verdeal, Aveleira, Martaínha e Demanda, são as mais precoces, com um extenso período médio de floração à maturação; estas cultivares podem ser encontradas, maioritariamente, na Beira Litoral. As cultivares Bária, Boaventura, Lamela, Preta, Rebordã e Zeive apresentam o início dos seus estados fenológicos na média de todas as espécies. As cultivares Amarelal, Bebim, Colarinha, Côta, Lada, Longal, Negral, Redonda, Riscada, Testa Boi e Trigueira são consideradas cultivares com rebentamento tardio e com um período médio da floração à maturação muito estendido; estas cultivares estão localizadas principalmente na Beira Interior e na Serra do Marvão. As cultivares Benfeita, Judia e Oirão são consideradas muito tardias, caracterizadoras de um período médio de floração à maturação muito longo. Estas cultivares podem ser encontradas na Beira Interior, na Serra da Padrela e Bragança.

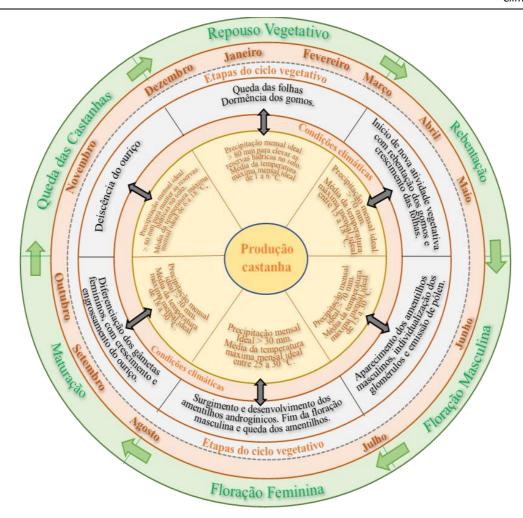


Figura 246- O ciclo vegetativo do castanheiro e as variáveis meteorológicas pertinentes em cada fase fenológica.

Tabela 49- Fenograma do castanheiro nas fases da rebentação, floração e queda dos ouriços.

Etapas ciclo vegetativo	Rebentação/Abrolhamento							Floração									Deiscência ouriços												
Mês		Alt	ril		Maio				Junho Julho									Seter	nbro			Outubro				Novembro			
Semana	12	2=	3≅	42	12	2≅	3≗	42	12	2=	33	42	12	2=	32	4≗	13	2=	33	42	12	2=	32	42	13	2=	39	42	X
⁰ C média	12,8	13,4	13,5	14,2	14,8	15,5	16,3	17,3	18,2	19,2	20,2	20,5	20,7	22,0	22,1	22,3	21,4	20,6	19,5	18,7	18,0	17,0	16,0	15,7	14,5	13,3	12,3	11,3	
Amarelal																													106
Aveleira																													93
Bária																													77
Bebim																													100
Benfeita																													139
Boa Ventura																													115
Colarinha																													122
Côta																													92
Demanda																													105
Judia																													115
Lada																													92
Lamela																													115
Longal																													108
Martaínha																													100
Negral																													92
Oirão																													123
Preta																													108
Rebordã																													108
Redonda																													113
Riscada																													113
Testa Boi																													123
Trigueira																													121
Verdeal																													123
Zeive																													115
		X − pe	ríodo r	médio	da flor	ação à m	aturação					te	empor	ã			mé	dia			t	ardia			m	uito ta	rdia		

A identificação das variáveis e parâmetros meteorológicos com maior potencial preditivo da produtividade da castanha foi realizada com a pesquisa bibliográfica, mas também aplicando duas metodologias de análise habitualmente utilizadas em climatologia: a análise de correlação e a análise de compósitos.

Em sentido lato, a correlação é uma análise bivariada que mede a associação entre duas variáveis. Quando duas variáveis (A e B) estão correlacionadas, uma mudança na variável A está associada a uma mudança na variável B, quer seja na mesma direção — ou seja, as duas variáveis aumentam ou diminuem de valor — o que corresponde a correlação positiva, ou na direção oposta — uma variável aumenta de valor e a outra diminui — o que corresponde a uma correlação negativa. O valor do coeficiente de correlação varia -1 e +1 e mede a força e direção da associação. Um valor de -1 ou +1 indica uma associação perfeita entre as duas variáveis, mas, à medida que o valor do coeficiente de correlação se aproxima de 0, a associação entre as duas variáveis será cada vez mais fraca. A direção da associação é indicada pelo sinal do coeficiente; um sinal positivo indica uma correlação positiva e um sinal negativo indica uma correlação negativa. Anteriormente foi referido associação e não relação, pois duas variáveis podem estar correlacionadas sem estarem relacionadas.

Existem vários tipos de correlação. Por exemplo, existe a correlação de *Pearson*, correlação de classificação de *Kendall*, correlação de *Spearman* e correlação pontobisserial. A correlação de *Pearson* avalia a relação linear entre duas variáveis continua. Uma relação é linear quando a mudança em uma variável é associada a uma mudança proporcional na outra variável. A correlação de *Spearman* avalia a relação monotónica entre duas variáveis contínuas ou ordinais. Neste tipo de relação, as variáveis tendem a mudar de valor conjuntamente, mas não necessariamente a uma taxa constante. Neste estudo, foi realizada a correlação de *Spearman*.

A utilização da análise de correlação para identificar as variáveis ou parâmetros meteorológicos com maior potencial preditivo da produtividade da castanha inclui o cálculo e análise do valor e sinal do coeficiente de correlação entre pares de séries temporais anuais, nomeadamente a série da produtividade da castanha e cada uma das séries das variáveis ou parâmetros meteorológicos.

Se a análise de correlação visa identificar as variáveis e parâmetros melhor correlacionados com a série anual da produtividade, a análise de compósitos tem como objetivo identificar as variáveis e parâmetros meteorológicos com maior diferença de valor, para os anos de valores extremos (mais elevados e mais baixos) de produtividade. No fundo, o compósito consiste no cálculo de médias aritméticas apenas para alguns valores das séries temporais. Neste estudo, forma calculados dois compósitos, nomeadamente para os valores das variáveis meteorológicas nos quatro anos com maior e os quatro anos de menor produtividade. Os anos em que se registou maior

produtividade foram 1989, 1990, 2003 e 2018; os anos com produtividade mais baixa foram 1992, 1993, 2011 e 2012. As variáveis com maior influência na produtividade extrema apresentam diferenças (absolutas e relativas) mais elevadas entre os compósitos para os valores mais elevados e mais baixos de produtividade.

Antes de aplicar estas metodologias foi necessário preparar um vasto conjunto de series temporais de variáveis ou parâmetros meteorológicos potencialmente influenciadoras da produtividade, incluindo temperatura (mínima, média e máxima) e humidade relativa do ar, precipitação, etc. Foram ainda calculados vários parâmetros meteorológicos, com influência na atividade fenológica e produção do castanheiro identificados na pesquisa bibliográfica, nomeadamente: graus-dia (°D), e séries temporais com o número de dias (ND) e de horas (NH) em que determinadas variáveis e parâmetros meteorológicos assumem valores em determinadas gamas específicas (e.g., nº de dias e nº de horas num determinado mês em que a temperatura máxima foi superior a 32°C). A partir dos dados meteorológicos horários e diários compilados e pré – processados foi possível construir séries temporais com os valores das médias (caso da temperatura) e somas (caso da precipitação) anuais e apenas para alguns meses de cada uma das variáveis e parâmetros meteorológicos.

Análise de correlação entre a série anual da produtividade, e as séries das variáveis e parâmetros meteorológicos potencialmente preditores, foi realizada para cada uma das seis regiões de castanheiro em Portugal Continental, isto é, cada uma das quatro DOP (Terra Fria, Padrela, Lapa e Marvão) e as duas RS de da Serra da Estrela e da Serra da Lousã-Açor, mas também para o domínio espacial que abrange as 4 regiões DOP, considerada como a região de produção de castanha em Portugal Continental.

A identificação dos fatores meteorológicos permite focar o sistema de monitorização climática ClimCast para recolha e análise dos dados atmosféricos relevantes, caracterizar climaticamente as principais regiões produtoras de castanha de forma adequada, alimentar o sistema de alerta de perigo e risco meteorológico dirigido aos produtores, bem como sustentar o desenvolvimento de modelos de produção e mapeamento de regiões produtoras e potencialmente produtoras de castanha.

9.3.3. A caracterização climática das regiões de castanheiro

A segunda tarefa da fase 3.2 consistiu na caracterização climática das regiões de castanheiro e de produção de castanha. A caracterização climática das principais regiões produtoras de castanha foi realizada para as condições de clima presente e futuro, com base em diferentes tipos de dados, nomeadamente dados observados e reanalises (ERA5, WorldClim) e simulações para diferentes cenários e períodos futuros (WorldClim, CORDEX), com o viés corrigido, para diferentes cenários climáticos (RCP4.5 e RCP8.5), e vários períodos futuros (e.g., 2011 – 2040, 2041 – 2070, 2071 – 2100). No caso dos

dados CORDEX, foram também selecionadas simulações de vários pares de modelos globais e regionais. A caracterização climática foi realizada com base em diferentes variáveis climáticas, bioclimáticas tradicionalmente com reconhecida influência na vegetação, mas também variáveis e parâmetros meteorológicos identificadas como tendo influência na produtividade da castanha e por essa razão, poderem ser selecionadas como preditores para os modelos e mapas de produtividade.

A caracterização climática foi realizada com programas informáticos especialmente desenvolvidos pela equipa de trabalho para o efeito e recorrendo a ferramentas de análise disponíveis nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), QGIS e ARCGIS. Esta caracterização incluiu uma análise da variabilidade espacial e temporal das variáveis climáticas e bioclimáticas, que inclui o cálculo de diferentes estatísticas, como: (i) valor máximo; (ii) percentil 95; (iii) percentil 90; (iv) percentil 75 ou 3º Quartil; (v) mediana; (vi) percentil 25 ou 1º Quartil; (vii) percentil 10; (viii) percentil 05; (ix) valor mínimo; (x) média; (xi) desvio padrão; (xii) intervalo interquartil; (xiii) coeficiente de variação e (xiv) coeficiente de dispersão. Foi ainda identificado o tipo de clima em cada uma das regiões da distribuição mundial e nacional de castanheiro e de produção de castanha, recorrendo à classificação climática de Köppen-Geiger (Figura 247). Por exemplo, para a análise do tipo de clima à escala mundial, os resultados revelam que: (i) 58% da área de castanheiros a nível mundial tem tipo de clima subtropical húmido, temperado de verão quente, com precipitação anual abundante sem estações do ano secas (Cfa); (ii) 11% tem tipo de clima oceânico temperado, de inverno frio e verão fresco, sem estações do ano secas (Cfb); e, (iii) 11% tem clima subtropical húmido, de inverno seco e verão consideravelmente quente e chuvoso (Cwa).

A caracterização climática das regiões de castanheiro e de produção de castanha em Portugal realizada com base em dados ERA5 incluiu, para além de estatísticas das distribuições dos elementos climáticos, o cálculo dos campos médios mensais e anuais bem como a anomalia de cada uma das variáveis, tendo como base a média climatológica calculada para período temporal de 1980 – 2018. Como exemplo, são apresentados a seguir os campos da média da temperatura máxima anual (°C), (Figura 248) e da soma da precipitação anual (mm), (Figura 249), para os anos 1980 e 2018, em todo o domínio da malha de valores.

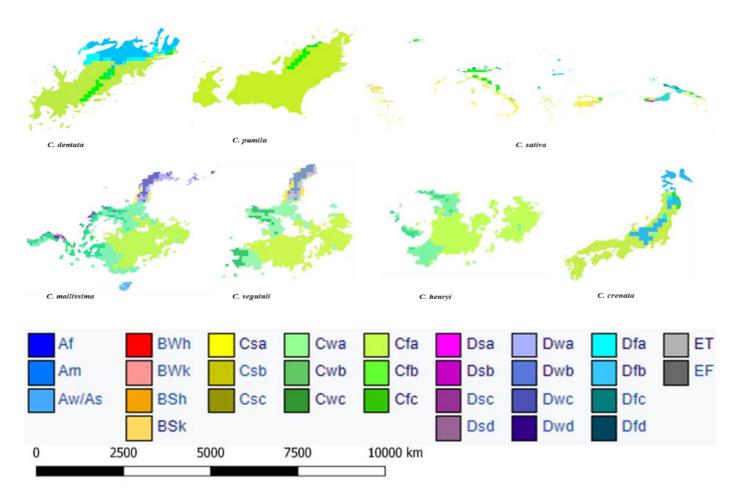


Figura 247- Tipo de clima de cada uma das regiões de castanheiro no mundo, com base na classificação climática de Köppen-Geiger.

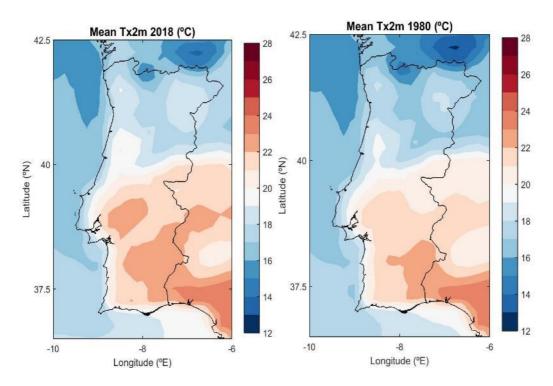


Figura 248- Média da temperatura máxima anual a 2 m em Portugal em 1980 e 2018.

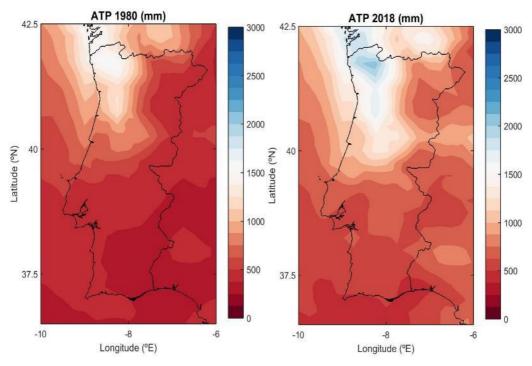


Figura 249- Precipitação anual acumulada em Portugal no ano 1980 e 2018.

A caracterização climática das regiões de castanheiro e produtoras de castanha contribui para identificar o tipo de clima e as condições climáticas favoráveis à produção da castanha, nas condições de clima atual. A caracterização climática realizada com dados para o futuro permite identificar as regiões que vão deixar, continuar e passar a ter as condições adequadas à existência saudável e produtiva dos castanheiros bem como apoiar a decisão de selecionar a cultivar mais adequada para cada situação edafoclimática futura.

9.4. Cartografia climática do castanheiro

Esta subseção corresponde fase 3.3 do Eixo 3, onde se pretendeu desenvolver: (i) mapas das regiões com condições de clima atual e futuro favoráveis à produção da castanha; (ii) modelo da produtividade da castanha; (iii) carta de produção potencial da castanha para diferentes cenários de clima futuro. As subseções seguintes descreve as ações realizadas para modelar e depois mapear a influência das condições atmosféricas e climáticas no castanheiro.

9.4.1. A modelação da produtividade do castanheiro

Sumariamente, a modelação da produtividade do castanheiro em Portugal seguiu o esquema indicado na Figura 250. Numa primeira fase do projeto foram identificadas as variáveis meteorológicas com maior influência em cada fase fenológica do ciclo vegetativo do castanheiro e na produção da castanha, de forma a avaliar o seu potencial preditivo. A análise de correlação permitiu a seleção das variáveis melhor correlacionadas com a série anual da produtividade enquanto a análise de compósitos foi realizada para identificar e selecionar as variáveis meteorológicas com maiores diferenças na amplitude do seu valor, nos quatro anos de maior e menor produtividade. Estes procedimentos foram descritos com detalhe nas seções anteriores.

Após a pré-seleção de preditores, foram desenvolvidos modelos de regressão (lineares e não lineares) com o objetivo de permitirem simular e prever a produtividade da castanha em Portugal. Os modelos de simulação podem incluir como preditores variáveis ou parâmetros meteorológicos para qualquer período do ano. Estes modelos têm vários objetivos, incluindo identificar as variáveis com maior capacidade preditiva da produtividade da castanha, avaliar o potencial preditivo das condições meteorológicas e o efeito das alterações climáticas na produtividade e produção de castanha. Para os modelos de previsão, apenas foi permitido aos algoritmos selecionar como preditores variáveis e/ou parâmetros meteorológicos calculados com dados até julho ou agosto, pois têm como objetivo principal estimar, nesse momento, a produtividade e produção anual de castanha.

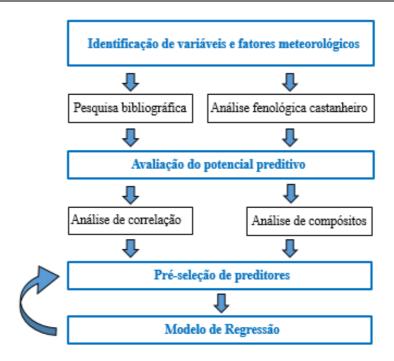


Figura 250- Esquema metodológico da modelação da produtividade da castanha.

Foram desenvolvidos modelos de produtividade para cada uma das regiões DOP (Castanha da Terra Fria, Castanha dos Soutos da Lapa, Castanha da Padrela e Castanha de Marvão Portalegre) e RS (Serra da Estrela e Serra da Lousã – Açor), e também para o domínio espacial que abrange as quatro regiões DOP, classificado como a região de produção de castanha em Portugal Continental.

Os modelos foram desenvolvidos em MATLAB que é uma aplicação informática (software) interativa de alta performance voltado para o cálculo numérico, cálculo com matrizes e construção de gráficos. O MATLAB inclui um vasto número de funções para o cálculo numérico e estatístico e permite ainda a escrita de programas numa linguagem de programação própria, semelhante a outras linguagens adequadas ao cálculo.

Assim, as variáveis e parâmetros meteorológicos preditores e estatisticamente significativas foram identificadas e selecionadas com o algoritmo de ajuste de regressão *stepwisefit* do MATLAB. De seguida, foi utilizada a função de regressão *stepwiselm* que calibra o modelo, isto é, estima o valor dos coeficientes de cada preditor e calcula estatísticas importantes para avaliar a performance dos modelos, como o R^2 . Foram desenvolvidos modelos utilizando diferentes critérios de ajuste, nomeadamente a soma dos quadrados dos erros/resíduos (*Sum Square Error*, SSE), critério de informação *Akaike* (AIC), o critério de informação Bayesiano (BIC), o R^2 e R^2 ajustado (R^2_a). Foram desenvolvidos modelos para diferentes períodos (e.g., 1981 – 2010 e 1981 – 2018) e considerando dados de diferentes períodos para calibração e validação. Por exemplo, para o período de 38 anos (1981 – 2018),

foram calibrados modelos para períodos de 25 anos e validados para períodos de 13 anos, selecionados sequencialmente e aleatoriamente. Foram desenvolvidos modelos permitindo, à partida, que todas as variáveis pudessem ser selecionadas, ou impedindo a utilização de conjuntos de variáveis. Por exemplo, foram desenvolvidos modelos impedindo que fossem selecionadas as variáveis que não se conseguem obter ou calcular a partir das simulações para o clima futuro, como, por exemplo, as que avaliam o número de horas em que o valor de determinada variável cumpre um determinado critério. Foram ainda verificados os requisitos da análise de regressão entre a série anual da produtividade da castanha e as séries potencialmente preditoras, incluindo: (i) linearidade, (ii) normalidade, (iii) homoscedasticidade e (iv) multicolinearidade.

Também foi realizada a validação cruzada para estimar a performance dos modelos quando for utilizado um novo conjunto de dados e para avaliar o *overfiting*. A validação cruzada é um procedimento de reamostragem e, neste estudo, foi selecionado o k-fold cross validation. Este procedimento consiste na divisão da série da produtividade e das variáveis meteorológicas em k subconjuntos. Para cada k, o conjunto de dados respetivo é guardado para validação enquanto os restantes dados são utilizados para calibração, isto é, utilizados para estimar os parâmetros do modelo. Depois o modelo desenvolvido é utilizado para simular os valores do conjunto k reservados. No final das k iterações, é construída a série simulada por cada um dos k modelos e calculada a performance e os erros da série simulada em relação à observada, obtendo assim uma estimativa confiável sobre a capacidade do modelo. Neste estudo foi selecionado remover os dados de um ano em cada iteração.

Todos estes procedimentos conduziram ao desenvolvimento de um grande número de modelos, com o objetivo de tentar garantir que se encontravam os modelos mais adequados para a simulação e previsão da série anual da produtividade observada. Importa salientar que durante o processo de modelação, foi possível desenvolver modelos perfeitos, no sentido em que a série simulada pelo modelo coincidia com a série observada e, portanto, $R^2 = 1$. Contudo, estes modelos não são adequados à sua utilização operacional, pois integram um grande conjunto de preditores, alguns sem relação com a produção de castanha. Tal acontece quando os algoritmos têm ao dispor um vastíssimo conjunto de preditores potenciais, pois funcionam, isto é, calibram o modelo, num processo de otimização (maximizando uma medida de performance ou minimizando um erro). Assim, os algoritmos procuram encontrar os preditores que permitem satisfazer esse critério, o que tende a acontecer com a seleção de mais preditores do que pode ser justificado pelos dados, sobre ajustam os coeficientes do modelo aos dados utilizados (overfitting) e podem falhar em se ajustar a dados adicionais ou prever observações futuras com a confiança desejada. Para resolver este problema, foram sendo removidas algumas variáveis à lista de potenciais preditores, nomeadamente as variáveis que não tinham relação significativa com a produtividade, mas permitiam ao algoritmo maximizar o ajuste.

Como exemplo, são mostrados alguns dos modelos de simulação e previsão desenvolvidos. No caso dos modelos de produtividade da castanha desenvolvidos para a DOP Castanha da Terra fria (Figura 251), importa salientar a grande semelhança entre as séries simuladas e observadas e os elevados valores de R^2 , em especial do modelo de simulação ($R^2=0.87$) que revela que as condições climáticas explicam a vasta maioria (87%) da variabilidade da produtividade da castanha.

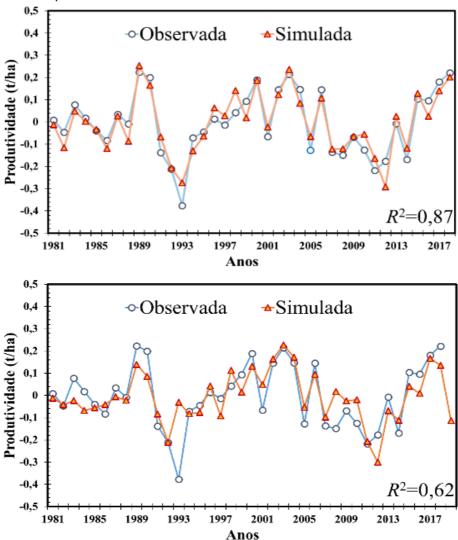


Figura 251- Produtividade da castanha observada e simulada com modelos climáticos de simulação (em cima) e previsão (em baixo) para a DOP Castanha da Terra Fria.

Os modelos de simulação e previsão para a produtividade em Portugal (Figura 252), tendem a reproduzir razoavelmente bem as séries observadas. Os resultados da modelação são superiores para o modelo de simulação pois integra como preditores um conjunto de

variáveis e parâmetros que melhor descrevem as condições meteorológicas com influência na produtividade da castanha ao longo do ano.

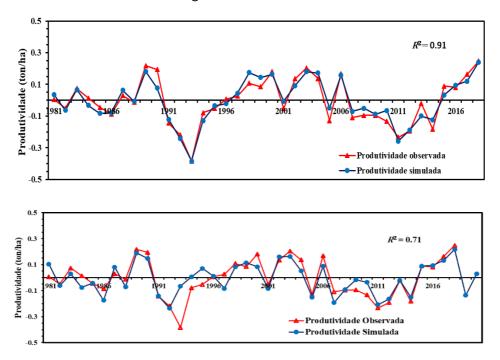


Figura 252- Produtividade da castanha em Portugal continental observada e simulada com modelos climáticos de simulação (painel superior) e previsão (painel inferior).

Os modelos considerados como finais explicam 91% e 71% da variância da série da produtividade observada, respetivamente, em modo de simulação e em modo de previsão.

9.4.2. Mapas de aptidão climática

A cartografia climática do castanheiro visou produzir mapas das regiões com condições de clima atual e futuro favoráveis à produção da castanha e a carta de produção potencial da castanha para diferentes cenários de clima futuro. Para atingir estes objetivos, foi desenvolvida, testada e utilizada uma metodologia de mapeamento dinâmico da aptidão climática das regiões em Portugal. Esta metodologia permite, simultaneamente, mapear as regiões produtoras e potencialmente produtoras de castanha com condições climáticas adequadas à produção da castanha e graduar o risco meteorológico de adaptação do castanheiro à variabilidade e alteração climática.

A metodologia foi desenvolvida com base nos resultados obtidos no âmbito do ClimCast descritos anteriormente, nomeadamente: (i) no mapeamento das regiões de castanheiro e de produção de castanha; (ii) na identificação das variáveis e parâmetros meteorológicos com influência no ciclo vegetativo e produção do castanheiro realizada com diferentes metodologias; e, (iii) na caracterização climática dessas regiões nas condições de clima atual

e cenários de clima futuro. Contudo a metodologia incorpora principalmente o conhecimento obtido com os modelos desenvolvidos para simular a produtividade anual da castanha e informação adicional, como o mapeamento do tipo de solo mais adequado aos castanheiros.

A metodologia foi calibrada e testada para diferentes períodos e condições de clima atual. Nos mapas desenvolvidos, as regiões onde se verificam condições meteorológicas e climáticas adequadas à produtividade da castanha surgem sem cor. Por outro lado, as regiões coloridas assinalam combinação de condições meteorológicas conducentes a produtividade anómala. Os mapas obtidos para o período climatológico 1981–2010 (painel da esquerda) e todo o período de estudo 1981–2018 (Figura 253), apresentam padrões muito semelhantes. Em geral, as regiões DOP surgem sem cor, o que demonstra a validade, adequabilidade e qualidade da metodologia para identificar as regiões com aptidão climática para a produtividade da castanha. A região de aptidão climática é essencialmente o quarto NE do país, que se estende desde a região de Marvão até à fronteira norte com Espanha. Importa referir a existência de menor aptidão climática em pequenas regiões atualmente produtoras como em Marvão, no caso do mapa para 1981 – 2010, e a região do extremo norte de Bragança. Os mapas revelam uma tendência decrescente da aptidão climática da região NE para a costa ocidental e sul do país.

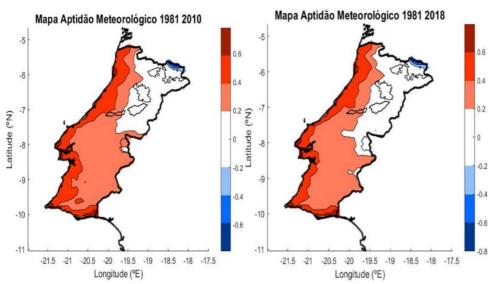


Figura 253- Mapa de aptidão climática para a produtividade da castanha para o período 1981–2010 (painel da esquerda) e 1981–2018 (painel da direita). Os mapas incluem ainda as quatro regiões DOP da castanha, na região norte do país e de soutos na região centro.

Após a validação da metodologia de mapeamento da aptidão climática para a produtividade da castanha nas condições de clima atual a metodologia foi aplicada utilizando dados simulados para o futuro, por vários modelos climáticos (pares de GCM – RCM).

Inicialmente, foi verificado se os mapas de aptidão climática produzidos com dados simulados pelos modelos para o período de referência eram, ou não, semelhantes aos obtidos com dados de reanálises para as condições de clima atual (Figura 254). Em geral, os mapas produzidos com dados simulados pelos modelos climáticos para o período de referência reproduzem os padrões obtidos com as reanálises, caracterizados por um decréscimo da aptidão de NE para SW e do interior para a costa (Figura 254). Assim, de seguida, a metodologia foi utilizada com dados simulados para o futuro pelos modelos climáticos, com o viés corrigido, para diferentes períodos (2011 – 2040; 2041 – 2070; 2071 – 2100) e cenários de clima futuro (RCP4.5 e RCP8.5).

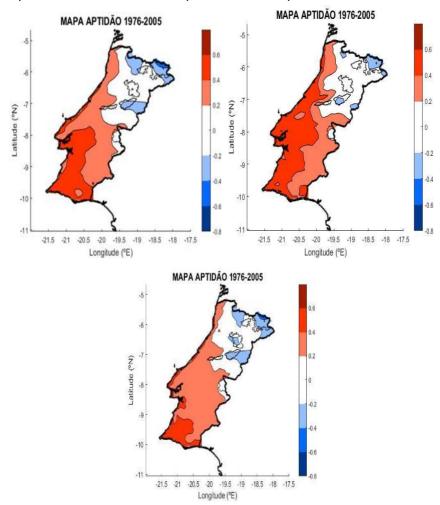


Figura 254- Mapas de aptidão da produtividade para período de referência 1976 – 2005 obtidos com dados simulados por três pares de modelos climáticos.

Os mapas de aptidão obtidos com dados simulados para o futuro (Figura 255) revelam uma alteração significativa da região de aptidão climática em Portugal. A região sem cor do quadrante NE do país é, para o futuro, de muito menor dimensão e tende a desaparecer ao

longo do tempo. A área de estudo não permite avaliar se a região de aptidão se desloca, por exemplo para Espanha.

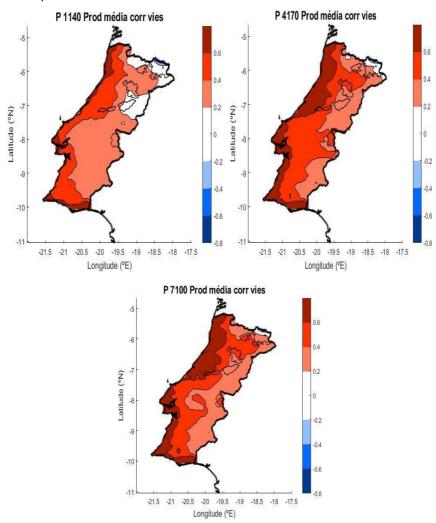


Figura 255- Tal como na Figura 254, mas para dados simulados para os períodos 2011 – 2040, 2041 – 2070 e 2071 – 2100 com cenários de clima futuro RCP4.5.

9.5. Conclusões

Todos os objetivos do ClimCast relacionados com o estudo da influência da variabilidade e alterações climáticas no castanheiro foram atingidos. Em particular, foi instalado um conjunto de estações meteorológicas nos soutos de demonstração que constitui a REC, a Rede de Estações ClimCast. Os dados recolhidos na REC são fundamentais para se caracterizar climaticamente as regiões produtoras de castanha com dados locais, para melhor conhecer a influência das condições meteorológicas e climáticas na fisiologia do

castanheiro e produção de castanha, permitir a monitorização climática e o desenvolvimento da rede de avisos.

Foi identificado um grande número de variáveis meteorológicos, índices de deteção remota e outros parâmetros com influência no castanheiro e potencial preditivo da produtividade da castanha em Portugal. Foi realizada a caracterização climática das principais regiões de castanheiro e regiões produtoras de castanha, nas condições de clima atual e futuro. Estes resultados permitem selecionar a melhor cultivar para cada situação edafoclimatica e perceber os impactos das alterações climáticas nas regiões produtoras de castanha.

Com base neste conhecimento, foram desenvolvidos modelos climáticos para a simulação e previsão da produtividade da castanha e para o mapeamento da aptidão climática para a produção da castanha. A metodologia desenvolvida permitiu identificar as regiões produtoras e potencialmente produtoras de castanha em função das suas características climáticas e fornece também uma graduação da situação de risco da cultura.

Importa referir também as limitações dos resultados obtidos. A série da produção e de área de produção, mesmo para os valores do passado, foi sendo atualizada ao longo do tempo, o que não permite afirmar que, mesmo atualmente, possam ser os corretos, ou que não possa vir a ser necessário corrigir esta informação no futuro. A série de produção da castanha, e mesmo da área de produção, é muito dependente da atividade da fileira no nordeste transmontano, ou seja, a produção da castanha é muito maior nesta região. Assim, a produção e/ou a produtividade dependem essencialmente das condições meteorológicas e climáticas que se verificam nesta região, em particular. A caracterização e monitorização climática dependem da existência e qualidade dos dados. Os modelos para simular e prever a produtividade da castanha foram desenvolvidos para a produtividade total e não para a produtividade de nenhuma cultivar em particular. Assim, os resultados obtidos para cada uma das regiões podem não ser os mais adequados. Este fato sugere que que se passe a registar sistematicamente a produção de cada cultivar em cada região. Se existissem dados para cada uma das cultivares, a metodologias poderiam ser adaptadas e os resultados melhorados.

Os resultados obtidos permitem salientar a importância de se manter a REC e continuar a desenvolver a base de dados do ClimCast. A informação meteorológica local será fundamental para se poder continuar e melhorar o conhecimento sobre a influência das condições atmosféricas, do clima e das alterações climáticas no castanheiro e na sua produção.

Finalmente, importa ainda referir que os dados compilados durante a duração do ClimCast foram utilizados por docentes, investigadores e estudantes de pós-graduação, e os resultados obtidos foram sendo apresentados em encontros científicos nacionais e internacionais.

10 Uma rede de avisos baseada em estações meteorológicas

Pereira, M. G.^{1,2}, Amraoui, A.¹ e Gonçalves, M.¹

¹Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas (CITAB), e Inov4Agro, Laboratório Associado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal, gpereira@utad.pt, malik@utad.pt, mariojorgecg@hotmail.com

² Instituto Dom Luiz, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

10.1. Introdução

Como qualquer produção agrícola, a produção da castanha é fortemente condicionada pelas condições meteorológicas favoráveis e/ou adversas durante o seu ciclo anual. Esta influência é exercida diretamente, através da ocorrência de condições adequadas, ou não, ao castanheiro e, indiretamente, através de outros fatores condicionantes que dependem fortemente das condições atmosféricas. É o caso das doenças e as pragas que afetam e dizimam os castanheiros, associadas às condições ambientais, incluindo as meteorológicas.

Estes fatores meteorológicos são então responsáveis por flutuações na produção da castanha e, por consequência, no mercado do fruto que podem constituir sérios problemas à indústria de processamento e comércio da castanha. Adicionalmente, os elementos climáticos com maior influência na vegetação – a temperatura do ar e a precipitação – apresentam tendências preocupantes para a fileira (Figura 256). A média da temperatura do ar agregada para o território continental evidencia tendências crescentes desde a década de 1930, em particular a temperatura máxima e a temperatura média do ar, com taxas de aumento de +0.2°C/década e +0.14°C/década, respetivamente. Por outro lado, a precipitação anual evidencia uma tendência decrescente de -22 mm/década.

Para além disso, as projeções de clima para o futuro em Portugal sugerem mudanças significativas nos valores das médias e variabilidade da temperatura do ar e da precipitação, incluindo na frequência, duração e magnitude dos eventos extremos de precipitação intensa, de secas e de ondas de calor. Estas alterações climáticas têm influência reconhecida na vegetação e podem afetar seriamente a produção da castanha.

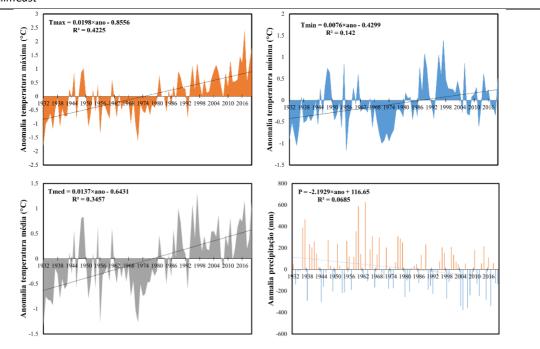


Figura 256- Evolução das anomalias anuais temperatura máxima (Tmax), mínima (Tmin), e média (Tmed) do ar e da precipitação (P) anual. Anomalias calculadas em relação às médias para o período 1971 – 2000. Dados fornecidos pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I. P. (IPMA, I. P.).

Uma monitorização exaustiva e rigorosa das condições meteorológicas nas regiões de produção é de fundamental importância para avaliar a influência que possa existir entre estas condições meteorológicas e a perda de vigor, de produtividade e do aumento anormal da taxa de mortalidade dos castanheiros. Esta monitorização das condições meteorológicas deve ser realizada, preferencialmente, à escala local, através de dados medidos em estações meteorológicas automáticas (EMA) instaladas junto aos soutos de demostração, que podem ter elevada resolução temporal (elevada frequência de amostragem) e, consequentemente, permitir a caracterização adequada das condições atmosféricas e do solo.

10.2. Rede de estações ClimCast

No âmbito do projeto ClimCast, foram adquiridas e instaladas seis EMA, nomeadamente em Lagoa, Vila Pouca de Aguar (AguiarFloresta, Associação Florestal e Ambiental de Vila Pouca de Aguiar – SD1), Salgueiros, Vinhais (Arbórea, Associação Agro-Florestal e Ambiental da Terra Fria Transmontana – SD2), Peneda da Beira, Viseu (Coopenela, Cooperativa Agrícola de Penela da Beira C.R.L. – SD3), Parada, Bragança (Castania, Sociedade Agroflorestal, S.A. – SD4), Porto de Espada (Município de Marvão/Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portalegre – SD6) e Vila Real (UTAD, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados – SD8). Posteriormente a estas seis EMA, foi integrada uma estação já instalada na

Escola Superior Agrária de ponte Lima (ESA – Instituto Politécnico de Viana do Castelo - SD7) e instalada outra EMA em Carrazedo de Montenegro, Valpaços (Agrifuturo – SD5) em substituição da EMA de Aflodounorte.

Todas estas EMA foram equipadas com sensores e radiómetros que visam medir, nos locais de implementação dos soutos de demostração e com muito alta frequência, cada 15 minutos, um conjunto de variáveis meteorológicas, nomeadamente a velocidade e a direção do vento, as rajadas de vento, a pluviosidade e a precipitação acumulada, a humidade relativa do ar, a humidade do solo a 30 e 60 cm de profundidade, a temperatura do ar e a radiação solar incidente.

Estas EMA instaladas nos vários soutos de demostração constituem a denominada Rede de Estações ClimCast (REC) e os valores obtidos das diversas variáveis meteorológicas foram compilados numa base de dados. Posteriormente, todos estes dados foram analisados, identificados e corrigidos todos os eventuais erros através da implementação de rotinas informáticas (programas automatizados).

10.3. As bases de dados das variáveis meteorológicas e climáticas

A base de dados obtida através da REC permite calcular variáveis e parâmetros meteorológicos derivados e de outras escalas, tais como as temperaturas média, máxima e mínima do ar, o Graus-Dia e a precipitação acumulada desde o início do ciclo vegetativo. Para complementar a monitorização dos parâmetros meteorológicos, acima mencionados, e avaliar o clima atual dos soutos demostração, foram e podem ser utilizadas outras bases de dados, nomeadamente de reanálises ERA5 e ERA5-Land para um domínio espacial que inclui Portugal continental com resolução temporal horária. Estas bases de dados incluem valores de um vasto conjunto de variáveis meteorológicas, à superfície e a diferentes altitudes, como as temperaturas do ar mínima, média e máxima, temperatura do ponto de orvalho, humidade do ar, precipitação etc.

Foi e pode também continuar a ser utilizada a base de dados de variáveis climáticas de bioclimáticas fornecidas pelo portal WorldClim V2.0 que têm resolução espacial de 1 km² até 340 km². Estas variáveis incluem as temperaturas mínima, média e máxima do ar, a precipitação, a pressão de vapor de água, a radiação solar, a velocidade do vento, bem como um conjunto de 19 variáveis bioclimáticas: a temperatura média anual, a amplitude térmica diurna média, a isotermalidade, a temperatura da sazonalidade, a temperatura máxima do mês mais quente, a temperatura mínima do mês mais frio, o intervalo anual de temperatura, a temperatura média do trimestre mais húmido, a temperatura média do trimestre mais seco, a temperatura média do trimestre mais quente, a temperatura média do trimestre mais frio, a precipitação anual, a precipitação do mês mais húmido, a precipitação do mês mais seco, a precipitação da sazonalidade, a precipitação do trimestre mais chuvoso, a

precipitação do trimestre mais seco, a precipitação do trimestre mais quente e a precipitação do trimestre mais frio.

Para a avaliação das condições do clima futuro, foram e podem continuar a ser utilizados dados diários CORDEX *bias adjusted* simulados por vários pares de modelos climáticos GCM (modelos de circulação global) e RCM (modelos de circulação regionais), empregando dois diferentes cenários de concentrações de gases com efeito de estufa na atmosfera, nomeadamente o RCP4.5 e o RCP8.5. O período climático utilizado histórico de referência é 1976 – 2005 que permite estudar as condições climáticas do passado recente. Os períodos futuros de previsão simulada estudados e que permitem estabelecer as condições climáticas futuras são 2011 – 2040 e 2041 – 2070 e 2071 – 2100.

10.4. Monitorização meteorológica e climática

A monitorização climática do ClimCast visa acompanhar e avaliar as condições atmosféricas e climáticas com base em dados medidos nas EMA da REC. Os valores das variáveis medidas diretamente nas EMA (por exemplo, temperatura e humidade do ar, precipitação, vento, radiação solar), permitem calcular valores de outras variáveis e parâmetros meteorológicos derivados (como por exemplo temperatura máxima, média e mínima do ar). Os valores de todas estas variáveis permitem acompanhar a ocorrência de eventos extremos como as ondas de calor ou de frio, precipitação intensa etc., utilizando para o efeito, os valores diários dessas variáveis.

Estes dados também permitem acompanhar as condições climáticas nos locais de instalação dos soutos de demostração através da comparação das condições observadas, num determinado local e numa determinada hora, com as condições habituais observadas nesses locais e nessa altura do ano, conhecidas por normais climáticas. Esta comparação permite entender se num determinado local e num determinado dia ou mês, uma determinada variável observada apresenta um desvio positivo ou negativo relativamente ao seu valor normal para o local e a estação. Por exemplo, pode-se saber se num souto de demostração, um determinado dia ou mês foi mais quente ou mais frio, mais seco ou mais húmido que o normal.

Os dados das EMA da REC permitiu também realizar estudos comparativos das variáveis meteorológicas e climáticas medidas e calculadas nos diferentes soutos de demostração. Este estudo permite saber, por exemplo, em que souto é observada maior ou menor precipitação, em que souto foram observadas temperaturas mais elevadas ou mais baixas, que soutos sofreram ondas de calor ou secas etc.

Importa referir que o ClimCast permitiu identificar, de entre todas as variáveis e parâmetros meteorológicos e climáticos medidos ou calculados, aqueles que: i) apresentavam maior potencial preditivo da produtividade da castanha; ii) influenciam as diferentes fases do ciclo vegetativo ou fenológico do castanheiro; e iii) influenciam as

doenças e pragas que podem afetar o castanheiro, o normal desenvolvimento do seu ciclo vegetativo e produção. A monitorização climática realizada com base nos dados das EMA da REC investigar mais detalhada e profundamente, as variáveis e parâmetros meteorológicos com maior influência no castanheiro e na sua produção.

Durante o ClimCast, procedeu-se também à caracterização climática das regiões de castanheiro e de produção de castanha em Portugal para as condições de clima presente e futuro. Esta caracterização incluiu, para além das estatísticas das distribuições dos elementos climáticos, o cálculo dos valores médios mensais e anuais e das anomalias de cada variável.

A caracterização climática das regiões do castanheiro e produtoras de castanha permitiu identificar o tipo de clima e também as condições climáticas mais favoráveis à produção da castanha. De facto, a caracterização climática consiste em conhecer a distribuição dos elementos climáticos (médias, amplitude, variância, etc.) pelo que a caracterização climática de uma região conduz à identificação das condições climáticas adequadas às espécies dessa região. Assim, ao caracterizar climaticamente as regiões de castanheiro e/ou produtoras de castanha envolve identificar as condições climáticas favoráveis aos castanheiros e à produção da castanha. Apesar da quantidade de dados medidos nas EMA da REC não ser ainda suficiente para poder suportar uma caracterização climática habitual, permite aprofundar o conhecimento obtido com as outras bases de dados em rede.

10.5. A rede de avisos

O desenvolvimento da rede de avisos ClimCast para o castanheiro (RAC) visou apoiar todas as partes interessadas no castanheiro e na sua produção, em particular os produtores individuais ou em associação, fornecendo informação meteorológica e climática apenas quando se justificasse. A motivação para a emissão de avisos seria a ocorrência de condições meteorológicas ou climáticas anómalas, por exemplo, eventos extremos (ondas de calor, seca, precipitação intensa, tempestades de vento, etc.) ou das variáveis identificadas anteriormente, no âmbito do ClimCast, como tendo influência no estado fisiológico do castanheiro.

A RAC deverá fornecer dois tipos de informação, nomeadamente para o presente, em resultado das condições do passado recente, e para o futuro. Para o passado recente (escala típica de alguns meses), a RAC deve assentar e complementar os resultados da monitorização climática até cada momento, por exemplo da monitorização da seca, dos graus dia, da água no solo, da precipitação acumulada, índices de estado de vegetação e índices bioclimáticos. Esta componente da RAC pode ser alimentada com dados da REC e de outros fornecedores, nomeadamente os descritos em capítulos anteriores.

Preferencialmente, a RAC deverá ainda fornecer informação para o futuro, quer para o curto (escala de alguns dias a 1-2 semanas) como para o médio prazo (escala de até alguns meses). Por exemplo, no primeiro caso, deverá fornecer informação sobre a ocorrência,

duração e magnitude de eventos extremos, como ondas de calor, eventos de precipitação intensa, vento forte, etc. No segundo caso, poderá basear-se nas previsões mensais e sazonais, para fornecer estimativas das condições meteorológicas/climáticas para o médio prazo. Por exemplo, os produtores podem ser informados se nos próximos meses a temperatura do ar ou a precipitação serão acima ou abaixo das normais. A prestação de informação para o futuro exige recursos humanos e materiais, nomeadamente uma infraestrutura com capacidade de previsão meteorológica e de análise de previsão climática não prevista inicialmente no ClimCast. Estas capacidades devem ser adquiridas e desenvolvidas no âmbito de próximas iniciativas.







