



Castanheiros

A UTAD e os autores
têm o prazer de convidar V. Ex.^a para a sessão de apresentação do livro

Castanheiros

no dia 17 de Novembro, pelas 15h, na Aula Magna da UTAD,
Quinta de Prados, Vila Real

Cabe a apresentação
ao Arq. Carlos Guerra

Preside a sessão, o Magnífico Reitor da UTAD

Coordenação de José Gomes Laranjo

Os textos e fotografias são da responsabilidade de José Gomes Laranjo, Manuel Cardoso Simões, Carlos G. Abreu, Jorge Ferreira Cardoso, António L. Crespi, Teresa Pinto, Rosário Anjos, Mário Pimentel Pereira, Santiago Pereira Lourenzo, João P. Continho, José Araújo Alves, Francisco Peixoto, Luís Gomes-da-Costa, Luis M. Martins, Ester Portela, Afonso Martins, Ana Luisa Pires, Fernando Raimundo e Guilhermina Marques

4.4 - Ecologia do castanheiro (*C. sativa* Mill.)

José Gomes-Laranjo, João P. Coutinho, Francisco Peixoto e José Araújo Alves

O castanheiro pode associar-se com culturas agrícolas, árvores de fruto e espécies florestais. Enquanto cultivado para produção de fruto, o castanheiro aparece em povoamentos tradicionais, localizados principalmente em espaço de montanha sem compassos definidos, constituídos por árvores centenárias, formando, cobertos vegetais de inegável valor ecológico (Figura 4.54), florístico e faunístico. Aparece igualmente em povoamentos ordenados (Figura 4.55), especialmente planeados para a produção de fruto, localizados em terrenos de média e baixa encosta e cada vez mais em terrenos agrícolas de planície.



Figura 4.54 – Aspecto de um souto no período outonal.



Figura 4.55– Aspecto de um souto centenário onde pode ser observado o efeito das sucessivas podas efectuadas, nomeadamente no favorecimento da capacidade regenerativa dos copados (Concelho Valpaços).

O castanheiro é uma espécie bastante rústica, podendo sobreviver em condições mais ou menos naturais, quase sem intervenção do homem, como sucede quando cultivado em espaço de montanha, embora nestas situações tal acabe por resultar em crescimentos lentos e produções irregulares, que são sempre muito dependentes das características climáticas do ano. No entanto, quando cultivado em solos e condições favoráveis, as árvores atingem bons crescimentos que se reflectem em boas produções. É, por isso, importante que se conheçam as necessidades edafo-climáticas desta espécie, no sentido de se poder maximizar todo o seu potencial produtivo nos diferentes ecossistemas em que possa ser cultivado, de modo a garantir a competitividade necessária para superar os desafios que são colocados à sustentabilidade da actividade agrícola em muitos espaços de montanha.

A principal exigência do castanheiro prende-se com as condições ambientais favoráveis para frutificação, limitando assim a sua dispersão acima do paralelo 40°N, a partir do qual não existem condições para que a reprodução se processe normalmente (Fenaroli, 1945 ; Guerreiro, 1957).

Em relação aos factores abióticos que afectam o crescimento e desenvolvimento do castanheiro, destacam-se a latitude e altitude do povoamento, as condições climáticas (vento, pluviosidade, luz, temperatura), enquanto que relativamente aos factores bióticos, a natureza do solo, desempenha um papel fundamental.

Na parte continental do nosso país, o castanheiro pode ser encontrado maioritariamente acima do paralelo 39°N, geralmente em zonas desde os 400-500 m até aos 1.000 m, muito embora possa ser encontrado desde o nível do mar, como nas ilhas da Madeira e Açores (32° e 38°N, respectivamente), até aos 1.100 m, na Serra de Bornes, Mirandela, 950 m na Padrela. No entanto, as altitudes entre os 700 e os 1.000 m são as que reúnem as melhores condições para o cultivo do castanheiro para produção de fruto. Na Europa conhecem-se povoamentos para fruto a 1.500 m, como é o caso da Serra Nevada em Espanha e na Sicília (Brio *et al.*, 1998; Gomes, 1982; Loureiro, 1991; Santos *et al.*, 1993) ou mesmo na Galiza onde podem ser encontrados castanheiros a produzir a 1.300 m de altitude (Pereira *et al.*, 2001).

O castanheiro é uma espécie mesófila quer quanto à temperatura quer quanto à humidade (Loureiro, 1991), encontrando-se instalado em climas temperados da região Mediterrânea, onde o Verão é quente e húmido e o Inverno não é demasiado rigoroso, elegendo, por isso, preferencialmente as zonas costeiras ou montanhosas (Brio *et al.*, 1998). O facto do castanheiro estar aclimatado deste modo, levou Guerreiro (1957) a considerá-lo como um elemento do clima sub-mediterrânico de médias altitudes.

4.4.1-Enquadramento climático do castanheiro em Portugal

O conhecimento do clima de uma região é fundamental para o planeamento e gestão das actividades sócio-económicas, e também essencial para mitigar as consequências dos riscos climáticos (INM, 2005).

Os valores médios da temperatura do ar variam entre um mínimo de 7°C na zona do maciço montanhoso da Serra da Estrela e um máximo de 18°C no litoral Sul (INM, 2005). Nas regiões onde o castanheiro está mais fortemente implantado, Terra Fria Transmontana, que representa cerca de 80% da área total nacional, e Beira Interior, as temperaturas médias variam entre os 9°C e os 13°C (Figura 4.56).

Dado tratar-se de uma espécie caducifólia (queda de folhas e paragem vegetativa no Inverno), para o castanheiro poderá ser mais limitante ao seu crescimento e desenvolvimento, o calor de Verão que o frio do Inverno. Assim, os valores médios das temperaturas máximas (temperaturas que ocorrem um pouco depois do meio-dia) em Portugal Continental variam entre 16°C na Serra da Estrela e 32-34°C no interior do Alentejo e Algarve. Na região castanhícola, estes valores situam-se entre os 27°C (principalmente na Beira Alta) e os 31°C (Terra Fria Transmontana) e na zona de Marvão, onde se localiza um importante núcleo de castanheiro. No Minho Interior, onde se julga que antes do aparecimento das novas culturas (como o milho e a batata), tenha sido a principal zona castanhícola portuguesa, a temperatura média é de 23-25°C.

O número de dias do ano com temperaturas máximas acima de 30°C, considerados dias quentes, constitui um indicador relevante do clima (INM, 2005). Na Terra Fria Transmontana, ocorrem, em média, quase 70 dias com temperaturas acima deste valor, enquanto na Beira Alta apenas ocorrem cerca de 30 dias.

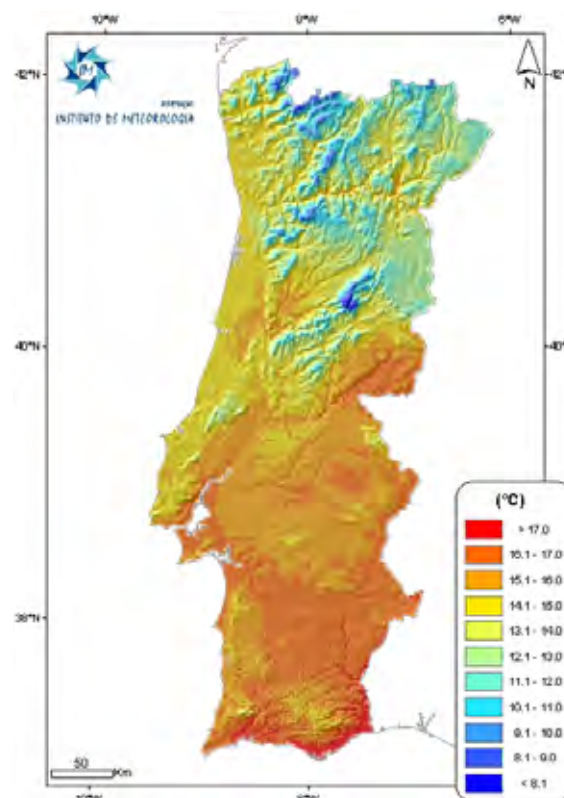


Figura 4.56- Valores médios anuais da temperatura no período de 1961 a 1990 em Portugal Continental (INM, 2005).

No que se refere à precipitação, em Portugal o valor médio por ano é de 900 mm, apresentando grande variabilidade espacial, desde os 3.000 mm no Minho até aos menos de 400 mm no Douro Sul e 600 mm no Alentejo (Figura 4.57) (INM, 2005).

A principal região portuguesa produtora de castanha encontra-se na zona cuja precipitação média anual varia entre 600 e 1.200 mm por ano, embora no Minho Interior (cerca de 150 a 200 m de altitude) se encontrem povoamentos relativamente importantes com índices de precipitação de 1.800 a 2.000 mm/ano. De acordo com Bounous e Beccaro (2002), o castanheiro europeu necessita de 800 a 900 mm/ano, enquanto que no caso dos híbridos euro-japoneses estas necessidades são de 1.200 a 1.300 mm/ano.

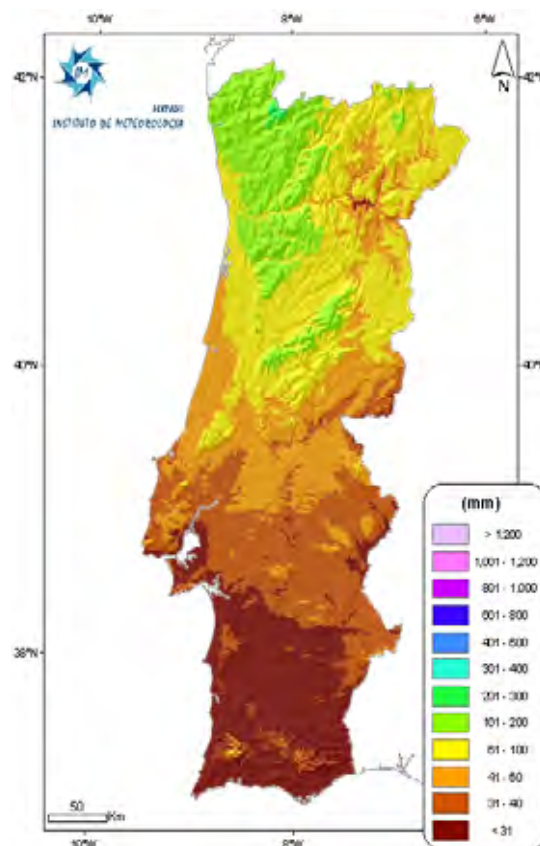


Figura 4.57- Valor da precipitação média anual no Verão (valores 1961-1990) (INM, 2005).

Em Trás-os-Montes, na Terra Fria, 32% da precipitação ocorre no Inverno (Dezembro a Fevereiro) e apenas 9% no Verão (Junho a Agosto) (Figura 4.58).

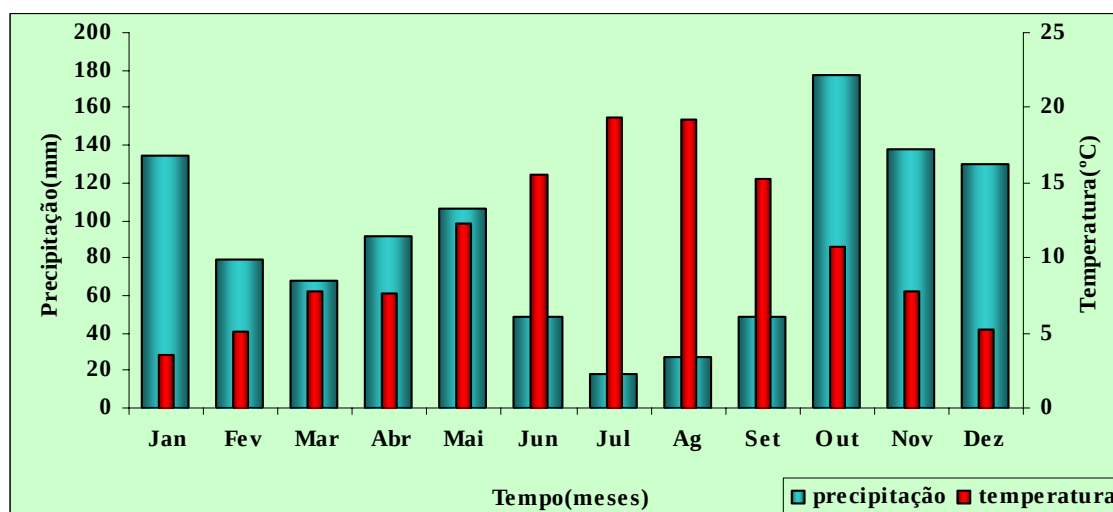


Figura 4.58- Variação média (1988-1994) da precipitação e temperatura média na região castanhícola de Trás-os-Montes.

Relativamente à insolação média (1961-1990), esta varia entre um mínimo de 1.600 horas nas terras do Minho Interior e um máximo superior a 2.900 horas no litoral algarvio, enquanto que na zona de maior povoamento de castanheiro, a insolação varia entre 2.400 e 2.600 horas (Figura 4.59).

Os estudos apresentados neste capítulo, foram realizados no vale da Campeã (730 m altitude) (Figura 4.60), nas freguesias da Campeã e Quintã (Serra do Marão, Concelho de Vila Real), em Carrazedo de Montenegro e Nozedo (Concelho de Valpaços) (Figura 4.61), 770 m altitude, e em Candedo e Sobreiró de Baixo (Concelho de Vinhais) (Figura 4.62) localizadas a cerca de 790 m altitude.

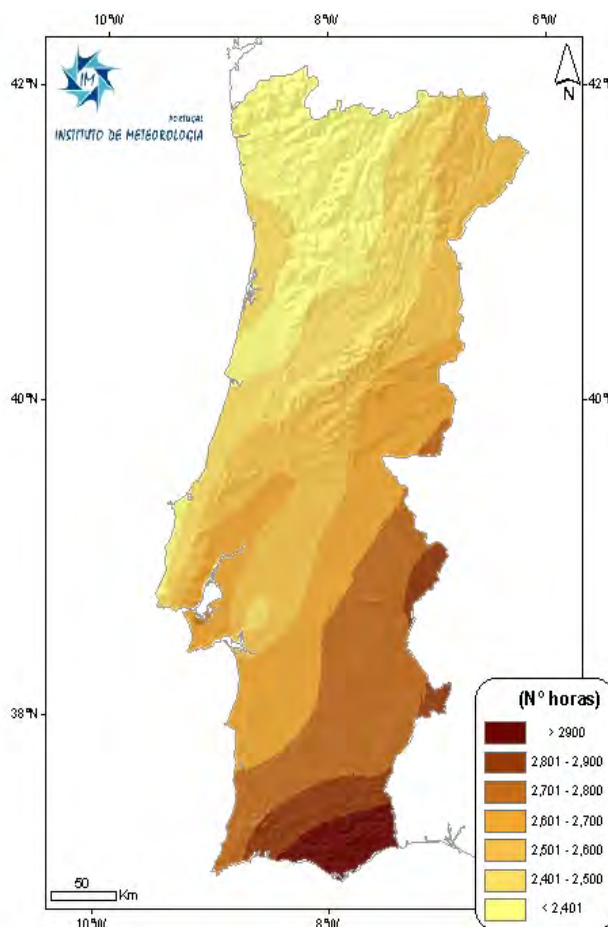


Figura 4.59- Caracterização de Portugal Continental quanto aos níveis médios de insolação por ano (1961-1990) (INM, 2005).



Figura 4.60- Vale da Campeã, Serra do Marão, concelho de Vila Real.



Figura 4.61- Zona de Carrazedo de Montenegro, concelho de Valpaços.



Figura 4.62- Freguesia de Candedo, concelho de Vinhais.

4.4.2-Análise da influência da radiação na produtividade fotossintética

Estudo da variação da radiação nos diferentes quadrantes dos copados e sua influência na fotossíntese.

As plantas são organismos altamente dinâmicos na forma como se conseguem adaptar à quantidade e qualidade da radiação disponível no seu *habitat*. Esta capacidade adaptativa vai desde os ambientes mais sombrios até aos mais soalheiros, acontecendo o mesmo entre o exterior e o interior das copas das árvores. Na verdade os castanheiros quando plantados em povoamentos de maior densidade, adquirem portes mais esguios e menos ramificados, contrariamente ao sucedido com a forma das copas quando se trata de árvores localizadas em espaços abertos, que são mais baixos e largos, dado que não há tanta competição pela captação de luz (Figura 4.63).



Figura 4.63- Aspecto de um souto típico de Trás-os-Montes onde se pode observar a forma da copa bastante aberta, devido ao compasso alargado a que estão plantados.

A intensidade da luz e a sua qualidade interferem também na expressão fenotípica das folhas. Com efeito, no castanheiro, como em qualquer outra árvore de porte médio a grande, as regiões de sombra e de sol estão bem presentes, sendo as folhas das regiões de sombra (esciófilas) diferentes das folhas oriundas das regiões mais soalheiras (heliófilas). As primeiras são provenientes do interior das copas (Figura 4.64) e da região exterior da copa que está voltada para o lado Norte, enquanto as segundas estão nas regiões onde a luz incide directamente, como no exterior da copa dos restantes quadrantes (Figura 4.65). As primeiras, são maiores, mais finas, estão adaptadas para responderem de forma mais eficaz à pouca luz

disponível, que além do mais é de natureza difusa, isto é, não incide directamente na folha (Quadro 4.11) (Gomes-Laranjo *et al.*, 2007).



Figura 4.64- Aspecto do interior de uma copa de um castanheiro, com folhas de cor verde menos forte reflexo do baixo nível de radiação.



Figura 4.65- Aspecto das folhas típicas de sombra (à esquerda) e de sol (à direita) colhidas, respectivamente nos lados Norte e Sul da copa do castanheiro.

Quadro 4.11- Valores médios de alguns parâmetros de natureza histológica de folhas colhidas em cada um dos lados das copas.

Quadrante	Espessura (μm)	Epiderme (μm)		mesófilo (μm)		pal/lac	T (%)
		superior	inferior	paliçada	lacunoso		
Norte	188,7 c	22,0 c	15,2 a	82,4 c	73,4 b	1,19	5,44 a
Este	194,6 c	23,8 bc	15,0 a	87,8 b	66,6 c	1,38	5,25 a
Sul	239,2 a	29,1 a	16,2 a	110,8 a	82,2 a	1,39	5,24 a
Oeste	208,7 b	24,4 b	15,4 a	86,8 b	83,6 b	1,07	5,36 a

Em cada parâmetro, valores com pelo menos uma letra comum não são significativamente diferentes, segundo o teste de Fisher.

As folhas do lado Norte das copas de grandes dimensões como as dos castanheiros adultos que crescem nos soutos, apenas recebem cerca de 37% da radiação máxima que está disponível no lado Sul durante o dia, enquanto os restantes lados da copa (Este e Oeste) recebem cerca de 70% (Quadro 4.12). Este efeito da radiação tem consequência na temperatura, fazendo com que o seu valor médio seja inferior cerca de 0,7°C que a temperatura do lado Sul, o lado onde chega radiação.

Quadro 4.12- Valores médios e desvio* da radiação e temperatura medidos ao nível das folhas dos lados Norte, Este, Sul e Oeste de copas dos castanheiros adultos (cerca de 50 anos) da variedade Judia instalados num souto com compasso de 8x8 m. Os registos foram feitos entre Junho e Outubro de 1995 a 1997.

Parâmetro	Norte		Este		Sul		Oeste	
	Valor	Desvio	Valor	Desvio	Valor	Desvio	Valor	Desvio
Radiação ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	341,1 d	37	673,0 b	74	912,0 a	100	611,0 c	67
Temperatura (°C)	24,4 b	97	25,1 a	100	25,1 a	100	24,8 ab	99

* Representa a percentagem de variação relativamente ao lado Sul. Em cada parâmetro, valores com pelo menos uma letra comum não são significativamente diferentes ($P>0,05$), segundo o teste de Fisher.

Estes resultados confirmam um conhecimento adquirido: qualquer face voltada para Sul recebe sempre mais luz que voltada para Norte. Por este facto, acresce a tendência que geralmente as pessoas têm para de uma forma empírica de colher os frutos mais expostos ao sol. Assim sucede também com as castanhas. Apesar de se tratar de uma mesma árvore, à sua volta encontramos diferenças, por vezes com significado. Basicamente as diferenças aparecem entre o lado Norte e os restantes três lados. Entre estes três lados, aparecem alguns aspectos interessantes que merecem ser relevados. Começando pelo tipo de folhas, as do lado Norte são as maiores, notando-se inclusivamente que são mais compridas e estreitas que as restantes, e possuem menos estomas. Estas folhas são também mais finas, possuindo em média apenas 1 a 2 camadas de células do mesófilo em paliçada contra as 2 a 3 bandas existentes nas folhas do lado sul, as mais espessas (Quadro 4.13).

Quadro 4.13- Características diferenciadoras das folhas e frutos colhidas nas diferentes exposições do copado do castanheiro.

Parâmetros	Norte	Este	Sul	Oeste
Folha				
Área (cm^2)	73,7 a	69,5 b	70,4 b	68,1 b
Comp. /Largura	3,71 a	3,6 ab	3,37 b	3,63 ab
Peso fresco/área (g.cm^{-2})	49,6 b	52,4 a	52,4 a	49,8 b
Estomas ($\text{n}^\circ. \text{mm}^{-2}$)	254,8 c	270,5 b	297,4 a	292,0 a
Fruto				
Calibre ($\text{n}^\circ\text{frutos.kg}^{-1}$)	81,2 a	77,7 b	73,5 b	82,8 a
Nº frutos/ouriço	1,47 b	1,63 a	1,51 b	1,59 a
Calibre corrigido ($\text{n}^\circ\text{frutos.kg}^{-1}$)	153,8 a	126,6 c	140,8 bc	142,9 ab
Peso fresco/volume (g.ml^{-1})	1,05 a	1,07 b	1,05 a	1,07 ab
% Matéria seca	46,2 b	47,4 a	47,7 a	47,4 a
Amido (% Ms)	64,1 b	66,8 a	66,8 a	64,8 a
Proteína (% Ms)	6,31 b	6,41 ab	6,66 a	6,43 ab
Gordura (% Ms)	2,08 a	1,95 a	1,91 a	2,06 a
Fibra (% Ms)	21,1 b	23,6 a	23,3 a	22,5 ab

Em cada parâmetro, valores com pelo menos uma letra comum não são significativamente diferentes, segundo o teste de Fisher.

Quanto às características dos frutos, os maiores são os colhidos nos lados Sul e Este, podendo haver uma diferença de 5 a 6 castanhas entre estes dois lados e as colhidas no lado Norte. Esta diferença aumenta quando se faz a correcção do calibre com as castanhas chochas. Assim, o lado onde se formam ouriços com maior número de castanhas é o Este com 1,63 castanhas em 3 possíveis. Os lados onde aparecem mais frequentemente castanhas chochas são o Norte e o Sul. É certo que o aparecimento de castanhas chochas leva a que as restantes possam adquirir tamanho superior (Figura 4.66).



Figura 4.66- Ouriço com uma castanha boa de grandes dimensões rodeada por duas chochas (frutos polinizados mas cujo endosperma não se desenvolveu).

Este aspecto vai ter um reflexo muito importante no calibre corrigido (isto é, com as castanhas chochas incluídas), sendo agora o lado Este aquele que apresenta um calibre menor (significa castanhas maiores e, por isso, melhor calibre) com 126,6 castanhas, isto é, menos 33 castanhas que o lado Norte e menos 14 castanhas que o lado Sul. As castanhas do lado Este, juntamente com as do lado Sul, têm também os maiores teores de matéria seca, amido, proteína, gordura e fibra (Quadro 4.13).

Outra importante consequência da maior ou menor exposição das folhas à radiação solar está na sua composição em clorofilas (soma da clorofila *a* com a clorofila *b*) e carotenóides (soma das xantofilas e carotenos), que são os pigmentos responsáveis pela absorção de radiação para a fotossíntese. As folhas do lado Norte estão expostas, normalmente, a radiação de menor intensidade, tal como as do interior das copas. Em consequência, as folhas são menos espessas, possuindo menos clorofila e uma menor razão clorofila *a*/clorofila *b* (Quadro 4.14). Como é sabido, a ambientes mais soalheiros estão associadas folhas com razão clorofila *a*/clorofila *b* (*Cl_a/Cl_b*) maior. De forma contrária, a razão clorofila/carotenóides (*Cl/Car*) é menor nestes ambientes, na medida em que uma importante função dos carotenóides é a de proteger as clorofilas contra o excesso de radiação. Assim, é natural que nos ambientes mais

expostos à radiação, a planta incrementa a produção de carotenóides relativamente à das clorofilas. No Quadro 4.14 apresentam-se igualmente os valores médios da composição em nutrientes das folhas provenientes das diferentes exposições.

Quadro 4.14- Valores médios da composição em pigmentos fotossintéticos e principais nutrientes minerais constituintes de folhas originárias dos diferentes lados da copa, colhidas em Setembro.

Parâmetro	Norte	Este	Sul	Oeste
Pigmentos fotossintéticos				
Clorofila total (µg.cm ⁻²)	63,3	65,9	65,6	67,0
Cl _a /Cl _b	2,95	3,03	3,04	2,98
Carotenóides (µg.cm ⁻²)	13,1	13,00	13,2	13,5
Cl/Car	6,53	6,52	6,39	6,31
Nutrientes (mg.g⁻¹ ps)				
N	287,9	299,4	296,0	292,6
P	4,96	4,40	4,97	4,66
K	2,59	1,98	2,42	2,28
Ca	7,94	6,69	6,73	7,62
Mg	1,81	1,76	1,35	1,55
Mn	4,39	4,00	3,59	3,94

Durante o dia, a radiação varia fortemente em volta da copa. Excluindo o lado Norte, permanentemente na sombra, durante a manhã a luz incide predominantemente no lado Este e no lado Sul, estando o lado Oeste na sombra. Ao meio-dia, estão os três lados iluminados, enquanto à tarde, os lados mais iluminados são apenas o Oeste e o Sul. Esta variação reflecte-se da mesma forma na taxa de fotossíntese, definindo claramente uma região produtora móvel durante o dia: lados Este e Sul, durante a manhã, parte Este – Sul – Oeste ao meio-dia e Oeste – Sul durante a tarde (Figura 4.67).

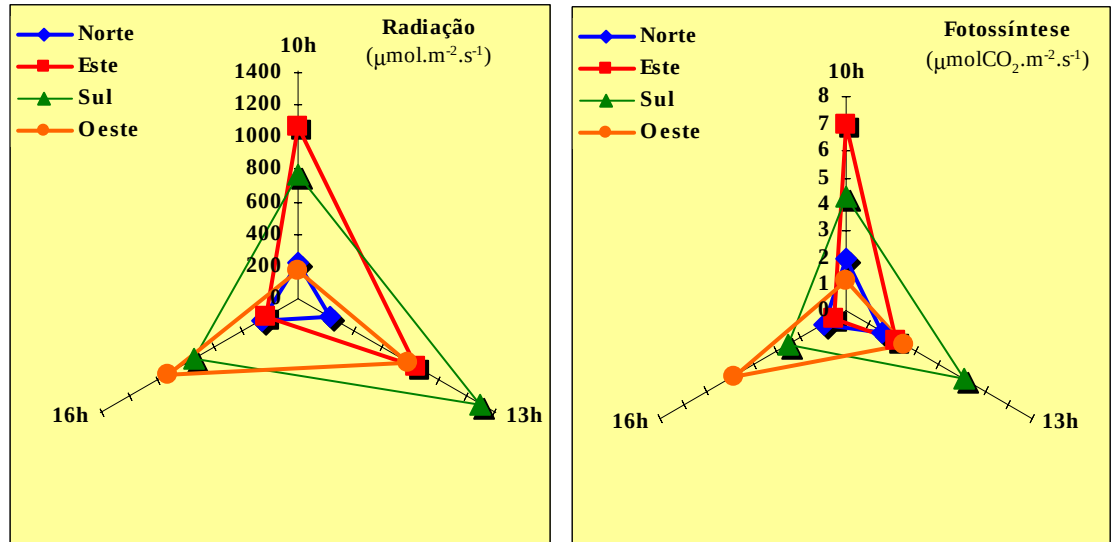


Figura 4.67- Estudo da variação diária (10, 13 e 16 h) do nível de radiação solar e taxa de fotossíntese em castanheiros da variedade Judia.

Em consequência desta “rotação” na produtividade das copas é observada uma redução da taxa fotossintética entre os lados Sul e Norte, em cerca de 34%, sendo esse valor nas folhas do lado Sul de $3,9 \mu\text{molCO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. É de salientar que apesar de se observar esta redução na fotossíntese, a diminuição da condutância estomática (parâmetro relacionado com o grau de abertura dos estomas), e da transpiração é muito menor (Quadro 4.15).

Quadro 4.15- Valores médios e desvio* (Julho a Outubro) da condutância estomática, fotossíntese e transpiração para cada um dos lados da copa de árvores da variedade Judia.

Parâmetro	Norte		Este		Sul		Oeste	
	Valor	Desvio	Valor	Desvio	Valor	Desvio	Valor	Desvio
Cond. Estomática ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	175 b	93	197 a	105	195 a	100	190 a	101
Fotossíntese ($\mu\text{molCO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	1,32 c	34	3,08 b	79	3,92 a	100	3,07 b	79
Transpiração ($\text{mmolH}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	3,3 c	88	3,59 b	96	3,81 a	100	3,63 b	96

* Representa a percentagem de variação relativamente ao lado Sul. Em cada parâmetro, valores com pelo menos uma letra comum não são significativamente diferentes, segundo o teste de Fisher.

A utilização da parede vegetativa em castanheiro

A condução em parede vegetativa, ao possibilitar a existência de apenas 2 faces, a Este e a Oeste (Figura 4.68), origina uma distribuição simétrica da radiação directa pela copa (Gomes-Laranjo *et al.*, 2005a; Gomes-Laranjo *et al.*, 2005b). Conforme pode ser observado na Figura 4.69, a face Este recebe unicamente radiação directa durante a manhã, enquanto o lado Oeste só durante a tarde recebe a radiação directa. Já a radiação difusa, de muito menor intensidade, é agora a única disponível no lado Este, deixando assim de haver um lado completo de sombra, que é o lado Norte dos copados convencionais (Figura 4.67), bem como extensas regiões internas dos copados completamente desprovidos de radiação e portanto não produtivos, mas apenas consumidores, afastando em consequência as regiões produtores do centro da árvore exclusivamente para a periferia. A área projectada de cada uma destas copas em parede será ainda forçosamente menor que o das copas convencionais, permitindo ainda um aumento da densidade de plantas. Estimativas feitas, fazem supor que esta forma de conduções poderá incrementar em cerca de 40 a 50% o número de plantas a instalar no souto. Como efeito, conforme acontece com outras espécies de dimensão semelhante (ex. nogueira) em países mais desenvolvidos do ponto de vista da sua agricultura, uma copa podada desta forma (com maquinaria própria), poderá ter uma largura sensivelmente metade da sua largura onde não se faz nenhuma intervenção.

A condução em parede vegetativa pode favorecer a protecção das árvores contra a excessiva radiação incidente na altura mais crítica do dia que é ao meio-dia, pois não há um verdadeiro lado Sul. Este facto já não acontece nos copados convencionais em que a existência de uma face voltada a Sul submete as plantas ao meio-dia a intensidades de radiação mais elevadas. Esta protecção induzida pela parede contra a fotoinibição pode, de acordo, com os estudos já realizados, ser muito importante sobretudo nos meses de Julho e Agosto, altura em que as temperaturas são normalmente muito elevadas, atingindo-se com facilidade valores superiores a 24°C (Gomes-Laranjo, 2001), tidos como o intervalo de temperaturas mais adequadas para o crescimento do castanheiro.



Figura 4.68- Crescendo em parede vegetativa – 2005. Aspecto das árvores com 14 anos e 4 anos de poda em parede vegetativa em linhas orientadas Norte-Sul

A ausência do lado Sul na parede vegetativa pode proteger as árvores em cerca de 1°C a 2°C. Esta protecção é, em parte, devida à não incidência directa de radiação num dos lados da copa, mas apenas nas regiões superiores coincidentes com a zona transversal da parede vegetativa.

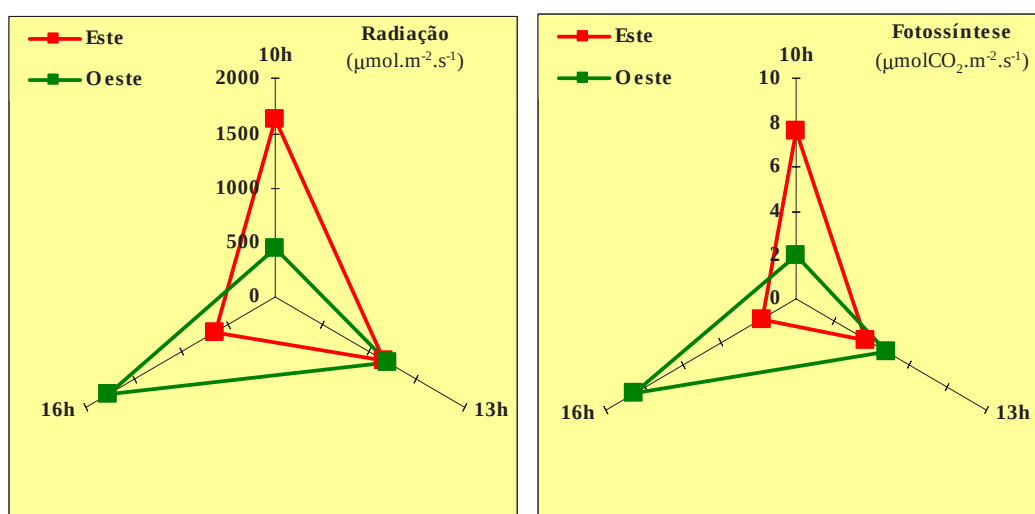


Figura 4.69- Valores médios da radiação e da fotossíntese em cada um dos lados da parede vegetativa.

Comparativamente com as plantas conduzidas de forma convencional, a nova forma de condução em parede vegetativa pode ainda conferir uma protecção adicional, pois a ausência de uma face voltada para o Sol ao meio-dia, permite maior protecção contra a perda excessiva de água por transpiração. Nas copas convencionais, a enorme superfície de exposição a esta hora do dia apenas favorece a transpiração e não a fotossíntese (esta está limitada pelas temperaturas muito elevadas), levando assim a que o nível de água seja nestas mais baixo que na nova forma. Na forma convencional, às 13 h, três quartos da copa está com potenciais hídricos no limite mais baixo, enquanto na nova forma apenas metade da copa está nesta situação.

Por último, o estudo dos parâmetros biométricos dos frutos confirma uma vez mais a maior homogeneidade que as copas conduzidas em parede vegetativa possuem em toda a sua área produtiva, dado que não foram encontradas diferenças significativas no calibre entre as castanhas colhidas nos lados Este e Oeste. Contrariamente, nas copas convencionais é observada heterogeneidade, para além de já nesta fase de desenvolvimento da parede vegetativa (árvores com 11 anos e 4 anos de poda) se notar um incremento do calibre dos frutos em cerca de 3 castanhas/kg, facto que é sempre positivo (Quadro 4.16).

Quadro 4.16- Valores médios do calibre das castanhas colhidas em árvores próximas conduzidas em parede vegetativa e de forma tradicional.

Forma da copa	Lado	Calibre (frutos/kg)	Calibre médio (frutos/kg)
Parede vegetativa	Este	64,5	65,3
	Oeste	66,0	
Tradicional	Norte	74,4	68,7
	Este	66,0	
	Sul	65,5	
	Oeste	69,0	

Em conclusão, os resultados disponíveis até ao momento, sugerem ser vantajoso a condução de castanheiros em parede produtiva com orientação Norte-Sul. Com efeito, esta condução pode promover uma maior uniformidade nas características dos diferentes lados da parede, isto é, Este e Oeste. Dado que ao diminuirmos as zonas de sombra das copas estamos a aumentar e a uniformizar a melhor captação da radiação solar, desde a estrutura morfológica foliar, até à composição molecular dos complexos envolvidos na fotossíntese e, em última análise, a produtividade final (dados não disponíveis). Por outro lado, a condução em parede

vegetativa tem a vantagem de eliminar a extensa região externa de sombra que é o lado Norte. A parede, orientada desta forma, é também ideal para ajudar as árvores a enfrentarem as condições adversas de Verão, sobretudo ao meio-dia, oferecendo ao Sol apenas a região transversal da parede, e não um dos painéis laterais (Este ou Oeste).

As variedades e a sua resposta à radiação

A radiação é, como está demonstrado, um factor muito importante para o crescimento das plantas, sendo a sua influência na fotossíntese bem conhecida, condicionando significativamente a capacidade da planta em assimilar o CO₂ atmosférico para fixá-lo em compostos orgânicos como açúcares, gorduras e proteínas. Mas a radiação tem ainda um importante papel no desenvolvimento das plantas, através da sua duração no dia (fotoperíodo) estimulando a floração, e da sua qualidade intervindo na fotomorfogénese (Kramer, 1991).

O castanheiro não necessita de uma elevação radiação. Conforme se pode observar na Figura 4.70, atinge cerca de metade da sua taxa máxima de fotossíntese perante níveis de radiação relativamente baixos, da ordem de 400 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Isto é, cerca de 75% da produtividade máxima é obtida com uma radiação de 1.000 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Em termos comparativos, num dia de sol a radiação directamente incidente numa árvore pode atingir 1.800 a 2.000 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Estes dados são inteiramente concordantes com a ideia de que o castanheiro é, acima de tudo, uma espécie de ambientes mais sombrios e húmidos, como as encostas voltadas a norte, que devem ser as eleitas para esta cultura, evitando assim a exposição Sul. Além disso, apresenta igualmente maiores índices térmicos, o que favorece uma maior evapotranspiração e induz antecipação de abrolhamento, aumentando, assim, os riscos de danos causados pelas geadas tardias. É nos soutos localizados em terrenos voltados a Sul que a incidência da doença da tinta é maior (ver Capítulo 5).

Fenaroli (1945), considerava esta espécie como de meia luz apenas nas primeiras idades, com as suas sementes a apresentarem necessidades mínimas de luz para a germinação, tornando-se depois heliófila quando atinge o estado adulto, o que é, para este autor, demonstrado pelos grandes crescimentos que exibem os exemplares isolados, desde que os solos e as condições culturais lhe sejam favoráveis, chegando a produzir 400 kg de fruto por árvore. Contudo, Loureiro (1991) e Brio *et al.* (1998) consideraram o castanheiro adulto como sendo uma espécie moderadamente heliófila, ou seja, que cresce bem em ambientes de radiação intermédia entre a sombra e a plena luz.

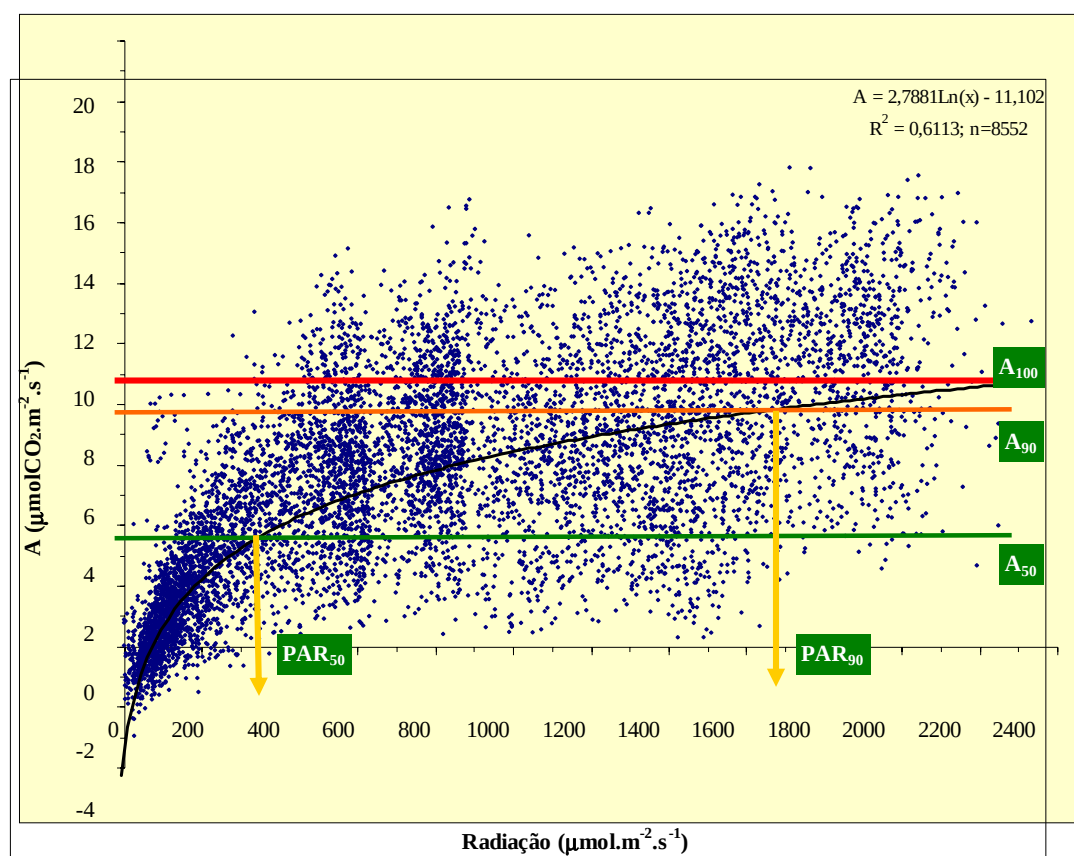


Figura 4.70- Influência da intensidade da radiação solar na taxa de fotossíntese (A) em castanheiro europeu.

De entre as variedades portuguesas, a Judia atinge 90% da taxa máxima de crescimento com uma radiação de cerca de $1.300 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, enquanto que metade da produtividade é alcançada com apenas $300 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (Figura 4.71). Da observação desta figura fica claro que a Judia é uma das variedades que necessita de menor intensidade de radiação, contrariamente ao grupo formado pela Longal e Trigueira de Vinhais e a Lamela de Valpaços que necessitam de $1.600 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Relativamente ao efeito da doença da tinta, facilmente se pode observar que quando as árvores ficam infectadas, regista-se um incremento das necessidades de radiação, que neste caso passaram a ser de $1.450 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para atingir os 90% da fotossíntese máxima e $380 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para atingir os 50%, isto é, as árvores infectadas tornam-se mais heliófilas. Este aspecto é também visível por uma tonalidade mais clara da folhagem.

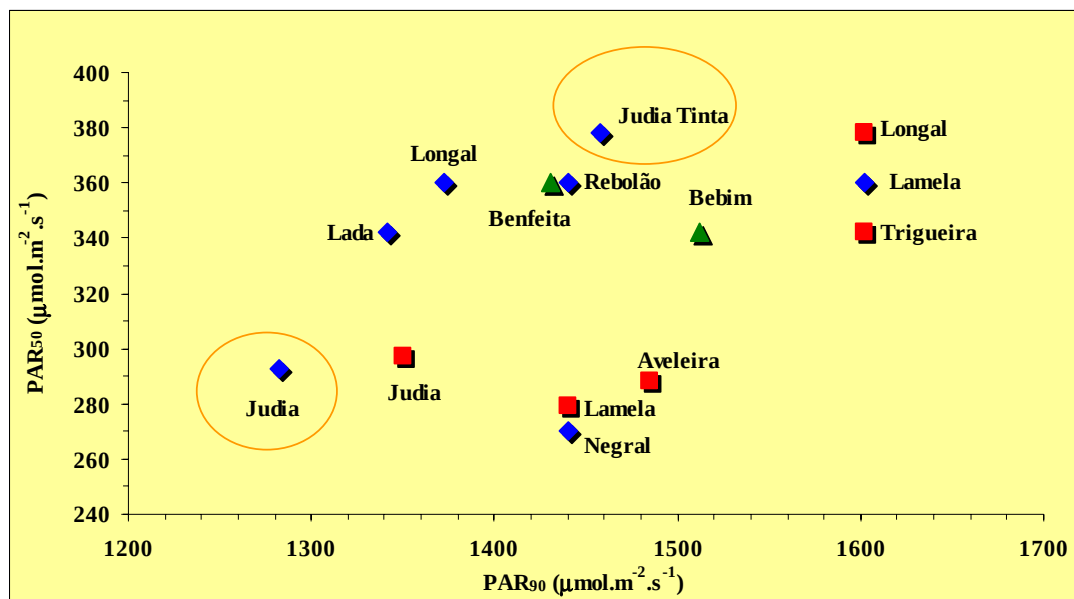


Figura 4.71- Distribuição de algumas variedades portuguesas em função da radiação necessária para atingir 50 e 90% da taxa de crescimento máximo (medido através da taxa de fotossíntese). PAR₅₀ e PAR₉₀ representam os valores de radiação para os quais a taxa de fotossíntese é 50 e 90% da máxima. As determinações de produtividade foram feitas em árvores adultas instaladas em soutos nos concelhos Valpaços (losangos azuis), Vinhais (quadrados vermelhos) e Vila Real (triângulos verdes). Dentro dos dois círculos estão assinalados os resultados para árvores da variedade Judia (árvores sãs – Judia; árvores com tinta – Judia Tinta).

Análise da composição em pigmentos fotossintéticos

Também ao nível da sua composição em pigmentos fotossintéticos, as plantas procuraram adaptar-se às condições de radiação do meio ambiente onde se encontram. 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 variedade, 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.

O teor médio de clorofila nas variedades portuguesas de castanheiro estudadas, varia entre 50 e 120 μg.cm⁻² (Quadro 4.17). As variedades com menor valor são a Misericórdia, a Lada e a Aveleira e as que têm folhas com mais clorofila são a Judia (Vinhais), Passã e Verdeal. No entanto, a Aveleira e a Misericórdia são duas das variedades com maior razão *Cla/Clb*. Por outro lado, a Judia (ambos os genótipos) apresenta baixa razão *Cla/Clb*, sugerindo uma melhor adaptabilidade desta variedade a locais mais sombrios que os indicados para a Aveleira.

Quadro 4.17- Composição média de clorofila e carotenóides em folhas colhidas no lado Sul da copa de árvores com 15 anos de diferentes variedades de castanheiro existentes no Banco de Germoplasma da UTAD.

Concelho	Variedade	Clorofilas ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$)	Carotenóides ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$)	Cla/Clb	Cl/Car
Terras de Bouro	Amarelais	77,2	21,2	3,84	3,64
	Misericórdia	55,3	17,0	4,46	3,25
Vila Real	Benfeita	85,2	23,9	3,95	3,56
Valpaços	Judia	113,3	29,3	3,60	3,87
	Lada	69,2	19,6	4,18	3,53
	Longal	103,0	26,3	4,01	3,92
	Negral	81,7	24,3	4,37	3,36
	Rebolão	83,2	21,1	4,12	3,94
Guarda	Verdeal	111,3	26,5	4,20	4,20
Penedono	Martaínha	85,7	19,5	4,35	4,39
	Passã	116,2	29,8	4,48	3,90
	Sousã	82,8	20,3	4,75	4,08
Vinhais	Aveleira	63,7	17,5	4,62	3,64
	Boaventura	100,4	29,3	4,36	3,43
	Judia	83,6	23,0	3,92	3,63
	Lamela	91,4	24,1	4,28	3,79
	Trigueira	84,6	21,4	4,29	3,95

Conforme também se pode observar pela Figura 4.72, a Martaínha, uma variedade muito importante na região da Beira Interior, tolera melhor os locais mais soalheiros que a Judia, pois tem uma razão Cla/Clb mais elevada.

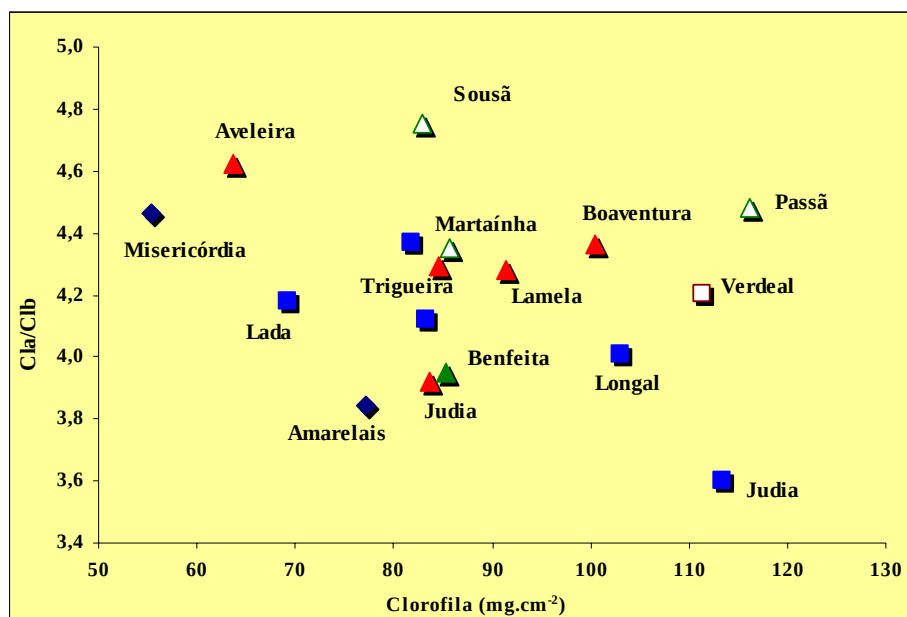


Figura 4.72- Distribuição dos diferentes genótipos de castanheiro em função do teor de clorofila e da razão Cla/Clb. As variedades pertencem aos concelhos Valpaços (losangos azuis), Vinhais (quadrados vermelhos), Vila Real (triângulos verdes), Terras Bouro (losangos azuis), Guarda (quadrados brancos), Penedono (triângulos brancos).

4.4.3-Análise da influência da temperatura na produtividade fotossintética

As variedades e a sua resposta à temperatura. Comparação com clones híbridos

A temperatura tem um profundo efeito na distribuição e crescimento das plantas, levando a que regiões climáticas que são determinadas por diferentes amplitudes térmicas relacionadas quer com a altitude quer com a latitude, suportem tipos de vegetação diferentes, que foram ou são determinados pela selecção natural ocorrida em função dos diversos regimes de temperatura (Kramer, 1991).

Os limites em altitude para o desenvolvimento de espécies arbóreas são largamente determinados pelas temperaturas mínimas, ocorrendo os limites para produção de fruto a altitudes inferiores aos verificados para produção de madeira. Por sua vez, as baixas temperaturas de Inverno são responsáveis pela limitação em latitude e em altitude da dispersão quer das plantas perenes de folha larga, quer das de folha caduca onde se inclui o castanheiro.

O crescimento das plantas é, como está demonstrado, muito sensível à temperatura, levando a que pequenas variações desta sejam suficientes para provocar alterações na taxa de crescimento, devido a redução das taxas de metabolismo. No entanto, variações muito acentuadas da temperatura podem provocar danos, seja por congelação, seja por desidratação ou por sobreaquecimento. Estes efeitos podem ser minimizados ou não incrementados em função de outros factores ambientais, como a disponibilidade de água e nutrientes no solo, a intensidade de radiação e o fotoperíodo (Kramer, 1991).

A temperatura influencia igualmente o desenvolvimento das plantas, nomeadamente a formação e expansão de novos ramos, a quebra de dormência dos gomos, a formação de lenho secundário, a formação do sistema radicular e o processo reprodutivo das plantas. Este factor, afecta também o crescimento alterando as taxas e balanços entre processos fisiológicos e metabólicos, como a fotossíntese, respiração, relações hídricas, síntese de hormonas, actividade enzimática, absorção de nutrientes, divisão e crescimento celular (Al-Kathib e Paulsen, 1984; Berry e Bjorkman, 1980; Kramer, 1991; Jenner, 1991; Taiz e Zeiger, 2002).

A temperatura da planta depende das taxas de trocas de energia entre esta e o meio ambiente. Aqui incluem-se, por exemplo a reflexão, a transmissão da radiação incidente na folha, a libertação de calor e a transpiração. Esta última, tem uma importância muito grande

na regulação térmica, devido ao elevado calor específico que a água contém. Quando a planta transpira, liberta assim consideráveis quantidades de energia calorífica, permitindo que a folha possa ter cerca de 1 - 2°C menos que a temperatura envolvente.

O castanheiro é uma espécie mesotérmica, particularmente bem sucedida nos vales e montanhas pouco elevadas (Fenarolli, 1945), que se encontra bem adaptada a zonas cujas temperaturas médias anuais oscilam entre os 8°C e os 15°C (Morandini, 1979; Loureiro; 1994; Brio *et al.*, 1998), se bem que acima dos 14°C já é mais raro encontrar esta espécie, pois a evaporação estival é muito elevada levando a um esgotamento das reservas hídricas do solo. Como referem Serrano *et al.* (2001), o castanheiro é uma árvore considerada de clima temperado frio, pois suporta temperaturas bastante baixas, podendo tolerar -18°C, durante curtos períodos de tempo. Para Fernández-López e Alia (2003) a produção de “bons frutos” requer temperatura média mensal acima de 10°C, pelo menos durante 6 meses do ano.

A temperatura óptima de crescimento para o castanheiro europeu é de cerca de 24°C (Figura 4.73). A esta temperatura, a taxa média de crescimento, medida através da taxa de fotossíntese (na Figura 4.70 simbolizada por A_{100}), é de $10 \mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, o que representa uma fixação de 1,73 g CO_2 por m^2 de área foliar e por hora. A partir deste valor é possível determinar as temperaturas máxima e mínima para as quais a taxa de crescimento é reduzida para metade da máxima (representada por A_{50} na Figura 4.73). Assim, a temperatura mínima é de 10,5°C enquanto a máxima é 36,5°C.

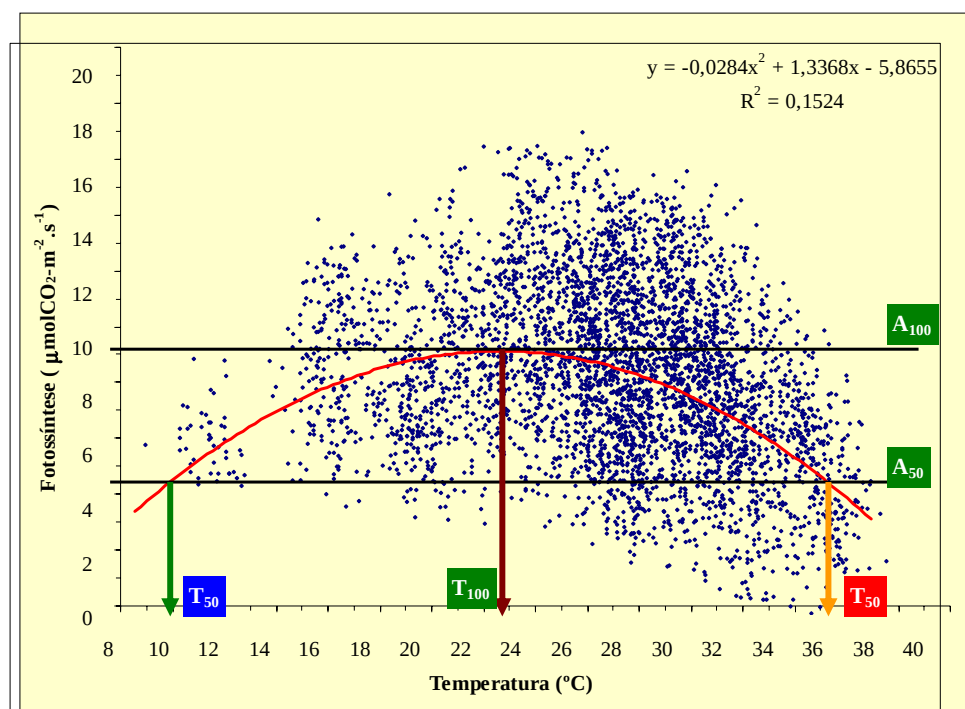


Figura 4.73- Estudo do efeito da temperatura ambiente na taxa de fotossíntese em castanheiro europeu (n = 8.852).

De entre as variedades estudadas, podemos observar uma variação da temperatura óptima de crescimento entre 22°C na Lada e 29°C na Boaventura. Em média, as variedades comuns estudadas no concelho de Valpaços apresentam temperaturas óptimas inferiores aos registados nas variedades comuns no concelho de Vinhais. Assim, em termos genéricos, as variedades de Vinhais são mais tolerantes ao calor que as de Valpaços, seja pela temperatura óptima, seja pela temperatura máxima.

Relativamente às variedades mais representativas em Trás-os-Montes, a Judia tem uma temperatura óptima de crescimento de 25°C (para o genótipo de Valpaços) a 27°C (para o genótipo de Vinhais). A variedade Longal cultivada em Valpaços apresenta um óptimo de crescimento a 22°C, enquanto que na Longal de Vinhais a temperatura óptima é de 25°C.

Quanto à tolerância das variedades a temperaturas elevadas, como as que se verificam durante o Verão, em todas as variedades a redução do crescimento para metade ocorre num intervalo entre 35°C e 38°C (T_{50}). As menos tolerantes são a Judia e a Negral de Valpaços, contrariamente às variedades Aveleira, Rebolão e ao genótipo Judia de Vinhais (Figura 4.74). A Aveleira é uma variedade bastante temporã, pelo que é natural que tenha maior tolerância às temperaturas elevadas. É de realçar também, o facto de a mesma variedade (Judia) apresentar características de tolerância à temperatura bastante diferentes. Assim, enquanto que para o genótipo de Valpaços o par de temperaturas é 24,5°C (T_{100}) e 35°C (T_{50}), o genótipo de Vinhais apresenta o par 27°C e 38°C, respectivamente para as temperaturas máxima e mínima.

Um outro aspecto importante a que se deve atender é o de que quando se trata de árvores doentes com tinta, observa-se um deslocamento das temperaturas, relativamente às sãs, de 25°C e 35°C para 28°C e 39°C. Quando uma árvore é infectada pela *Phytophthora sp.*, agente causal da doença da tinta dos castanheiros, observa-se uma diminuição gradual do teor de água nas folhas, devido ao entupimento dos vasos xilémicos radiculares pelas hifas do oomiceta. Na sequência da diminuição do teor de água, os estomas começam a fechar e a fotossíntese vai diminuindo, o mesmo acontecendo com o crescimento. Entretanto, as árvores adquirem uma tonalidade mais clara devido à fotooxidação acelerada das clorofilas (Gomes-Laranjo *et al.*, 2004; Dinis, 2006). Em estudos realizados em plantas resistentes e não resistentes ao ataque deste oomiceta, verificou-se que após infecção das plantas, naquelas que eram resistentes observou-se um incremento da fotossíntese, acompanhado de um aumento do teor de açúcares na folha, a reflectir um processo de defesa da planta.

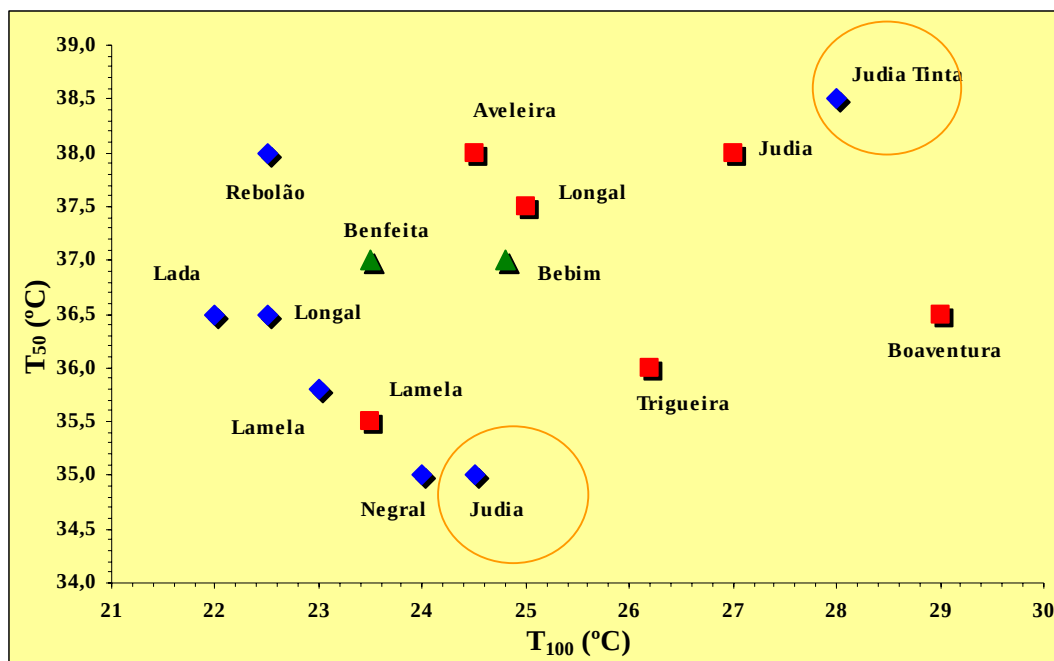


Figura 4.74- Distribuição das variedades portuguesas de castanheiro em função da temperatura óptima e da temperatura que impõe uma redução de 50% na taxa de fotossíntese (crescimento). As determinações de produtividade foram feitas em árvores adultas instaladas em soutos nos concelhos de Valpaços (losangos azuis), Vinhais (quadrados vermelhos) e Vila Real (triângulos verdes). Dentro dos dois círculos estão assinalados os resultados para árvores da variedade Judia (árvores sãs – Judia; árvores com tinta - Judia Tinta).

A limitação imposta pelo calor excessivo (Figura 4.75), parece ser mesmo mais restritiva do que propriamente o stress hídrico induzido por longos períodos de seca, pelo menos quando se trata de árvores adultas com mais de 30 a 40 anos, conforme os trabalhos de Martins *et. al.* (1998) sugerem. Com o objectivo de mitigar este efeito estão a decorrer trabalhos de selecção clonal em Judia no sentido de se apurar um clone com melhor tolerância ao calor (Almeida, 2006).



Figura 4.75- Durante o Verão, são muitos os dias em que a temperatura ultrapassa largamente os 30 °C, impondo paragens de crescimento muito prolongadas, levando a que os castanheiros adquiram um aspecto semelhante ao da figura.

Comparativamente, os valores de temperatura referentes a variedades portuguesas da espécie *C. sativa* são bastante inferiores aos observados para plantas resultantes de hibridações entre *C. sativa* e *C. crenata*. Em trabalhos realizados na UTAD, foi encontrado um intervalo óptimo de crescimento para os clones híbridos entre 31°C e 35°C, enquanto que em plantas com idade semelhante, mas da variedade Judia, a temperatura óptima foi de 26,5°C (Figura 4.76). A redução da taxa de crescimento para 50% (T_{50}) foi medida entre 38,5°C e 40,5°C. Do grupo de clones que foi estudado, o FB224 e o FB001, ficaram destacados por apresentarem temperaturas óptimas de 29°C e 24°C, respectivamente. Como é sabido, uma das estratégias tentadas, desde o início, foi no sentido de promover a tolerância da cultura à doença da tinta através do recurso a hibridações (Guerreiro, 1957).

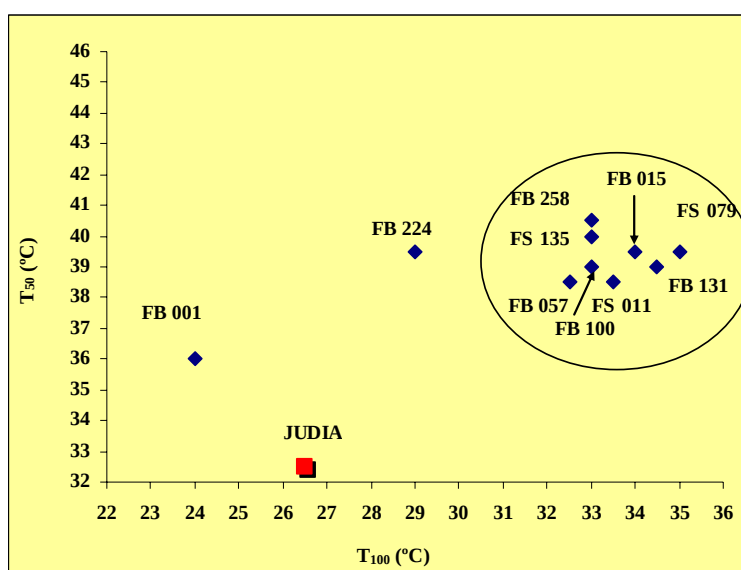


Figura 4.76- Distribuição de clones híbridos de castanheiro (*C. sativa* x *C. crenata*) em função da temperatura óptima de crescimento (T_{100}) e da temperatura de redução de 50% do crescimento (T_{50}). O crescimento foi avaliado por medições da taxa de fotossíntese em plantas jovens (2 anos) envasadas. Nota: Origem dos clones- Centro Nacional de Sementes Florestais, (CENASEF) – Amarante.

A enxertia de Judia em porta-enxerto de *C. sativa* (vulgo bravio) ou Ca90 (híbrido *C. sativa* x *C. crenata*), também designado por Ferrossacri, pode induzir comportamentos diferentes no cavalo. Assim, de acordo com estudos preliminares, a Judia quando enxertada em Ca90 pode tornar-se mais tolerante à temperatura elevada. Neste ensaio, a Judia em Ca90 apresentou melhores taxas de fotossíntese para as temperaturas mais elevadas, isto, apesar de apresentar potencial hídrico ligeiramente mais baixo (mais negativo), significando a existência de menos água livre na planta (Figura 4.77).

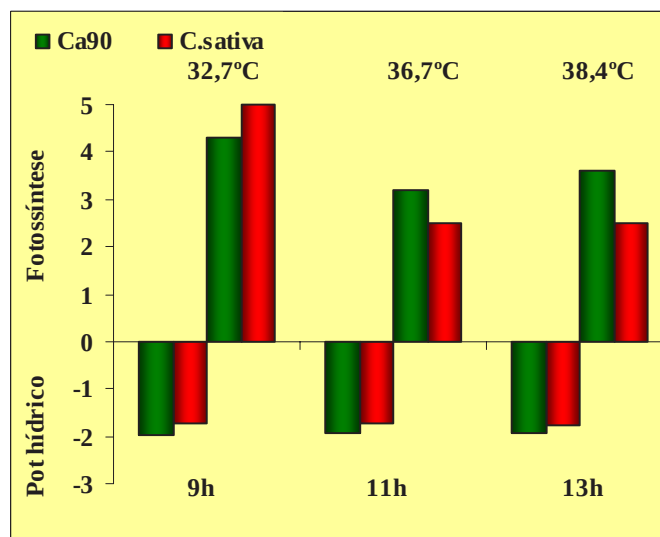


Figura 4.77- Valores médios do potencial hídrico (MPa) e da fotossíntese ($\mu\text{molCO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) medidos em condições de céu limpo, em plantas com 3 anos da variedade Judia enxertadas em Ca90 e *C. sativa*.

Relativamente à variação diária da taxa de crescimento (fotossíntese), é normal a ocorrência de uma descida da taxa de fotossíntese durante a manhã atingindo um mínimo próximo do meio-dia. Esta redução de crescimento é variável conforme as espécies vegetais e o impacto de factores como a temperatura, a luz e a humidade do solo. No castanheiro, durante os meses de Verão, as elevadas temperaturas diurnas provocam uma forte redução na taxa de fotossíntese ao meio-dia que se designa por termoinibição. Em consequência, os estomas fecham e a árvore deixa de transpirar, continuando contudo a absorver água, fazendo com que em castanheiros adultos, salvo em anos muito secos, a rega seja dispensável, pois as árvores têm sempre teores adequados de água (ver capítulo 6). Também neste aspecto, a Judia, juntamente com a Longal apresentam uma forte redução de crescimento no período compreendido entre a manhã e o meio-dia (redução de 57%), enquanto na Aveleira a redução é de apenas 40% (Figura 4.78).

O castanheiro gosta de solos com temperaturas estivais não muito elevadas, como é o caso dos solos da Campeã (Vila Real). Como se pode observar na Figura 4.79, a maior taxa de fotossíntese foi encontrada em Vila Real, no mês de Setembro, com uma temperatura média de cerca de 23°C. Este crescimento foi de $8,5 \mu\text{molCO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, correspondente à fixação na árvore de 0,41 mg CO₂ por m² de área foliar e por segundo. Aliás, o mês de Setembro é também aquele em que os castanheiros apresentam maior taxa de crescimento, tanto em Valpaços como em Vinhais, isto é, em zonas com temperatura média 26-28°C.

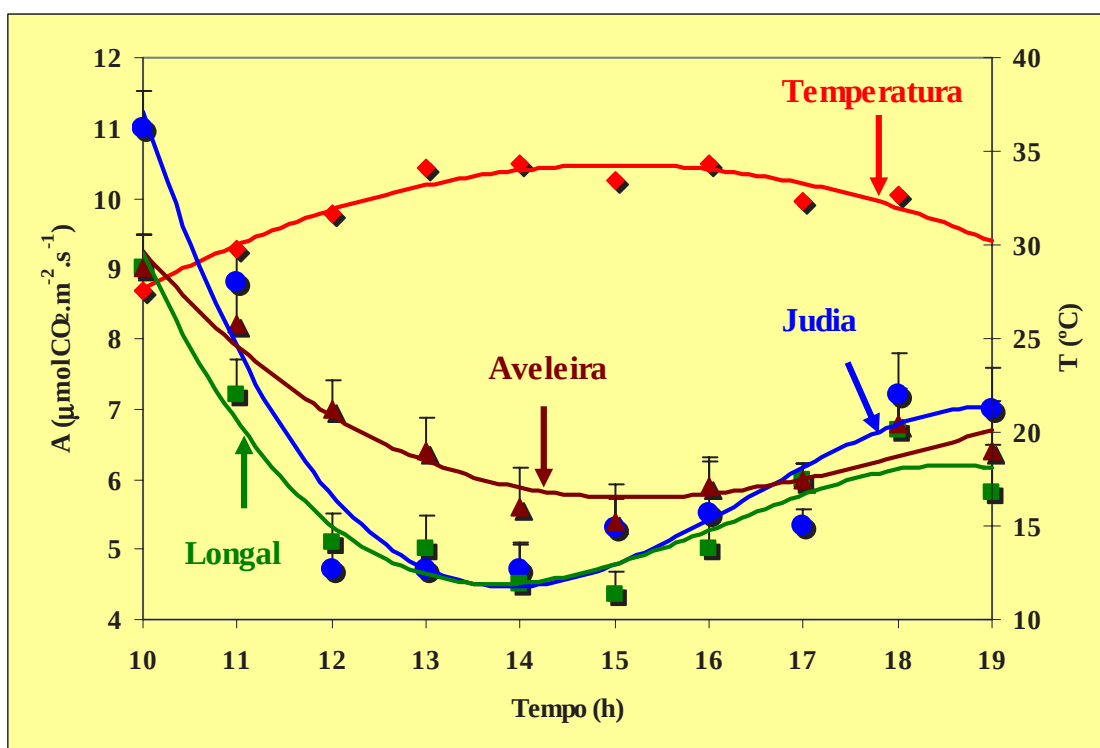


Figura 4.78- Estudo da variação diária, no período 10 – 19 h, da taxa de fotossíntese nas variedades Judia, Longal e Aveleira, em função da respectiva temperatura média.

Como facilmente se poderá observar pela Figura 4.79, existe uma relação estreita entre a temperatura e a taxa de crescimento (medida pela fotossíntese). Por um lado, coloca-se o problema da temperatura elevada no Verão (Julho), que provoca redução do crescimento relativamente ao valor medido em Setembro (onde as temperaturas são menores cerca de 3°C a 4°C que em Julho); por outro lado, as temperaturas de Outubro são demasiado baixas, impondo igualmente redução de crescimento. Assim, no mês de Julho, apesar de coincidir com uma fase vegetativa muito activa (logo após a floração), a taxa de crescimento dos castanheiros é, em média, 13% menor do que a medida em Setembro, sendo a maior queda a registada em Valpaços, com 16%. Este é, com efeito, um dos grandes problemas que esta cultura enfrenta actualmente. Esta espécie parece não suportar muito bem as temperaturas elevadas de Verão, provocando-lhe forte redução no seu crescimento, numa altura em que este deveria ser elevado, como aliás, pode também ser observado na Figura 4.76 e 4.78.

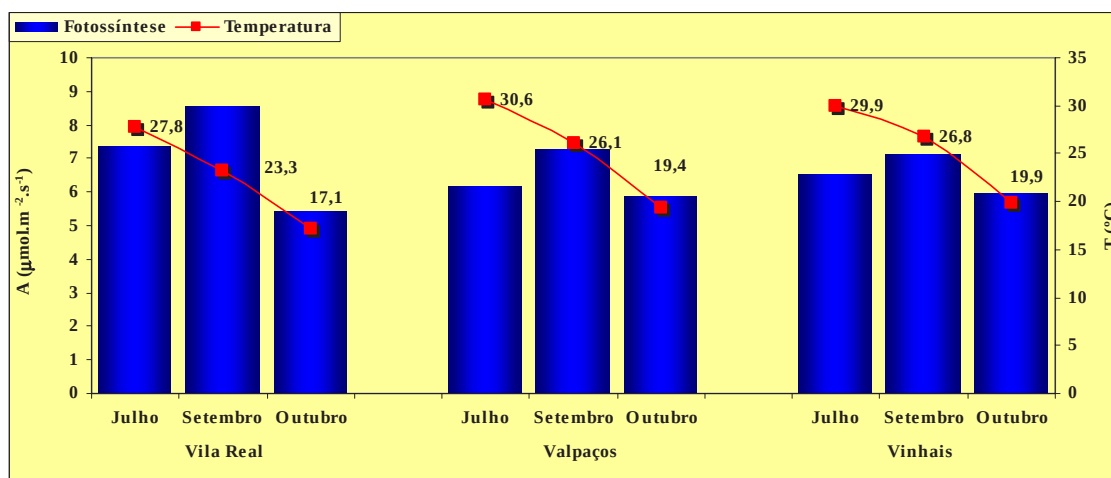


Figura 4.79- Valores médios da taxa de fotossíntese e da temperatura, entre Julho e Outubro, em Vila Real, Valpaços e Vinhais.

Este problema da temperatura deve merecer a maior atenção, tanto mais que em consequência das alterações climáticas, estamos a ter Verões cada vez mais quentes com temperaturas máximas diárias a ultrapassarem facilmente os 32°C , durante períodos cada vez mais longos, levando a que as árvores percam vigor e ganhem maior susceptibilidade às doenças, nomeadamente a doença da tinta, que aparecem sem surpresa com maior incidência nos locais com maior exposição solar.

Em termos gerais e conforme pode ser observado no Quadro 4.18, a taxa média de crescimento foi de $6,7 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (Julho), $7,6 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (Setembro) e $5,7 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (Outubro). Relativamente à taxa média obtida em cada um dos locais estudados, esta foi de $7,1 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ em Vila Real (temperatura média $22,7^{\circ}\text{C}$) e $6,5 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ em Valpaços (temperatura média $25,4^{\circ}\text{C}$) e Vinhais (temperatura média $25,5^{\circ}\text{C}$), conferindo uma taxa global média de fotossíntese de $6,7 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, correspondendo este valor a uma fixação de $1,16 \text{ g}$ de CO_2 por cada hora e por m^2 de área foliar.

Quanto às variedades com maior taxa média de crescimento, salienta-se a Bebim em Vila Real, a Rebolão em Valpaços e a Judia e Trigueira em Vinhais. Quanto às variedades com a mesma designação em locais diferentes, a Judia de Vinhais cresce mais 16% que a de Valpaços, a Longal de Vinhais mais 14% que a de Valpaços, ao passo que a Lamela de Vinhais cresceu menos 6% que a de Valpaços.

Quadro 4.18- Taxas médias de fotossíntese ($\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) por variedade, concelho e mês, obtidas em folhas expostas à radiação directa do Sol.

Local		Julho	Setembro	Outubro	Média
	Cultivar				
Vila Real	Temperatura (°C)	27,8	23,3	17,1	22,7
	Bebim	7,9	9,8	4,8	7,5
	Benfeita	6,8	7,3	6,1	6,7
	Média	7,3	8,6	5,4	7,1
Valpaços	Temperatura (°C)	30,6	26,1	19,4	25,4
	Judia	6,1	7,7	5,1	6,3
	Longal	4,9	6,8	4,9	5,5
	Negral	7,0	6,6	6,1	6,6
	Rebolão	6,6	7,9	7,0	7,2
	Lada	6,2	7,4	5,1	6,3
	Lamela	6,0	7,2	6,9	6,7
	Média	6,1	7,3	5,9	6,4
Vinhais	Temperatura (°C)	29,9	26,8	19,9	25,5
	Aveleira	5,6	5,2	5,1	5,3
	Judia	7,5	8,5	5,7	7,2
	Lamela	6,8	5,9	6,0	6,2
	Longal	5,8	7,8	5,4	6,3
	Trigueira	7,0	8,2	7,5	7,6
	Média	6,5	7,1	5,9	6,5
Média Temp (°C)		29,4	25,4	18,8	24,5
Média		6,7	7,6	5,7	6,7

Os lípidos e a tolerância das variedades ao calor

Os trabalhos entretanto realizados com cloroplastos provenientes de Aveleira (Figura 4.80) Judia e Longal, permitiram observar uma redução acentuada na sua actividade fotossintética acima dos 20°C a 22°C. Esta redução ocorria devido ao facto do calor provocar a desintegração das membranas, porque ao nível dos “aparelhos” da fotossíntese eles continuam a funcionar adequadamente até aos 40°C. A maior ou menor resistência das membranas ao calor advém da sua composição em lípidos (Murata e Siegenthaler, 1998). Se os seus ácidos gordos forem demasiadamente insaturados a membrana é menos tolerante ao calor, contrariamente ao sucedido com os ácidos gordos mais saturados. No caso dos cloroplastos e das membranas onde ocorre a fotossíntese, os ácidos gordos são altamente insaturados, embora esta característica tenha uma certa dependência das condições de crescimento da planta, como se verá a seguir. O ácido palmítico (16:0) e o ácido linolénico (18:3) são os mais abundantes. O ácido 16:0, encontra-se em maior percentagem na Aveleira, enquanto o 18:3 aparece em maior percentagem na Judia (Quadro 4.19). Em consequência, a

Aveleira apresentou o menor índice de insaturação em oposição à Judia. Este aspecto ajuda a explicar por que razão a Judia se mostra menos tolerante às temperaturas elevadas do Verão que a Aveleira, conforme foi referido anteriormente.

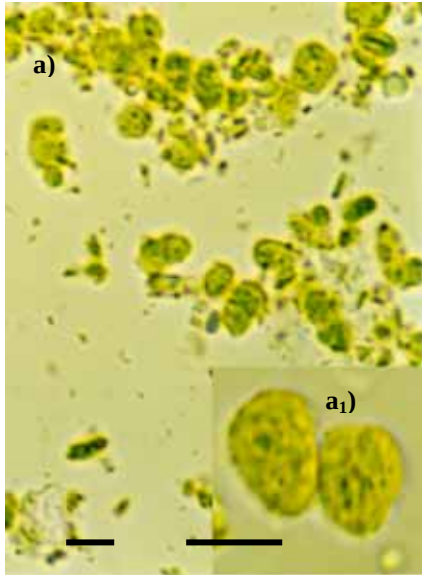


Figura 4.80- Cloroplastos de castanheiro observados com objectiva de 40x (a) e de 100x (a₁). As barras correspondem a 5 μm.

Quadro 4.19- Composição em ácidos gordos dos lípidos das membranas tilacóides dos cloroplastos de castanheiro.

Ácido gordo (%)	Aveleira	Judia	Longal
ác. mirístico	2,8	1,3	3,8
ác. palmítico	30,2	25,8	24,1
ác. palmitoleico	9,8	9,8	11,6
ác. hexadecatrienóico	1,5	1,2	2,2
ác. esteárico	2,0	2,3	2,6
ác. oleico	4,4	4,3	3,3
ác. linoleico	8,1	8,4	10,1
ác. linolénico	41,2	46,9	42,3
Total saturados	35,0	29,4	30,6
Total insaturados	65,0	70,6	69,4
Índice Peroxidação	93,9	104,9	99,4
Índice Insaturação	158,5	175,1	168,4

Capacidade adaptativa do castanheiro à mudança de temperatura

Em estudos realizados com plantas a crescerem a 25°C e a 35°C, verificaram-se alterações da composição lipídica das membranas tilacóides dos cloroplastos, conforme ficou demonstrado num ensaio em que se provocou a subida de temperatura de 25°C para 35°C (Gonçalo *et al.*, 2006). Nestas condições, e ao fim de um mês a 35°C, o índice de insaturação baixou de 162,5 para 129,5 (Quadro 4.20). Ao diminuir o grau de insaturação, aumenta o grau

de rigidez das membranas, melhorando assim a sua integridade, permitindo que o crescimento da planta não seja tão inibido a temperaturas mais elevadas. A maior estabilização das membranas tilacóides dos cloroplastos, tem como consequência que a temperatura óptima de funcionamento (medida pela formação de potencial eléctrico) passasse de 19°C para 22°C, valor a partir da qual decresce significativamente. Relativamente à taxa de crescimento (medida pela taxa de fotossíntese), a temperatura óptima passou de 31 °C para 32,5°C (estes valores são mais elevados que os apresentados na Figura 4.74, dado que este ensaio foi realizado com plantas com idade inferior a um ano). Deste trabalho, concluiu-se ainda que a produção de oxigénio aumentou até cerca dos 44°C, e que havia uma estimulação significativa, em cerca de 40%, da enzima antioxidante superóxido dismutase.

Quadro 4.20- Análise da variação da composição em ácidos gordos dos lípidos das membranas tilacóides de cloroplastos de plantas jovens (1 ano) da variedade Judia.

Ácido gordo (%)	25°C	35°C
ác. mirístico	1,5	1
ác. palmítico	11	16
ác. palmitoleico	2,5	3,5
ác. esteárico	1,5	2
ác. oleico	3	6
ác. linoleico	5	6
ác. linolénico	49	36
ác. araquídico	3	4
ác. docosanóico	22	23,5
Total saturados	39,0	46,5
Total insaturados	59,5	51,5
Índice Peroxidação	103,1	78,2
Índice Insaturação	162,5	129,5

O castanheiro necessita de pelo menos seis meses com temperaturas médias superiores a 10°C. É exigente com a temperatura média do mês mais frio, que deve rondar os 5°C e ser necessariamente superior a 1°C (Brio *et al.*, 1998), não resistindo a temperaturas mínimas absolutas inferiores a -15°C (Loureiro, 1991; Malato-Beliz, 1987; Santos e Pereira, 1993). O castanheiro é sensível às baixas temperaturas na altura da ântese e subsequente período de polinização (Ferrini e Nicense, 2000).

4.4.4-Necessidades hídricas do castanheiro

O género *Castanea* pode ser encontrado em regiões cujas condições climáticas se caracterizam por elevadas precipitações e temperaturas não excessivamente rigorosas (Giordano, 1993). Para Guerreiro (1957), a precipitação é o factor climático de efeitos mais

importantes, havendo uma diminuição dos crescimentos médios anuais com a altitude e com a proximidade do mar, ou seja, com o aumento da pluviosidade ou de outra qualquer humidade proveniente de precipitações ocultas. O mesmo autor defende que, em Portugal, o desenvolvimento vegetativo do castanheiro se encontra directamente ligado à quantidade de precipitação estival, que ocorre nos meses de Abril a Julho.

Conforme se observa pela distribuição geográfica do castanheiro em Portugal Continental, este pode ser encontrado em zonas cuja precipitação média oscila entre os 600 e os 1.600 mm, sem uma estação seca muito prolongada, podendo mesmo segundo referem Brio *et al.* (1998), suportar precipitações superiores a 2.000 mm anuais, desde que as condições de drenagem sejam boas.

Trata-se de uma espécie preferencialmente mesófila (preferência por ambientes amenos e húmidos), que necessita de uma quantidade significativa de água, sobretudo no período de Agosto-Setembro, durante o qual o fruto se desenvolve. Conforme refere Gomes (1982), “... o castanheiro quer em Julho ferver e em Agosto beber”. Esta espécie, sendo sensível à secura estival nos dois ou três primeiros anos de vida, suporta-a bem quando completamente instalada, necessitando de uma precipitação média de pelo menos 30 mm nos três meses estivais, abaixo da qual a produção pode ser fortemente reduzida (Ferrini e Nicense, 2000). Para Brio *et al.* (1998) a humidade edáfica estival é até mais importante do que o total de precipitação anual, pois é capaz de atenuar as necessidades hídricas agravadas por fracas precipitações estivais, nos casos em que o solo é suficientemente profundo.

O castanheiro é uma espécie própria da Zona II da escala de continentalidade hídrica (Fenaroli, 1945), com um índice entre 10 e 25°. Com base no coeficiente termopluviométrico (C) de Emberger (que corrige os aspectos relacionados com a precipitação irregular ao longo do ano), o castanheiro aparece nas zonas ecológicas com as seguintes características:

$$9^{\circ} > T > 14^{\circ}\text{C}$$

$$P > 800 \text{ mm}$$

$$C > 100$$

Onde:

T – Temperatura média anual

P – Pluviometria anual

C – Coeficiente termopluviométrico, baseado no Coeficiente de Emberger, com factor de correcção para a distribuição irregular da precipitação ao longo do ano.

Sendo uma espécie bastante sensível às geadas tardias, é muito prejudicada por chuva persistente, vento forte e temperatura baixa durante a polinização (Maio-Junho) e por

humidade excessiva no período de Agosto a Setembro, pois é propício ao aparecimento de *Septoria castanicola*, fungo patogénico responsável por desfoliações, que ocasionalmente podem ser graves (Malato-Beliz, 1987; Gomes-Laranjo, 1993 ; Santos e Pereira, 1993).

É raro o castanheiro instalar-se em zonas com precipitação anual inferior a 800-850 mm, assemelhando-se nisto ao carvalho negral (*Quercus pyrenaica* Willd.), pelo que é frequente encontrá-los nas mesmas áreas (Brio *et al.*, 1998; Loureiro, 1991; Guerreiro, 1957). Das várias espécies que constituem o género *Castanea*, a espécie *Castanea sativa* Mill. (castanheiro europeu) parece ser a melhor adaptada à secura estival (Brio *et al.*, 1998). Contudo, nos climas tipicamente mediterrânicos, como é o caso de Portugal e de Itália, mas também em Espanha, o principal entrave ao seu cultivo são as fracas disponibilidades hídricas no período de crescimento vegetativo, causadas por precipitações escassas, dado exigir que pelo menos 25% da precipitação anual ocorra entre os meses de Abril e Julho (Guerreiro, 1957).

Análise do efeito do potencial hídrico foliar durante o crescimento vegetativo

O potencial hídrico (Ψ_w) de uma planta é um conceito muito valioso quando se pretende avaliar a produtividade vegetal. Representa a energia livre da água (Gomes-Laranjo *et al.*, 2003), sendo o resultado do somatório de diversas energias potenciais, entre as quais se destacam a energia osmótica que reflecte a concentração em substâncias osmoticamente activas dos sucos biológicos e a energia do potencial de pressão que é consequência do estado de turgescência das células. Quando a planta está bem hidratada a turgescência é maior, mas quando o solo não lhe consegue fornecer a água adequada, a sua hidratação diminui, reduzindo-se a turgescência das células, adquirindo a planta um estado de murchidão.

Ao longo do dia, devido aos estomas estarem abertos para permitirem a entrada de CO_2 e a saída de O_2 , juntamente com grandes quantidades de vapor de água, o grau de hidratação das árvores diminui. Deve dizer-se, no entanto, que a transpiração tem uma função muito importante no favorecimento da absorção radicular de água e de nutrientes minerais, devido à tensão que cria no interior da planta. No castanheiro, assim sucede, embora a redução observada na fotossíntese durante as horas de maior calor leve a árvore a fechar os estomas e, por consequência, a não perder tanta água e a que não sejam atingidos níveis tão baixos de desidratação, quanto seria de esperar. Durante a noite, com os estomas fechados, as plantas não transpiram, mas continuam a absorver água e nutrientes (embora a uma taxa muito mais

baixa que a verificada durante o dia). Este acontecimento é da máxima importância para as plantas porque lhes permite recuperar o seu nível hídrico e chegaram ao início da manhã em boas condições para realizarem fotossíntese à maior taxa e durante o maior período de tempo possível. Em castanheiros a crescerem em solos dotados de um nível adequado de humidade, ao fim da noite, o seu potencial hídrico aproxima-se de -0,4 a -0,6 MPa (ver capítulo 6), enquanto nos que crescem em ambientes mais secos o seu valor pode baixar até -2,5 MPa ou mais, durante o período do meio-dia.

A Figura 4.81 mostra a redução que será de esperar na fotossíntese, quando o potencial hídrico desce durante os meses de Verão. De acordo com estes resultados, poder-se-á admitir como um nível adequado de potencial hídrico até -1,6 MPa, altura em que a fotossíntese estará reduzida em cerca de 10%. Para valores mais baixos, por exemplo -2,0 MPa, a fotossíntese é reduzida em cerca de 25%.

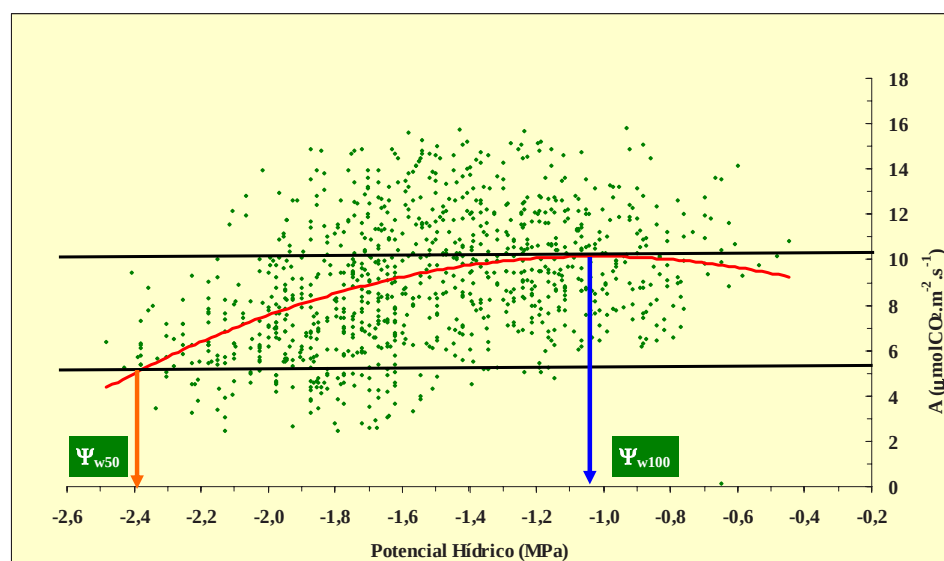


Figura 4.81- Influência do potencial hídrico do castanheiro na taxa de fotossíntese. O símbolo Ψ_{w100} representa o valor do potencial hídrico determinado em condições de meia a plena radiação e temperatura inferior a 34 °C.

Estes valores são consistentes com os que foram obtidos quando estudámos o efeito do potencial hídrico em cloroplastos de castanheiro (Gomes-Laranjo, 2001). A máxima actividade ocorria quando os cloroplastos se encontravam num meio com Ψ_w de -1,4 MPa, observando-se uma redução de apenas 20% para um decréscimo do potencial hídrico até -2,2 MPa. De igual forma, quando se submeteram os cloroplastos em meios com potencial hídrico maior que -1,4 MPa (mais água livre no meio), também observamos redução da sua actividade. A diminuição do teor de água livre no meio (equivalente à influência de um solo mais seco), que acontece quando o potencial hídrico baixa, é facilmente entendida como factor de redução de produtividade dos cloroplastos, porque deixa estes plasmolisados (não

túrgidos). No entanto, o efeito do teor excessivo de água livre no meio (semelhante à influência de um solo com mais água) também provoca redução de produtividade, neste caso devido a uma turgescência excessiva dos cloroplastos por entrada de demasiado volume de água para o seu interior. Esta turgescência excessiva vai provocar uma compressão das estruturas internas dos cloroplastos (e de outras estruturas celulares), levando a que não consigam realizar a sua actividade a taxas tão elevadas.

O castanheiro é uma espécie lenhosa, com importantes características homeoídricas, procurando estratégias para evitar ao máximo a queda do potencial hídrico interno, nomeadamente através da restrição dos processos metabólicos de fotossíntese e de respiração. De acordo com a Figura 4.82, as condições edafoclimáticas de cada região e a época do ano podem influenciar significativamente o nível hídrico desta espécie. Assim, em Vila Real (Campeã), o teor médio de água das folhas nos meses de Julho e Setembro é de -1,2 MPa. No entanto, em Valpaços, neste mesmo período, o teor médio de água em castanheiros adultos, é de cerca de -1,5 MPa, enquanto que, em Vinhais neste mesmo período, se obtêm valores de cerca de -1,8 MPa. Como se pode observar, não são visíveis diferenças importantes no teor de água das folhas entre Julho e Setembro, apesar da pouca precipitação que normalmente ocorre neste período. Contudo, fruto das chuvas de Setembro e Outubro, observa-se um ganho hídrico acentuado, para valores de cerca de -1,1 MPa em Vila Real e em Valpaços, ao passo que em Vinhais o ganho hídrico foi de apenas -1,6 MPa.

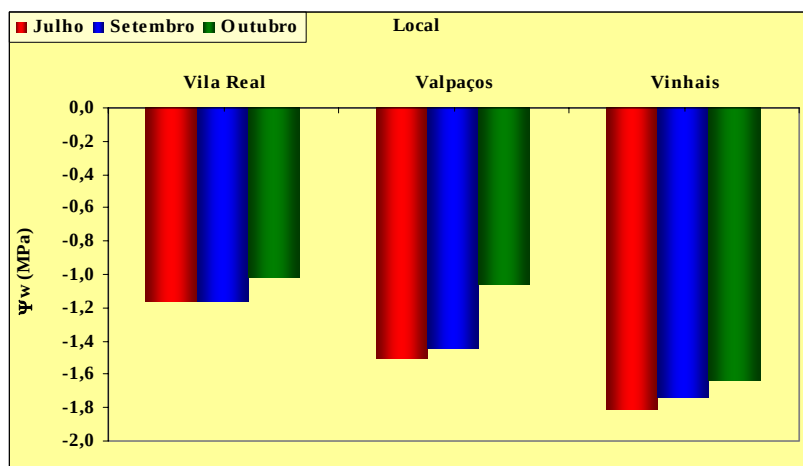


Figura 4.82- Valores médios do teor de água nas folhas de castanheiros adultos (cerca de 50 anos), entre Julho e Outubro.

No Quadro 4.20 apresentam-se os valores médios do potencial hídrico para cada uma das variedades estudadas. As variedades que mais se destacam, por manterem um teor hídrico mais elevado, são a Bebmim em Vila Real, a Rebolão em Valpaços e a Judia em Vinhais. Note-se que estas variedades se comportam de igual forma apresentando elevadas taxas de

fotossíntese (Figura 4.83), o que promove a síntese de mais açúcares, fazendo baixar o seu potencial osmótico e, conseqüentemente, o potencial hídrico, permitindo a árvore absorver mais água.

Quadro 4.20- Valores médios do potencial hídrico foliar em Julho, Setembro e Outubro, em árvores adultas com cerca de 50 anos.

Local	Cultivar	Julho	Setembro	Outubro	Média
Vila Real	Temperatura (°C)	27,8	23,3	17,1	22,7
	Bebim	-0,96	-0,96	-0,92	-0,95
	Benfeita	-1,37	-1,36	-1,12	-1,28
	Média	-1,17	-1,16	-1,02	-1,12
	Temperatura (°C)	30,6	26,1	19,4	25,4
Valpaços	Judia	-1,51	-1,51	-1,02	-1,35
	Longal	-1,78	-1,75	-1,22	-1,58
	Negral	-1,49	-1,45	-1,07	-1,34
	Rebolão	-1,06	-0,97	-0,85	-0,96
	Lada	-1,74	-1,62	-1,26	-1,54
	Lamela	-1,44	-1,34	-0,93	-1,24
	Média	-1,50	-1,44	-1,06	-1,3
Vinhais	Temperatura (°C)	29,9	26,8	19,9	25,5
	Aveleira	-1,95	-1,81	-1,66	-1,81
	Judia	-1,52	-1,48	-1,41	-1,47
	Lamela	-1,78	-1,76	-1,73	-1,76
	Longal	-1,98	-1,89	-1,75	-1,87
	Média	-1,81	-1,74	-1,64	-1,7
Média Temp (°C)		29,4	25,4	18,8	24,5
Média		-1,5	-1,4	-1,2	-1,4

A Figura 4.83 mostra claramente uma relação entre o grau de hidratação e a taxa de fotossíntese. Às variedades com menor potencial hídrico corresponde geralmente uma menor taxa fotossintética, embora esta, como está dito acima, não decaia mais do que cerca de 75% do nível máximo obtido com potencial hídrico de -1,0 MPa. É claro que o aumento do potencial hídrico da árvore só se dará se ocorrer precipitação ou rega (operação não habitual nos nossos sotos) (ver capítulo 5).

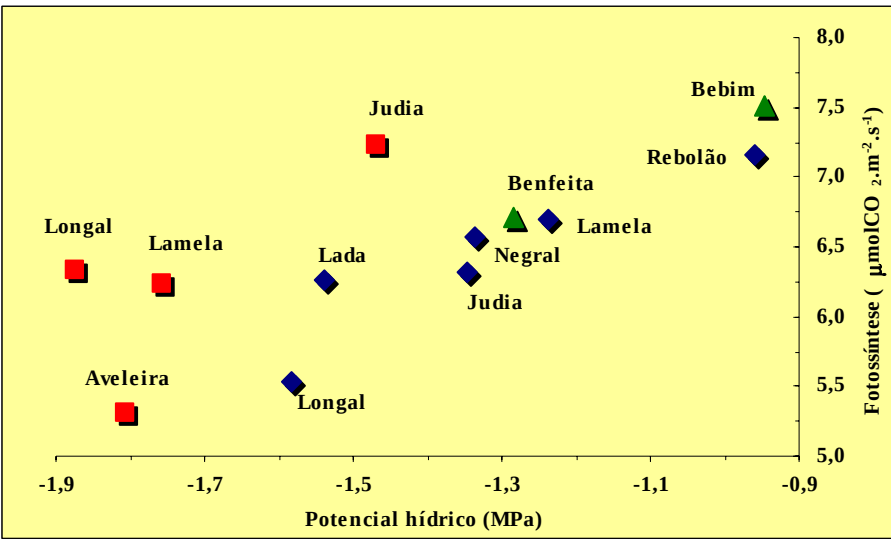


Figura 4.83- Relação entre os valores médios (Julho, Setembro e Outubro) do potencial hídrico das folhas de castanheiro de variedades das regiões de Valpaços (losangos azuis), Vila Real (triângulos verdes) e Vinhais (quadrados vermelhos) e a respectiva taxa de fotossíntese.

A Figura 4.84 ajuda a perceber porque é que os castanheiros conseguem preservar níveis hídricos mais ou menos adequados durante o Verão. Esta importante estratégia dos castanheiros advém, em boa parte, da sua capacidade de ajuste osmótico, levando a que este parâmetro seja suficientemente baixo para evitar que a árvore sofra de problemas maiores, como a secura. Repare-se que a fotossíntese aumenta de Julho para Setembro e, conseqüentemente, o mesmo sucede com a quantidade de açúcares no interior das folhas, o que levaria o potencial osmótico a ser mais negativo em Setembro do que em Julho. Se assim fosse, seria um problema para o castanheiro. No entanto, graças ao mecanismo de concentração de nutrientes minerais e outras substâncias, o potencial osmótico atinge valores mais negativos em Julho.

Esta estratégia ajuda as árvores a preservar o seu nível hídrico em valores adequados, ou pelo menos, não tão baixos quanto se esperaria, perante regimes de precipitação tão desiguais entre o Inverno e o Verão, como os que ocorrem em Portugal. Assim, conforme se pode ver na Figura 4.85, em Vila Real as árvores não enfrentam problemas hídricos (folhas túrgidas e, por isso, o potencial de pressão é positivo); em Valpaços estão no limiar da hidratação (potencial de pressão aproximadamente zero) e em Vinhais estes dados sugerem deficiências hídricas entre Julho e Outubro (potenciais de pressão negativos, o que significa folhas menos túrgidas, estomas mais fechados e menor taxa de fotossíntese, o que de facto acontece nesta localidade). Recorde-se que as variedades de Vinhais são as menos produtivas, mas são aquelas onde o potencial hídrico é mais baixo (Figura 4.82), o mesmo sucedendo com o potencial osmótico (Figura 4.84).

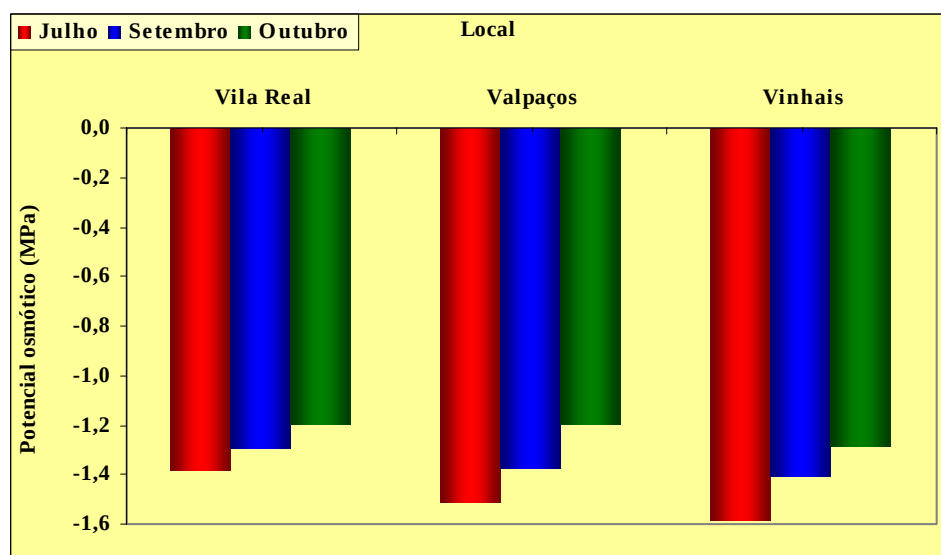


Figura 4.84- Valores médios do potencial osmótico nas folhas de castanheiros adultos localizados em três concelhos de Trás-os-Montes.

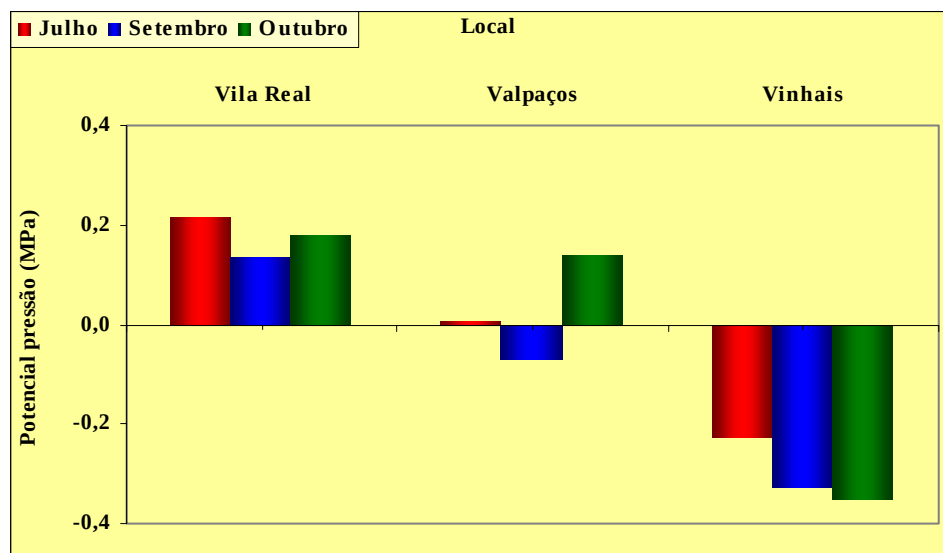


Figura 4.85- Variação do estado de turgescência em folhas de castanheiro entre Julho e Outubro.

Numa análise feita por variedade (Figura 4.86), há indicações bastante frequentes da existência de árvores em estado de menor hidratação, o que poderá conduzir a limitações na sua produtividade. Considera-se um estado de menor hidratação, quando as árvores em determinada fase se encontram em estado de plasmólise. É certo que a fotossíntese também contribui para o aumento da presença de açúcares na seiva da planta e desta forma, permite a diminuição do potencial osmótico, uma das estratégias para fazer baixar o potencial hídrico e assim conseguir absorver mais água. No entanto, a fotossíntese, conforme se constatou atrás, é bastante limitada pela falta de tolerância dos castanheiros às elevadas temperaturas de Julho e quiçá também de Setembro, uma vez que, apesar de se ter verificado um aumento da taxa de fotossíntese, sobretudo devido à diminuição da temperatura atmosférica, esta ainda está porventura acima dos valores óptimos.

Em Vinhais, as variedades com mais dificuldades são a Longal, a Aveleira e a Lamela. A Judia, nestas mesmas condições, consegue ter melhor nível hídrico, facto a que não será alheia também a maior capacidade fotossintética evidenciada por esta variedade. Esta capacidade de resposta da Judia neste local é bastante melhor comparativamente com a verificada para a sua homónima de Valpaços, onde perante um conjunto de respostas das variedades mais indefinido, a Judia não se destaca. Aqui sobressaem claramente a Rebolão e a Lamela. A Lada e a Longal enfrentam também problemas de disponibilidade de água em Valpaços. A Negral está no limiar do equilíbrio, o mesmo sucedendo com a Benfeita em Vila Real. Neste local, a Bebm apresenta um comportamento muito bom.

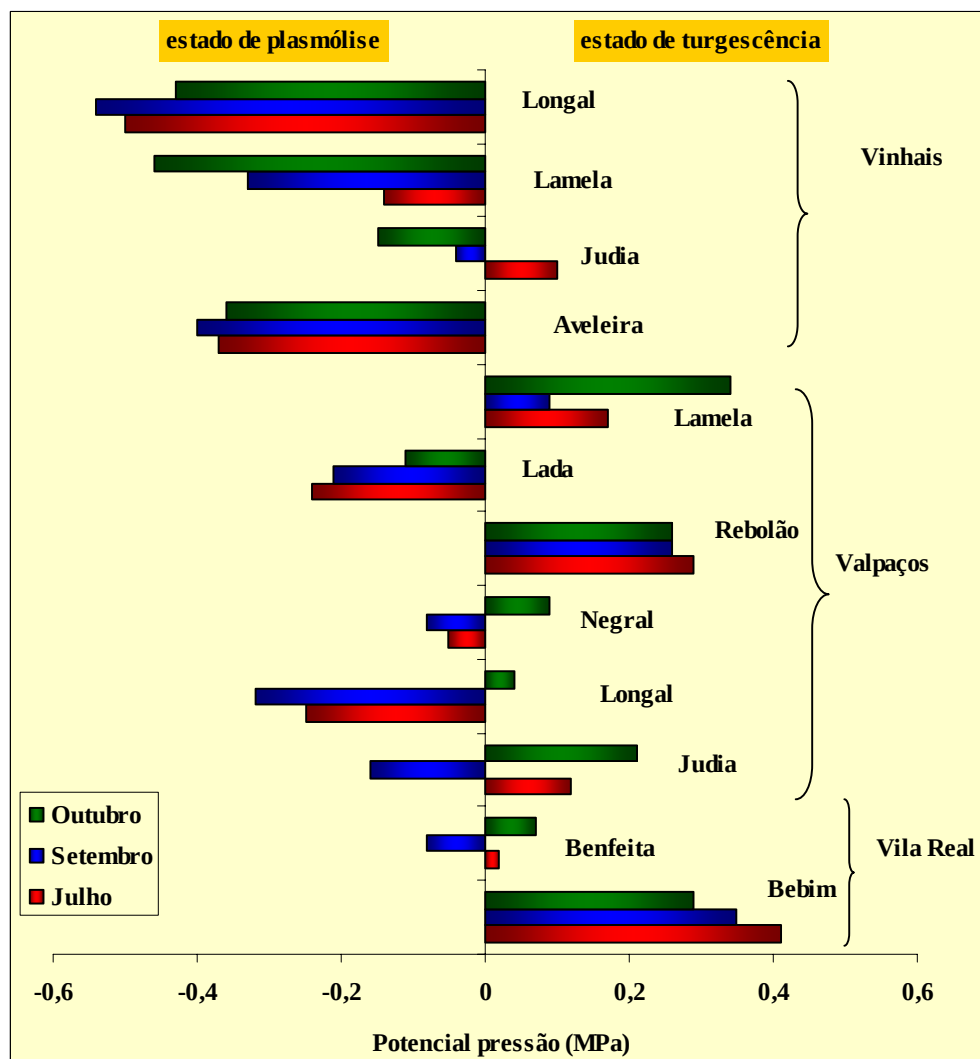


Figura 4.86- Valores médios por variedade do potencial de pressão entre Julho e Outubro.

4.4.5-Análise das taxas de transpiração

Contrariamente ao sucedido com a taxa de fotossíntese, no que toca às taxas de transpiração, há uma diminuição de Julho até Outubro, não se notando diferenças entre locais. Em Julho a taxa média de perda de água ocorrida em Julho, Setembro e Outubro é de, respectivamente, 86 mg, 77,4 mg e 50 mg de água por m² de área foliar por segundo (o que corresponde a 4,8; 4,2 e 2,8 mmolH₂O.m⁻².s⁻¹) (Figura 4.87). Este aspecto demonstra desde logo, um outro padrão de variação relativamente à temperatura, isto é, diminuição da taxa com a temperatura, não tendo o local de proveniência um efeito significativo neste parâmetro. Na realidade, com a diminuição da temperatura aumenta o valor da humidade relativa atmosférica, aumentando consequentemente o seu potencial hídrico, baixando a transpiração. Estes dados dão indicações de que o teor de água no solo não seja um factor limitante à cultura, pelos menos nas árvores adultas.

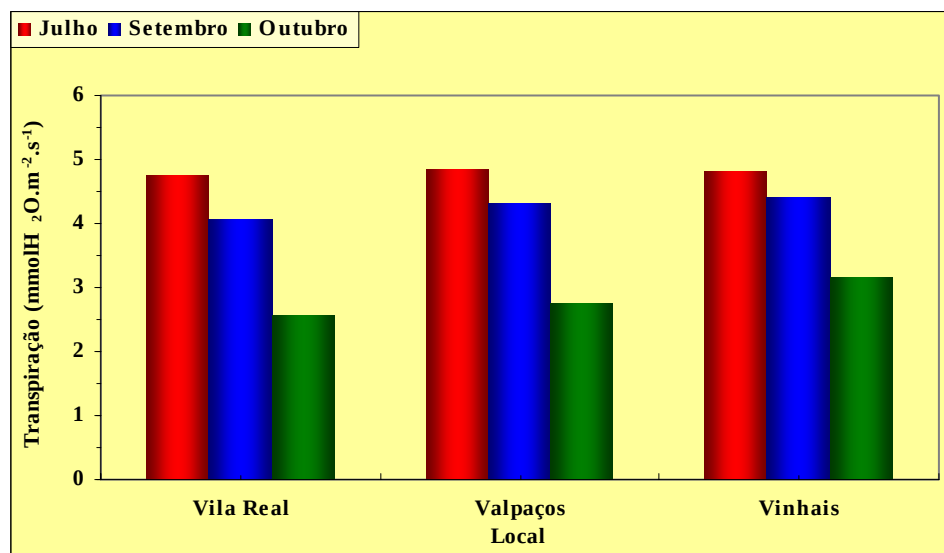


Figura 4.87- Variação da taxa de transpiração em castanheiros adultos.

Em termos gerais, dentro de cada zona, quanto maior é o grau de turgescência das folhas maior é a taxa de transpiração da variedade. Daí serem a Bebim de Vila Real, a Rebolão de Valpaços e a Judia de Vinhais, as variedades que perdem mais água (Figura 4.88).

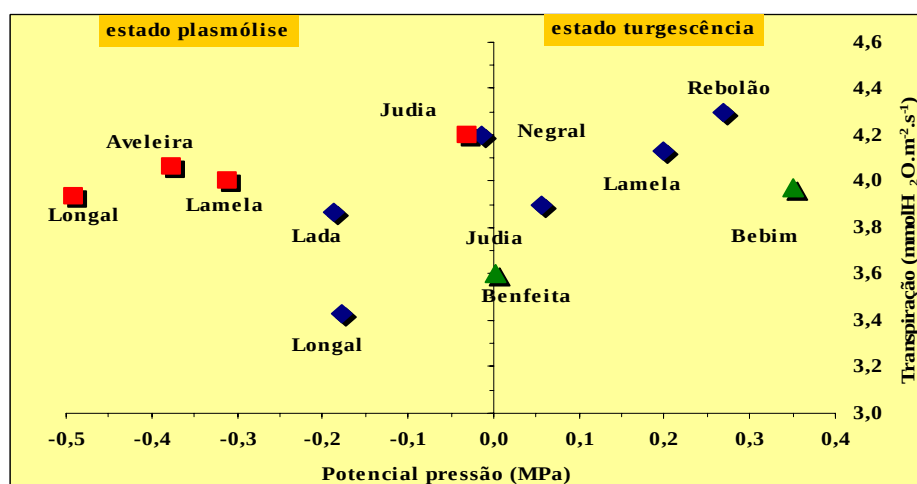


Figura 4.88- Distribuição das variedades em soutos de Valpaços (losangos azuis), Vila Real (triângulos verdes) e Vinhais (quadrados vermelhos) em função do seu potencial de pressão e da taxa de transpiração.

4.4.6-Análise de proximidade das variedades através das suas características fisiológicas

Numa análise global, envolvendo todos os parâmetros abordados anteriormente, conforme está expressa na Figura 4.89, as 12 variedades aparecem agregadas em 3 grandes grupos:

- Um grupo constituído pelas duas Lamelas e pela Judia e Negral, ambas de Valpaços;
- Outro grupo constituído pela Bebim e Rebolão;
- Um outro grupo formado pela Aveleira e pela Longal de Vinhais.

Outras notas importantes são a grande proximidade entre as duas Lamelas e a separação entre as duas Judias. Há grande proximidade fisiológica entre a Judia e a Negral, entre a Longal e a Lada, todas de Valpaços, e ainda entre a Aveleira e a Longal de Valpaços.

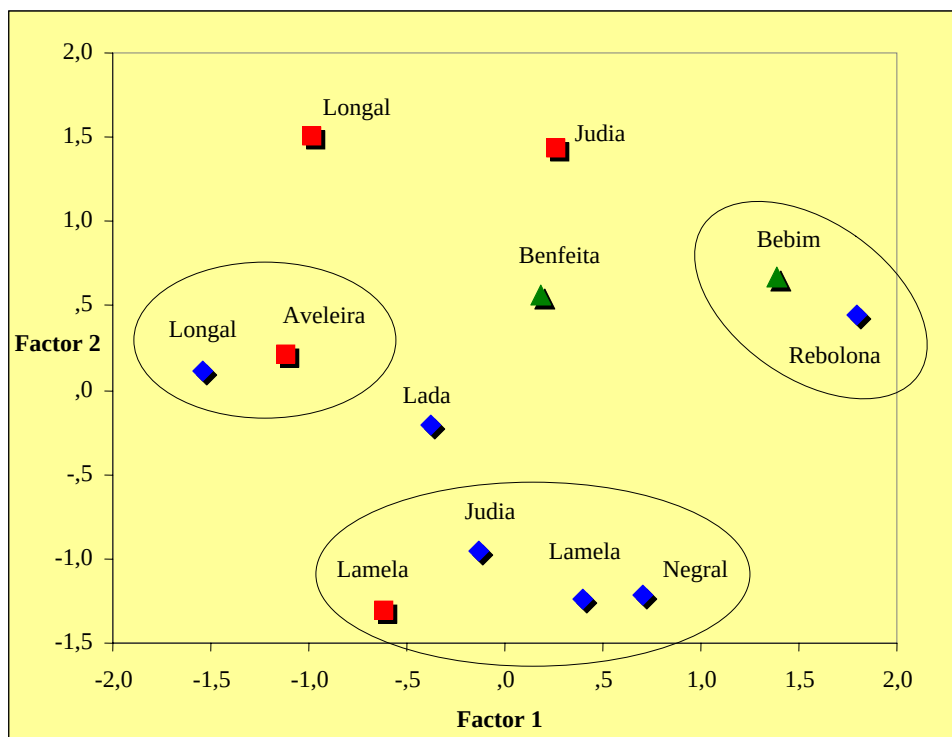


Figura 4.89- Distribuição das variedades de castanheiro em função dos dois componentes principais extraídos, a partir dos valores médios da taxa de fotossíntese e de transpiração, do potencial hídrico, do potencial osmótico, das temperaturas que reduzem 50% (T_{50}) e 100% (T_{100}) a fotossíntese.

Referências bibliográficas

- Al-Khatib, K. e Paulsen, G.M. 1984. Mode of high temperature injury to wheat during grain development. *Physiologia Plantarum* 61(3): 363–368.
- Almeida, P.M.F. 2006. Estudos de produtividade fotossintética em castanheiro. Selecção clonal em Judia. Relatório de Estágio. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real.
- Berry, J. e Bjorkman, O. 1980. Photosynthetic Response and Adaptation to Temperature in Higher Plants. *Annual Review of Plant Physiology* 31: 491-543.
- Brio, M. B. D., Lancho, J. F. G. e Herrero, J. M. C. 1998. El Castaño. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa.
- Bounous, G. e Beccaro, G. 2002. Chestnut culture: Directions for establishing new orchards. *FAO-CIHEAM, Nucis* 11: 30-34.
- Bounous, G., Botta, R., Beccaro, G. 2000. The chestnut: The ultimate energy source nutritional value and alimentary benefits. *Nucis* 9: 44-50.
- Bounous, G. 2002. Il castagno. Edagricole. Italy.
- Bounous, G. e Beccaro, G. 2002. Chestnut culture: Directions for establishing new orchards. *Nucis* 11: 30-34.
- Fenaroli, L. 1945. Il Castagno. Ramo Editoriale Degli Agricoltori. Rome.
- Fernandez-López, J. e Alia, R. 2003. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for chestnut (*Castanea sativa*). International Plant Genetic Resources Institute. Rome.
- Ferrini, F. e Nicense, F. P. 2000. Descrizione Del Castagno Europeo. Departamento de Hortofruticultura, Universidade de Firenze. Firenze.
- Dinis, L.-T. R. 2006. Fotossíntese em castanheiro. Estudo das alterações induzidas pela doença da tinta no aparelho fotossintético. Dissertação de mestrado. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Giordano, E. 1993. Biology, Physiology and Ecology of Chestnut In: Proceedings of the International Congress On Chestnut. Comunità Montana Monti Martani e Serano of Spoleto and Istituto di Coltivazioni Arboree, University of Perugia. Spoleto.
- Gomes, A. L. 1982. Revisão Crítica do Castanheiro em Portugal. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real.
- Gomes-Laranjo, J. C. E. 1988. Aspectos da Produtividade Fotossintética em *Castanea sativa* Mill. Relatório Final de Estágio. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real.
- Gomes-Laranjo, J. C. E. 1993. Estudos de Bioprodutividade em Espécies Vegetais - Aplicação a *Castanea sativa* Mill.. Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real.
- Gomes-Laranjo, J. C. E. 2001. A fotossíntese em castanheiro. Estudo integrado a diferentes níveis de organização biológica. Tese de Doutoramento. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real.
- Gomes-Laranjo, J.C.E., Galhano, V., Moutinho Pereira, J.M. e Torres-Pereira, J.M.G. 2003. Fotossíntese bioenergética. Série Didática Ciências Aplicadas, nº 220, 95. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real.
- Gomes-Laranjo, J., Coutinho, J. P., Ferreira Cardoso, J., Pimentel Pereira, M., Ramos, C., Torres-Pereira, J. (2005a). Assessment to a new concept of chestnut orchard management in vegetative wall. *Acta Horticulturae* 693: 707-712.
- Gomes-Laranjo, J., Coutinho, J.P., Fernandes, D.A., Vital, A.B., Ramos, C., Ferreira-Cardoso, J. 2005b. Abordagem de um novo sistema de condução de castanheiro em parede vegetativa. *Frutas, Legumes e Flores* 84: 49-54.
- Gomes-Laranjo, J.C.E., Coutinho, J.P., Pimentel-Pereira, M. e Ferreira-Cardoso, J. 2007. Characterization of photosynthetic apparatus in different canopy sides of chesnut (*Castanea sativa* Mill.) *Photosynthetica* (submetido para publicação).
- Gonçalo, E., Peixoto, F., Pinto, T., Anjos, R., Pimentel-Pereira, M., Ferreira-Cardoso, J., Wong Fong Sang, H.W. e Gomes-Laranjo, J. 2006. Assessment to the high temperature effect on chestnut seedlings growth. *Biochimica et Biophysica Acta*, 271-272.

- Guerreiro, M. G. 1957. Castanheiros. Alguns estudos sobre a sua ecologia e o seu melhoramento genético. Instituto Superior Agronomia. Lisboa.
- INM. 2005. Perfil Climático - Portugal Continental Clima 1961-1990. Instituto Nacional de Meteorologia [online][www.meteo.pt].
- Jenner, C. F. 1991. Effects of Exposure of Wheat Ears to High Temperature on Dry Matter Accumulation and Carbohydrate Metabolism in the Grain of Two Cultivars. I. Immediate Responses. *Australian Journal of Plant Physiology* 18(2): 165 – 177.
- Kozlowski, T.T., Kramer, P.J. e Pallardy S.G. 1991. The physiological ecology of woody plants. Academic Press. London.
- Lage, J. 2005. Castanea, uma dádiva dos deuses. Edição do autor. Braga.
- Lambreva, M., Stoyanova-Koleva, D., Baldjiev, G. e Tsonev, T. 2005. Early acclimation changes in the photosynthetic apparatus of bean plants during short-term exposure to elevated CO₂ concentration under high temperature and light intensity. *Agric. Ecosys. Environ.* 106: 219–232.
- Loureiro, A. M. 1991. Apontamentos de Silvicultura – 2.^a Edição. Série Didáctica – Ciências Aplicadas; 2, Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Loureiro, A. M. 1994. Apontamentos de Silvicultura Especial. Série Didáctica – Ciências Aplicadas; 39. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real.
- Malato-Beliz, J. 1987. As Sociedades Vegetais e a Origem do Castanheiro Em Portugal. Portalegre e Marvão. Encontro Sobre Soutos e Castiçais. Castelo de Vide.
- Martins, L. M., Oliveira, M. T., e Abreu, C. G. 1998. Soil and climatic characteristic of chestnut stands that differ on the presence of ink disease. *Acta Horticulturae* 494: 447 – 449.
- Morandini, R. 1979. Mini-Monograph on *Castanea sativa*. Technical Consultation on Fast-Growing Plantation Broadleaved Trees for Mediterranean and Temperate Zones, Lisboa, Food and Agricultural Organization.
- Murata, N. e Siegenthaler, P.-A. 1998. Lipids in photosynthesis: An overview. In: Lipids in photosynthesis: structure, function and genetics. Siegenthaler, P.-A. e Murata N. (eds.). Kluwer Academic Press. Dordrecht, pp. 1-20.
- Pereira, S., Ramos, A. M., Rios, D., Perdomo, A. e González, J. 2001. Update of the Spanish chestnut inventory of cultivars. *Nucis* 10: 34-37.
- Santos, A. S. A. e Pereira, J. A. S. G. 1993. Geographical and Economic Expression Of The Portuguese Chestnut Fruit Production In: Proceedings of the International Congress On Chestnut. Comunità Montana Monti Martani e Serano of Spoleto and Istituto di Coltivazioni Arboree, University of Perugia. Spoleto.
- Serrano, J. F., Fernández, P. J., Rodriguez, J. A., Gutiérrez, F. J. e Martinez, P. M. 2001. El Castaño Manual y Guia Didáctica. León.
- Taiz, L. e Zeiger, E. 2002. Plant Physiology. Sinauer Associates, Inc. Sunderland.

