



Castanheiros



Castanheiros

Coordenação editorial

José Gomes-Laranjo

Jorge Ferreira-Cardoso

Ester Portela

Carlos G. Abreu



Castanheiros

Obra editada no âmbito do Programa Agro, Medida 8.1,
3º Convite, código: 499

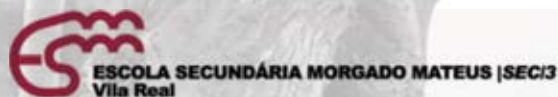
Contributo para a difusão do conhecimento das cultivares
portuguesas de castanheiro



Entidades participantes:



Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro



Escola Secundária Morgado de Mateus



Associação Regional dos Agricultores das Terras de Montenegro



Cooperativa Agrícola de Penela da Beira



Federação de Agricultura de Trás-os-Montes e Alto Douro

Titulo: Castanheiros

Editores: José Gomes-Laranjo; Jorge Ferreira-Cardoso; Ester Portela e Carlos G.-Abreu

Introdução: Manuel Cardoso Simões

Preâmbulo: José Gomes-Laranjo

Edição: Programa Agro, Código 499 – Contributo para a difusão do conhecimentos das cultivares portuguesas de castanheiro.

Maquetização: Pulido Consulting

Execução gráfica: Esag-Estúdio de Artes Gráficas Lda.

Tiragem: 150 exemplares

Copyright © 2007 by Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Qta de Prados, 5000-801 VILA REAL

[web: www.utad.pt]

Depósito legal – 267077/07

ISBN: 978-972-669-844-9

Vila Real, 2007.

Deste conteúdo foram gravados 500 cd's.

Preâmbulo

O castanheiro europeu é a base de um importante sistema agro-florestal existente na Europa Mediterrânica. Neste livro, o leitor é convidado a fazer uma viagem pela cultura do castanheiro para fruto, com início na sua origem e expansão, passando pela apresentação e breve descrição das diferentes espécies de castanheiro que vegetam no Mundo, até à abordagem dos aspectos relacionados com a distribuição geográfica e variedades existentes em Portugal, bem como com a produção e importância económica da castanha no nosso país. Fornece-se depois a informação tida por mais importante sob o ponto de vista botânico, morfológico e ecológico. Assim, é mais fácil entender os desafios e fragilidades que se colocam a esta cultura. E é no capítulo seguinte, dedicado às doenças que mais afectam o castanheiro, que somos confrontados com tal desafio que nos leva mesmo a perguntar se estará já o castanheiro ferido de morte, se será esta cultura uma saudade no futuro? Não, não é crível!

Conhecidas as formas de saber viver com esses constrangimentos de natureza sanitária, onde cabem as novas formas de manejo do souto, há que criar um ambiente saudável ao desenvolvimento harmonioso do castanheiro. Nesta perspectiva, propõem-se práticas de manejo do solo e dos nutrientes, que incluem a produção de cogumelos, enquanto modo de protecção da raiz em relação aos patogénios do solo e fonte adicional de rendimento.

Então, estaremos mais perto do que deverá ser um souto equilibrado, com variedades bem adaptadas que garantam uma produção homogénea de castanha, tanto em quantidade como em qualidade, e cujo consumo nas mais variadas formas (em fresco e/ou transformada) importa promover, salientando o seu valor como produto biológico e alimento natural capaz de assegurar uma dieta saudável.

Desta forma, poder-se-á contribuir para o aumento da competitividade e rendibilidade dos agentes ligados à produção, processamento e comercialização da castanha, com grande impacto na estrutura sócio-económica das regiões produtoras e do país.

Por fim, apresentam-se algumas fichas varietais que ajudarão a identificar, a melhor conhecer e valorizar as nossas variedades.

“... Pelas encostas, velhos castanheiros torcem-se e esbracejam, soltando frutos eriçados de espinhos. Mas aqui [Trás-os-Montes] o castanheiro não emerge a custo dos maciços verdes das demais essências, como no Minho. Senhor do espaço alarga a copa livremente. Tem corpo e vida própria. Há indivíduos castanheiros, nada mais.”

Jaime Cortesão

A large, leafy tree with a thick trunk and many branches, standing in a grassy field. The tree is the central focus of the image, with its branches spreading out across the frame. The leaves are a vibrant green, and the background shows a line of similar trees under a bright sky.

1

Introdução prefaciada

Manuel Cardoso Simões

1 - Introdução prefaciada

Solicitaram-me os docentes da UTAD, que em boa hora decidiram realizar este compêndio sobre o castanheiro, que escrevesse algumas palavras introdutórias.

Não me eximi ao convite, na expectativa de suprir a falta de conhecimentos científicos sobre esta matéria, com a grande empatia que o castanheiro, neste caso *Castanea sativa*, o “nosso europeu”, me despertou. Poderei mesmo confessar, que ao longo da vida, em que a fruticultura sempre me apaixonou, depois de tanto lidar e deambular, com as outras espécies de fruto, desde as pomóideas às prunóideas, com destaque especial para o duo macieira/pereira, à quadra cerejeira/pessegueiro/ameixeira/amendoeira, que tanto vivi na minha vida de empresário de viveiros e pomares, hoje o castanheiro ocupa um lugar especial no meu coração.

Aquelas espécies sempre me absorveram e impressionaram, pela sua maior dinâmica evolutiva, no âmbito do melhoramento, com a criação constante de novas variedades que, por hibridação, mutação ou selecção natural, os investigadores e melhoradores foram introduzindo, com uma crescente importância agronómica e comercial. Bastaria citar a este respeito as últimas colecções de variedades de amendoeira, criadas pelo INRA em França, e pelo IRTA e “AULA DEI” em Espanha, com floração tardia e mais resistentes às doenças, sobretudo ao cancro de *Fusicocum*, que vieram ampliar a zona edafoclimática para aquela espécie, fugindo ao perigo das geadas de Janeiro/Fevereiro.

Eis portanto, porque acedi a prestar a minha colaboração com todo o gosto, aplaudindo desde já a plêiade de autores, que lançaram mãos à obra. Obra, que será um marco oportuno para divulgar um vasto trabalho de investigação realizada pelo grupo do castanheiro da UTAD, atendendo a que foi delineada colegialmente, pelos diversos capítulos que a integram, e que um bom trabalho de equipa de especialistas conduziu a bom termo.

O castanheiro é uma árvore tão venerável como modesta, tão grande no porte, como importante, mau grado a pequenez do fruto que produz, baixando até à condição de semente, para constituir um alimento tradicional com alto valor de subsistência das populações rurais. Para tal, a castanha pode comer-se, desde assada ou cozida, a conservada e transformada, sob as mais diversas formas. Não esquecerei jamais as falachas que comi em criança, na minha aldeia da Penajóia, espécie de filhós que se faziam com a farinha de castanha pilada, cozida nos fornos caseiros, e revestidos na base com as próprias folhas do castanheiro. Não é de

esquecer também o papel que tem na produção de madeira, para o mobiliário, tanoaria e cestaria artesanal, quando cultivado em alto fuste ou talhadia.

O castanheiro, onde se instalou, assumiu o papel de guardião da paisagem de montanha, aqui vegetando, mesmo já velhinho e decrépito, ainda com uma imponência e afirmação ecológica, que dá lições aos ambientalistas exigentes.

Mas, ...como “não há bela sem senão”, no dizer da sabedoria popular, este gigante tem sido, desde há muito tempo, afrontado por duas maleitas, que o perseguem, e fazem continuamente definharem: a doença da tinta e o cancro americano, provocadas pela *Phytophthora cinnamomi* e *Cryphonectria parasitica*, respectivamente. Esta última, destruiu já nos E.U.A. mais de 400.000 km² de *Castanea dentata*. Esta doença, constitui um dos maiores desastres na história das epifitias mundiais, talvez só comparável à praga da filoxera que, há mais de um século, assolou os vinhedos da Europa.

Para tratamento daquelas doenças, diversos meios foram tentados, desde a prática da aplicação de fungicidas, à base de cobre, que em Itália, Espanha e Portugal, chegaram a ter algum ênfase na luta contra a tinta, até ao uso de estirpes hipovirulentas no combate do cancro americano, sobretudo em Itália e França. No entanto, todos eles se mostraram no final praticamente ineficazes.

A selecção de solos supressivos, juntamente com a adopção de técnicas adequadas de manejo de solo, dados os condicionalismos de que dependem, são uma esperança. Provavelmente ter-se-á que ensinar os castanheiros a conviver com este problema. Erradicá-lo será impossível.

Concluo assim, que à semelhança do que aconteceu com a filoxera, a solução mais eficiente será a obtenção de porta-enxertos, que imprimam resistência àquelas duas doenças, já existindo para a tinta algumas soluções conhecidas.

Tais soluções, como trabalho de melhoramento, resultaram de hibridações de *C. sativa*, susceptível à tinta e ao cancro, com duas espécies, *C. crenata* (Japão) resistente à tinta e menor susceptibilidade ao cancro, e com a *C. molissima* (China), de menor susceptibilidade à tinta, e resistente ao cancro.

Várias hipóteses de eficácia, subsequentes, se poderão admitir, como resultado dessas hibridações, ou sejam:

- Obtenção de híbridos (resistentes), que possam ser aproveitados como produtores directos, para fruto, desde que estes revelem características recomendáveis para a comercialização, sendo certo que as mais apreciadas serão sempre as que mais se aproximarem das qualidades organolépticas do *C. sativa*. Foi por exemplo o que

aconteceu com o Colutad, na Universidade de Trás-os-Montes e o Bouche de Betizac, no Institut National de la Recherche Agronomique, INRA (França).

- Obtenção de híbridos, que revelem resistência à tinta, e que não produzindo frutos de valor comercial, possam ter afinidade e compatibilidade para serem enxertados, com alguma (s) cultivar (es).
- Verificadas que sejam estas qualidades de resistência à tinta e compatibilidade de enxertia, há que ficar assegurada a possibilidade de multiplicação assexuada, por estaca ou amontoa, que podem ser estimuladas, através da utilização de estufas com adequado grau de climatização.
- Na hipótese desta prática não ser eficiente, há que recorrer finalmente às modernas técnicas de propagação *in vitro*; por vezes mais económicas, sobretudo quando se pretendem obter elevadas quantidades de material, obtendo-se ainda um valioso grau de sanidade.

Desde há algumas dezenas de anos, que estes trabalhos de melhoramento se verificaram em países como França, Espanha e Portugal, onde merecem destaque como pioneiros:

- G. Solignat em França, na antiga Estação do Castanheiro de Malemort-Brive la Gaillard em Corrèze;
- P. Urquijo, em Espanha, na Estação de Fitopatologia na Corunha;
- C. Taveira Fernandes em Portugal, na Estação de Fruticultura de Alcobaça.

São de G. Solignat, os híbridos da 1ª fase, como o Marsol, Maraval, Marigoule, Bournette, Precoce Migoule, aos quais se seguiram os da 2ª fase, Bouche de Betizac, Marlhac, Maridonne e Ferrosacre, já obtidos em Grande Ferrade (INRA), sob a direcção de J. Chapa. Utilizados em tempos como produtores directos, hoje merecem menção especial como porta-enxertos resistentes à tinta, o Marsol, Maraval, Marlhac e Ferrosacre (CA 90). São de destacar pela sua aptidão como produtores de fruto, o Bouche de Betizac que praticamente substituiu o Precoce Migoule, tendo a mesma precocidade (Setembro), mas com castanhas de maior calibre, o que lhe aporta maior valor comercial; e ainda o Marigoule e Maridonne.

O Ferrosacre, considerado como o mais resistente à tinta, é sensível às geadas outonais, pelo que passou a ser substituído como porta-enxerto nessas zonas, pelos híbridos da 1ª fase, Marsol e Maraval, sendo que este último, foi ultimamente objecto de limpeza

sanitária *in vitro*, do vírus do mosaico, que estava patente nos pés-mães de alguns viveiristas franceses.

É oportuno referir ainda, que em França estão em projecto, híbridos de 3ª fase, na Estação da Grande Ferrade, incluindo alguns com *C. mollissima*, através de hibridações *back crossing* (retrocruzamento), e portanto já com esperanças de resistência ao cancro. Estes novos clones híbridos serão lançados no mercado, com protecção por registo de marca e patente, ao invés dos que foram obtidos até agora, sempre do domínio público.

Digno de registar aqui, a acção proficiente de H. Breisch no CTIFL (Centre Technique Interprofessionnel de Fruits et Legumes), em Lanxade (Dordogne), perto de Bergerac. A ele muito se deve a divulgação destes híbridos perante as cooperativas agrícolas e associações de agricultores, o que dentro do cenário das dificuldades que a doença da tinta criou, constituiu um bom apoio à castanhicultura francesa. Aliás, este organismo com características interprofissionais, tem estabelecido uma frutuosa ligação, como acção de charneira, entre o INRA e a Agricultura, o que se tem repercutido nas grandes plantações, que se têm vindo a fazer, sobretudo com o Bouche de Betizac e o Marigoule, com boa produtividade e precocidade, face à comercialização em fresco, onde o agricultor obtém rendimento compensador. Em consequência, as indústrias francesas, limitadas pela produção nacional, abastecem-se cada vez mais dos parceiros europeus, como Portugal, Espanha e Itália.

Em Espanha, P. Urquijo conduziu a sua acção de melhoramento com clones de resistência à tinta, sobretudo com o objectivo da florestação, seguido por E. Vieitez dentro da mesma orientação, mais tarde reforçada por obtenções posteriores no Centro Investigaciones Forestales de Lourizan, em 1942. Assim se instalaram bastantes campos de pés-mães, com fins especiais de fomento à florestação, e nos últimos anos, enriquecidos com micorrização, à base de *Boletus* sp. sob a égide de F. Ana Magán.

Além desta intensa produção de híbridos euro-japoneses para o castiçal, com pouco interesse como produtores directos de castanha, elegeram-se alguns híbridos como o CHR-151 (HS), o CHR-168 (110) e o CHR-162 (7521), que foram objecto de trabalho de experimentação por S. Pereira Lorenzo (Universidade de Santiago de Compostela), para porta-enxerto das variedades galegas Amarelante, Negral e Parede.

Em Portugal, são da autoria do C. Taveira Fernandes numerosos híbridos *C. crenata* x *C. sativa* (CS), que nos últimos anos foram repescados por diversas Instituições de Ensino, como a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), a Escola Superior Agrária de Bragança (ESAB) e a Escola Superior Agrária de Castelo Branco (ESACB), além da Direcção Geral dos Recursos Florestais, através do CENASEF, com viveiros especializados na sua

produção, em Amarante. Na UTAD, além da selecção do Colutad, que se revelou como produtor directo e precoce, com castanha de tamanho médio, têm sido testados todos os híbridos (mais de 2 dezenas) que o CENASEF tem recuperado.

Alguns dos híbridos de C. Taveira Fernandes foram objecto dum programa PAMAF-IED, coordenado pela Escola Superior de Castelo Branco, no qual tive a oportunidade de intervir como avaliador externo, de ensaios realizados na Estação de Sergude-Felgueiras, da ex-Direcção Regional de Entre-Douro e Minho (DRAEDM), e em Martim de Rei, no Sabugal, da ex-Direcção Regional da Beira Interior (DRABI). Foram ensaiadas as variedades Martaínha, Longal e Amarelal enxertadas em diversos híbridos, tendo sido observados resultados muito interessantes.

Por fim, não poderia terminar, sem levar ao conhecimento de todos os que labutam na fileira da castanhicultura, que, desde há tempos, tem vindo a ser organizada a rota da castanha em Trás-os-Montes, à semelhança da rota do vinho e da rota do azeite que alguns países mediterrânicos já realizaram. Será talvez, mais um motivo para o desenvolvimento turístico desta região, que bem o merece.

Manuel Cardoso Simões
Viveiros RibaDouro



2

**Origem e dispersão do
castanheiro pelo mundo**

Carlos G. Abreu

2 - Origem e dispersão do castanheiro pelo mundo

Carlos G. Abreu

Se os estudos fitossociológicos não favorecem os argumentos de um indigenato do castanheiro na Europa ocidental, tal como apresentado por Elorrieta (1949), convenhamos que os dados de natureza geobotânica comprovam uma presença perdida no decurso dos tempos geológicos, muito provavelmente desde o princípio da Era Cenozóica (Fenaroli, 1945; Stewart e Rothwell, 1993; Adua, 1999). Aliás, todo o Período Terciário no Hemisfério Norte é muito rico em fósseis de *Castanea* Miller: Japão (Oligocénico), Coreia (Miocénico), China (do Eocénico Superior ao Pliocénico), Rússia Oriental (Eocénico e Miocénico), Leste da Europa (Eocénico, Oligocénico, Miocénico e Pliocénico), Centro da Europa (do Eocénico Superior ao Pliocénico), Europa Norte-Occidental (Paleocénico e Pliocénico), Sul da Europa (Pliocénico) (Dane *et al.*, 2003). Também nos célebres depósitos de âmbar da região do Báltico (35-40 milhões de anos) foram encontradas partes florais de castanheiros excepcionalmente bem conservadas, ao lado de *Quercus* e *Fagus* datando do Eocénico Superior ou do Oligocénico (Stewart e Rothwell, 1993). Muitos mais registos fósseis de castanheiro do Terciário são apresentados por outros autores, na linha, afinal, do que acontece com outros géneros de Fagáceas, cujo primeiro registo da história fóssil é do Paleocénico Inferior, embora com maior número de vestígios de macro e microfósseis credíveis durante o Miocénico (Zhou, 1999).

Aceitando-se pois que a origem do género *Castanea* Miller esteja ainda sob alguma controvérsia, Wen (1999) aponta-o como um dos 65 grupos taxonómicos com um padrão disjunto de distribuição geográfica, na Ásia e parte Leste da América do Norte. Aliás, as distribuições disjuntas de plantas morfológicamente muito próximas é um tema que tem vindo a fascinar os paleobotânicos desde os primeiros trabalhos de Lineu e é um fenómeno hoje reconhecido para muitos pares de espécies desses dois continentes.

Não obstante a diferenciação do género ser muito antiga, a sua difusão pelo mundo foi bem mais recente e rápida, coincidindo com a dispersão de outras espécies, designadamente carvalhos e freixos. Admite-se hoje que a partir do continente asiático, mais exactamente da China, o centro de maior diversidade genética do castanheiro, se originaram duas vias de migração, ambas com origem em *Castanea mollissima* Bl.: uma, para oriente, em direcção à América do Norte, deu lugar ao castanheiro americano, *C. dentata* [Marsh.] Borkh; outra,

para ocidente, em direção à Europa, deu lugar ao castanheiro europeu, *C. sativa* Mill. (Jaynes, 1975).

Em apoio desta hipótese, Huang *et al.* (1994) e Dane *et al.* (2003) também referem que *C. mollissima* possui um grau de variabilidade genética maior do que as restantes espécies no interior do mesmo género e chegam também a mencioná-la como provável progenitor das principais espécies de castanheiro. Estes autores voltam a referir a China como centro de maior diversidade genética do castanheiro, e vão até mais longe ao indicar precisamente Shennongjia, uma região muito acidentada no vale do rio Changjiang. Esta região é de muito difícil acesso, algo encaixada, o que terá permitido um clima mais quente durante a última glaciação e serviu de refúgio ao castanheiro e a muitas outras espécies de plantas com destaque para o conhecido “fóssil vivo” *Metasequoia glyptostroboides*.

Os dados obtidos por Huang *et al.* (1994), quando complementados com informações anteriores credíveis sobre este tema, contribuem ainda mais para indicar a China como centro de origem do castanheiro e, por outro lado, *C. mollissima* como progenitor de todas as outras espécies.

Um estudo mais recente sobre a reconstrução da filogenia no interior do género *Castanea*, vem reforçar ainda mais a hipótese de Jaynes (1975) e parte das conclusões do estudo de Huang *et al.* (1994), ao admitir, mais uma vez, a China como provável centro de dispersão geográfica do castanheiro e os mesmos dois subseqüentes eventos de migração intercontinental: da Ásia para a América do Norte e do Médio Oriente para a Europa (Paffetti *et al.*, 2001). Nesse estudo, com base em valores de divergência nucleotídica para a região *trnL-trnF* do DNA dos cloroplastos (cpDNA), a espécie *C. dentata* resulta próxima de *C. mollissima*, enquanto *C. crenata* se situa entre *C. sativa* e *C. dentata-C. mollissima*. Daí, o valor mais elevado de divergência nucleotídica ter sido encontrado entre *C. dentata* e *C. sativa* (Figura 2.1).

No tocante à espécie europeia (*Castanea sativa* Mill.), os estudos paleobotânicos evidenciam uma presença mais recente, já na flora plistocénica do sul da Europa, designadamente no Nordeste de Itália, junto do Mar Adriático (Paganelli, 1997; Bounous e Guarda, 2002) ou na flora pliocénica de França, mais exactamente em Ardèche, onde foram encontrados vestígios fossilizados de *C. sativa* (Bruneton-Governatori, 1982).

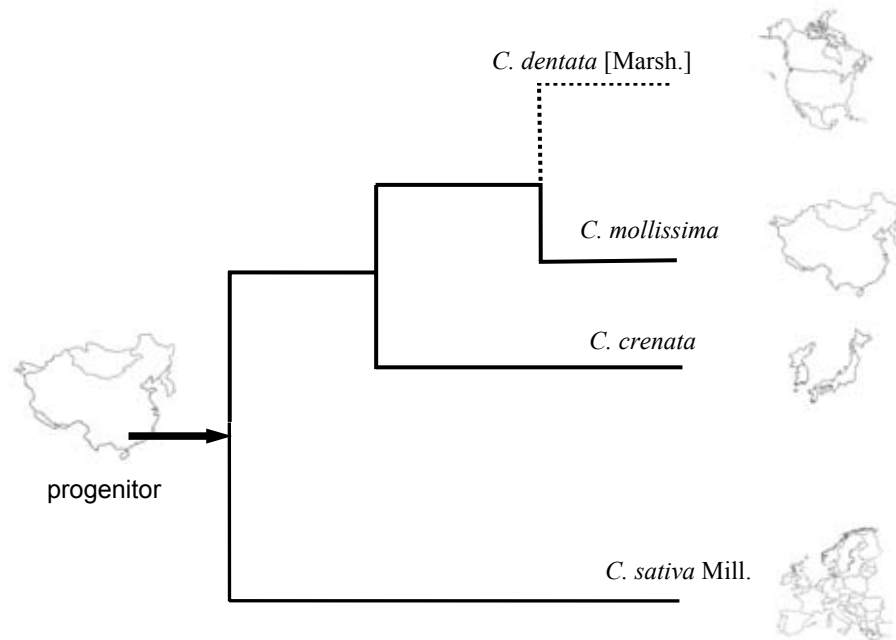


Figura 2.1. Os dois eventos migratórios de espécies de *Castanea* com base na análise filogenética da região *trnL-trnF* do DNA dos cloroplastos (Paffetti *et al.*, 2001).

Para Paganelli (1997), os microfósseis de castanheiro encontrados em Itália sugerem a presença entre o Plistocénico Superior e o início do Holocénico, de duas espécies de castanheiro na Europa, *C. sativa* Mill. e *C. latifolia* Sord., embora apenas *C. sativa* conseguisse sobreviver em refúgios de Itália setentrional, conforme os perfis polínicos obtidos a partir desses depósitos. Segundo este autor, a última glaciação teria sido a causa de uma redução nas espécies de castanheiro, com a extinção de *C. latifolia*. Aliás, o progressivo arrefecimento na transição do Terciário para o Quaternário levou à extinção ou isolamento de várias espécies vegetais. De entre as espécies isoladas está *C. sativa* que sobreviveu em três áreas dispersas, os designados refúgios ocidentais do sul da Europa: a Península Ibérica, Itália e os Balcãs (Villani *et al.*, 1999).

Em Portugal, segundo dados de Teixeira e Pais (1976) sobre as grandes fases da evolução dos vegetais, o castanheiro europeu está representado em depósitos da idade miocénica (há cerca de 15 milhões de anos) nas proximidades de Canha, juntamente com a evidência da presença no complexo florístico de outras espécies, nomeadamente *Acer* spp., *Carpinus* spp. e *Ulmus campestris*. Os mesmos autores indicam outros registos da presença antiga do castanheiro em Portugal, já da flora pliocénica, junto de Montijo e Alfeite, embora os vestígios mais abundantes sejam sobretudo do Quaternário.

Para a história mais recente sobre a presença do castanheiro na Península Ibérica merece referência o trabalho de Van Den Brink e Janssen (1985) em que obtiveram diagramas polínicos de depósitos da Serra da Estrela com ocorrências dispersas de pólen fóssil de

Castanea bastante antes da Época Romana, com cerca de 8 000 anos. Também Ramil-Rego (1993) refere que entre 8500-7000 BP e 6000-5500 BP se expandiram e se consolidaram, na parte mais ocidental da Cordilheira Cantábrica, as florestas de táxones mesófilos caducifólios de *Quercus* e *Corylus*, no interior das quais se notava a presença dispersa de castanheiros ao lado de outros táxones arbóreos de *Ulmus*, *Alnus*, *Sambucus* e *Frangula*. Outro material fossilizado de castanheiro foi encontrado entre 2500 e 3000 BP na presente área de distribuição da espécie, mais exactamente no Baixo Minho (Ramil-Rego e Aira-Rodriguez, 1995).

Das regiões montanhosas da Anatólia, tida por vários autores como presumível centro de origem do castanheiro europeu (Villani *et al.*, 1999), o seu cultivo espalhou-se pelo norte da Grécia e alcançou a região Balcânica, cerca de 3700 BP, conforme atestam os diagramas polínicos dessa fase, onde também surge pólen de oliveira, noqueira e freixo, numa distribuição algo heterogénea, muito provavelmente devido às diferentes condições climáticas e solos prevaletentes nas diversas regiões dessa vasta área (Conedera *et al.*, 2004).

Por volta dos 3000 a.C. o castanheiro europeu já estava bem assinalado na Grécia e no Sul de Itália. No milénio seguinte invadiu Espanha e o sul de França (Villani *et al.*, 1994). Mais tarde o cultivo do castanheiro já assume verdadeira expressão na Europa e nos países da margem sul do Mediterrâneo pela acção de difusão dos Romanos. Acabou por se estender por Portugal, Espanha, França, Itália, Eslovénia, Croácia, Grécia, Bulgária, Turquia, regiões junto ao Mar Cáspio e uma faixa estreita no norte de África que vai de Marrocos à Tunísia. Esta distribuição é descontínua e fruto de influências climáticas e antropogénicas. Em certos períodos históricos, e em várias regiões da Europa, o castanheiro tornou-se de tal maneira indispensável para a sobrevivência das populações das regiões montanhosas, que alguns autores não hesitam em identificar essas culturas de autênticas “civilizações do castanheiro”, cuja idade de ouro começa na Renascença e vai até ao séc. XIX. A tradição oral e a literatura indicam para França, por exemplo, o séc. XVIII e o séc. XIX como o período do apogeu do castanheiro (Bruneton-Governatori, 1982).

As actuais populações de castanheiros na Europa ocidental poderão, pois, ser o resultado de uma mistura da população autóctone com descendentes das variedades cultivadas introduzidas pelos romanos a partir de uma zona a sul dos Alpes, junto da fronteira da Suíça e de Itália. Aliás, esta zona é tida por Conedera *et al.* (2004) como primeiro e privilegiado centro de cultivo do castanheiro em todo o mundo, não só pelas favoráveis condições de solo e clima como também pela existência de rios que permitiam o transporte da madeira de castanho das montanhas e vales alpinos para a planície mais a sul.

Referências bibliográficas

- Adua, M. 1999. The sweet chestnut throughout history from the Miocene to the third millennium. *Acta Horticulturae* 494: 29-36.
- Bounous, G. e Guarda, A. 2002. Origine e cenni storici. In: Bounous, G. (ed.). Il Castagno. Coltura, ambiente ed utilizzazioni in Itália e nel mondo. Edagricole, Bologna, pp.3-18.
- Bruneton-Governatori, A. 1982. Châtaignes et châtaigniers en France aux XVIIIème et XIXème siècles. Analyse ethno-historique d'une culture et d'une consommation. These de Doctorate, Université de Paris I, Paris.
- Conedera, M., Krebs, P., Tinner, W., Pradella, M. e Torriani, D. 2004. The cultivation of *Castanea sativa* (Mill.) in Europe, from its origin to its diffusion on a continental scale. *Veget. Hist. Archaeobot.* 13:161-179.
- Dane, F., Lang, H., Huang, H. e Fu, Y. 2003. Intercontinental genetic divergence of *Castanea* species in eastern Asia and eastern North America. *Heredity* 91:314-321.
- Elorrieta, J. A. 1949. El castaño en España. IFIE. Madrid.
- Fenaroli, L. 1945. Il castagno. REDA Editora, Roma.
- Huang, H., Dane, F. e Norton, J. D. 1994. Allozyme diversity in Chinese, Seguin and American chestnut (*Castanea* spp.). *Theor. Appl. Genet.* 88: 981-985.
- Jaynes, R. A. 1975. Chestnuts. In: Janick J., and Moore, J. (eds.). Advances in fruit breeding. Purdue University Press, West Lafayette, pp. 490-499.
- Paffetti, D., Vettori, C. e Giannini, R. 2001. Filogenesi del genere *Castanea* Miller (Fagaceae). In: E. Bellini (ed), Atti del Convegno Nazionale Castagno 2001, 25-27 Ottobre 2001, Marradi (Firenze), pp.52-55.
- Paganelli, A. 1997. Evoluzione storica del castagno (*Castanea sativa* Mill.) nell'Italia nord-orientale dal pleistocene superiore, attraverso l'indagine palinologica. In: Atti Convegno Nazionale sul Castagno, 23-25 Ottobre 1997, Cison di Valmarino, pp. 83-100.
- Ramil-Rego, P. 1993. Evolución climática e histórica de la vegetación durante el Pleistoceno Superior y el Holoceno en las regiones montañosas del Noroeste Ibérico. In: A. Alberti, L. Rivera e P. Rego (eds.). La Evolución del Paisaje en las Montañas del Entorno de los Camiños Jacobeos, Xunta de Galicia, pp. 25-60.
- Ramil-Rego, P. e Aira-Rodríguez, 1995. Datos paleobotánicos del norte de Portugal (Baixo Minho). Estudio polínico y paleocarpológico. *Lagasalia* 18: 25-39.
- Stewart, W. N. e Rothwell, G. W. 1993. Paleobotany and the Evolution of Plants. Cambridge University Press, New York.
- Teixeira, C. e Pais, J. 1976. Introdução à Paleobotânica. As grandes fases da evolução dos vegetais. Ed. autores, Lisboa.
- Van Den Brink, L. M. e Janssen, C. R. 1985. The effect of human activities during cultural phases on the development of montane vegetation in the Serra da Estrela, Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology* 44: 193-215.
- Villani, F., Pigiucci, M. e Cherubini, M. 1994. Evolution of *Castanea sativa* Mill. in Turkey and Europe. *Genetical Research* 63: 109-116.
- Villani, F., Sansotta, A., Cherubini, M., Cesaroni, D. e Sbordoni, V. 1999. Genetic structure of natural populations of *Castanea sativa* in Turkey: evidence of a hybrid zone. *J. Evol. Biol.* 12: 233-244.
- Wen, J. 1999. Evolution of eastern Asian and eastern North American disjunct distributions in flowering plants. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 30: 421-455.
- Zhou, Z. 1999. Fossils of the Fagaceae and their implications in systematics and biogeography. *Acta Phytotax Sin.* 37: 369-385 (Abstract).

ERA CENOZÓICA

			Anos BP (10 ⁶)
	QUATERNÁRIO	Holoceno	1.10 ⁻² - P
		Plistoceno	1,8 - 1,10 ⁻²
	TERCIÁRIO	Plioceno	5,3 - 1,8
		Mioceno	23,8 - 5,3
		Oligoceno	33,7 - 23,8
		Eoceno	54,8 - 33,7
		Paleoceno	65,0 - 54,8

Fonte: www.ucmp.berkeley.edu



3

**Castanheiro de fruto
em Portugal**

**Jorge Ferreira-Cardoso
Mário Pimentel-Pereira**

3 - O castanheiro de fruto em Portugal

Jorge Ferreira-Cardoso e Mário Pimentel-Pereira

O castanheiro pertence à família das *Fagaceae* e ao género *Castanea*, o qual compreende diversas espécies com e sem aptidão frutícola.

Em Portugal, como no resto da Europa, a espécie mais cultivada é *Castanea sativa* Miller e engloba inúmeras variedades produtoras de fruto (castanha) com considerável valor comercial. No entanto, e para produção de fruto, têm surgido alguns híbridos resultantes do cruzamento de *Castanea sativa* com outras espécies, principalmente, *Castanea crenata* Sieb. & Zucc. e, mais recentemente, *Castanea mollissima* Blume. Originárias, respectivamente, do Japão e da China estas espécies são utilizadas vantajosamente como porta-enxerto dador de genes de resistência, quer à doença ou mal da tinta, quer ao cancro do castanheiro.

3.1-Distribuição geográfica e variedades

A cultura do castanheiro é tão antiga que em certas regiões torna-se difícil distinguir os castanheiros autóctones dos que, tendo origem cultural, se tornaram selvagens (Paiva, 1990). Na Europa, o castanheiro chegou a ocupar uma superfície de 1.500.000 ha (Guerreiro, 1956), acompanhando muito de perto a distribuição dos carvalhos (principalmente, *Quercus pirenaica* e *Q. robur*), com os quais teve que concorrer desfavoravelmente, em virtude de ser menos bem dotado (Guerreiro, 1957), podendo-se considerar a sua distribuição natural limitada pelo Mediterrâneo e uma linha que, partindo de Portugal e Espanha, atravessa a sul a Bélgica, Alsácia, Renânia-Palatinado, Alpes e a Estíria, seguindo a linha do Cáucaso e Mar Cáspio (Elorrieta, 1949 *cit.* por Fernandes, 1966). No entanto, por interesse e acção do Homem, o castanheiro é bastante cultivado, mesmo para além da sua área natural, expandindo-se para norte até 52° de latitude (Paiva, 1990), mas sendo em certos locais tão artificial, que não chega a processar-se a maturação dos frutos (Elorrieta, 1949 *cit.* por Fernandes, 1966).

Em Portugal, o castanheiro distribui-se com grande densidade nas terras frias de Trás-os-Montes e nas Beiras, localizando-se também em alguns núcleos menores no Nordeste Alentejano (Serras de S. Mamede e Marvão), Norte Algarvio (Serra de Monchique) e Minho Interior (Serra do Gerês), e ainda, de um modo disperso, em vários pontos a norte do Tejo (Pimentel-Pereira, 1990; Choupina e Silva, 1992). Está igualmente presente, embora em

manchas isoladas, tanto na ilha da Madeira (Curral das Freiras e Serra de Água), como nos Açores. Guerreiro (1957) delimitou a área ecologicamente adaptada ao castanheiro (Figura 3.1), tendo verificado que, principalmente na região a norte do Douro, a distribuição desta espécie (Figura 3.2) é muito aproximada à das zonas de aptidão ecológica, enquanto que alguns locais do centro e sul, como por exemplo a região de Portalegre, apesar de não terem sido contemplados nas principais zonas com condições ecológicas estão incluídos nas áreas de distribuição do castanheiro no nosso país.

De acordo com Fernandes (1954), na década de 50 estimava-se que a superfície ocupada pelo castanheiro em Portugal rondava os 70.000 ha, sendo 65.000 ha explorados para a produção de fruto e 5.000 ha destinados à produção de lenho (talhadia). No entanto, desde essa altura e tal como ocorreu no resto da Europa, a área ocupada por soutos, castinçais e até por castanheiros isolados decresceu significativamente. Com efeito, de acordo com o inventário florestal datado de 1980, a área de castanheiros para produção de fruto era de apenas 30.320 ha (Vaz, 1988), dos quais cerca de metade se localizavam em Trás-os-Montes, mais precisamente 3.800 ha no distrito de Vila Real e 12.300 ha no distrito de Bragança, segundo dados obtidos mediante levantamento com base em fotografia aérea (Marques, 1987).

Várias poderão ser as razões, comuns aos restantes países da Europa, que justificam esta acentuada redução da área ocupada por castanheiro no nosso País, sendo de destacar (Vieira Natividade, 1945; Fernandes, 1970; Gomes, 1982; Paiva, 1990; Abreu, 1992; Casabianca, 1994; Ron Tejedo, 1994):

- O aparecimento da designada “tinta do castanheiro” que tem dizimado grande parte dos nossos soutos. Esta doença radicular provocada por um fungo oomiceta do solo (*Phytophthora cinnamomi*, ou mais raramente *Phytophthora cambivora*) tem particular incidência nas plantas utilizadas no nosso país, pois apresentam reduzida capacidade de resistência. Para Gomes *et al.* (1997), os imperativos de natureza comercial por esta cultura, têm levado a uma intervenção desastrosa do Homem que conduziu, em muitos locais, à alteração da paisagem agrária e da floresta primitiva rica em diversidade, conferindo ao castanheiro o estatuto de espécie dominante ou mesmo única. Esta perda de diversidade biológica e diminuição do elenco florístico no sobcoberto, associada à compactidade e acidez do solo, excesso de mobilização com ruptura das raízes pela passagem de máquinas agrícolas pesadas, baixos teores de matéria orgânica e de bases de troca (designadamente, Ca^{2+} e

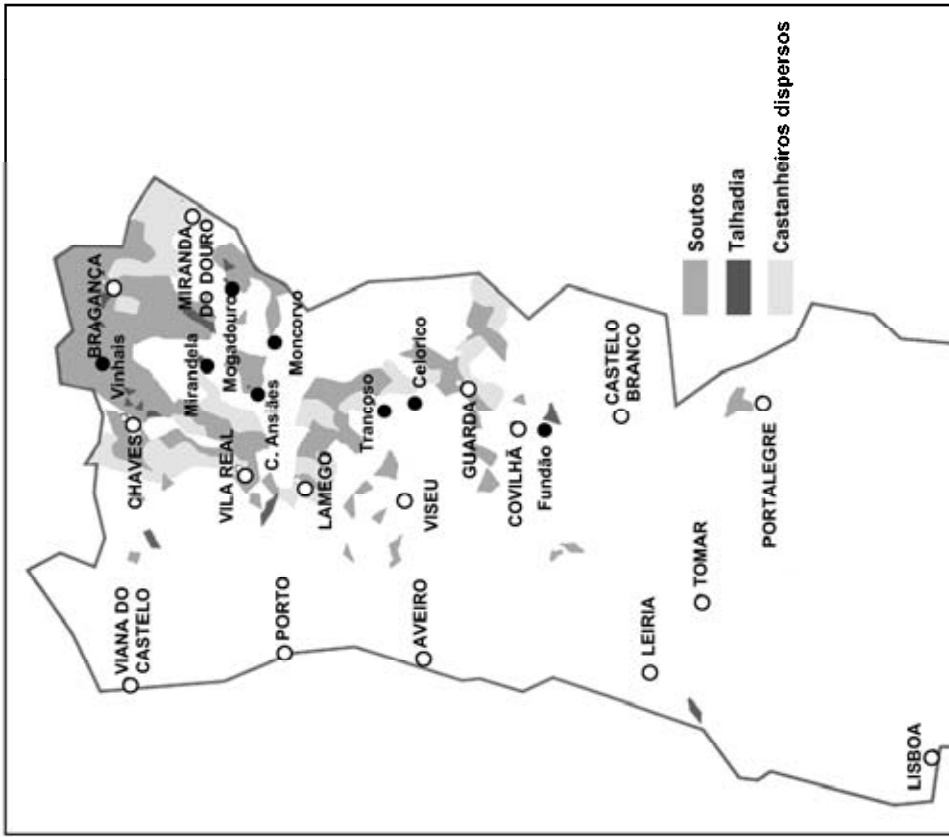


Figura 3.2 - Distribuição do castanheiro em Portugal (Guerreiro, 1957).

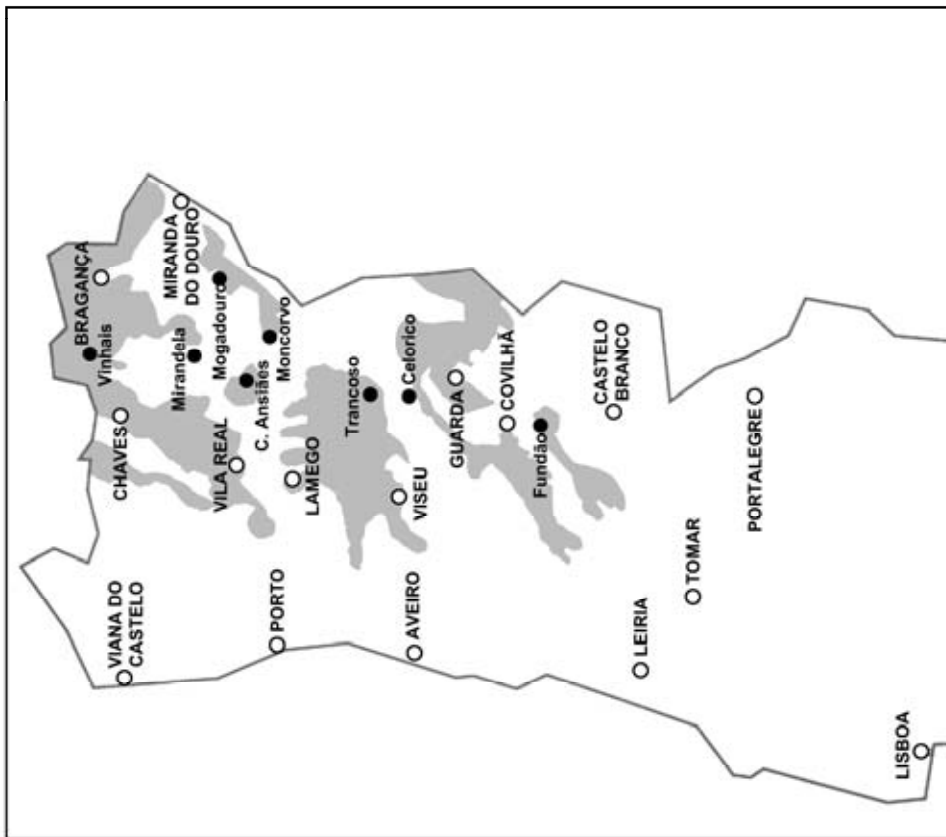


Figura 3.1 - Principais zonas com condições ecológicas para a cultura do castanheiro (Guerreiro, 1957).

Mg²⁺), e ainda a desajustada fertilização azotada que empobrece a tão desejável população de fungos ectomicorrízicos, constituem os principais factores de predisposição do castanheiro à doença da tinta (Abreu, 1996; Gomes *et al.*, 1997; Portela *et al.*, 1998). Todos estes factores, associados ainda à incorrecta utilização, quer em termos metodológicos como temporais, de outras importantes técnicas silvícolas, nomeadamente as podas, a propagação vegetativa, os cuidados para evitar a contaminação, etc., levaram ao aparecimento¹ de outra grave enfermidade – o cancro do castanheiro – provocada pelo fungo ascomiceta *Cryphonectria (Endothia) parasitica*, que ataca quase sempre de forma fatal a parte aérea das árvores (Fernández de Ana Magán *et al.*, 1999), contribuindo igualmente para a morte massiva de castanheiros que se vai verificando em várias zonas do país;

- A introdução da cultura da batata e a difusão nos terrenos mais férteis de outras culturas, como o milho, a oliveira, a vinha e a fruticultura, que proporcionaram produtos de substituição em abundância e a melhores preços, associados a condições de produção mais favoráveis e a novos meios de penetração (revolução dos transportes) nos mercados locais. Com efeito, o mercado da castanha, como alimento nutritivo de base, foi afectado por uma forte flexibilidade da oferta de produtos de substituição mais vantajosos;

- Por outro lado, o acréscimo populacional nas zonas de maior desenvolvimento industrial e cambiantes de exigências alimentares dele resultantes, associado ao êxodo e respectivas consequências em termos de despovoamento, envelhecimento da população e alteração da economia e do sistema de valores do mundo rural, conduziram à perda de interesse pela castanha como alimento quotidiano;

- Tendo em vista o aproveitamento da madeira como material de construção, abateram-se soutos inteiros, sem que *a posteriori* tivesse havido a preocupação do seu repovoamento. Esta redução do número de castanheiros e da respectiva área de distribuição tem sido também determinada pela onda de fogos que ultimamente nem os soutos tem poupado.

Contudo, graças a uma política de incentivos ao plantio, promovida pelas entidades competentes, é notório um renovado interesse dos agricultores por esta cultura. Portela (1997) refere que, desde 1980, tem existido um assinalável e sustentado dinamismo de investimento em novos soutos, o qual ocorre precisamente num quadro geral de estagnação ou declínio da agricultura nacional.

Assim, segundo dados do INE, a distribuição do castanheiro que em 1983/84 era de

¹ em Portugal, provavelmente desde 1989, data em que o investigador Fernández de Ana Magán do Centro de Investigações Forestais de Lourizán localizou este tipo de infecção em amostras colhidas na região de Carracedo de Montenegro.

6.320 ha em povoamentos regulares e 489.095 árvores dispersas, em 2004/05 atingiu um total de 30.048 ha (Quadro 3.1), correspondendo a maior área de soutos à região Norte e zona agrária de Trás-os-Montes (principalmente, aos distritos de Bragança, Vila Real e Viseu), com cerca de 85% do total, seguida de longe pela região Centro e zona agrária da Beira Interior (distrito da Guarda), com 9,6%, e ainda mais distantes a zona agrária da Beira Litoral e a região e zona agrária do Alentejo (distrito de Portalegre), com apenas 1,9% e 1,8%, respectivamente.

Quadro 3.1 - Distribuição, produção e número de castanheiros vendidos pelos viveiristas por NUTS II e regiões agrárias do Continente e referente à campanha de 2004/05.

NUTS II Regiões Agrárias	Superfície		Produção		Rendimento/ha		Nº pés vendidos
	ha	% ha	t	% t	t/ha	% t/ha	
Continente	30 048		30 893		1,03		101 366
Norte	26 057	86,72	25 787	83,47	0,99	96,12	73 647
Entre-Douro e Minho	454	1,51	589	1,91	1,30	126,21	11 536
Trás-os-Montes	25 603	85,21	25 198	81,56	0,98	95,15	62 111
Centro	3 438	11,44	4 288	13,88	1,25	121,36	22 425
Beira Litoral	556	1,85	1 448	4,69	2,60	252,43	10 026
Beira Interior	2 882	9,59	2 840	9,19	0,99	96,12	12 399
Ribatejo e Oeste	15	0,05	13	0,04	0,87	84,47	4 043
Alentejo	533	1,77	800	2,59	1,50	145,63	963
Algarve	5	0,02	5	0,02	1,00	97,09	288

Fonte: INE, Estatísticas Agrícolas, 2005.

Esta maior participação destes distritos pode resultar de possuírem maiores áreas com aptidão para o castanheiro, mas também pode considerar-se como consequência de escassez de outras alternativas mais interessantes, que surgem mais vantajosas noutros distritos, face às condições edafoclimáticas, infra-estruturas de armazenagem, custo de transportes, etc. (Pires, 1991). De acordo com este autor, as áreas que se especializaram nesta cultura, cuja importância na economia local é indiscutível, são regra geral de inferior aptidão para outras actividades agrícolas, por razões relacionadas com a fertilidade do solo, topografia, pedregosidade, geadas e recursos hídricos, o que não tem comprometido, no entanto, o potencial destas regiões para se manterem na vanguarda desta actividade. É o que acontece nos concelhos que integram precisamente as actuais quatro áreas com Denominação de Origem Protegida (DOP) para a castanha:

- Castanha da Terra Fria - inclui as variedades de castanheiro europeu Longal, Judia, Cota, Amarelal, Lamela, Avelaira, Boaventura, Trigueira, Martáinha e Negral. Mais de 70% da produção deve corresponder à variedade Longal, sendo os restantes 30% relativos à produção das outras variedades. Esta DOP é produzida em Trás-os-Montes, nos concelhos de Alfândega da Fé, Bragança, Chaves, Macedo de Cavaleiros, Mirandela, Valpaços, Vimioso e Vinhais, abrangendo uma área de cerca de 12.500 ha;
- Castanha da Padrela - a sua área geográfica está circunscrita a algumas freguesias dos concelhos de Chaves, Murça, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar, correspondendo a cerca de 4.600 ha. É um fruto obtido a partir do castanheiro europeu, das variedades Judia, Lada, Negral, Cota e Preta;
- Castanha dos Soutos da Lapa - as castanhas são obtidas a partir de castanheiros das variedades Martáinha e Longal. A área de produção abrange algumas freguesias dos concelhos de Aguiar da Beira, Armamar, Lamego, Moimenta da Beira, Penedono, S. João da Pesqueira, Sernancelhe, Tabuaço, Tarouca e Trancoso englobando uma área de cerca de 4.000 ha;
- Castanha de Marvão - Estas castanhas são provenientes das variedades Bária e Colarinha. A área geográfica restringe-se aos concelhos de Marvão, Castelo de Vide e Portalegre ocupando cerca de 550 ha;

Com efeito, a economia de diversas localidades destes concelhos, está muito dependente da comercialização da castanha. Como exemplo, podemos referir o caso da aldeia de Redondelo (Carrazedo de Montenegro-Valpaços), onde a venda de castanha representa a principal fonte de receita monetária, contribuindo em cerca de 65% para o PAB (Carqueja *et al.*, 1996).

Percorrendo as várias zonas do país onde vegeta o castanheiro, fica-se com a sensação da existência de inúmeras variedades, diferentes de uma região para outra. Contudo, muitas vezes, a definição e identificação das nossas variedades cultivadas não é tarefa fácil, uma vez que a sua descrição e caracterização é, geralmente, feita de acordo com a origem geográfica, existindo muito pouca informação relativamente às suas características genéticas. A Figura 3.3 retrata as variedades identificadas num trabalho de detecção e inventariação que realizámos ao longo de alguns anos.

Assim, além das variedades referidas e que integram as DOP's criadas, surgem muitas outras, como por exemplo: Comprida, Carrazedo, Casta Nova, Rebordão, Reboiça, Rebotão, Galega, Vinhó, Demanda, Carreiroza, Verdeal, Vermelha, Bairral, Famosa, Pigarresa, Souza,

Soutinha, Vessadinha, Buena Ventura, Masmorra, Avelã ou Temporã, Buena Espanhola, Bebim, Moreira, Benfeita, Zeive; Vilar de Ossos; Riscada, etc. Contudo, algumas destas variedades não chegaram a ser detectadas, pelo que a sua indicação baseia-se nos registos transmitidos pelos agentes ligados à produção e comercialização de castanha (produtores, técnicos e armazenistas) com quem contactámos nas diversas regiões percorridas.

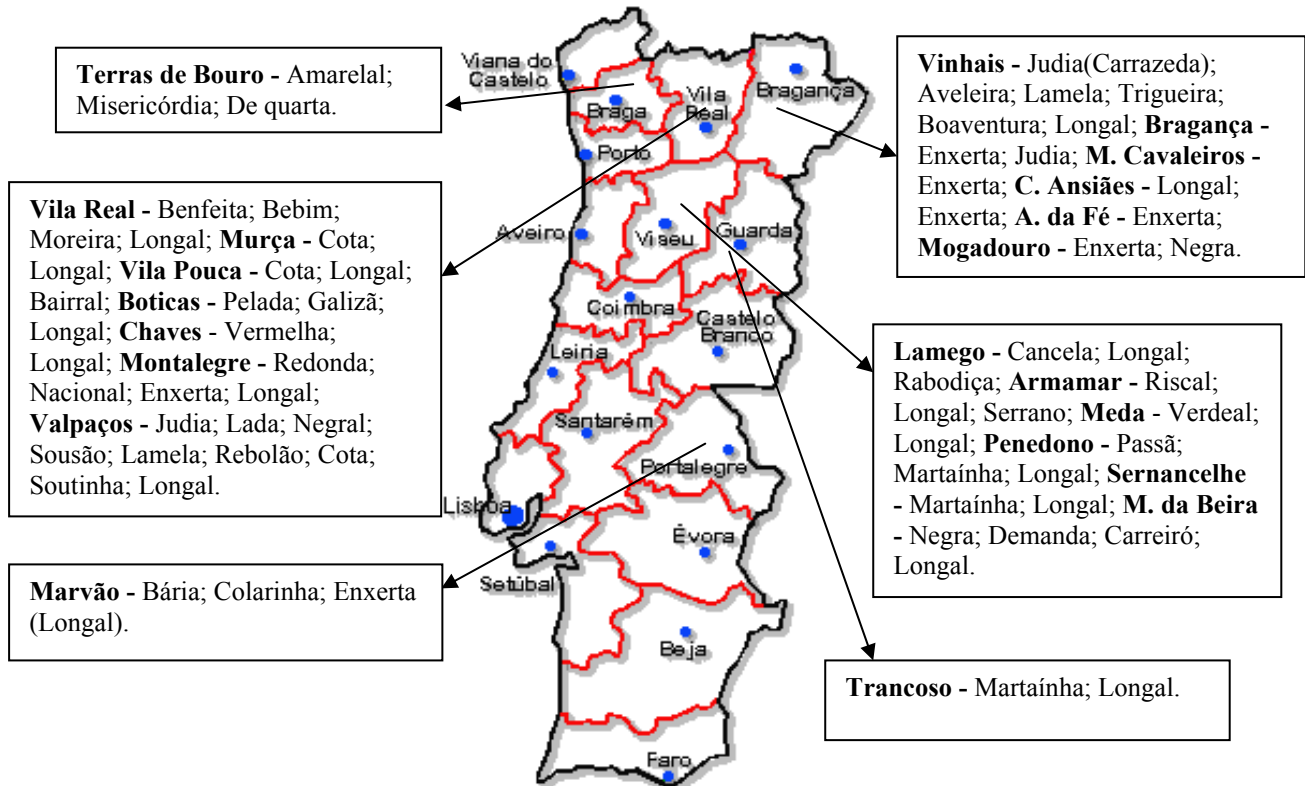


Figura 3.3 - Variedades detectadas e sua distribuição geográfica no território nacional (Portugal Continental).

Importa referir que apesar da antiguidade do castanheiro no nosso país, da importância que as populações lhe votaram e de uma certa facilidade de multiplicação vegetativa por enxertia, terem possibilitado alguma definição varietal, surgem, no entanto, dentro de cada variedade e conforme as regiões problemas de sinonímia e homonímia. É vulgar, por exemplo, encontrarem-se designações diferentes para a mesma variedade, em locais muito próximos, ou mesmo variedades diferentes tomarem a mesma designação em locais distintos.

Por outro lado, diversas variedades com origens e designações locais aparentemente diferentes, podem resultar de uma mesma variedade, da qual diferem morfológicamente, devido a factores ambientais. Mediante um estudo isoenzimático com base em sete diferentes

tipos de marcadores (Pimentel-Pereira *et al.*, 1999), foi possível discriminar 32 classes genóticas (Quadro 3.2). Algumas destas classes englobam mais do que uma variedade, tratando-se pois de casos de sinonímia de variedades geneticamente muito semelhantes. Por sua vez, foram detectados três casos de homonímia, em que variedades com a mesma designação mas origem diferente, correspondem a classes diferentes, isto é, são geneticamente distintas (a Lamela de Nozede-Valpaços e a Lamela de Espinhoso-Vinhais; a Cota de Tázem-Valpaços e de Reboredo-Vila Pouca de Aguiar e a Cota de Rio Bom-Valpaços; a Pelada de Vilar-Boticas e a Pelada de Solveira-Montalegre).

No entanto, entre as diversas variedades existentes actualmente nas principais regiões produtoras de castanha, as mais conhecidas e vantajosas sob o ponto de vista frutícola, e com melhor cotação a nível comercial são: Judia, Longal, Lamela, Aveleira e Boaventura no distrito de Bragança; Judia, Longal, Lada, Negral e Benfeita no distrito de Vila Real; Martaínha e Longal nos distritos de Viseu e Guarda; Bária, Colarinha e Enxerta no distrito de Portalegre.

Entretanto, têm-se assistido à instalação de algumas plantações de híbridos de *C. sativa* e *C. crenata*, obtidos mediante estudos de melhoramento desenvolvidos em França (Jestin e Germain, 1986; Breisch, 1991), e comercializados entre nós por alguns viveiristas. Os mais conhecidos e que têm sido mais difundidos são: Marigoule, Maraval, Bournette, Marsol, Precoce Migoule, Vignols e Bouche de Betizac.

De acordo com dados do INE referentes à campanha de 1997/98, do total de 91.000 pés de castanheiros vendidos em Portugal, 7.715 foram importados, principalmente daquele país, o que nos leva a supor tratarem-se deste tipo de híbridos. No entanto, as cerca de apenas 1.035 árvores importadas directamente pelos agricultores (INE, 2005), do total de 101.366 vendidas pelos viveiristas em 2004/05 (Quadro 3.1), sugere que a utilização deste tipo de plantas tem vindo a decrescer nos últimos anos. Com efeito, desde que ultrapassados alguns problemas de adaptação, o que nem sempre tem sido fácil devido à sua exigência em termos de solo e clima, estes castanheiros apresentam algum interesse comercial, dadas as boas características dos seus frutos, principalmente no que diz respeito ao calibre e precocidade. Porém, em relação às propriedades organolépticas e poder de conservação ficam, em nossa opinião, muito aquém das nossas variedades.

Quadro 3.2 - Classificação de variedades de castanheiro nacionais, através de sete perfis isoenzimáticos.

<i>Classes</i>	<i>Designação</i>	<i>Localidade/Freguesia</i>	<i>Concelho</i>	<i>Distrito</i>	<i>NUTS/Região Agrária</i>
1	Negra	Arcas/Sever V. Chã Beira/V. Chã Beira	Moimenta da Beira Tarouca	Viseu	Norte/Trás- -os-Montes
	Preta	V. Chã Monte/S.J.Tarouca	Tarouca		
2	Negral	Nozede/S.J.Corveira	Valpaços	Vila Real	
	Bebim	Quintã-Campeã/Quintã Torgueda/Torgueda	Vila Real		
3	Cancela	Avões de Lá/Avões de Lá	Lamego	Viseu	
4	Lamela	Nozede/S.J.Corveira	Valpaços	Vila Real	
5	Boa Casta	V. Chã Monte/S.J.Tarouca	Tarouca	Viseu	
6	Boaventura	Sobreiró de Baixo/S ^{to} Baixo	Vinhais	Bragança	
7	Demanda	Arcas/Sever	Moimenta da Beira	Viseu	
		V. Chã Beira/V. Chã Beira V. Chã Monte/S.J.Tarouca	Tarouca Tarouca		
8	Moreira	Campeã/Campeã Torgueda/Torgueda	Vila Real	Vila Real	
9	Cota	Tázem/Tázem e Padrela Reboredo/Alfarela Jales	Valpaços Vila Pouca de Aguiar	Vila Real	
10	Pelada	Vilar/Vilar	Boticas	Vila Real	
	Redonda	Reboreda/Salto	Montalegre		
11	Vermelha	Limãos/S. Julião	Chaves	Vila Real	
12	Rei Vermelha	S. Cosmado/S. Cosmado	Armamar	Viseu	
	Verdeal Riscal				
13	Enxerta	Mogo de Malta/Mogo Malta	Carraceda de Ansiães	Bragança	
14	Bairral	Reboredo/Alfarela Jales	Vila Pouca de Aguiar	Vila Real	
15	Lada	Nozede/S.J.Corveira	Valpaços	Vila Real	
	Sousão	Tázem/Tázem e Padrela			
16	Martainha	Antas/Antas Sernancelhe/Sernancelhe	Penedono Sernancelhe	Viseu	Centro/Beira Interior
		Tamanhos/Tamanhos Terrenho/Terrenho Castanheira/Castanheira	Trancoso	Guarda	
	F.C. Rodrigo/ F. C. Rodrigo	Fig ^a Castelo Rodrigo			
	Verdeal	Casteição/Casteição	Meda		
17	Lamela	Espinhoso/Candedo	Vinhais	Bragança	Norte/Trás- -os-Montes
18	Nacional	Vilar Perdizes/V Perdizes	Montalegre	Vila Real	
	Enxerta	Solveira/Solveira			
	Galizã	Vilar/Vilar	Boticas		
19	Aveleira	Espinhoso/Candedo	Vinhais	Bragança	
20	Judia	Nozede/S.J.Corveira	Valpaços	Vila Real	
		Espinhoso/Candedo Vila Boa/Serapicos	Vinhais Bragança	Bragança	

Quadro 3.2 (Cont.) - Classificação de variedades de castanheiro nacionais, através de sete perfis isoenzimáticos.

<i>Classes</i>	<i>Designação</i>	<i>Localidade/Freguesia</i>	<i>Concelho</i>	<i>Distrito</i>	<i>NUTS/Região Agrária</i>
21	Rebolão	Nozede/S.J.Corveira	Valpaços	Vila Real	Norte/Trás-os-Montes
22	Trigueira	Espinhoso/Candedo	Vinhais	Bragança	
23	Longal	Nozede/S.J.Corveira Reboredo/Alfarela Jales Cadaval/Fiolhoso	Valpaços Vila Pouca de Aguiar Murça	Vila Real	Norte/Trás-os-Montes
		Espinhoso/Candedo Bruçô/Bruçô Mogo de Malta/Mogo Malta	Vinhais Mogadouro Carrizada de Ansiães	Bragança	
		Tamanhos/Tamanhos Castanheira/Castanheira	Trancoso	Guarda	Centro/Beira Interior
	Enxerta	Casteição/Casteição	Meda	Viseu	Norte/Trás-os-Montes
		Antas/Antas Sernancelhe/Sernancelhe	Penedono Sernancelhe		
	Vila Boa/Serapicos Terroso/Espinhosela Ouzilhão/Ouzilhão Bornes/Bornes Sambade/Sambade	Bragança Vinhais Macedo de Cavaleiros Alfandega da Fé	Bragança		
	Porto Espada/S.S. Amarenha	Marvão	Portalegre	Alentejo/Alentejo	
24	Cota	Rio Bom/S.J.Corveira	Valpaços	Vila Real	Norte/Trás-os-Montes
25	Soutinha	Rio Bom/S.J.Corveira	Valpaços	Vila Real	
26	Passã	Antas/Antas	Penedono	Viseu	
27	Pelada	Solveira/Solveira	Montalegre	Vila Real	
28	Loura	V. Chã Beira/V. Chã Beira	Tarouca	Viseu	
29	Benfeita	Campeã/Campeã	Vila Real	Vila Real	
30	Bária	Porto Espada/S.S. Amarenha	Marvão	Portalegre	
31	Amarelal	Santa Eufêmia/S.J. Balança	Terras de Bouro	Braga	Norte/Entre-Douro e Minho
32	Misericórdia	Santa Eufêmia/S.J. Balança	Terras de Bouro	Braga	

3.2-Produção e importância económica da castanha

A castanha foi durante muitos anos um alimento básico na dieta das famílias camponesas tradicionais, desempenhando uma importante função de subsistência, semelhante à que a batata tem hoje, e constituindo um recurso fundamental na economia das regiões propícias à cultura do castanheiro (Fernandes, 1954; Casabianca, 1994; Ron Tejedo, 1994). Na realidade, o seu consumo atingia proporções elevadas, não só por ser um produto alimentar muito apreciado, mas também porque a variedade e disponibilidade de outros alimentos era reduzida. Assim, consumida ao longo do ano (de Outubro a Junho/Julho), quer em fresco (crua, cozida ou assada) quer seca (pilada), ou mesmo reduzida a farinha, a castanha representava uma das principais fontes alimentares, que fazia parte integrante das refeições quotidianas da população dessas regiões.

Mas não menos importante, era a utilização que se dava à sua madeira como material de construção, no fabrico de móveis e variadíssimos utensílios para a lavoura, cestaria e tanoaria, sem esquecer o seu uso mais elementar como lenha para aquecimento. Até mesmo as folhas, cuja decomposição proporciona um considerável enriquecimento do solo, além de constituírem um elemento importante contra a erosão, eram utilizadas na cama do gado e aproveitadas como estrume e, por vezes, em períodos de maior escassez de pastagens, na alimentação animal. A própria casca chegou a ser utilizada como fonte de taninos para fármacos e curtimento de peles. Daí o paralelismo que era frequente estabelecer-se entre o castanheiro e o porco: de ambos aproveitava-se quase tudo. Até os porcos se alimentavam com castanha, porque se considerava que a melhor carne era a dos engordados com este fruto. Com efeito, nos últimos meses de vida antes do abate, os porcos eram levados para o souto, onde permaneciam de manhã até à noite, alimentando-se de castanhas (Ron Tejedo, 1994).

Assim, além do papel desempenhado na alimentação humana, a castanha de inferior qualidade constituía um alimento precioso na engorda dos animais domésticos, sobretudo suínos, com reconhecido sucesso na qualidade do fumeiro, como é o caso dos salpicões e presuntos de Chaves e Vinhais (Guerreiro e Fernandes, 1945; Fernandes, 1946).

Guerreiro e Fernandes (1945) referem que, explorado quer pela madeira quer pelo fruto, o castanheiro desempenhava um papel primordial na vida dos povos das regiões onde era cultivado, principalmente na Terra-Fria (concelhos de Vinhais e Bragança). Pela excelente madeira que fornecia, compensava muitas vezes os prejuízos das fracas colheitas cerealíferas, sempre pouco remuneradoras. As castanhas que se utilizavam na alimentação do homem e sustento dos gados, com um baixo custo de produção, melhoravam também a sua

depauperada situação financeira, pelo seu valor como produto de exportação.

Porém, com o advento de novas culturas (batata, milho, etc.), a que já fizemos referência, o castanheiro foi sendo relegado para os terrenos menos férteis e em grande parte abandonado, condição agravada com o aparecimento de doenças, como a tinta e mais recentemente o cancro, e com a baixa cotação que a castanha atingia no mercado, o que se reflectiu numa progressiva e acentuada redução da produção nacional. Assim, das cerca de 52.000 t de castanha produzidas em Portugal na década de 50 (Beliz, 1987), o INE refere apenas 28.705 t em 1977, decréscimo que se foi acentuando até às 16.325 t em 1986.

Mas ao contrário do que aconteceu em Portugal, onde a castanha se tornou um produto pouco qualificado, outros países da Europa (Itália, França e Espanha) e da Ásia (Japão, Coreia e China) diversificaram o aproveitamento deste fruto, surgindo no mercado actual, após transformação tecnológica mais ou menos sofisticada, na forma de produtos elaborados (purés, compotas, castanhas em calda, castanhas com chocolate, “souflés”, conservas, rebuçados, iogurtes, bolos, aperitivos, gelados, etc.), com significativa e crescente aceitação. Com efeito, Rebelo (1993) refere que de alimento rural e modesto, a castanha tende a tornar-se num produto de consumo mais sofisticado, bastante apreciado e valorizado, em que o preço deixa de ser elemento determinante no processo de compra do produto.

Analisando sumariamente a situação actual, verifica-se o inevitável declínio da produção tradicional de castanha ao mesmo tempo que se reafirmam as potencialidades portuguesas para a nova cultura. Na realidade, podemos em síntese afirmar que:

- Dispomos, com carácter quase exclusivo, de condições ecológicas favoráveis, material vegetal valioso e um renovado interesse por parte dos agricultores, factores básicos para uma produção de qualidade (Gomes Pereira e Pinto de Abreu, 1987);
- Embora ainda sem muitos resultados práticos, os trabalhos de investigação que se desenvolvem com vista à selecção de clones resistentes à tinta (Gomes *et al.*, 1997), têm fornecido dados promissores;
- Como resultado do declínio das produções europeias baseadas na cultura de montanha, deparam-se alíciantes possibilidades de mercado para Portugal, especialmente, de produtos transformados das nossas castanhas (Gomes Pereira e Pinto de Abreu, 1987).

Assim, e talvez porque se deu conta que esta espécie agro-florestal continua a ser a melhor e por vezes exclusiva hipótese cultural para vastas áreas do País, como por exemplo Trás-os-Montes (solar do castanheiro), verifica-se neste momento um aumento significativo de novas áreas plantadas e a introdução de novas técnicas culturais, o que permite um maior

desenvolvimento da cultura e uma previsão do aumento de produção a médio prazo e da melhoria da qualidade do produto.

Os valores relativos às produções e exportações de castanha nos últimos anos são disso um bom testemunho. De acordo com o INE (2004 e 2005), a produção nacional foi de 31.385 t em 2002, 33.267 t em 2003, 31.051 t em 2004 e 22.327 t em 2005, correspondendo no último caso a valores ainda preliminares. Em termos de comércio externo, a castanha portuguesa impõe-se há anos, sendo um dos produtos privilegiados da nossa expedição/exportação e dos poucos que nos permite manter, com larga vantagem, um saldo positivo na balança comercial (Quadro 3.3), constituindo uma das mais importantes exportações portuguesas do sector frutícola.

Os destinos preferenciais da castanha estão relacionados não só com os mercados tradicionais da nossa emigração, mas também com os países que mais se dedicam à transformação deste fruto. Assim, no ano de 2004, Espanha (3.564 t), França (1.473 t), Brasil (1.196 t) e Itália (918 t) adquiriram, no seu conjunto, cerca de 83,2% das vendas, enquanto os restantes 16,8% distribuíram-se (por ordem quantitativa decrescente) pela Suíça, Reino Unido, Bélgica, Grécia, E. U. América, Canadá, Alemanha e Luxemburgo, entre outros (GPPAA, 2005).

Quadro 3.3 - Comércio internacional português de castanha.

	2001		2002		2003		2004		2005*	
	IMP.	EXP.	IMP.	EXP.	IMP.	EXP.	IMP.	EXP.	IMP.	EXP.
Quantidade (toneladas)	955	7.133	994	6.064	1.864	13.647	1.946	8.594	1.328	5.131
Valor monetário (1000 Euros)	901	10.274	1.382	10.313	2.018	15.987	2.347	10.147	1.635	8.175

Fonte: INE, Estatísticas Agrícolas, 2005 e GPPAA, Anuário Vegetal, 2004 e 2005.

* dados preliminares.

A região de Trás-os-Montes é por excelência a grande produtora de castanha, com um peso actual no total nacional e um rendimento de 81,6% e 1,0 t/ha, respectivamente (Quadro 3.1). A castanha produzida nesta região tem sido canalizada, na sua quase totalidade (85%), para o exterior (55% para a União Europeia e 30% para Países Terceiros), e os restantes 15% consumidos a nível interno (GPPAA, 2001). De acordo com esta fonte de informação, parte considerável da castanha produzida nesta região é entregue a empresas agro-industriais que a preparam, quer para consumo em fresco, quer para a indústria de transformação (congelação). Entre essas empresas destaca-se a Sortegel - Produtos Congelados, S.A. (Sortes-Bragança),

cuja actividade principal assenta na comercialização de castanha em fresco (19%) e congelada (74%), ocupando actualmente, a nível nacional, a posição de líder neste sector. Esta empresa que actualmente exporta cerca de 90% da sua produção, assume pois o papel de pioneira, ao nível do mercado nacional, no lançamento da castanha congelada, produto com elevada aceitação para fins culinários, surgindo cada vez mais como ingrediente em pratos tradicionais de elevado requinte.

Apesar da drástica redução da área de produção devida, em grande parte, às doenças da tinta e cancro do castanheiro, a Beira Interior com cerca de 9,2% da produção total e um rendimento de 1,0 t/ha, representa a segunda mais importante região produtora de castanha do país, a qual é essencialmente consumida no mercado interno (grandes e médias superfícies de venda e mercados abastecedores). O flagelo das doenças da tinta e cancro do castanheiro tem ocorrido igualmente no Alentejo Norte (Marvão e Castelo de Vide), onde esta espécie consegue, apesar de tudo, manter alguma importância, embora nestes últimos anos os valores, tanto em termos de área como de produção, não tenham ultrapassado os 3%. Nesta região, a produção encontra-se dispersa por pequenos produtores, o que dificulta a concentração da oferta e todo o processo de comercialização. De assinalar, entretanto, o acréscimo observado recentemente na Beira Litoral, onde se atingiu um valor próximo de 4,7% da produção total com um rendimento superior a 2,5 t/ha (Quadro 3.1).

Relativamente à produção por árvore, poucos dados recentes estão disponíveis. Apenas Marques (1987), e para a variedade Longal, refere uma produção de 33,9 e 31,6 kg/árvore, respectivamente, nos distritos de Bragança e Vila Real. Por sua vez, Portela e Portela (1996) registaram na região da Padrela (Valpaços) produções na ordem de 11, 33 e 41 kg/árvore, em 1993, 1994 e 1995, respectivamente, tendo as condições climáticas sido muito desfavoráveis à produção de castanha no ano de 1993. Com efeito, devido às baixas temperaturas e chuvas intensas ocorridas durante o mês de Setembro, verificou-se nesse ano uma produção inferior ao normal e com poucas condições para a exportação (má qualidade dos frutos e calibres pequenos), sendo a maior parte comercializada com calibres considerados de refugo para a indústria (IMAIAA, 1994), o que explica os baixos valores relativos à exportação da referida campanha, totalizando apenas 3.893,5 t que renderam cerca de 3.894 mil euros (GPPAA, 1998/99). Já as cerca de 14.222 t (aproximadamente 9,3 milhões de euros) exportadas em 1990 (IMAIAA, 1994), constituem marca inigualável até ao momento, e reflectem não só as excelentes condições climáticas para a produção em quantidade e qualidade nesse ano, mas também a menor ameaça que a doença da tinta e o cancro representavam nessa altura, comparativamente ao que sucede actualmente.

Para além dos aspectos fitossanitários e dos relacionados com o clima, solo, cuidados culturais e variedades utilizadas, estes resultados da produção são afectados pela grande heterogeneidade ainda existente nos nossos soutos, resultante da presença de árvores em diferentes fases (implantação, produção crescente e produção estabilizada) na mesma parcela, dos problemas relacionados com a topografia e exposição que condicionam a produtividade dos factores de produção, e da densidade de plantação, forma e vigor, uma vez que a maioria das árvores existentes são de pé franco enxertado, o que implica uma variação inerente ao porta-enxerto (Pires, 1991).

Contudo, a situação tem vindo a alterar-se, e o castanheiro que, como foi já assinalado, era mais cultivado nos terrenos de baixa aptidão agrícola, tem avançado para melhores condições, ocupando terras cada vez mais profundas, planas e férteis, sobretudo nas regiões tradicionalmente produtoras de castanha. Por outro lado, os agricultores começam a recorrer a plantas de desenvolvimento rápido, já enxertadas ou produtores directos, que juntamente com a adopção das mais modernas e racionais técnicas culturais, têm permitido a antecipação e o aumento da produção.

Reflexo da evolução e aumento do plantio de castanheiros, é o elevado número de pés vendidos pelos viveiristas nestes últimos anos, tendo em 2004/05 atingido um total de 101.366 (Quadro 3.1), constituindo uma das árvores de fruto mais vendidas, principalmente nas regiões Norte (11.536 no Entre-Douro e Minho e 62.111 em Trás-os-Montes) e Centro (10.026 na Beira Litoral e 12.399 na Beira Interior), notando-se igualmente um interessante número de vendas em zonas onde o castanheiro é pouco comum, como na região do Ribatejo e Oeste (4.043) e até no Algarve (288).

Da análise feita às circunstâncias e aos condicionalismos da produção, das tendências do mercado e da situação de aproveitamento industrial, verifica-se que:

- Além das evidentes dificuldades no controlo da doença da tinta e do cancro do castanheiro, o aumento da produção de castanha no nosso país enfrenta também limitações de natureza técnica ou económica, como os recursos hídricos para irrigação, os custos dos factores de produção, as classes de valorização no mercado de castanha e derivados e a distribuição de benefícios pelos agentes de produção/comercialização;

- É insuficiente o aproveitamento industrial da castanha, justificando-se a sua industrialização pelas tendências da procura e pela necessidade de valorizar este recurso regional. Estão já instaladas algumas unidades capazes de fabricarem produtos com certo grau de elaboração, mas tanto quanto se sabe ainda não ultrapassaram a fase de experimentação, uma vez que as vendas desses produtos, em quantidade e valor, são ainda

reduzidas;

- A falta de produto transformado, derivado da inactividade industrial, tem afectado as nossas exportações de castanha, pois acentua-se a nível internacional o consumo de derivados deste fruto. Paralelamente à inactividade das indústrias portuguesas de castanha, assiste-se à procura deste produto por parte da indústria de outros países europeus, mas a um preço que fica aquém do desejável.

Torna-se pois urgente desenvolver acções que, permitindo resolver os mais variados problemas de natureza técnica, fundiária e organizacional, promovam por um lado a intensificação da cultura e o aumento da produção e da qualidade do produto, e por outro a criação de unidades industriais que, localizadas nestas regiões produtoras de castanha, melhor valorização e aproveitamento possam dar a este recurso regional, do qual muitos agricultores obtêm uma boa parte dos seus rendimentos, constituindo assim um importante instrumento de desenvolvimento rural.

No entanto, à medida que aumenta o grau de transformação, crescem os problemas ligados ao processamento e à própria comercialização. Na realidade, tal como assinala Rebelo (1993), e como na maioria das restantes actividades agro-alimentares, o marketing (produto, preço, promoção e distribuição) é um elemento chave para o êxito de unidades transformadoras de produtos provenientes da castanha e com elevado grau de elaboração.

Outro aspecto cada vez mais importante, diz respeito ao valor ambiental atribuído ao castanheiro, que lhe confere um papel fundamental no turismo regional, associado à gastronomia tradicional à base de castanha. Nesta vertente, parece-nos pois que esta espécie, explorada quer para a produção de madeira, quer para a produção de fruto, contribui igualmente para requalificar e melhorar consideravelmente a paisagem agro-florestal e as inerentes potencialidades turísticas, bem como as características do solo, as condições de existência da fauna e flora selvagens e a qualidade de vida das populações nas vastas zonas favoráveis à sua cultura.

Assim, tal como refere Adua (1999), o renovado interesse pelo ambiente e por uma diferente qualidade de vida e da alimentação, recoloca o castanheiro como um dos protagonistas da presente e futura evolução agro-florestal, turístico-ambiental e sócio-económica do território rural.

Referências Bibliográficas

- Abreu, C. G. 1992. Castanheiros: uma saudade no futuro? *Finisterra. Revista Portuguesa de Geografia*. Vol. XXVII, Nº 53-54: 3-16.
- Abreu, C. G. 1996. Doença da tinta: causa e consequência do declínio do castanhal. *Estudos Transmontanos*, 6: 269-289.
- Adua, M. 1999. The sweet chestnut throughout history from the miocene to the third millennium. *Acta Horticulturae*, 494: 29-36.
- Beliz, J. M. 1987. O castanheiro na economia e na paisagem. Edição da Câmara Municipal de Castelo de Vide, Castelo de Vide, pp. 5-31.
- Breisch, H. 1991. Le verger de châtaignier. *Infos-Ctifl Techniques (INRA)*, 76: 43-46.
- Carqueja, L., Rocha, J., Portela, J. e Portela, E. 1996. Da importância do castanheiro na Serra da Padrela – Estudo de caso em Redondelo. PDRITM II. UTAD, Vila Real.
- Casabianca, F. 1994. La producción de castaña en el mundo. Ensayo de análisis prospectivo. In: *Una Economía Ecológica - Los Aprovechamientos del Castaño como Instrumento de Desarrollo Local Sostenible*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, pp. 54 - 62.
- Choupina, A. e Silva, F. 1992. A importância alimentar da castanha. *Revista Portuguesa de Nutrição*, Vol. IV, Nº 3: 31-35.
- Fernandes, C. T. 1946. O castanheiro no distrito de Vila Real. *Boletim da Junta Nacional das Frutas*, Ano VI, Nº VIII - IX: 816-845.
- Fernandes, C. T., 1954. A castanha, sua importância económica e valor alimentar. *Publ. da Dir. Ger. dos Serv. Florestais e Aquícolas*, 21 (2): 37-53.
- Fernandes, C. T. 1966. A doença da tinta dos castanheiros. Dissertação para obtenção do grau de Investigador em Patologia Florestal. Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas. Centro de Investigações Florestais, Alcobça, pp. 7-95.
- Fernandes, C. T. 1970. Defesa e melhoramento do castanheiro - Aspectos fitopatológicos. *Estudos e Informação*. Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, 253: 1-27.
- Fernández de Ana Magán, F. J., Puerta Tricas, F., Traver, C., Colinas, C. e Rodríguez-Fernández, R. J. 1999. A loita contra o cancro do castiñeiro. In: *Congresso de Melhoramento Genético*. Associação Internacional de Estudantes de Agricultura (IAAS), UTAD, Vila Real, Livro de Resumos e Comunicações - Melhoramento Florestal, pp. 13-23.
- Gomes, A. L. 1982. Revisão crítica sobre a cultura do castanheiro em Portugal. Instituto Universitário de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Gomes, A. L., Abreu, C. G. e Castro, L. T. 1997. COLUTAD. Um clone de castanheiro com resistência à doença da tinta. NATO/SFS Programme III Po-chestnut. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Gomes Pereira, J. e Pinto de Abreu, C. 1987. O castanheiro em Portugal. Situação e perspectivas. *Gazeta das Aldeias*, Novembro, pp. 16-21.
- GPPAA 1998/99. Anuário Hortofrutícola. Gabinete de Planeamento e Política Agro-Alimentar. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Lisboa.
- GPPAA 2001, 2004 e 2005. Anuário Vegetal. Gabinete de Planeamento e Política Agro-Alimentar. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Lisboa.
- Guerreiro, M. G. 1956. Castanheiros. Alguns estudos sobre a sua ecologia e o seu melhoramento genético. *Publ. da Dir. Ger. dos Serv. Florestais e Aquícolas*, 23 (1): 6-103.
- Guerreiro, M. G. 1957. Castanheiros. Alguns estudos sobre a sua ecologia e o seu melhoramento genético. Dissertação para Provas de Agregação. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Guerreiro, M. G. e Fernandes, C. T. 1945. O castanheiro no distrito de Bragança. *Boletim da Junta Nacional das Frutas*, Ano V, Nº VII: 3-16.
- IMAIAA 1994. Anuário Hortofrutícola. Instituto dos Mercados Agrícolas e da Indústria Agro-Alimentar. Ministério da Agricultura, Lisboa.
- INE 1983, 1998, 2001, 2004 e 2005. Estatísticas Agrícolas. Instituto Nacional de Estatística, Lisboa.
- Jestin, Y. e Germain, E. 1986. Noix et châtaigne. Caractéristiques techniques de la production, matériel végétal, perspectives. *Infos-Ctifl (INRA)*, 26: 9-16.

- Marques, C. P. 1987. Áreas e produções dos soutos em Trás-os-Montes. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Paiva, J. 1990. O Castanheiro em Portugal. Ed. QUERCUS - Associação Nacional de Conservação da Natureza. Cadernos QUERCUS, Série A - Nº 4.
- Pimentel-Pereira, M. J. 1990. Contributo da análise biométrica do fruto e da folha para a caracterização e distinção de cultivares de *Castanea sativa* Mill.. Relatório de uma Aula Teórico-Prática. Provas de Aptidão Pedagógica e de Capacidade Científica. UTAD, Vila Real.
- Pimentel-Pereira, M. J., Castro, L. F. T., Pereira, L. S. e Torres-Pereira, J. M. G. 1999. Isozyme polymorphisms in Portuguese chestnut cultivars. *Acta Horticulturae*, 494: 283-286.
- Pires, D. R. 1991. Estudo prospectivo da produção de castanha no distrito de Bragança. Dissertação para a obtenção do grau de Professor Adjunto. Escola Superior Agrária – Instituto Politécnico de Bragança, Bragança.
- Portela, E. 1997. Práticas culturais nos soutos e a tinta do castanheiro. *Jornadas de Frutos Secos - Produção, Transformação e Mercados*, UTAD, Vila Real.
- Portela, E. e Portela, J., 1996. Práticas culturais em soutos da Padrela. PDRITM II. Departamentos de Edafologia e de Economia e Sociologia, UTAD, Vila Real.
- Portela, E., Martins, A. e Pires, A. L. 1998. Práticas culturais de limitação da tinta do castanheiro. NATO/SFS Programme III Po-chestnut e DRATM / PDRITM II - PIDDAC. Universidade de Trás-os- Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Rebelo, J. 1993. Alguns aspectos económicos da transformação da castanha. Comunicação pessoal. Acção de Divulgação no âmbito do Programa 5 – Missões de Produtividade do PEDIP. NERVIR / UTAD, Vila Real.
- Ron Tejado, J. A. 1994. El aprovechamiento tradicional de la castaña en la montaña asturiano-lucense. In: *Una Economía Ecológica - Los Aprovechamientos del Castaño como Instrumento de Desarrollo Local Sostenible*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, pp. 172-177.
- Vaz, M. 1988. Castanha - situação do mercado e perspectivas. IROMA.



4

O Castanheiro do ponto de vista botânico e ecofisiológico

José Gomes-Laranjo
Teresa Pinto
Rosário Anjos
António L. Crespi
Francisco Peixoto
Mário Pimentel-Pereira
João P. Coutinho
Jorge Ferreira-Cardoso
Luís Gomes-da-Costa
José Araújo-Alves
Santiago Pereira Lourenzo

4 - Taxonomia do castanheiro

4.1-Enquadramento taxonómico

José Gomes-Laranjo e António L. Crespi

O castanheiro europeu foi incluído no género *Castanea* em 1768, pelo botânico inglês Phillip Miller, passando a designar-se por *Castanea sativa* Mill. A designação *sativa* (que significa cultivado), advém do facto desta espécie ter tido uma grande influência do Homem na sua distribuição. Segundo Cronquist (1968), o castanheiro europeu apresenta o seguinte enquadramento taxonómico:

Reino	Plantae
Sub-Reino:	Embryophyta (Cornophyta)
Divisão:	Spermatophyta (Anthophyta)
Sub-Divisão:	Angiospermae (Magnoliophytina)
Classe:	Dicotyledonae (Magnoliopsida)
Sub-Classe:	Hamamelidae
Ordem:	Fagales
Família:	Fagaceae
Sub-Família:	Castaneoideae
Género:	<i>Castanea</i>
Espécie	<i>Castanea sativa</i>

A família Fagaceae é constituída por oito géneros, abrangendo cerca de 1 000 espécies, dentre os quais se destacam os géneros *Fagus*, *Quercus* e *Castanea*.

Dentro do género *Castanea*, conhecem-se treze espécies caracterizadas por portes de variada dimensão (Artaza, 1949; Cortizo *et al.*, 1996). Existem espécies de plantas do género *Castanea* com portes majestosos como *C. dentata*, *C. henry*, e *C. sativa* e outras de menor tamanho (15-20 m), como a *C. pumila* (var. *ozarkiensis* e var. *pumila*), *C. mollissima* e *C. crenata*. Até 10 m de altura conhecem-se a *C. floridiana*, *C. seguinii*, *C. ashei* e com porte arbustivo, a *C. davidii*, *C. alnifolia* e a *C. paucispina* (Figura 4.1).

É considerada uma das espécies com maior longevidade, podendo durar vários séculos ou até chegar ao milénio, só sendo suplantada por duas espécies: *Pinus aristata* que pode atingir os 4.500 anos e a *Sequoiadendron giganteum* dos grandes bosques das costas do Oceano Pacífico, que pode viver até aos 3.200 anos. Na Europa, ainda é possível encontrar castanheiros monumentais, quer pelas suas dimensões e imponência quer pela sua

longevidade, como o “O Castanheiro dos Cem Cavalos” na Ilha da Sicília, em Itália. Também em Portugal são conhecidos diversos castanheiros que merecem realce (Lage, 2005), estando muitos destes “monumentos vegetais” classificados como árvores de interesse público de que é exemplo o “Castanheiro de Lagarelhos” (Figura 4.2). Lage (2005) refere a existência de 22 “monumentos vegetais” dos quais apenas oito estão vivos.

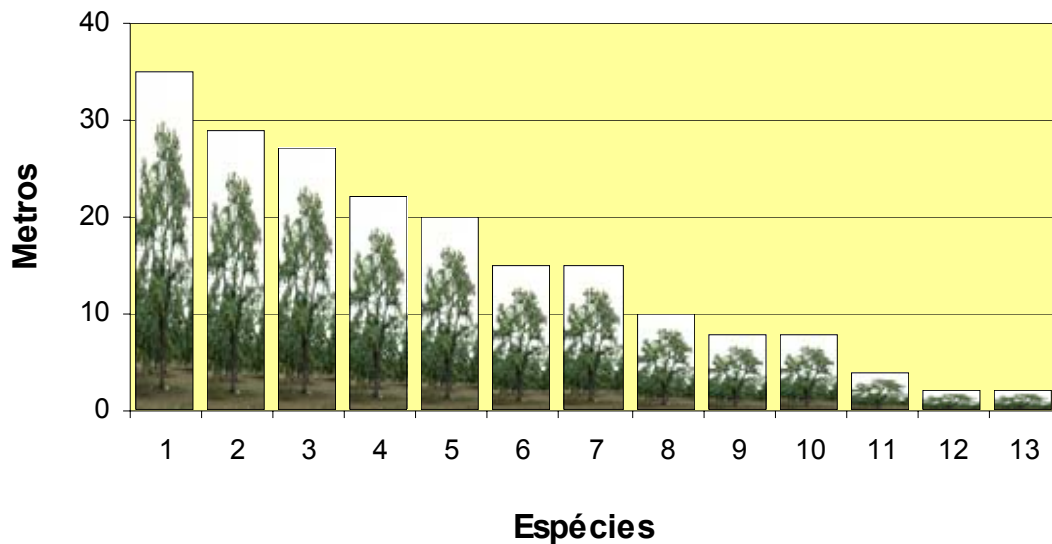


Figura 4.1 – Treze espécies de castanheiros que existem no Mundo com a altura média que alcança cada uma. 1- *C. dentata*, 2- *C. sativa*, 3- *C. henryi*, 4- *C. mollissima*, 5- *C. ozarkensis*, 6- *C. crenata*, 7- *C. pumila*, 8- *C. seguinii*, 9- *C. floridiana*, 10- *C. ashei*, 11- *C. davidii*, 12- *C. paucispina* e 13- *C. alnifolia* (adaptado de Cortizo *et al.*, 1996).



Figura 4.2- O milenar Castanheiro de Lagarelhos, na freguesia de Vilar d’Ossos, concelho de Vinhais, é uma árvore majestosa com cerca de 14 m de altura e 13 m de perímetro de copa.

O castanheiro está amplamente distribuído pelo Hemisfério Boreal, aparecendo sobretudo em três grandes áreas: na Europa, incluindo todos os países mediterrânicos, cultiva-

se o *C. sativa*, a Ásia (China, Coreia e Japão) é o lugar de origem geográfica de *C. crenata* e *C. mollissima* e a América Setentrional é a área de cultivo de *C. dentata* (Bounous, 2002). Todas as espécies são diplóides ($x = 12$; $2n = 24$). Os trabalhos de genética em *Castanea*, evidenciam uma elevada variabilidade graças à boa adaptação das plantas deste género às diferentes condições ambientais. Assim, as espécies apresentam entre si diferenças morfológicas e ecológicas bem evidentes quanto a hábitos vegetativos, dimensões, características do fruto e do lenho, adaptabilidade e sua resistência a factores edafoclimáticos e bióticos extremos que influenciaram a sua difusão ou regressão no tempo. Foi assim que o castanheiro americano (*C. dentata*) praticamente desapareceu dos EUA, em resultado de um fortíssimo ataque de cancro cortical, ou por exemplo na Europa e, particularmente em Portugal, o castanheiro sofreu uma regressão muito acentuada.

Ainda em Portugal, crê-se que inicialmente o castanheiro começou por ser cultivado nas regiões de clima temperado marítimo do Minho, tendo-se verificado ao longo dos tempos uma deslocação da sua área de implantação para a região interior, abrangendo o Centro e Norte de Portugal com clima temperado continental. Daí encontrar-se no Minho uma riqueza toponímica relacionada com a família linguística do castanheiro (Vieira, 1987).

4.1.1- Caracterização taxonómica do género *Castanea*

O género *Castanea* tem alguns caracteres morfológicos com valor taxonómico. Apresenta-se de seguida uma chave dicotómica para identificação das diferentes espécies deste género, baseada nas características da folha (forma, tipo de dentes marginais, existência de pubescência e presença de estípulas) e número de frutos por ouriço.

- | | |
|--|-------------------|
| 1a. Folhas glabrescentes, geralmente com a pilosidade concentrada nas margens, por vezes as nervuras podem apresentar pilosidade nas folhas jovens | 2 |
| 1b. Folhas com a face abaxial pubescente | 3 |
| 2a. Dentes das folhas patentes, não curvados; involúcro com 1 fruto; ápices dos limbos longamente acuminados e bases arredondadas a truncadas. Centro e Oeste da China | <i>C. henryi</i> |
| 2b. Dentes das folhas curvados; involúcro com 2-3 frutos; ápices dos limbos curtamente acuminados e bases arredondadas a acunheadas. América do Norte | <i>C. dentata</i> |
| 3a. Árvores | 4 |
| 3b. Arbustos, por vezes pequenas árvores | 6 |

- 4a. Estípulas das folhas auriculadas Castanheiro Chinês (*C. mollissima*)
- 4b. Estípulas das folhas lanceoladas 5
- 5a. Folhas com as margens serrado-dentadas, com vales arredondados entre os dentes
Castanheiro Europeu (*C. sativa*)
- 5b. Folhas com as margens crenado-dentadas, com vales agudos entre os dentes
Castanheiro Japonês (*C. crenata*)
- 6a. Invólucro com 2-3 frutos. Asiático, Centro e Leste da China *C. seguinii*
- 6b. Invólucro com 1 fruto. América do Norte *C. pumila*

Castanea crenata Sieb. et Zucc. (*Castanea chinensis* Hassk., *C. japonica* Bl., *C. pubinervis* Schneid., *C. stricta* Sieb. et Zucc., *C. vesca* Bl., *Fagus castanea* Thunb.) - Mesofanerófito que chega a atingir os 15 m de altura; o ritidoma do tronco e ramos tem a cor da canela, sendo os ramos adultos pubescentes; folhas oblongo-lanceoladas a elípticas, podendo ter um pouco mais de 15 cm (até 16 cm) de comprimento e 3,5 cm de largura, com 10-20 pares de nervuras e margens crenado-serradas, curtamente aristadas, ápices do limbo acuminados e bases arredondadas, pubescentes e glandular-lepidotas na face abaxial; estípulas lanceoladas (até 15 mm de comprimento); flores masculinas em amentilhos que medem entre 7 e 20 cm de comprimento; as femininas em inflorescências com 1-3 flores; infrutescências com 2-3 frutos; ouriços revestidos por brácteas com 1 a 1,5 cm, frutos com invólucro piloso no ápice; $2n = 22, 24$.

Castanea seguini Dode (*Castanea crenata* Henry, *C. davidii* Dode, *C. hupehensis* Dode) - Micro ou mesofanerófitos que atingem os 10 m; com ritidoma rugoso e cinzento, bem como ramos com placas brancas ou esbranquiçadas; folhas elíptico-oblongas a lanceolado-oblongas, com comprimento que nunca excede os 15 cm e largura ≥ 4 cm, margem crenado-serrado, ápices dos limbos acuminados e bases arredondadas a acunheadas, lepidoto-glandulosas na face abaxial; flores em amentilhos masculinos com comprimento até 15 cm; os invólucros das infrutescências apresentam as espinhas vilosas, encerrando geralmente 2-3 frutos; $2n = 24$.

Castanea sativa Mill. (*Castanea castanea* Karst., *C. vesca* Gaertn., *C. vulgaris* Lam., *Fagus castanea* L.) - Meso ou megafanerófitos, que chegam a atingir os 40 m de altura; ritidoma cinzento com fendas longitudinais; ramos glabros; folhas oblongo-lanceoladas com comprimento > 10 cm e < 25 cm, bem como largura < 10 cm, com a margem dentada (com dentes aristados) e os vales internodais arredondados, ápices dos limbos de agudos a acuminados, com glândulas lepidotas na face abaxial; flores masculinas em amentilhos ≤ 20 cm; flores femininas em cimeiras de 3; os invólucros das infrutescências com espinhos ramificados, com 2-3 frutos; $2n = 22, 24$.

Castanea pumila (L.) Mill. (*Castanea alnifolia* Nutt., *C. ashei* Small., *C. nana* Ell., *C. ozarkensis* Ashe, *Fagus pumila* L., *F. chikcapin* Bartr.) - Microfanerófitos com altura máxima de 8 m; ramos tomentosos; folhas oblongo-ovadas a elíptico-oblongas, com comprimento < 15 cm e largura < 8 cm, com as margens serradas ou com dentes reduzidos a cílios, ápices do limbo agudos ou curtamente acuminados e bases arredondadas ou acunheadas, esbranquiçado-tomentosas na face abaxial; amentilhos masculinos com comprimento máximo de 15 cm; inflorescência feminina em cimeiras compactas, geralmente com 3 flores; infrutescências com 1 fruto; $2n = 24$.

Castanea mollissima Bl. (*Castanea bungeana* Bl., *C. crenata* Henry, *C. duclouxii* Dode, *C. formosana* Hayata, *C. hupehensis* Dode, *C. vesca* Bunge, *C. vulgaris* Hance, *Castanopsis yunnanensis* Lév.) - Mesofanerófitos até 20 m de altura; ritidoma cinzento e com fendas profundas; ramos glabros, com placas esbranquiçadas; folhas oblongo-lanceoladas a elíptico-lanceoladas, com comprimento ≤ 20 cm e largura < 8 cm, pecíolos com 1 a 2 cm comprimento; margens serradas e limbos com ápices acuminados e bases arredondadas a truncadas, pubescentes na face abaxial (sem glândulas lepidotas); estípulas auriculadas; comprimento dos amentilhos masculinos < 15 cm; infrutescências com 2-3 frutos e espinhos pubescentes; $2n = 24$.

Castanea henryi (Skan) Rhed. et Wils. (*Castanopsis henryi* Skan, *Castanea fargesii* Dode, *C. sativa* Skan, *C. vilmoriana* Dode) - Meso ou megafanerófitos que chegam a atingir os 30 m; ritidoma cinzento com fendas profundas; ramos glabros, com placas esbranquiçadas; folhas oblongo-ovadas a lanceoladas, com comprimento até 22 cm e largura ≥ 5 cm, 12-16 pares de nervuras, margem dentada, ápices dos limbos

acuminados e bases truncadas a arredondadas; estípulas lineares; comprimento dos amentilhos masculinos até 22 cm; flores femininas isoladas ou em cimeiras de 2 flores; infrutescências com 1 fruto; $2n = 24$.

Castanea dentata (Marsh.) Borkh. (*Fagus-castanea dentata* Marsh., *Castanea americana* Raf., *C. vesca* Willd., *Fagus castanea* Wang.) - Meso ou megafanerófitos que chegam a atingir os 40 m de altura; ritidoma cinzento e rugoso; ramos glabros, com placas esbranquiçadas; folhas oblongo-lanceoladas, com comprimento ≤ 25 cm e largura ≥ 4 cm, margem dentado-serrada, ápices dos limbos acuminados e bases acunhada a arredondada; estípulas ovado-lanceoladas; comprimento dos amentilhos masculinos até 20 cm; flores femininas isoladas ou em cimeiras de 2 flores; infrutescências com 2-3 frutos; $2n = 24$.

4.1.2-O castanheiro japonês (*Castanea crenata* Sieb et Zucc.)

É a espécie mais importante da castanhicultura nipónica, como pode ser testemunhado pelos achados arqueológicos da civilização nipónica (1000 a 4000 a.C.), estendendo a sua área de influência até à Península da Coreia e Nordeste da China (Bounous, 2002).

No Japão é cultivado na região compreendida entre os arrozais e a floresta de coníferas, em solos férteis de origem vulcânica recente, privilegiando o clima temperado com Invernos não muito rigorosos e precipitação elevada (1.200-1.400 mm/ano) com incidência no período estival. Na parte Sul do Japão, onde ocorre bastante precipitação no Verão e o Invernos não é muito rigoroso, podem ser encontrados castanheiros até 1.300 m altitude (Bounous, 2002).

De acordo com Bounous e Beccaro (2002), o castanheiro japonês é mais exigente em termos climáticos e no tipo e fertilidade do solo, que o castanheiro europeu. É bastante sensível à secura estival apresentando fraco crescimento nos terrenos menos férteis. Também não resiste muito bem ao frio invernal, sendo igualmente sensível às geadas tardias de Abril e Maio, devido à sua precocidade na entrada em actividade vegetativa.

É uma árvore relativamente baixa, raramente ultrapassando os 8 a 10 m de altura. Forma copados bastante abertos (Figura 4.3), apresentando forte tendência para o rebentamento de touça e conseqüente aparecimento de árvores com vários troncos (Sumida *et al.*, 2002).



Figura 4.3- Exemplar de *C. crenata* plantado em 1876 em Old Lyme, Connecticut (Anagnostakis, 2000)

Nos castanheiros adultos a casca do tronco é escura apresentando fendilhamento longo, irregular mas profundo. Os ramos são intensamente bifurcados, longos, com orientação bastante horizontal. Os gomos são pequenos de forma ovóide, glabros, brilhantes com cor castanho-escuro.

A folhagem (Figura 4.4) apresenta tonalidade verde mais escuro na parte superior da copa, enquanto nas camadas inferiores, onde chega menos radiação, a sua cor é mais clara aparecendo com frequência folhagem glabra. Esta tendência, que é natural em qualquer árvore, assume nesta espécie particular evidência, devido ao seu porte bastante aberto, permitindo uma melhor exposição solar da copa, mas ao mesmo tempo levando ao aparecimento de zonas de sombra mais extensas nas camadas inferiores.



Figura 4.4- Folhas e ouriços em ramos de *C. crenata* (Suehiro, 2007).

A floração é relativamente precoce e abundante nesta espécie (Figura 4.5), aparecendo ao terceiro ou quarto ano tal como as primeiras castanhas, com os ouriços numa posição mediana contrariamente ao que sucede com o castanheiro europeu, cujos ouriços surgem na extremidade dos ramos do ano. A floração ocorre entre Abril e Junho, dependendo das condições climáticas (Flora of China, 2007).



Figura 4.5- Aspecto da floração masculina (Suehiro, 2007).

A sua maturação é bastante precoce, ocorrendo entre finais de Setembro e inícios de Outubro. Esta espécie caracteriza-se por produzir frutos grandes, que podem chegar a pesar cerca de 30 g cada, (33 frutos por kg), com uma ampla cicatriz basal e um aspecto listado na parte mediana do fruto (Figura 4.6). Apresenta produções muito abundantes, desde que as árvores se encontrem em condições de crescimento favoráveis. Contudo, as castanhas são pouco doces, podendo mesmo ser adstringentes e de difícil descasque. As variedades com maior calibre são “Ishizuki”, “Tsukuba”, “Tanzawa” e “Ginyose”, que no entanto na Europa produzem calibres menores, aspecto que sugere a necessidade de uma ponderada utilização desta espécie em larga escala neste continente (Bounous, 2002; Bounous e Beccaro, 2002).



Figura 4.6- Amostra de castanhas de *C. crenata* (Hodge, 2007).

O castanheiro japonês, quando cultivado como essência florestal, fornece uma madeira bastante apreciada para construção e marcenaria.

Esta espécie constitui uma das maiores fontes de resistência à *Phytophthora* sp. (responsável pela doença da tinta) e, por isso, é bem conhecida da castanhicultura europeia, dado que aparece frequentemente incluída em programas de hibridações com o castanheiro europeu com vista à criação de plantas resistentes à tinta como sucedeu com os programas de melhoramento iniciados em meados do século XX.

Uma boa parte dos mais importantes castanheiros híbridos *C. crenata* x *C. sativa* e vice-versa, que foram produzidos com o objectivo da aquisição de resistência à tinta, tiveram origem no INRA, nomeadamente “Bouche Bétizac”, “Bournette” e “Marlhac”, usados como variedades, e ainda “Maraval”, “Marigoule”, “Marsol” e “Precoce Migoule” usados como produtor directo ou como porta-enxerto. Estes híbridos são mais precoces e vigorosos que *C. crenata*. As castanhas são de bom calibre, pouco compartimentadas, e de maturação mais precoce que o castanheiro europeu, sendo o seu consumo aconselhável quer em fresco, quer para transformação. Preferem baixas altitudes, zonas sem geadas tardias e solos profundos (Bounous e Beccaro, 2002).

O castanheiro japonês é igualmente muito resistente ao cancro (Anagnostakis *et al.*, 2002; Anagnostakis, 2005).

4.1.3-O castanheiro chinês (*Castanea mollissima* Blume)

Como o próprio nome sugere, esta espécie é originária da China, ocupando quase exclusivamente as áreas de castanheiro neste vasto país, restando apenas uma parte no nordeste onde vegeta o castanheiro japonês.

Face à grandiosidade deste país e inerente diversidade climática, esta espécie vegeta em latitudes entre 18°N e 41°N e em altitudes tão diversas como as que vão desde os 50 até aos 2.800 m, podendo assim crescer em climas tão diferentes como o sub-tropical, temperado continental e temperado marítimo, com Invernos suaves e precipitação média anual elevada (> 1.000 mm) (Bounous, 2002).

O castanheiro chinês possui uma enorme diversidade genética, contrariamente ao castanheiro americano. Esta variabilidade resulta, porventura, da grande diversidade climática das regiões onde se desenvolve, havendo ainda muito a explorar dentro desta espécie, apesar de já estarem identificadas mais de 300 populações, das quais apenas cerca de 50 são cultivadas (Bounous, 2002; Dane *et al.* 2003; Huang *et al.* 1993). As populações originárias

das zonas subtropicais produzem frutos maiores que as das zonas mais frias do norte do país. Algumas das melhores populações são a “Quinza”, “Duanza” e “Jiaoza” (Bounous e Beccaro, 2002).

As árvores desta espécie são de média dimensão (cerca de 20 m altura), posicionando-se entre o castanheiro europeu e o castanheiro japonês, mas aproximando-se mais do perfil do europeu. O castanheiro chinês tende naturalmente a formar vários troncos (Figura 4.7), embora quando podado possa crescer perfeitamente com apenas um tronco. As suas copas apresentam grande tendência para ramificação a baixa altura, formando estruturas arredondadas, com densidade moderada, bastante uniformes e com forte tendência para o aparecimento de ramos pendentes, que se acentua sobretudo com a frutificação (Craddock e Bassi, 1998; Gilman e Watson, 1993), levando mesmo à necessidade de podas quando as árvores se encontram em locais de passagem. Na opinião de Gilman e Watson (1993), a poda é necessária para que a árvore desenvolva uma boa estrutura, sendo os seus ramos resistentes à quebra. Os ramos são de cor castanha e ligeiramente pubescentes. As folhas apresentam uma disposição alternada nos ramos e são bastante espessas e glabras (Figura 4.7) (Flora of China, 2007).



Figura 4.7- Aspectos morfológicos de *Castanea mollissima* (Seiler *et al.*, 2006).

De acordo com Craddock e Bassi (1998), as variedades desta espécie parecem ser menos tolerantes à transplantação do viveiro para o campo, do que as provenientes de *C. sativa*.

Produz amentilhos com grande quantidade de pólen (Figura 4.7), ocorrendo a sua floração florescendo em Abril e Junho (Flora of China, 2007). Quando em plena floração liberta um forte odor, que na opinião de Gilman e Watson (1993) pode ser incomodativo para certas pessoas. A frutificação pode ocorrer ao segundo ano nas populações subtropicais, enquanto nas restantes se verifica ao terceiro ano.

Em conformidade com a variabilidade climática, também as épocas de maturação são distintas, podendo variar desde Agosto até Novembro (Bounous, 2002). Os ouriços são revestidos de densa camada de espinhos com tonalidade verde clara. Os frutos de cor castanha escura e de forma globosa ou elíptica, apresentam uma densa cobertura de pilosidades na parte superior e uma ampla cicatriz basal. Encerram uma castanha não fendilhada, amarela, fácil de descascar, de textura densa e mais rica em açúcares e proteínas de que os castanheiros europeu e japonês (Craddock e Bassi, 1998; Bounous, 2002), mas consideradas por Gilman e Watson (1993) “...não tão doces quanto os frutos do castanheiro americano”. São de pequeno calibre (Figura 4.8), pesando menos de 15 g e entre 15 a 20 g, os das variedades das regiões mais frias e subtropicais, respectivamente.



Figura 4.8- Frutos de *Castanea mollissima* (William S. Justice @ USDA-NRCS PLANTS Database).

De acordo com Bounous (2002), esta espécie cresce bem em solos desde textura média e grosseira, bem drenados e arejados. Vegeta bem em solos com pH 5,0 a 7,5, tendo alguma tolerância ao calcário activo, e requerendo níveis médios de fertilidade. Apresenta uma tolerância moderada à secura, mas não tolera solos salinos. Necessita de um mínimo de 180 dias de frio e uma temperatura mínima de crescimento de cerca de -6°C . Prefere encostas soalheiras e é tida como intolerante aos ambientes sombrios (USDA-NRCS, 2007). Gilman e

Watson (1993) consideram-na como uma espécie com boas aptidões para ocupação de espaços verdes, mas há que ter em atenção a baixa altura das suas copas. Dada a relativa pequena dimensão das suas árvores, pode ser plantada em alta densidade.

Segundo Bounous e Beccaro (2002), é a espécie mais resistente ao cancro, apresentando igualmente resistência à tinta do castanheiro.

4.1.4-O castanheiro americano (*Castanea dentata* Borkh. (Marshall))

O castanheiro americano, conforme refere Anagnostakis (2005) é, pela sua estatura, uma espécie fundamentalmente com aptidão florestal (Figura 4.9), apresentando um crescimento rápido, com tronco bastante erecto, porte majestoso podendo facilmente atingir os 30 a 40 m de altura.

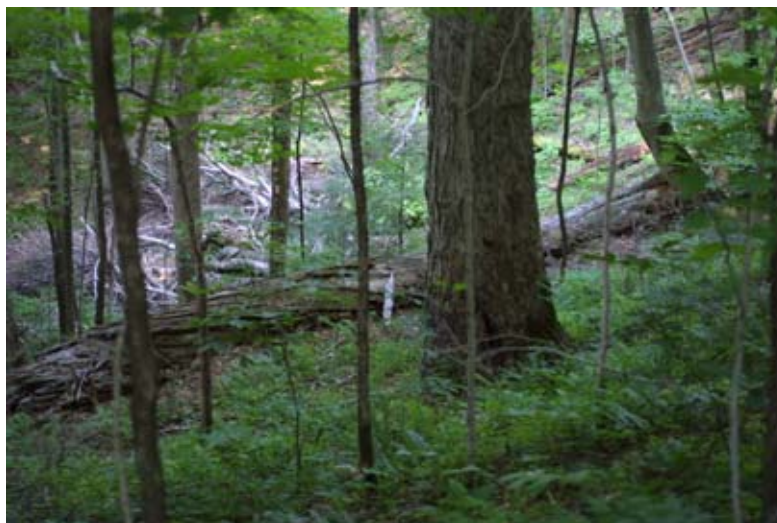


Figura 4.9- O castanheiro americano é uma árvore de aptidão essencialmente florestal, como se pode observar pelo seu porte esguio (Baskauf, 2002).

Ocupando uma vasta área na zona Este dos EUA, ao longo das Montanhas dos Apalaches, foi protagonista daquele que é conhecido até hoje como o maior desastre ecológico florestal, o cancro cortical causado pela *Cryphonectria parasitica*, que praticamente fez desaparecer o castanheiro da Costa Leste dos EUA (Figura 4.10) (Southgate, 2004). Um outro aspecto que terá sido importante no avanço da doença foi o facto do castanheiro americano apresentar pouca variabilidade genética entre as suas populações. O castanheiro americano é a espécie do género *Castanea* que apresenta melhor resistência ao frio.

Os genótipos da área setentrional podem resistir até cerca de -35°C . Dado que é de floração bastante tardia na Primavera, as suas flores só muito raramente são destruídas pelas geadas tardias como acontece com a noqueira e o carvalho.

Os gomos são pequenos, acumeados, glabros com cor castanha e geralmente inseridos obliquamente no ramo. As folhas têm forma e dimensão semelhantes ao castanheiro europeu (*C. sativa*), glabras ou pubescentes, pecíolo bastante curto, com margens serradas de forma grosseira, apresentando tonalidade verde clara (Figura 4.11). Os ramos são de secção circular e têm cor castanha bastante escura (Bounous, 2002).

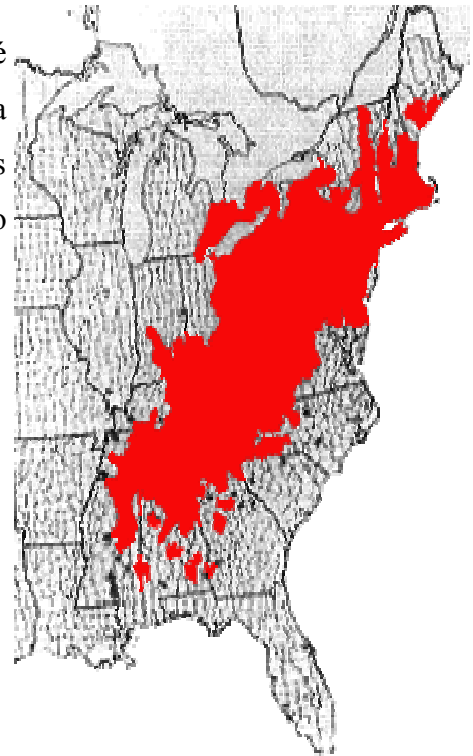


Figura 4.10- O cancro atacou uma vasta área de castanheiro da Costa Leste dos EUA, desde o Mississippi (parte sul) até ao Maine (no norte) (Seiler et al., 2006).



Figura 4.11- Aspectos morfológicos de *Castanea dentata* (Seiler et al., 2006).

Os ouriços são revestidos por uma camada de brácteas espinuladas com 2 a 3 cm de comprimento por 0,5 mm de espessura, aparecendo frequentemente mais de três frutos em cada (Morgan, 2007). Estes são apresentados com pubescência, que pode atingir cerca de um a dois terços da sua superfície (Figura 4.12); são doces, possuem um baixo teor proteico (NRCS, 2007), não são adstringentes, descascando-se com facilidade, mas são relativamente pequenos (150-300 frutos por kg). A sua maturação ocorre em Novembro.



Figura 4.12- Frutos de *Castanea dentata* (William S. Justice @ USDA-NRCS PLANTS Database)

O castanheiro americano adapta-se bem a solos de textura média, com boa drenagem e arejamento e com níveis médios de fertilidade. Adapta-se a solos com pH baixo (pH 3,5 a pH 6,0), não é tolerante a solos alcalinos, nem a solos com calcário activo, nem à salinidade. Precisa de 150 dias de frio, sendo a temperatura mínima de crescimento de cerca de -8°C. É moderadamente resistente à secura e não é tolerante a ambientes sombrios (USDA-NRCS, 2007).

4.1.5-*Castanea pumila* (L.) Mill.

Também conhecida por chinquapin e, algumas vezes, apelidada de castanheiro anão ou arbustivo, trata-se de um arbusto ou pequena árvore encontrada vulgarmente no Este, Sul e Sudeste dos EUA (Estado da Pensilvânia). Caracteriza-se por produzir um fruto por ouriço, abrindo estes em duas metades. Alguns taxonomistas e geneticistas separam esta espécie em oito ou mais variedades com base na forma de crescimento, anatomia foliar, características dos ouriços, habitat e susceptibilidade ao cancro. No entanto, a sua caracterização é ainda bastante rudimentar. Assim, dentro desta espécie estão já classificados: *C. pumila* (L.) Mill., *C. ozarkensis* Ashe, *C. ashei* (Sudw.) Ashe, *C. alnifolia* Nutt., *C. floridana* (Sarg.) Ashe, *C. paucispina* Ashe, *C. arkansana* Ashe e *C. alabamensis* Ashe. Alguns taxonomistas, como

Tucker e Johnson cit. por Payne *et al.* (1993) reduziram este *taxum* apenas a *C. pumila* que inclui duas variedades: *C. pumila* var. *ozarkensis* e *C. pumila* var. *pumila*.

As plantas desta espécie não são cultivadas, encontrando-se fundamentalmente em ambientes naturais, constituindo importante fonte de alimento para muitos animais selvagens. É frequentemente plantado em zonas de menores recursos alimentares para permitir o fornecimento de alimento a esquilos, veados, codornizes, etc. Estas plantas podem também ser plantadas em espaços verdes (USDA-NRCS, 2007).

Forma plantas arbustivas de grandes dimensões, ou árvores pequenas até cerca de 8 m de altura, formando densas copas quando cultivado em locais soalheiros (Seiler *et al.*, 2006). Adapta-se bem a solos de textura média e grosseira, com pH 4,5 a 7,5, e é medianamente tolerante a solos calcários. Pouco exigente em termos de fertilidade do solo, apresenta uma elevada resistência à secura, mas não tolera solos salinos. É tolerante a locais sombrios, necessitando de um mínimo de 150 dias de frio e parando o seu crescimento a temperaturas inferiores a -6°C (NRCS, 2007).

O abrolhamento ocorre entre finais de Março e inícios de Abril. As folhas (Figura 4.13) têm disposição alternada ao longo dos ramos pubescentes. A floração inicia-se após o aparecimento das primeiras folhas, surgindo dois ou três tipos de flores e inflorescências nas axilas das folhas. Formam-se os amentilhos unisexuais junto da base dos ramos e os amentilhos bissexuais (contendo flores masculinas e femininas) junto da parte terminal dos ramos. As flores femininas localizam-se na base destes amentilhos e as masculinas na extremidade. Ocasionalmente, os amentilhos bissexuais são substituídos por amentilhos femininos (Figura 4.14). Os ouriços localizam-se junto da base destes amentilhos bissexuais. O pólen dos amentilhos masculinos é libertado em inícios de Maio, enquanto as flores femininas dos amentilhos bissexuais estão receptivas durante a segunda semana de Maio, alguns dias antes das flores masculinas destes amentilhos libertarem o pólen, num processo de sequência de polinização designado por duodicogamia e hetero-duodicogamia. Raramente o chinquapin produz frutos por autopolinização, sendo necessária a polinização cruzada, embora sejam conhecidos casos de produção de frutos viáveis sem polinização, isto é, de apomixia (Payne *et al.*, 1993).



Figura 4.13- Aspectos morfológicos de *Castanea pumila* (Seiler *et al.*, 2006).



Figura 4.14- Aspectos dos amentilhos bissexuais de *Castanea pumila* podendo observar-se as flores masculinas na extremidade e as flores femininas na base (Payne *et al.*, 1993).

A maturação dos frutos ocorre em finais de Agosto no Sul dos EUA e em Setembro a Outubro nos castanheiros do Norte, podendo, quando as plantas crescem em condições favoráveis, frutificar ao fim do 2º ou 3º ano, embora as produções sejam diminutas. Uma planta com 6 anos em boas condições pode produzir 1.200 a 1.500 frutos (Payne *et al.*, 1993). De acordo com estes autores, os frutos desta espécie possuem um valor calórico de

4.736 cal/g de peso seco de miolo apresentando os seguintes valores médios de composição química: 5% gordura, 5% proteína, 40% amido e 50% água. Em média os seus frutos são muito pequenos, pesando cerca de 1 g cada (Bounous, 2002) (Figura 4.15).



Figura 4.15- Frutos de *Castanea pumila* (L.) Mill. (William S. Justice @ USDA-NRCS PLANTS Database).

As plantas desta espécie são susceptíveis à doença da tinta, mas apresentam tolerância ao cancro, sendo por isso bastante usadas em programas de melhoramento. No entanto, de acordo com Anagnostakis, cit. por Payne *et al.* (1993), os híbridos resultantes continuam susceptíveis ao cancro.

4.1.6-*Castanea seguinii* Dode

Espécie de origem chinesa, também conhecida como castanheiro anão, foi plantada nos EUA, a partir de inícios do Séc. XX como uma tentativa de substituição do castanheiro americano entretanto quase extinto pelo cancro (IPK Gatersleben, 2002).

As plantas desta espécie são arbustos ou pequenas árvores, parecendo ter pouca resistência ao cancro (Anagnostakis *et al.*, 2002; Anagnostakis, 2005). Esta espécie de floração precoce, com início na Primavera, mantendo-se durante toda a época vegetativa.

É usado nos programas de melhoramento devido ao seu pequeno porte. Os híbridos resultantes são interessantes como porta-enxerto ananicante, assim como pela característica da floração permanente (Anagnostakis *et al.*, 2002; Anagnostakis, 2005).

4.1.7-*Castanea Henryi* (Skan) Redher e Wilson

Conhecido pelo chinquapin chinês, é uma espécie usada na China para produção de madeira, resistente ao cancro e aparente resitência à vespa oriental (Anagnostakis, 2002, 2005; Bounous, 2002). É originário da China subtropical e temperada-quente. Tem um

crecimento rápido, podendo atingir os 30 m. Depois do *C. mollissima* é a espécie mais indicada para produção de madeira, produzindo frutos com 3 a 6 g cada.

4.1.8-O castanheiro europeu (*Castanea sativa* Mill.)

É a espécie cultivada na Europa, apresentando boa aptidão não só para a produção de fruto (Figura 4.16), mas também para a produção de madeira em castiçal de talhadia ou alto-fuste.

Esta espécie será estudada em detalhe nos capítulos seguintes.



Figura 4.16- Aspecto de um castanheiro europeu, cultivado, para produção de fruto.

Referências bibliográficas

- Anagnostakis, S.L. 2005. Chestnuts in the United States for food and for timber. *Acta Horticulturae*, 693:41-46.
- Anagnostakis, S. L. 2000. Revitalization of the majestic chestnut: Chestnut blight disease. The American Phytopathological Society. [on line] [www.apsnet.org/online/feature/chestnut/].
- Anagnostakis, S. L. 2001. Chestnut blight. Slide collection. The Mycological Society of America. [on line] [www.bsu.edu/classes/ruch/msa/description.html].
- Anagnostakis, S. L., Gordon, P e Herbard, F. V. 2002. Identification of american chestnut trees. Northern Nut Growers Association. [on line] [www.icserv.com/nnga/chsthrse.htm].
- Artaza, J. T. 1949. El castaño en España. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Madrid, Ministério da agricultura, 20 (48).
- Baskauf, S. 2002. *Castanea dentate*. Bioimages. Vanderbilt University. [on line] [www.cas.vanderbilt.edu/bioimages/frame.htm].
- Bounous, G. 2002. Il castagno. Italy, Edagricole.
- Bounous, G. e Beccaro, G. 2002. Chestnut culture: Directions for establishing new orchards. FAO-CIHEAM, Nucis-Newsletter 11: 30-34.
- BRCC Arboretum, 2007. American Chestnut Research Plot. Blue Ridge Community College Arboretum's. [on line] [www1.br.cc.va.us/murray/Chestnut/introduction.htm].
- Cortizo, E. V., Madriñan, M. L. V. e Madriñan, F. J. V. 1996. El Castaño. León, Edilesa.
- Craddock, J. H. e Bassi, G. 1998. Effect of clonally propagated interspecific hybrid chestnut rootstocks on short-term graft incompatibility with four cultivars of Italian "Marrone". *Acta Horticulturae* 494: 207-212.
- Cronquist, A. 1968. The Evolution and Classification of Flowering Plants. Boston, Houghton Mifflin.
- Dane, F., Lang, P., Huang, H. e Fu, Y. 2003. Intercontinental genetic divergence of *Castanea* species in eastern Asia and eastern North America. *Heredity* 91: 314-321.
- Fernandes, C. T. 1970. Defesa e Melhoramento do Castanheiro. Aspectos fitopatológicos. Estudos e Informação Vol. 253, Lisboa, Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas.
- Flora of China 2007. Flora of China. [on line] [www.efloras.org/flora_page.aspx?flora_id=2].
- Gilman, E. F. e Watson, D. G. 1993. *Castanea mollissima*, Chinese Chestnut. Institute of Food and Agricultural Sciences, Florida Cooperative Extension Service, University of Florida. Environmental Horticulture Department.
- Hodge, H.W. 2007. Flora of China. [on line] [flora.huh.harvard.edu/china/mss/images.htm].
- Huang, H., Dane, F. e Norton, J. D. 1993. Allozyme diversity in Chinese, Seguin and American chestnut (*Castanea* spp.). *Theoretical and Applied Genetics* 88(8): 981-985.
- IPK Gatersleben 2002. 'Mansfeld's Encyclopedia of Agricultural and Horticultural Crops. Hanelt, P. e IPK (eds.). [on line] [mansfeld.ipk-gatersleben.de/Mansfeld/Taxonomy/search_names-mf.htm].
- Lage, J. 2005. *Castanea*, uma dádiva dos deuses. Braga, Edição do autor.
- Morgan, M. 2007. So you think found an American chestnut tree? The American Chestnut Foundation. [on line] [http://www.acf.org/find_a_tree.htm].
- Payne, J. A., Johnson, G. P. e Miller, G. 1993. Chinkapin: Potential new crop for the south. In: Janick J. e Simon J. E. (eds.), New York, New crops. Wiley, 500-505.
- Seiler, J. R., Bailey, J. e Peterson, J. A. 2006. American chestnut. Virginia Forestry Department. [on line] [www.cnr.vt.edu/dendro/dendrology/syllabus/factsheet.cfm?ID=21].
- Southgate, E.W.B. 2004. Historical ecology of american chestnut (*Castanea dentata*). Conferência sobre "Restoration of american chestnut to forest lands". Livro de actas. North Carolina Arboretum, Asheville. [on line] [<http://chestnut.cas.psu.edu/nps.htm>]
- Suehiro, S. 2007. Botanic Garden. [on line] [www.botanic.jp/index.htm].
- Sumida, A., Terazawa, I., Togashi, A. e Komiyama, A. 2002. Spatial arrangement of branches in relation to slope and neighbourhood competition. *Annals of Botany* 89(3):301-310.
- USDA-NRCS. 2007. The Plants Database. National Plant Data Center, Baton Rouge, LA 70874-4490 USA. [on line] [plants.usda.gov].
- Vieira, J. A. 1987. Toponímia de Portugal Continental ligada ao Castanheiro. Castelo de Vide, Portalegre e Marvão, Encontro sobre Soutos e Castinçais (conservação, silvicultura e utilizações).

4.2 - Caracterização biológica: folha, caule, raiz, flor e fruto

Teresa Pinto, Rosário Anjos e José Gomes-Laranjo

O complexo corpo pluricelular de uma planta com sementes, como é o caso do castanheiro, resulta de uma especialização evolutiva, que conduziu ao estabelecimento de diferenças morfológicas e fisiológicas entre os vários tecidos e as diversas partes da planta, determinando o aparecimento do conceito de órgãos vegetativos: raiz, caule, folha, flor e fruto. (Moreira, 1983).

Os três primeiros órgãos distinguem-se uns dos outros pela distribuição dos tecidos vasculares e fundamentais.

O sistema vascular compreende o xilema (que transporta água e sais minerais) e o floema (que transporta substâncias orgânicas assimiladas ou sintetizadas durante a fotossíntese), constituindo o sistema de transporte da planta.

Por sua vez, os tecidos fundamentais englobam o parênquima, o colênquima e o esclerênquima.

O parênquima constitui o tecido fundamental em que se encontram incluídos todos os outros tecidos, especialmente o vascular. Considerando o corpo da planta como um todo, o parênquima constitui a base ou a origem da planta, pois os meristemas apicais e as células reprodutoras são de natureza parenquimatosa. O conteúdo protoplasmático das células parenquimatosas varia de acordo com a sua função. Assim, podem distinguir-se os seguintes tipos de parênquima: (a) assimilador ou clorofilino, localizado no mesófilo foliar, imediatamente a seguir à epiderme, onde a luz penetra com facilidade. A sua localização está de acordo com a sua função principal de fixação de CO₂ durante a fotossíntese (Paniagua *et al.*, 1998); (b) de reserva, cuja função é exercida por células muito diversas, situadas em vários órgãos das plantas. Encontram-se na medula, nos raios, na zona cortical e na feloderme de raízes e caules, nos rizomas, nos tubérculos, nas escamas dos bolbos e das sementes e na polpa de frutos carnudos (Moreira, 1983). As células parenquimatosas podem sintetizar e armazenar substâncias de reserva muito diferentes. O mesmo protoplasma pode armazenar uma ou mais classes de substâncias. Assim, nas células parenquimatosas podem encontrar-se substâncias ergásticas, como grãos de amido (Figura 4.17), proteínas (aleurona) ou lípidos (Esau, 1985) e água. Além das substâncias referidas, podem ser encontradas outras, se bem que mais raramente. É o caso dos taninos e substâncias minerais (Moreira, 1983) sob a forma

de cristais, na sua maioria de oxalato de cálcio (Figura 4.18); (c) aerífero ou aerênquima onde existem largos espaços intercelulares que permitem grande arejamento, por vezes continuamente da raiz até às folhas (Moreira, 1983); (d) vários tipos de células parênquimatosas que se consideram parte integrante de outros tecidos são o parênquima liberiano (acompanha o floema) e o parênquima lenhoso (acompanha o xilema).

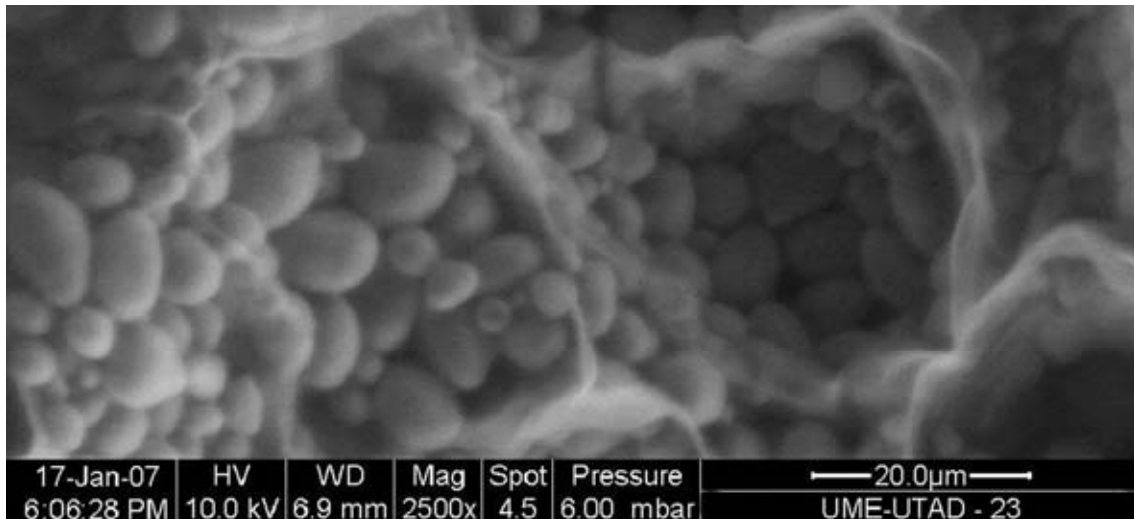


Figura 4.17 – Grãos de amido numa célula de parênquima de reserva de castanheiro.

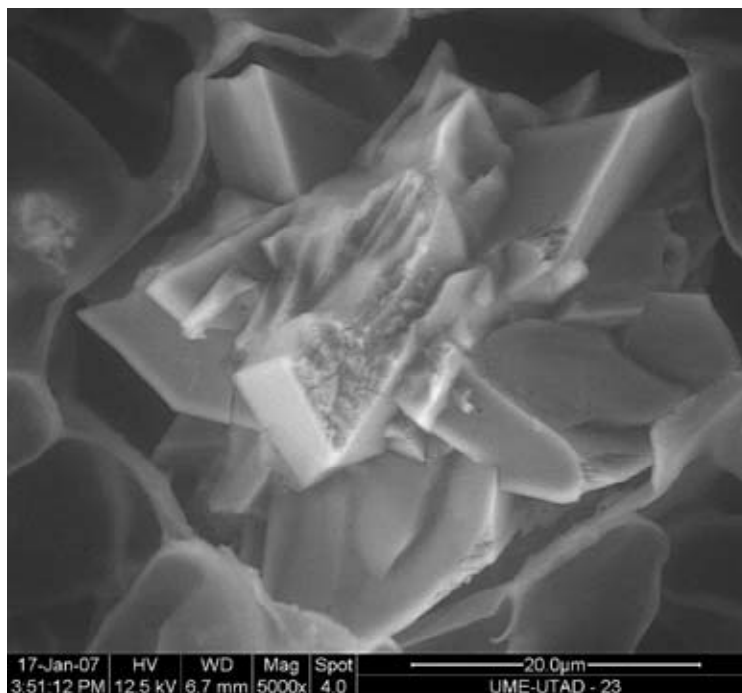


Figura 4.18 – Cristal de oxalato de cálcio numa célula de parênquima lacunoso no mesofilo da folha de castanheiro.

O colênquima é outro tecido fundamental. É um tecido simples com função de suporte, formado por células vivas, com paredes primárias espessadas por camadas ricas em celulose e substâncias pécicas, onde é frequente a presença de taninos (Fahn, 1974; Moreira, 1983).

O esclerênquima é também um tecido de suporte, constituído geralmente por células sem protoplasma, quando maduras, e com parede secundária muito espessada, lenhificada e elástica (Moreira, 1983). Este tecido é muitas vezes dividido em escleritos e fibras. Os escleritos são definidos, em regra, como células curtas, embora existam tipos de células alongadas, possuindo numerosas pontuações. Podem surgir em massa, formando uma camada contínua ou em camadas alternadas com fibras como no caule do castanheiro. As fibras são alongadas e com menor número de pontuações, podendo existir, também, fibras relativamente curtas. As fibras agrupam-se, formando cordões, retículos ou mesmo como que uma bainha cilíndrica, mais ou menos contínua.

4.2.1- Folha

O castanheiro é provido de folhas simples (Figura 4.19), com consistência sub-coriácea, dispostas de forma alterna com filotaxia de 2:5 ou 1:2, e nervação peninérvea, com cerca de 20 pares de nervuras secundárias, paralelas e irregularmente alternas, exibindo ondulações no espaço entre as nervuras primárias e secundárias, com as nervuras muito salientes na página inferior. São folhas caducas embora algo marcescentes, pecioladas, com o limbo oblongo-lanceolado, cujo vértice é agudo ou acuminado, com recorte marginal crenato-serrado ou serrado, apresentando dentes cuspidado-aristados no prolongamento das nervuras secundárias, subcordado a subtruncado na base do limbo, com 10 a 25 cm de comprimento e de 5 a 8 cm de largura. A coloração das folhas varia consoante as variedades, havendo sempre uma distinção entre a coloração (verde-escuro lustrosa) da página superior e a (verde-claro) mais pálida da inferior. As folhas exibem uma página inferior por vezes densamente pubescente, principalmente nas folhas mais jovens, junto das nervuras principais. O pecíolo é amarelado ou vermelho com cerca de 2,5cm de comprimento, apresentando duas estípulas curtas, largas e de base estreita, rapidamente caducas (Brio *et al.*, 1998, Gomes-Laranjo 1988, Guerreiro, 1957 e Humphries *et al.* 1996).

Em termos de anatomia interna, a característica principal do sistema vascular da folha é a estreita relação espacial entre os tecidos fundamentais, o xilema e o floema. O sistema vascular é, em geral, uma rede de feixes, vulgarmente denominados por nervuras, embebidos no sistema fundamental, o mesófilo, normalmente constituído por células de parede fina, contendo cloroplastos fotossinteticamente activos.



Figura 4.19- Aspecto da disposição alternada das folhas num ramo de castanheiro.

As folhas podem apresentar uma ou mais camadas de parênquima clorofilino em paliçada. As plantas pertencentes às regiões temperadas, que crescem em solos com grande disponibilidade de água (mesófilas), apresentam, geralmente, parênquima clorofilino em paliçada localizado na página superior ou adaxial e parênquima clorofilino lacunoso na página inferior ou abaxial. Uma folha com estas características, como é o caso do castanheiro (Figura 4.20), é denominada por dorsiventral ou bifacial (Esau, 1974).

De entre o conjunto das variedades estudadas, aquela que apresentou folhas com maior espessura foi a Martaínha, com 264,6 μm (Quadro 4.1), contrariamente às da Amarelais, com apenas 152 μm , o que representa uma variação de 58% e revela a importância deste parâmetro como um bom elemento indicador do potencial produtivo da variedade.

Observando o mesófilo foliar das folhas de castanheiro, infere-se que é um mesófilo heterogêneo e assimétrico, pela presença de parênquima clorofilino em paliçada associado à página adaxial e, parênquima clorofilino lacunoso adjacente à página abaxial (Figura 4.20). Assim, em corte transversal, pode ser observado o parênquima em paliçada formado por três filas de células, por vezes duas, conforme se trate de uma folha com exposição a Sul ou a Norte. As folhas com exposição a Sul têm uma espessura cerca de 20% superior às do lado Norte, sendo a razão entre as espessuras dos parênquimas em paliçada e lacunoso também maior nas folhas do lado Sul (1,35 e 1,12, respectivamente) (Gomes-Laranjo, 2001).

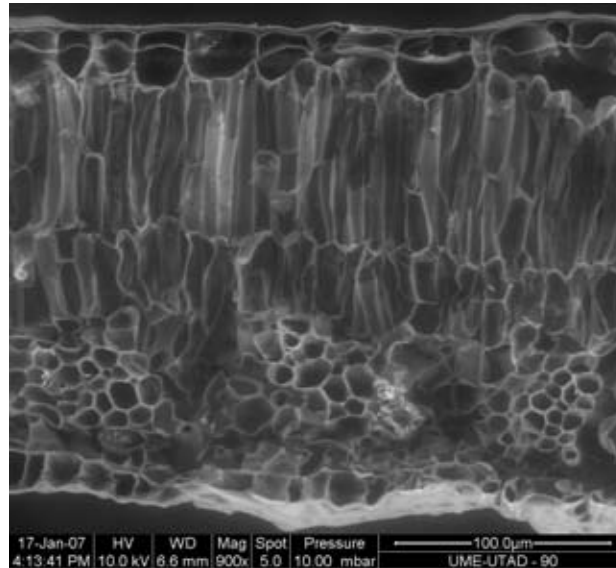


Figura 4.20 – Corte transversal do mesofilo da folha de castanheiro (ME).

As células do parênquima em paliçada são alongadas, com uma grande quantidade de cloroplastos, ficando os espaços intercelulares muito reduzidos. O parênquima lacunoso, apresenta células isodiamétricas de contorno irregular e o seu conteúdo citoplasmático é marcadamente vacuolar, pobre em cloroplastos. Neste parênquima, os espaços intercelulares são bastante maiores e em maior número, comparativamente ao parênquima em paliçada.

A espessura do parênquima em paliçada, que é o principal responsável pela capacidade fotossintética da folha, apresenta variações entre 68,9 μm e 129,6 μm , respectivamente na Amarelais e na Judia (Carrazedo de Montenegro), representando uma variação de 88% (Quadro 4.1). Quanto a este parâmetro pode ainda destacar-se a Martaínha cuja banda de células mede 121 μm , situando-se as restantes entre os 80 e 90 μm , aproximadamente. Em todas as variedades estudadas, o parênquima lacunoso é menos espesso que o parênquima em paliçada, embora na Judia (originária de Vinhais), a sua espessura seja muito semelhante (77,1 vs 75,7 μm , respectivamente). Em termos adaptativos, as menores diferenças entre as espessuras dos dois parênquimas, correspondendo a uma menor razão, são indicadoras de melhor adaptação da variedade a condições de sombra. O parênquima lacunoso, que tem como importante função a facilitação das trocas gasosas, entre as quais, a promoção da evaporação de água a partir das suas paredes celulares, conducente à transpiração, varia entre 47,8 μm na Lamela e 100,8 μm na Judia (Carrazedo de Montenegro).

No mesofilo foliar (Figura 4.21) e na nervura principal (Figura 4.22), podem ser, também, observadas células de parênquima lacunoso com cristais de oxalato de cálcio. Por análise de EDS - espectroscopia por dispersão de Raio - X, (Figura 4.23), a composição química dos cristais de carbonato de cálcio na folha de castanheiro é: Carbono - 49,9%; Oxigénio - 43,6%; Cálcio - 6,6%.

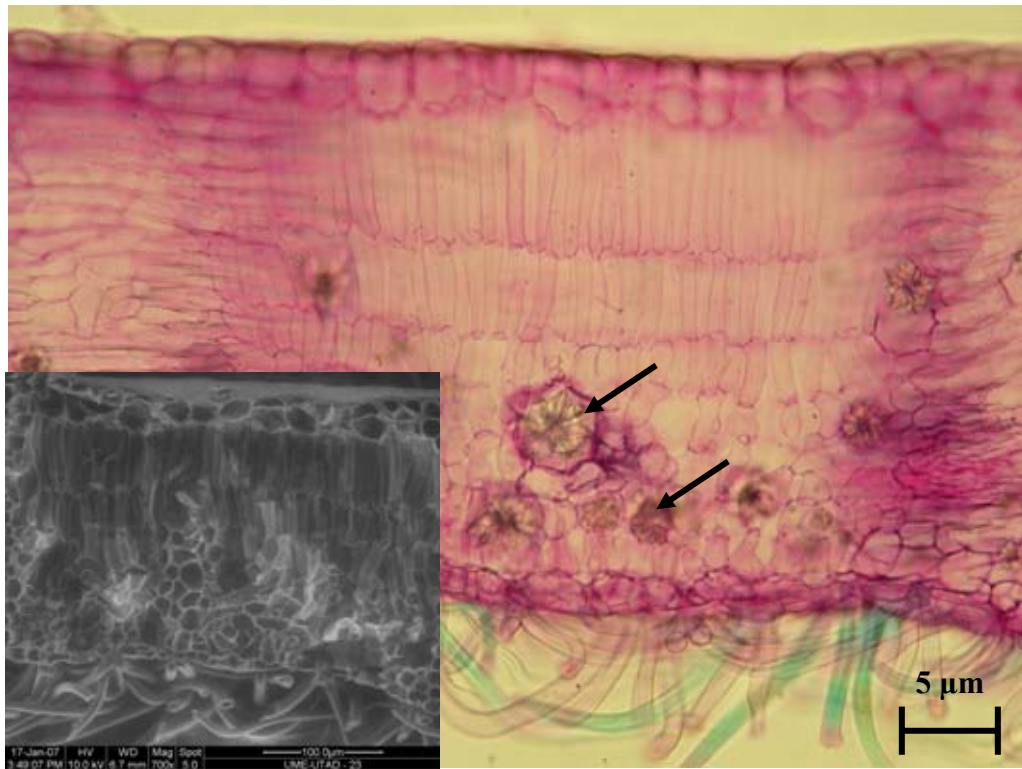


Figura 4.21 – Células de parênquima lacunoso com cristais de oxalato de cálcio (setas) no mesófilo da folha de castanheiro. Observa-se ainda a presença de tricomas na página abaxial do mesófilo (MO) e ME (inserida no canto inferior esquerdo).

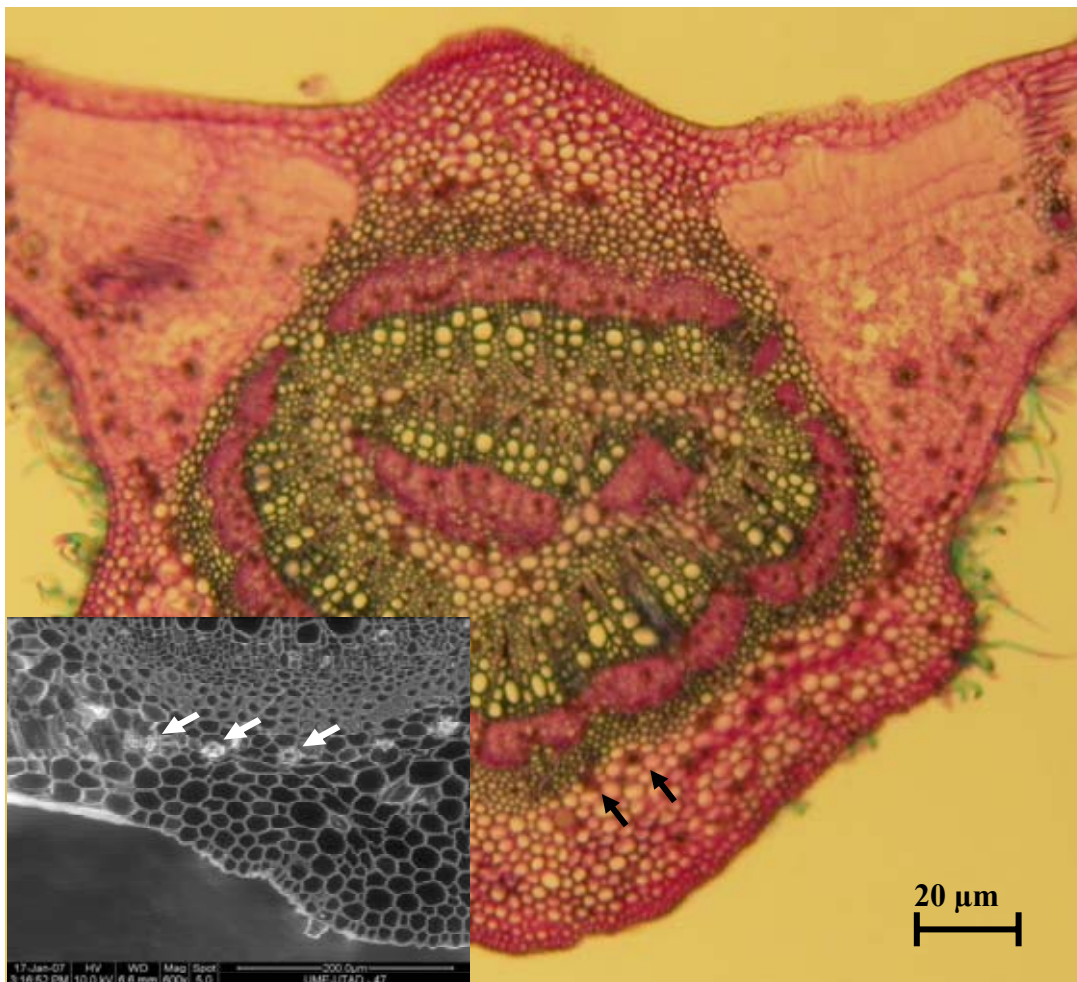


Figura 4.22 – Células de parênquima lacunoso com cristais de oxalato de cálcio (setas) na nervura central da folha de castanheiro (MO) e ME (inserida no canto inferior esquerdo).

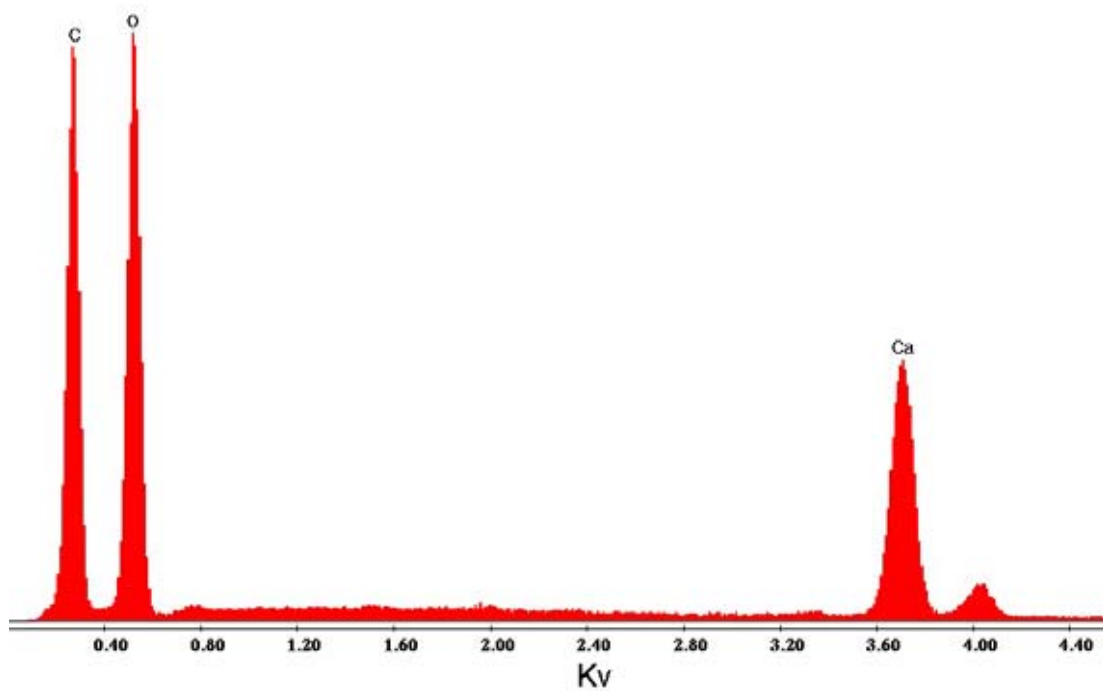


Figura 4.23 – Espectro de EDS de um cristal de oxalato de cálcio do mesofilo da folha de castanheiro.

O mesofilo está limitado pela epiderme adaxial e pela abaxial. Ambas são epidermes simples, isto é, constituídas por uma única camada de células, sendo as células da epiderme adaxial mais regulares do que as da epiderme abaxial.

As características biométricas médias do mesofilo e das células epidérmicas de diversas variedades portuguesas de castanheiro apresentam-se no Quadro 4.1.

A epiderme adaxial (superior) tem, na maioria das variedades, pelo menos o dobro da espessura que a abaxial. Aqui merece destaque, uma vez mais, a Judia (Carrazedo de Montenegro) cuja diferença é de apenas 19% (Quadro 4.1). A página superior das folhas de castanheiro que está orientada para as radiações solares, encontra-se assim mais exposta aos factores climáticos, pelo que neste lado a protecção terá que ser maior que no lado inferior da folha. A epiderme e cutícula daquele lado apresentam uma grande variação entre variedades, contrariamente à do lado inferior.

As nervuras secundárias estão distribuídas por todo o mesofilo e em grande número. As de maior diâmetro apresentam fibras a ligar o feixe às duas epidermes (Figuras 4.21 e 4.22) designando-se por extensão da bainha do feixe (Esau, 1974).

A espessura da nervura central, varia entre 879 μm na Longal (Carrazedo de Montenegro) e 1270 μm na Verdeal (Vila Real). Esta nervura desempenha uma função muito importante ao nível da condução da seiva xilémica para a folha, e, por sua vez, da seiva floémica da folha em direcção aos órgãos não fotossintéticos da planta, incluindo, obviamente os frutos.

Quadro 4.1 – Valores médios de algumas características biométricas das folhas de diversas variedades portuguesas de castanheiro (*C. sativa*) existentes no Banco de Germoplasma da UTAD.

Proveniência	Variedades	Epiderme adaxial (µm)	Epiderme abaxial (µm)	Parênquima paliçada (µm)	Parênquima lacunoso (µm)	Espessura total (µm)	Espessura nervura central (µm)	Área foliar (cm ²)
Carrazedo	Judia	18,4 b	12,8 ab	129,6 h	100,8 h	261,6 h	1080,0 cde	49,6 fghi
	Lada	22,2 bcde	10,0 a	81,1 bc	58,9 bcd	172,2 b	1063,3 cd	48,1 efgh
de	Longal	23,7 cdefg	15,5 bc	89,2 ef	68,0 e	196,4 g	878,9 a	50,7 ghi
	Negral	28,9 h	16,7 cd	93,3 f	54,4 b	193,3 fg	1066,7 cd	31,1 ab
Montenegro	Rebolão	28,9 h	10,0 a	86,7 cdef	67,8 e	193,3 fg	984,4 b	44,8 ef
	Verdeal	24,44 defg	12,2 a	90,0 ef	62,2 cde	188,9 efg	1255,6 j	52,8 hi
Padrela	Sousa	23,3 cdef	12,2 a	85,6 cde	62,2 cde	183,3 bcdef	1231,1 ij	27,2 a
	Martainha	28,8 h	13,3 ab	121,0 g	91,0 g	264,6 i	1168,0 gh	27,9 a
Penedono	Passa	24,4 defg	11,1 a	86,7 cdef	61,1 cde	183,3 bcdef	1198,9 hi	37,0 c
	Sousa	26,7 fgh	12,2 a	88,9 def	55,6 bc	183,3 bcdef	1035,6 bc	52,9 hi
Terras de	Amarelais	21,1 bcd	10,0 a	68,9 a	52,2 ab	152,2 a	1147,8 fg	54,6 i
	Misericórdia	28,9 h	10,0 a	88,9 def	65,6 de	193,3 fg	1035,6 bc	32,3 b
Vila	Benfeita	28,9 h	12,2 a	84,4 cde	61,1 cde	186,7 defg	1088,9 cde	51,1 hi
	Verdeal	27,8 gh	15,6 bc	82,2 bcd	53,3 ab	178,9 bcde	1270,0 j	38,3 cd
Real	Aveira	25,6 efgh	10,0 a	82,2 bcd	67,8 e	185,6 cdefg	1034,4 bc	43,1 de
	Boaventura	27,8 gh	10,0 a	80,0 bc	64,4 de	182,2 bcdef	1127,8 ef	39,4 cd
Vinhais	Judia	13,2 a	10,8 a	77,1 b	75,7 f	175,4 bcd	905,6 a	54,3 i
	Lamela	22,2 bcde	18,9 d	85,6 cde	47,8 a	174,4 bc	1105,6 def	64,9 j
	Trigueira	20,0 bc	10,0 a	85,6 cde	62,2 cde	177,8 bcde	1054,4 cd	45,8 efg

Médias com letras comuns não são significativamente diferentes (teste de Fisher, nível de significância 0,05)

Os tricomas são apêndices de formação epidérmica podendo ser unicelulares ou pluricelulares. Os unicelulares resultam do alongamento de uma célula epidérmica. Nos pluricelulares, depois do alongamento das células, dão-se várias divisões (Moreira, 1983). As paredes dos tricomas do castanheiro, da observação efectuada, são finas e celulósicas. As várias formas dos tricomas permitem a sua envolvência no desempenho de várias funções, nomeadamente, na diminuição da transpiração, protegendo a planta contra a secura, pela formação de uma camada de ar entre os tricomas e a superfície da epiderme; na protecção contra a iluminação excessiva; na defesa contra ataques de insectos e na atracção de animais polinizadores (Moreira, 1983).

Da observação das variedades portuguesas de castanheiro, registou-se a presença de tricomas não glandulares na epiderme da página abaxial do mesofilo foliar na variedade Martainha (Figura 4.21), o que está de acordo com a bibliografia que refere a presença de tricomas nas espécies *C. sativa*, *C. crenata*, *C. mollissima*, *C. dentata* e *C. alnifolia* (Cortizo *et al.*, 1996). Existe uma variabilidade acentuada no tipo, densidade e dimensões dos tricomas ou pêlos, registando-se diferenças entre e dentro da mesma variedade de castanheiro. Os tricomas não glandulares são mais abundantes nas folhas jovens do que nas folhas adultas (Cortizo *et al.*, 1996).

No castanheiro, os estomas estão localizados exclusivamente na página abaxial, pelo que são designadas hipoestomatosa (Figura 4.24).

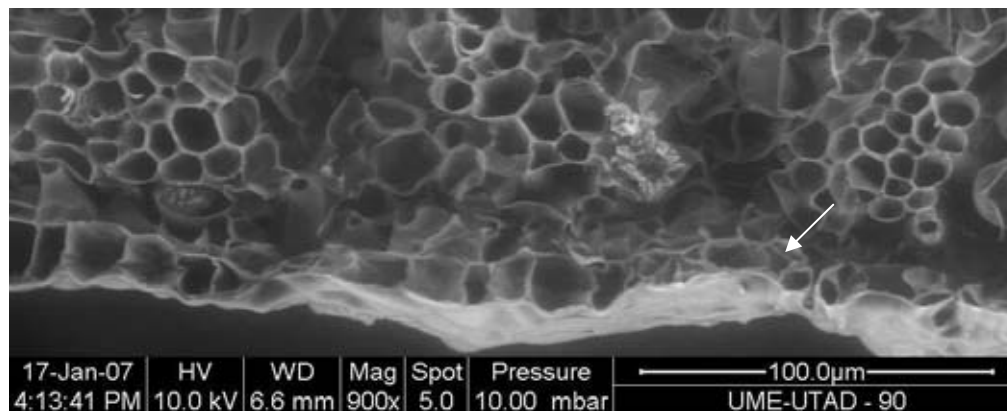


Figura 4.24 – Estomas na página abaxial do mesofilo da folha de castanheiro (ME).

A densidade estomática (número de estomas por mm^2) varia de espécie para espécie, mas também dentro da mesma espécie e da mesma folha. A densidade estomática é influenciada por factores ambientais e genéticos. Normalmente, as folhas de sol apresentam maior frequência estomática que as folhas de sombra. As plantas que crescem em solos com pouca disponibilidade hídrica e baixa humidade relativa do ar têm uma frequência estomática

inferior, relativamente a outras que crescem em solos húmidos e com elevada humidade relativa do ar (Cortizo *et al.*, 1996).

Duas das espécies de castanheiro asiáticas, *C. mollissima* e *C. crenata*, apresentam uma maior frequência estomática, 469 e 462 estomas/mm² respectivamente, do que as espécies *C. sativa* e *C. pumila*, 254 e 224 estomas/mm², respectivamente (Cortizo *et al.*, 1996). Deve aqui salientar-se a melhor adaptação destas espécies a condições edafoclimáticas com maior temperatura e radiação, indutoras de maiores taxas de transpiração, e requerendo, por isso, uma maior eficiência nas trocas gasosas entre a folha e a atmosfera. Observe-se que nas variedades portuguesas de Trás-os-Montes (Quadro 4.2) foram encontrados valores médios de densidade estomática bem elevados: entre 298 estomas/mm² na Aveleira até 428 estomas/mm² na Trigueira.

Quadro 4.2- Densidade média de estomas nas variedades transmontanas de castanheiro europeu (*C. sativa*). Amostragem realizada na parte média do limbo.

Local	Variedade	Estomas (mm ²)
Campeã	Bebim	367
	Benfeita	317
Carrazedo de Montenegro	Cota	345
	Lada	346
Vinhais	Negral	365
	Aveleira	298
	Boaventura	306
	Judia	381
	Lamela	361
	Trigueira	428

Como foi referido, a densidade estomática não é uniforme na folha. As espécies *C. sativa* e *C. pumila*, apresentam um número maior de estomas na zona média da folha, contrariamente à espécie *C. mollissima*, que apresenta maior densidade estomática na base da folha. Na espécie *C. crenata*, o maior número de estomas localiza-se na zona apical e vai diminuindo gradualmente até a base da folha (Cortizo *et al.*, 1996).

Quaisquer que sejam os tipos de células da epiderme, elas apresentam uma parede exterior, tendo em comum um revestimento contínuo de célula para célula, denominado por cutícula. A cutícula controla o movimento das substâncias do interior para o exterior da planta e em sentido inverso, exercendo controlo decisivo sobre o equilíbrio da água na planta. A sua função principal, reside na limitação da perda de água por transpiração.

Os feixes vasculares da folha são normalmente denominados por nervuras, e o padrão de disposição destas, recebe o nome de nervação. Observando a nervação, percebem-se dois padrões principais: reticulado e paralelo. A nervação reticulada é comum em Dicotiledóneas (*e.g.* castanheiro), a paralela nas Monocotiledóneas. As folhas com nervação reticulada, como o castanheiro, apresentam, frequentemente, o feixe de tamanho maior na região do eixo longitudinal mediano do limbo, que constitui a nervura principal (Figura 4.25) ligada a nervuras menores ditas secundárias.

Geralmente, os feixes são colaterais, com o xilema na direcção da página adaxial e o floema na direcção da página abaxial (Esau, 1974). No caso do castanheiro, os feixes são duplos colaterais, em que o xilema se apresenta numa posição mais interior relativamente ao floema.

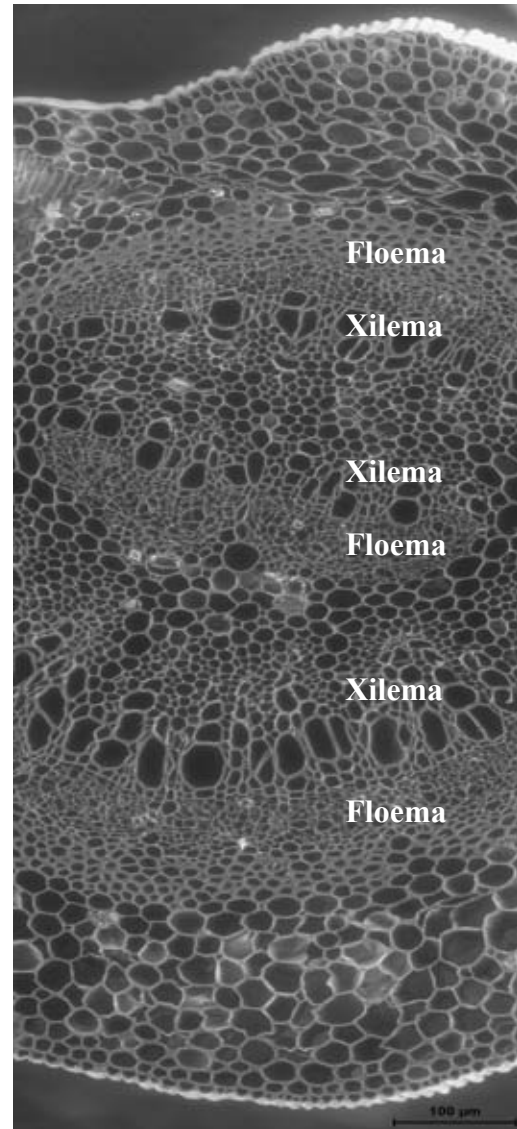


Figura 4.25- Nervura principal da folha do castanheiro (ME).

Na descrição da nervura do castanheiro da página adaxial para a abaxial, observa-se o floema seguido do xilema numa posição mais interior. Numa posição central, observa-se, novamente, a presença de xilema seguido de floema. Na direcção da página abaxial, volta a registar-se uma outra faixa de xilema seguido de floema. Refira-se que cada conjunto de xilema-floema está rodeado por uma faixa de parênquima, dando a ideia da existência de três feixes vasculares na nervura central. Além disso, pode ser observada uma bainha de fibras (esclerênquima) a acompanhar o floema sempre numa posição periférica (Figura 4.25). O colênquima acompanha, frequentemente, estes feixes de um ou de ambos os lados, por baixo da epiderme, conferindo-lhe resistência. As suas células apresentam-se com paredes espessadas, principalmente, nos ângulos de contacto, sendo por isso denominado colênquima angular (Figura 4.26).

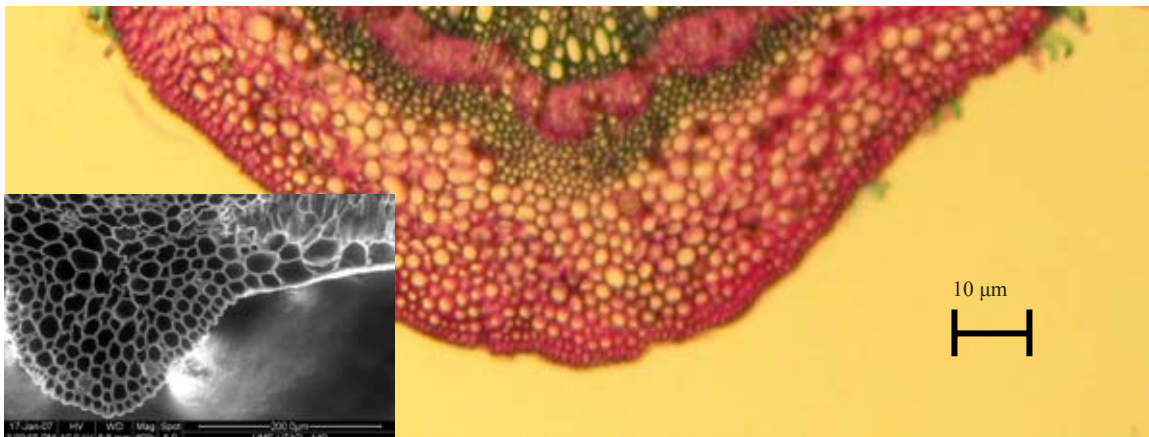


Figura 4.26 – Colênquima angular na página abaxial da nervura principal da folha do castanheiro (MO) e ME (inserida no canto inferior esquerdo).

4.2.2-Caule

As árvores da espécie *C. sativa* são caracterizadas por um notável vigor e dimensão das suas canópias. Atingem em média 15-20 m de altura e 6-10 m de diâmetro. O seu porte muda radicalmente segundo as condições de crescimento. Apresenta um tronco esbelto pouco ramificado quando integrada em cobertos vegetais muito fechados como sucede nos povoamentos de alto fuste. Quando cresce isolada, o seu tronco é mais ou menos erecto, mas muito ramificado, formando uma canópia mais baixa que a anterior (raramente ultrapassa os 12 m de altura), bastante ramificada e com forma aproximadamente esférica. Em ciclos vegetativos favoráveis, o caule pode crescer 1-2 cm de diâmetro, podendo excepcionalmente atingir os 3-4 cm nos primeiros anos e no caso dos castanheiros híbridos. Aos 45 anos de idade da árvore já é possível encontrar castanheiros com 84 cm de diâmetro de tronco à altura do peito. No entanto, o crescimento pode ir até aos 90 anos (perante boas condições sanitárias), sem grandes riscos de o tronco começar a ficar oco. Um dos factores que favorece o aparecimento de zonas ocas nos troncos tem a ver com os cortes mais profundos realizados nos ramos maiores da copa. As superfícies de corte, se não forem convenientemente desinfectadas, poderão constituir inevitavelmente porta de entrada de fungos saprófitas, que iniciam o apodrecimento do tronco de cima para baixo (Figura 4.27).

No castanheiro, a estrutura primária do caule apresenta uma epiderme constituída por uma fiada de células vivas com dimensões semelhantes, geralmente cutinizadas e providas de estomas. A zona cortical nem sempre se distingue do cilindro central. Apresenta, geralmente, uma extensão variável, pequena, constituída por algumas camadas de células parenquimatosas

com paredes finas e celulósicas, não possuindo endoderme diferenciada, sendo difícil visualizar a separação do córtex face à região vascular.



Figura 4.27- Tronco de um castanheiro centenário, onde se podem observar os fortes cortes efectuados nos ramos, no sentido de rejuvenescer a copa e eventualmente até permitir a reenxertia, como muitas vezes tem acontecido na Padrela com a substituição da cultivar Longal por Judia.

Na parte interna, ao nível do cilindro central, existe parênquima medular em associação próxima com a região vascular (Figura 4.28).

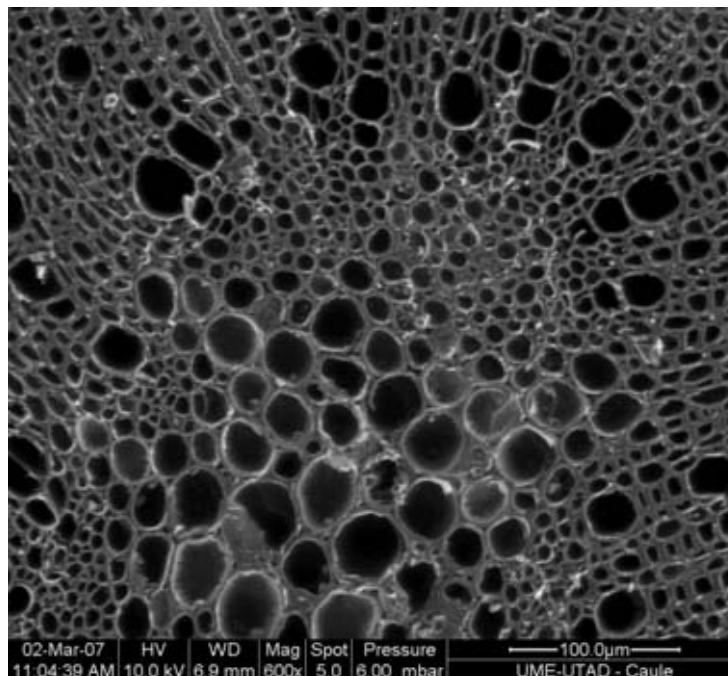


Figura 4.28 – Cilindro central do caule de castanheiro preenchido por parênquima medular (ME).

Os feixes condutores são duplos, colaterais e abertos dado possuírem câmbio vascular entre o xilema e o floema. Nestes feixes condutores, o floema apresenta uma localização mais externa, comparativamente ao xilema.

Numa fase mais avançada de desenvolvimento vegetativo, o castanheiro começa a desenvolver crescimento secundário (Figura 4.29). Este resulta da diferenciação do câmbio vascular, a partir do câmbio interfascicular e do procâmbio intrafascicular (Figura 4.29). Este meristema secundário, desenvolve-se antes do fim do primeiro ano de crescimento do caule e dos ramos, sendo contínuo com o da raiz (Lidon *et al.*, 2001). O câmbio vascular acaba por formar um cilindro completo, constituído por várias camadas de células (Figura 4.30), produzindo-se para o lado externo, floema secundário e para o lado o interno, xilema secundário (Figura 4.29). Os vasos xilémicos apresentam, nesta imagem, uma significativa diminuição no seu diâmetro, do interior para a região periférica, o que reflecte em parte, as condições ecológicas do momento, particularmente as relacionadas com as dificuldades hídricas do período de Verão. Com efeito, vasos xilémicos mais estreitos são mais resistentes à cavitação. Os elementos condutores primários perdem entretanto a sua funcionalidade. O floema primário é deslocado para o exterior e torna-se não condutor devido à deposição de calose (Esau, 1974). O xilema primário é deslocado para o cilindro central, imediatamente a seguir ao parênquima medular (Figura 4.28).

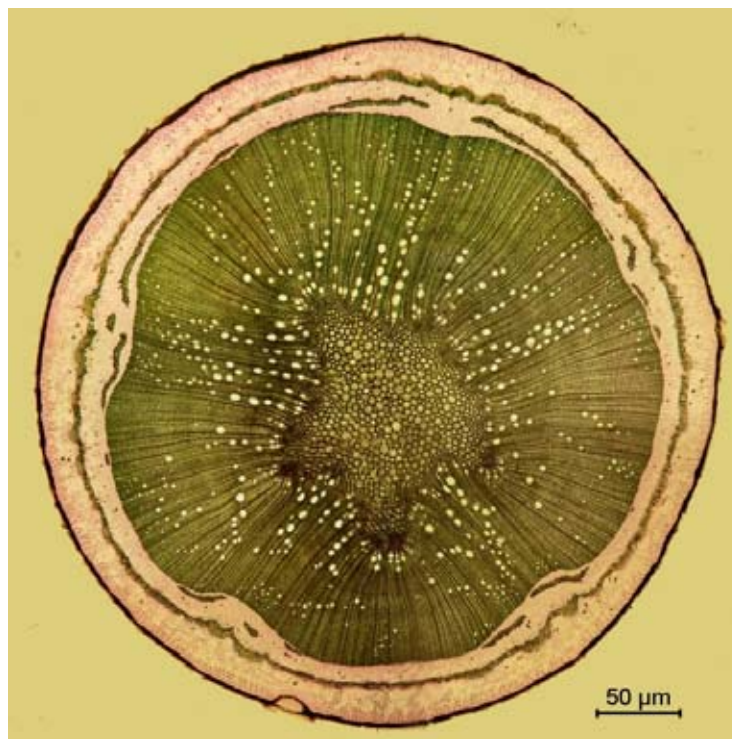


Figura 4.29 – Corte transversal do caule de castanheiro (MO) colhido no Outono de 2006.

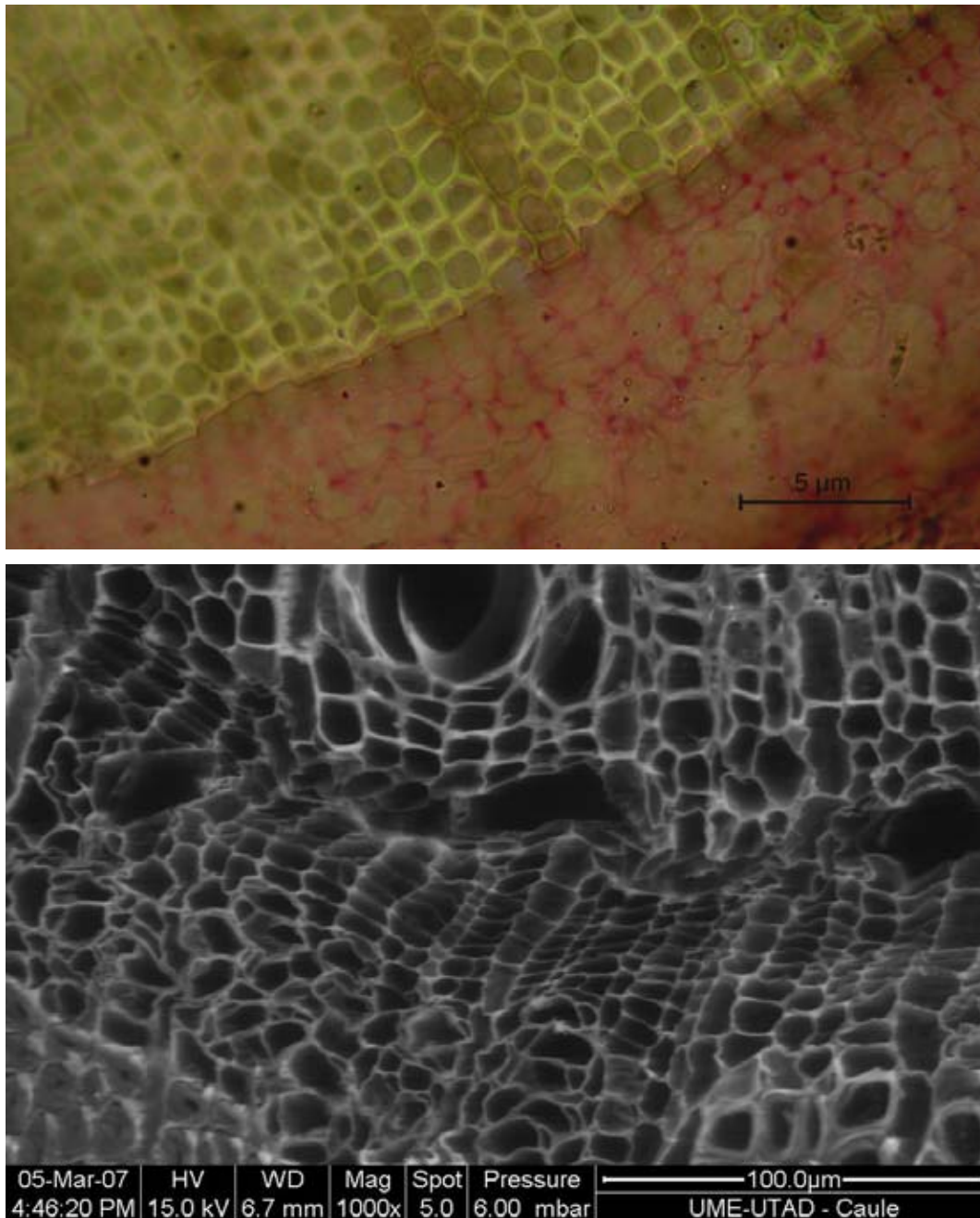


Figura 4.30 – Câmbio vascular do caule de castanheiro (MO e ME).

No desenvolvimento da estrutura secundária, além do câmbio vascular, também participa a felogene, câmbio suberoso ou também denominado câmbio subero-felodérmico (Figura 4.31).

Da respectiva actividade resulta, para o exterior, a formação de súber que vai substituir a epiderme no corpo primário da planta na função de protecção e revestimento, e para o interior, células de parenquima de reserva, a feloderme (Moreira, 1983). O conjunto da felogene, súber e feloderme é denominado periderme.

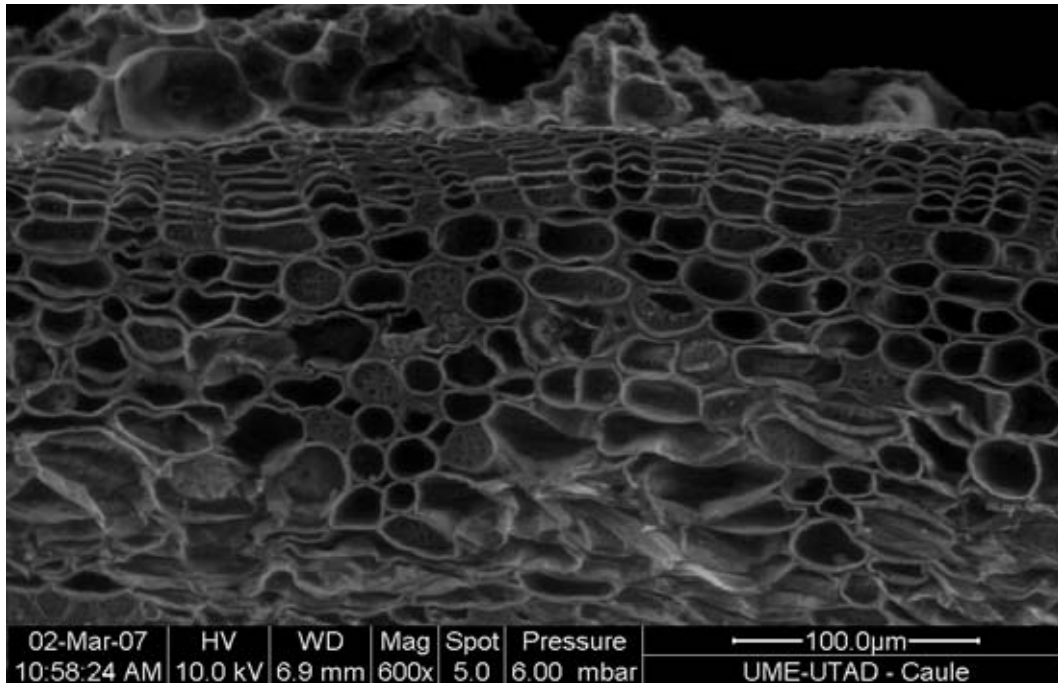


Figura 4.31 – Felogene do caule de castanheiro (ME).

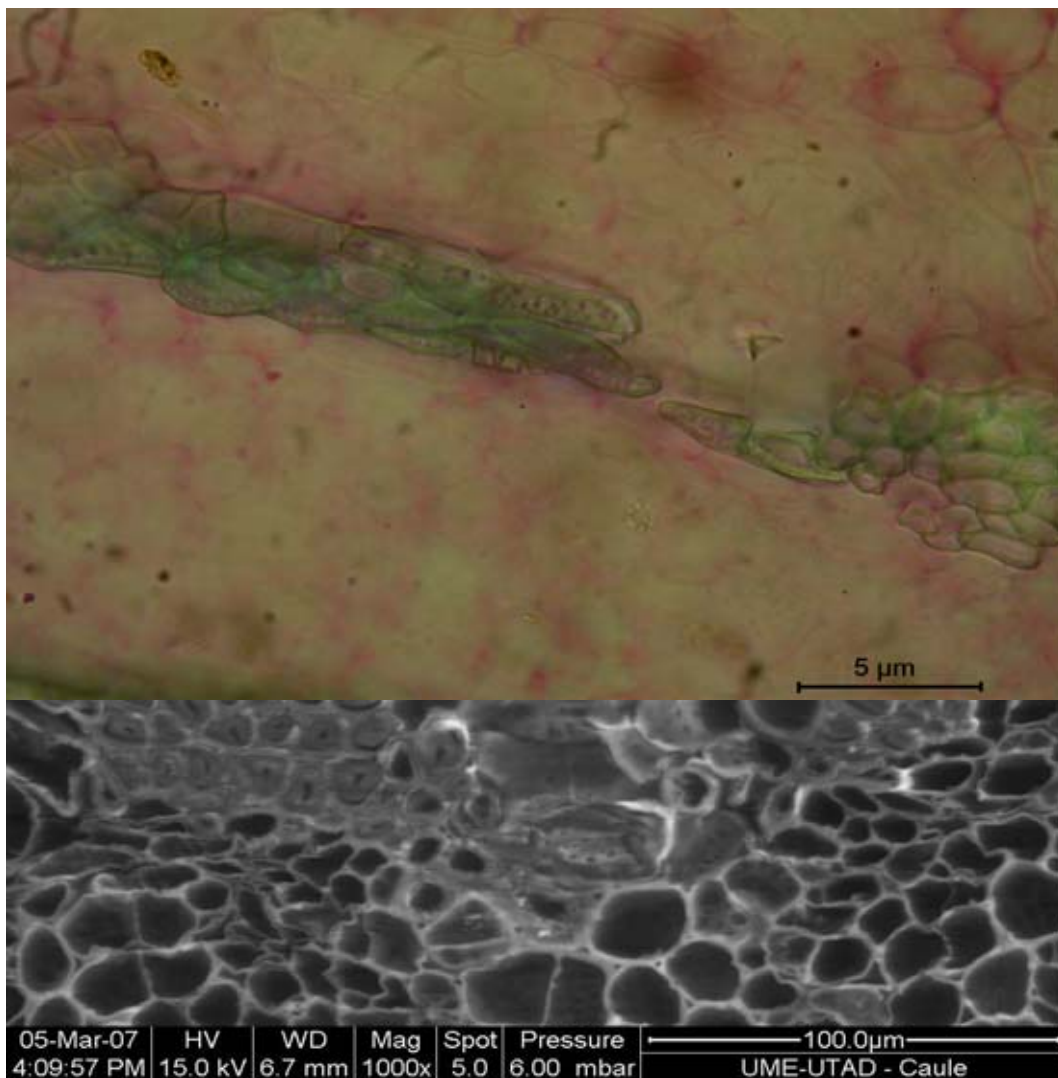


Figura 4.32 – Células esclerosas e fibras no caule de castanheiro (MO e ME).

A zona entre a periderme e os tecidos vasculares constitui o córtex. A zona cortical é constituída por algumas camadas de células parenquimatosas – parênquima cortical – com paredes finas e celulósicas e praticamente sem espaços intercelulares. Pode ainda ser observado no córtex, um cilindro contínuo, ou quase contínuo, de fibras, alternando com células esclerosas (Figura 4.32).

Alguns tipos de fibras extraxilémicas provêm do procâmbio, outros do meristema fundamental e, nalguns casos, parcialmente, de ambos os tecidos meristemáticos (Esau, 1974).

4.2.3-Raiz

O castanheiro é uma espécie caducifólia de germinação hipógea. Tem um sistema radicular aprumado muito robusto, mas de limitado desenvolvimento em profundidade, agarrando-se tenazmente ao solo pelas raízes laterais, por vezes pouco numerosas mas sempre muito ramificadas. A maioria das raízes desenvolve-se numa camada até aos 50 cm de profundidade. Quando se planta um castanheiro demasiado profundo, produz-se uma regeneração de raízes até à parte superior do tronco enterrado, a cerca de 15 cm da superfície. Esta característica do sistema radicular é indicativa da grande necessidade de arejamento que as raízes necessitam, devendo o agricultor ter especial cuidado na preparação dos solos para plantação no que diz respeito a este aspecto, através da realização de adequadas lavouras e drenagem do solo (Cortizo *et al.*, 1996).

A actividade da raiz e a da parte aérea não coincidem exactamente. No Outono, o crescimento das raízes é interrompido bastante mais tarde que o dos gomos, de tal forma que quando em Dezembro a parte aérea está em paragem vegetativa, é possível observar radículas em crescimento activo, facilmente reconhecidas pela sua extremidade esbranquiçada, diferente do castanho escuro das restantes raízes. Quando se fazem plantações em Dezembro e Janeiro é possível verificar como as suas raízes retomam o crescimento de Inverno antes do abrolhamento da parte aérea. O crescimento radicular é possível com temperaturas de 2 a 6 °C, facto que não acontece com a parte aérea.

A organização interna da raiz é variável e relativamente simples quando comparada à do caule. É uma estrutura axial simples, não apresenta nós nem entrenós, variando pouco o arranjo dos tecidos nos diferentes níveis (Figura 4.33). No caule a conexão do eixo com as folhas tem como consequências diferenças estruturais nos nós e entrenós, bem como nos diferentes níveis de um dado entrenó, isso não acontece na raiz.

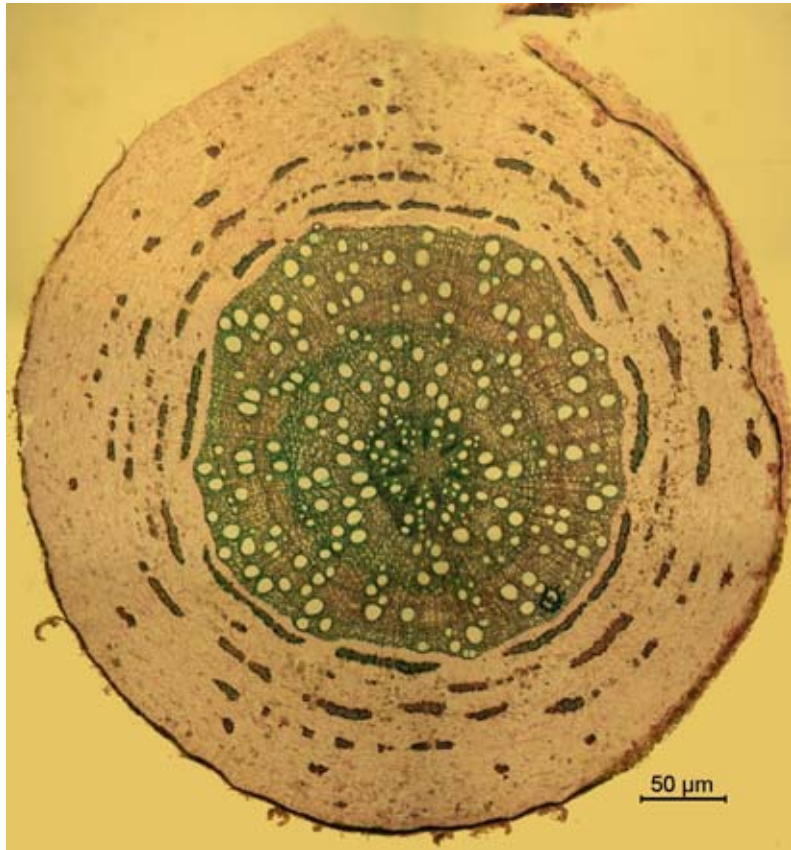


Figura 4.33 – Corte transversal da raiz de castanheiro (MO).

Um corte transversal de uma raiz com crescimento primário, revela uma separação nítida entre os três sistemas de tecidos: dérmico, fundamental e vascular. A estrutura primária da raiz evolui a partir da radícula do embrião, e é constituída por uma zona de protecção, pelo córtex e pelo cilindro central. A epiderme situa-se na zona de protecção e está adaptada à absorção de água e nutrientes (Lidon *et al.*, 2001).

Na maioria das Dicotiledóneas, o crescimento primário não cessa após a maturação do corpo primário da planta. A diferenciação de meristemas secundários (responsáveis pela formação de tecidos definitivos secundários) na raiz, provoca um desenvolvimento secundário responsável pelo aumento do respectivo diâmetro (Lidon *et al.*, 2001). Este crescimento em espessura, é realizado, à semelhança do que foi referido para o caule, pelos câmbios vascular e súbero-felodérmico (Figura 4.33). A partir do câmbio vascular (Figura 4.34), por divisões e diferenciações sucessivas, forma-se o floema secundário para o lado externo e o xilema secundário para o lado interno (Figura 4.33). Deste modo, o xilema primário fica encostado ao parênquima medular, no centro da raiz (Figura 4.35).

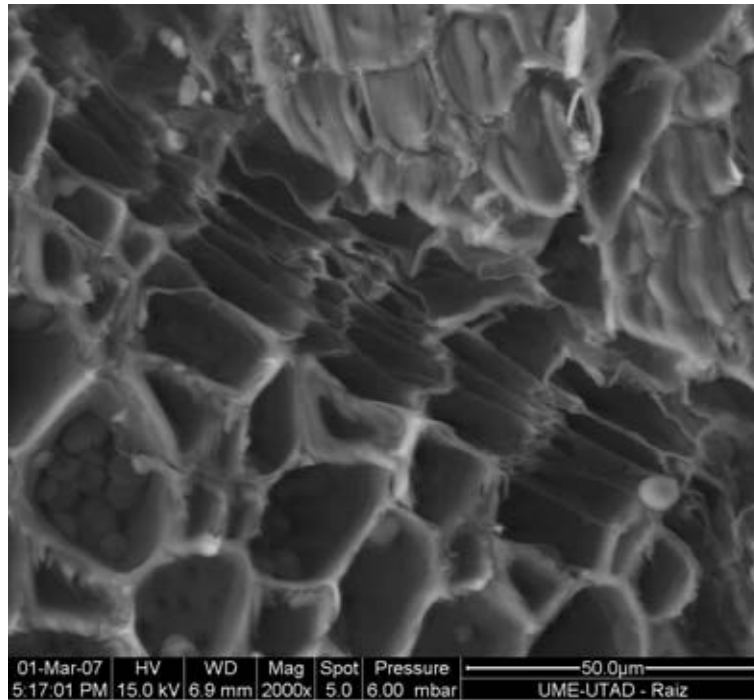


Figura 4.34 – Câmbio vascular da raiz de castanheiro (ME).

A acção do câmbio vascular provoca uma compressão elevada nos tecidos da zona cortical, podendo ocorrer a ruptura dos tecidos localizados na zona de protecção. O câmbio súbero-felodérmico ou felogene, em muitas raízes evolui a partir do periciclo e também contribui para o engrossamento da raiz. Este meristema, localiza-se sob os tecidos de protecção, produz para o exterior células que suberificam (formando súber secundário) e, para o interior, células que se mantêm temporariamente vivas (estruturando a feloderme) (Lidon *et al.*, 2001).



Figura 4.35 - Cilindro central da raiz de castanheiro preenchido por parênquima medular (MO).

O súber secundário constitui um sistema de proteção eficiente, enquanto a feloderme funciona como um tecido de reserva. As camadas mais externas do súber secundário vão morrendo, constituindo um ritidoma pouco espesso. Este tecido é rapidamente destruído em contacto com o solo, tendendo as raízes a adquirir uma superfície lisa (Lidon *et al.*, 2001).

A formação da periderme é perfeitamente visível na raiz de castanheiro com os seus três constituintes: súber, felogene e feloderme (Figura 4.36). As células suberosas apresentam uma forma tubular, dispostas de forma compacta e com paredes suberificadas bem evidentes.

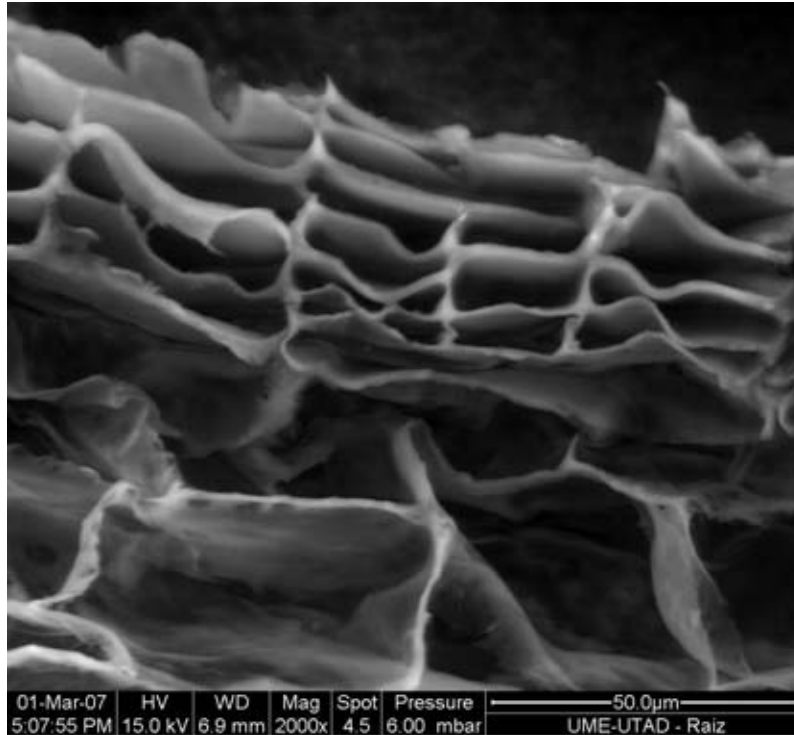


Figura 4.36 – Felogene da raiz de castanheiro (ME).

Caracteristicamente o córtex da raiz de castanheiro apresenta uma dimensão superior ao córtex do caule. O parênquima cortical aí localizado, é constituído por células com paredes celulósicas contendo poucas ou nenhuma lacunas. Dispersos no parênquima cortical, é possível encontrar alguns cristais de oxalato de cálcio (Figura 4.37). Ainda no córtex, observam-se, espalhados por todo o parênquima cortical de uma forma irregular, montículos de fibras associadas a algumas, poucas, células esclerosas (Figura 4.37).

Em condições naturais as raízes do castanheiro formam associações simbióticas com fungos do solo formando ectomicorrizas (ver capítulo 7).

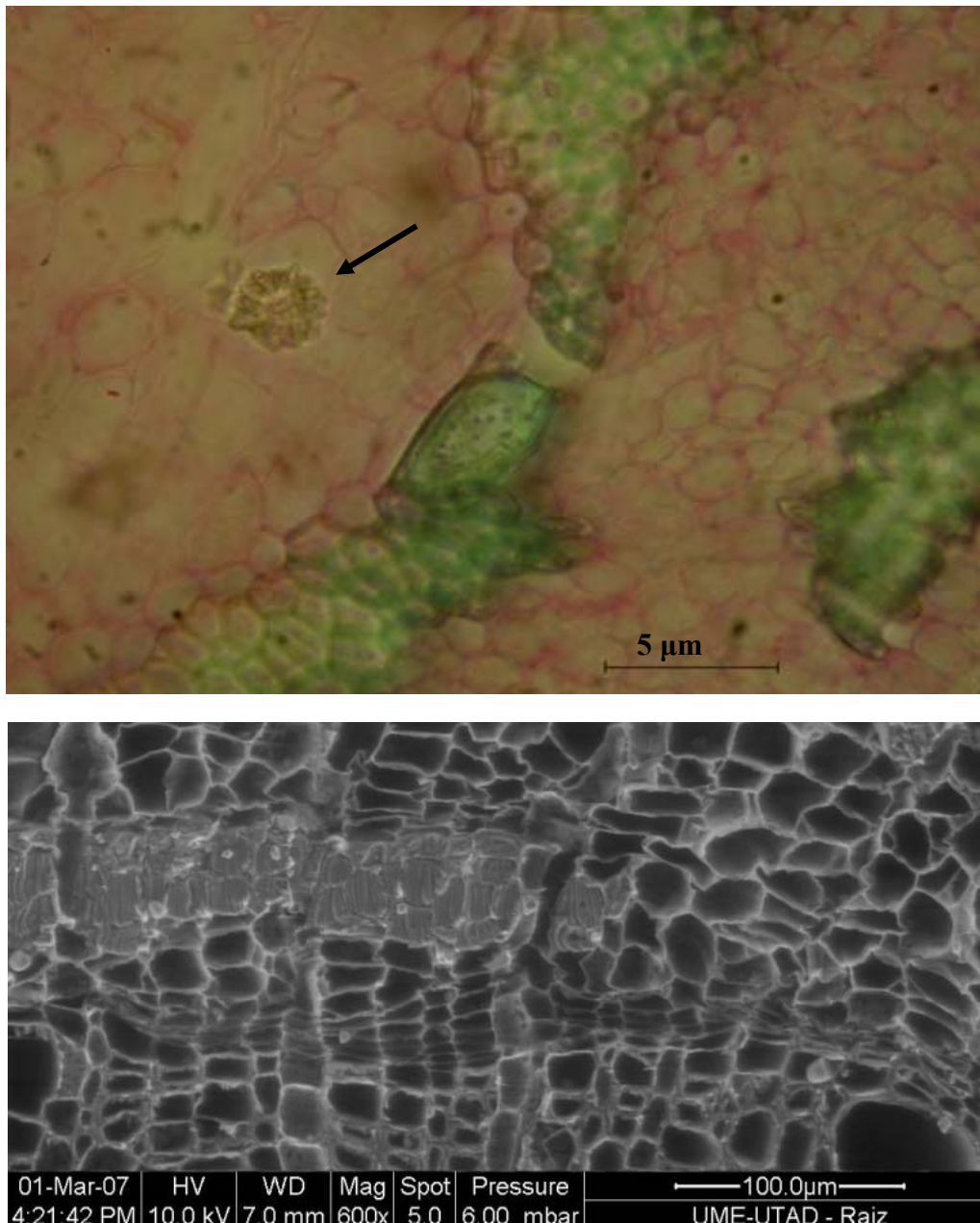


Figura 4.37 – Células esclerosas e fibras na raiz de castanheiro. Cristal de oxalato de cálcio assinalado por uma seta (MO e ME).

4.2.4-Flor

O castanheiro é uma planta monóica, dado que na mesma planta há flores masculinas e femininas separadas. As flores masculinas (Figura 4.38) estão reunidas em amentilhos unissexuais ou androgínicos, erectos ou sub-pendentes, com 15-30 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro, que se inserem na parte terminal dos ramos do ano, ou próximo da base das folhas destes. Possuem perianto 6-partido, produzindo 6-7 flores na axila de cada bráctea comum, a qual é ligeiramente trilobulada. As flores estaminadas são amarelas na antese e encontram-se reunidas em glomérulos de 5-6 flores (Figura 4.38), dos quais emergem 10-20

estames com anteras ovóides, cor amarelo-esverdeada, dorsifixas, de deiscência valvular, contendo dois sacos polínicos, com dois lóculos cada. Verifica-se a existência de um rudimento de ovário. O pólen é viscoso, próprio para a polinização entomófila, colando-se ao corpo dos insectos (principalmente coleópteros), sendo no entanto facilmente levado pelo vento, pelo que se verifica igualmente a polinização anemófila, embora em menor grau.



Figura 4.38- Flores masculinas (amentilhos) e femininas (ouriços).

Os grãos de pólen possuem secção elíptica e têm pequenas dimensões, mas produzem tubos polínicos muito compridos durante a germinação (Guerreiro, 1957). A abundância de pólen depende da variedade (Bergougnoux, 1978), sabendo-se que o comprimento dos filetes depende igualmente da variedade. Esta é uma importante característica distintiva, com os estames a variar entre curtos e longos, embora somente as flores com filetes mais longos (5-7 mm) e anteras bem desenvolvidas sejam férteis (Giordano, 1993). Existem mesmo variedades astaminadas, em que é necessário plantar conjuntamente outra variedade polinizadora, com períodos de floração (ver ponto 4.3) e maturação do pólen compatíveis (Ferrini e Nicese, 2000) como é o caso da variedade Longal. Outras variedades, chamadas longestaminadas (Figura 4.39), têm polén em grande quantidade (caso da variedade Negral e das plantas bravias). Outras têm polén, mas em menor abundância de pólen – braquistaminadas e mesoestaminadas.



Figura 4.39- Amentilhos longistaminados em plena floração.

Embora os amentilhos unissexuais floresçam antes dos androgínicos, o pólen das suas flores só amadurece após os óvulos das flores pistiladas dos amentilhos androgínicos terem sido fecundadas (Figura 4.40), o que revela a natureza de dicogamia protogínica do castanheiro (Guerreiro, 1957). A polinização do castanheiro é principalmente cruzada.

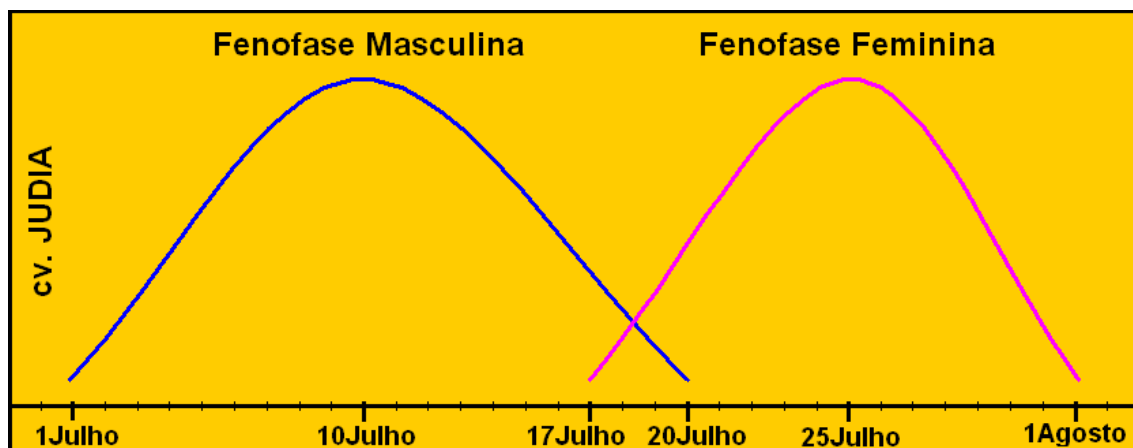


Figura 4.40- Épocas de floração masculina e feminina na variedade Judia.

As inflorescências femininas (Figura 4.41) surgem em grupos de 1-5, inseridas na base dos amentilhos androgínicos, menos numerosos, e são constituídas por 2-3 flores femininas, protegidas por um involúcro coriáceo protector, de brácteas verdes espinoscentes, que irá dar origem à cúpula (Giordano, 1993). No caso mais frequente cada involúcro contém 3 flores, as

quais têm um perianto tubuloso hexa-octodentado, tomentoso interna e externamente, com 6-8 estames estéreis. Nalgumas variedades por vezes ocorrem 4, 5, 6 e até 7 flores por cada involúcro, podendo o ouriço neste último caso, formar 7 castanhas, o que é segundo Guerreiro (1957), muito frequente na variedade Judia de Carrazedo de Montenegro. Os involúcros encontram-se separados por entrenós bem desenvolvidos, sabendo-se que geralmente apenas os primeiros, a contar da base do ráquis, apresentam flores férteis com desenvolvimento normal. O gineceu é constituído por um ovário ínfero, de 3-6 carpelos, com 6 lóculos biovulados e 7-9 estiletos brancos, estreitos, rígidos e cilíndricos. Os óvulos são anatópicos, desenvolvendo-se geralmente apenas um, aquando da fecundação (Brio *et al.*, 1998; Gomes-Laranjo 1988; Humphries *et al.* 1996). A flor mediana é a primeira a amadurecer, libertando os estigmas, seguida das flores laterais. As flores femininas são consideradas em plena floração quando todos os estigmas das flores centrais e laterais se encontram libertos, estado que corresponde ao início do período de máxima receptividade das flores femininas (Solignat, 1966).



Figura 4.41- Várias inflorescências femininas localizadas na base do amentilho astaminado (var. Longal).

A floração decorre entre os meses de Maio e Junho, tendo início quando as temperaturas médias atingem os 15-18 °C (Gomes, 1982 e Humphries *et al.*, 1996), surgindo inicialmente as flores masculinas e só um mês depois as femininas. Contudo, a floração pode ser antecipada ou retardada por factores como as variações climáticas primaveris (especialmente

no que respeita às temperaturas de Janeiro e Fevereiro), a altitude a que se situa o bosque e das condições estacionais (Bergougnoux, 1978; Brio *et al.*, 1998, Ferrini e Nicese, 2000 e Guerreiro, 1957). A floração das espécies exóticas e dos híbridos é mais precoce que na *C. sativa* (Gomes-Laranjo, 1988).

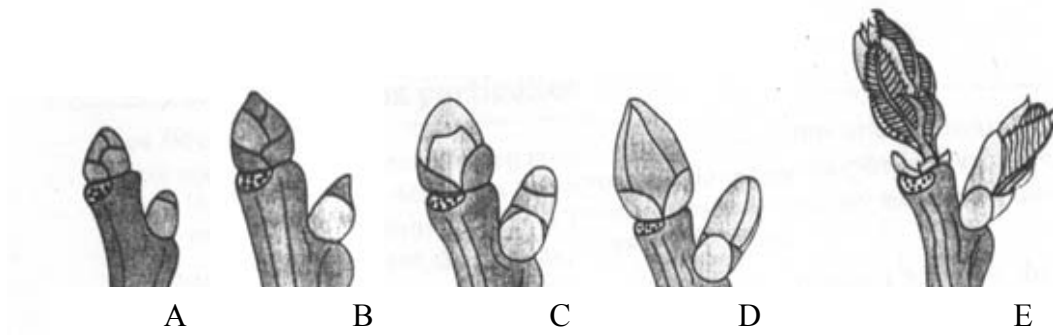
De qualquer modo, para que a floração do castanheiro se inicie é necessário um grande número de dias quentes, com um somatório de temperaturas de 3.660 °C, com um mínimo de 3 200 °C (Fenaroli, 1945), sendo encontradas as condições hormonais próprias para a floração somente após o completo desenvolvimento dos ramos do ano, na extremidade dos quais surgem os amentilhos florais (Figura 4.42) (Guerreiro, 1957).



Figura 4.42 – Fase final da floração feminina, onde podem ser observados os amentilhos quase secos.

4.2.4.1-Estádios fenológicos do castanheiro

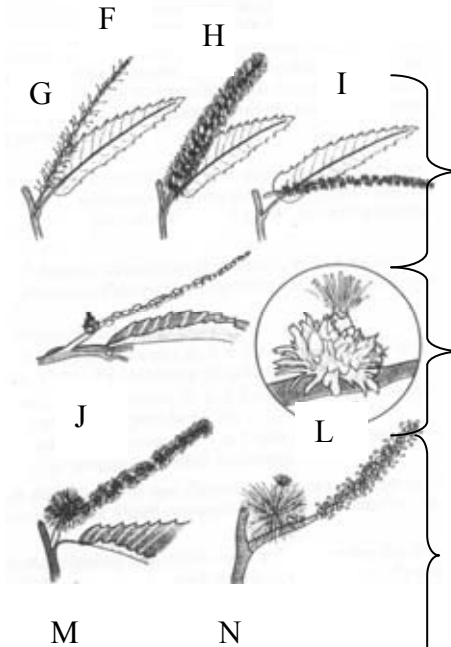
Durante o ciclo vegetativo do castanheiro, que decorre normalmente de Março a Novembro, podem-se distinguir as seguintes fases (Bergougnoux, 1978):



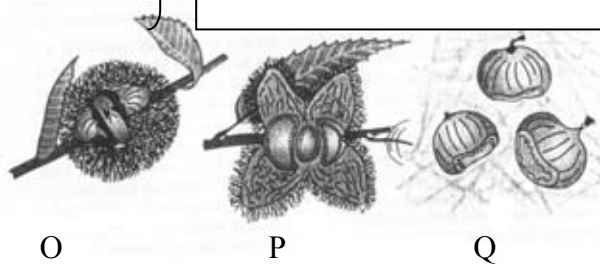
- A- Gomo dormente
- B- Gomo inchado
- C- Abertura do gomo
- D- Escamas verdes mais longas do que as castanhas
- E- Aparecimento da nervura das folhas



F- Alongamento do ramo, com aparecimento dos amentilhos masculinos



<p>G- Aparecimento dos estames; H- Plena floração masculina (emissão do pólen pela abertura das anteras); I- Acastanhamento e queda (fim da emissão de pólen);</p>
<p>J- Aparecimento do amentilho androgínico; os glomérulos masculinos estão individualizados; as flores femininas estão bem diferenciadas; Aparecimento dos estigmas da flor central; L- Plena floração feminina;</p>
<p>M- Emissão do pólen (plena floração masculina); N- Acastanhamento das anteras (as inflorescências femininas são 2,5 vezes mais grossas do que na fase M);</p>



- O- Deiscência (abertura) da cúpula (ouriços);
- P- O ouriço liberta as castanhas ou caem conjuntamente com elas;
- Q- Queda das castanhas.

4.2.5-Fruto

O fruto é um aquénio volumoso, castanho-avermelhado, ovóide a subgloboso, largo, com uma cicatriz de inserção na base pequena e pouco regular, pericarpo seco, duro, indeiscente e tomentoso no interior, com epicarpo coriáceo e lustroso, contido numa cúpula proveniente de brácteas fortemente espinescentes, glande. Trata-se de um pseudofruto simples seco, geralmente monospérmico por aborto dos restantes óvulos, formando-se a partir do óvulo que foi fecundado em primeiro lugar, embora possa ser polispérmico. Além do embrião, cada semente tem também dois cotilédones, que constituem a parte comestível do fruto.

As cúpulas (ouriços), formadas a partir do receptáculo, são concrecentes, até 10 cm de diâmetro, inicialmente verdes (Figura 4.42), tornando-se depois amareladas ou acastanhadas (Figura 4.43), revestidas de brácteas espinhosas, compridas e fasciculadas, revestidas de uma pubescência de cor clara. Os ouriços são deiscentes irregularmente por 2-4 valvas lobadas (Figura 4.44), por onde são libertadas normalmente 2-3 castanhas (Brio *et al.*, 1998; Guerreiro, 1957; Humphries *et al.*, 1996).



Figura 4.43- Aspecto de ouriços da variedade verdeal em fase final de desenvolvimento (início de Outubro).



Figura 4.44- Aspecto de ouriços (variedade Judia) libertando os frutos através da abertura de valvas.

A maturação anual dos frutos leva em média 75 a 120 dias, desde a polinização até à maturação, o que leva a que a deiscência ocorra entre meados de Setembro (variedades mais precoces) e início de Novembro (variedades mais serôdias), ocorrendo mais cedo nos castanheiros enxertados (Loureiro, 1991; Giordano, 1993). Para que o fruto atinja a maturação é necessário um somatório de 2 100 a 2 500 °C após a floração (Gomes-Laranjo, 1988).

Em condições normais não se verifica alternância de produção, podendo esta, no entanto, ocorrer por más condições climáticas na altura da polinização e nesse caso dá-se o aparecimento de frutos abortados (castanhas chochas) (Figura 4.45). Para ser libertado, o pólen necessita de temperaturas quentes (mas não muito, caso contrário desidrata rapidamente) e humidade adequada para o transporte pelos insectos (principalmente abelhas). Se a humidade for baixa, o transporte pelo vento é favorecido, embora a viscosidade do pólen seja um factor limitante.



Figura 4.45- Ouriço com três castanhas, das quais apenas a central vingou.

O ciclo vegetativo do castanheiro dura em média 140 a 185 dias (Figura 4.46), dependendo das condições pedoclimáticas da estação (Ferrini e Nicese, 2001), enquanto que o repouso vegetativo abrange o período que decorre entre a queda da folha, em Novembro, até se iniciar o abrolhamento, sinal do despertar vegetativo, que ocorre geralmente em Março (Gomes, 1982).

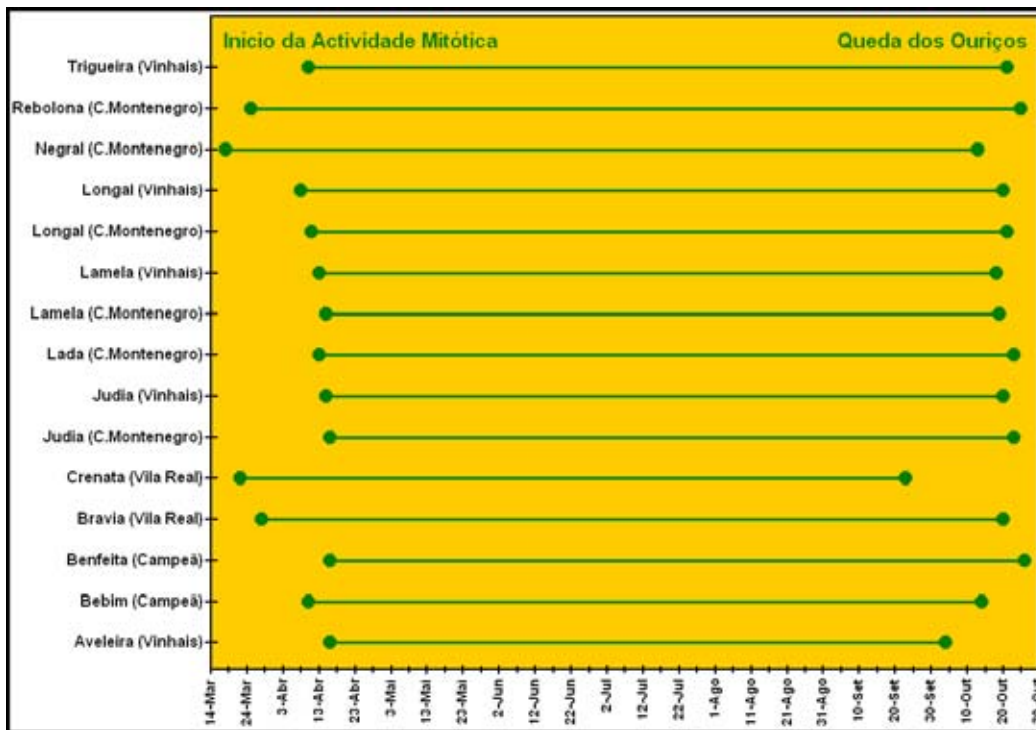


Figura 4.46- Duração do ciclo vegetativo de algumas variedades provenientes de Trás-os-Montes e de *C. crenata*.

Em condições naturais o castanheiro frutifica geralmente a partir dos quinze anos, embora este período possa ser encurtado em vários anos. No caso dos castanheiros enxertados, a frutificação aparece a partir dos seis anos (Figura 4.47), em alto-fuste sem enxertia (castiçais) aos quinze anos e aos cinco anos nos rebentos de toija (talhadias) (Loureiro, 1994).

Ainda assim, a plena frutificação só é atingida nos soutos por volta dos 50 anos, com uma periodicidade de elevadas produções de fruto de 3 em 3, ou de 4 em 4 anos, podendo antecipar-se para de 2 em 2 anos, no caso de lhe serem prestados cuidados culturais ao nível da poda e fertilização (Gomes, 1987; Loureiro, 1991). No castanheiro, explorado em regime de alto fuste, a frutificação tem início aos 20-25 anos, enquanto que nas varas de talhadia ocorre aos 8-10 anos (Loureiro, 1991).



Figura 4.47- Aspecto de um castanheiro da variedade Judia com cerca de 6 anos.

Referências bibliográficas

- Bergougnoux, F. Grente, J. e Coutin, R. 1978. Le Châtaignier: Production et Culture. Journées Nationales du Châtaignier de Brive – Malemort, 24-25 novembre 1978, INVUFLEC, Paris.
- Brio, M. B. D. Lancho, J. F. G. e Herrero, J. M. C. 1998. El Castaño. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Cortizo, E.V., Madriñan, M. L. V. e Madriñan, F. J. V., 1996. El Castaño. Leon, Edilesa.
- Esau, K., 1974. Anatomia das plantas com sementes, 14ª edition, São Paulo, Edgard Blücher Ltda.
- Esau, K., 1985. Anatomia vegetal. Barcelona, Ediciones Ómega, S.A..
- Fahn, A., 1974. Plant anatomy. 2ª Edition, Pergamon Press.
- Fenaroli, L. 1945. Il Castagno. Ramo Editoriale Degli Agricoltori, Roma.
- Ferrini, F. e Nicese, F. P. 2000. Descrizione Del Castagno Europeo. Departamento de Hortofruticultura, Universidade de Firenze, Itália.
- 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, A. L. 1987. Propagação Clonal: Princípios e Particularidades. 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 da Licenciatura em Engenharia Agrícola. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Gomes-Laranjo, E. J. C., 2001. A Fotossíntese em castanheiro. Estudo integrado a diferentes níveis de organização biológica. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Tese de Doutoramento, Vila Real.
- Guerreiro, M. G. 1957. Castanheiros – Alguns Estudos Sobre a Sua Ecologia e o Seu Melhoramento Genético. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Humphries, C. J. Sutton, D. A. Press, J. R. More, T. More, D. e Garrard, I., 1996. *Guia FAPAS – Árvores de Portugal e Europa*. Fundo de Protecção dos Animais Selvagens e Pelouro do Ambiente da Câmara Municipal, Porto.
- Lidon, F. J. C., Gomes, H. P. e Abrantes, A. C. S., 2001. Anatomia e morfologia externa das plantas superiores. LIDEL - Edições Técnicas, Lisboa.
- Loureiro, A. M. 1991. *Apontamentos de Silvicultura – 2.ª Edição*. Série Didáctica – Ciências Aplicadas; 2, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Loureiro, A. M. 1994. *Apontamentos de Silvicultura Especial*. Série Didáctica – Ciências Aplicadas; 39, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Moreira, I., 1983. Histologia vegetal, 3ª edição. Lisboa, Didáctica Editora.
- Paniagua, R., Nistral, M., Sesma, P., Álvarez-Uría, M., Fraile, B., Anadón, R., Sáes, F. J. e Miguel, P., 1998. Citologia e histologia vegetal e animal. Biología de las células y tejidos animales e vegetales. 2ª Edition, Madrid McGRAW-HILL - Interamericana de España, S.A.U.
- Solignat, G., 1966. Xenia Early Manifestation of Heterosis In Sweet Chesnut. *Annales de L Amelioration des Plantes* 16 (1): 71-&

4.3 - Análise dos caracteres morfométricos de variedades portuguesas

Mário Pimentel-Pereira, José Gomes-Laranjo e Santiago Pereira Lourenzo*

O início da caracterização e selecção de variedades de castanheiro, feita com base em caracteres de ordem morfológica, fisiológica e agronómica, remonta ao início do Séc. XIX. Segundo Breviglieri (1955), foi o botânico Pier António Micheli o primeiro a distinguir variedades de castanheiro com base no exame morfológico do ouriço, do fruto, da folha e da flor. De acordo com Pereira (1994), Targioni em 1809 e Baglioni em 1907, entre outros, utilizaram a forma do fruto e da folha e as dimensões da folha (comprimento e largura) para descrever variedades. Também Lavialle em 1911, em França, fez a descrição de cerca de 60 variedades de castanheiro, com base nas diversas formas do fruto e do ápice. Remondino em 1926, recolheu cerca de um milhar de nomes, muitos deles sinónimos, em toda a zona castanhícola italiana, procedendo a estudos botânicos tendo em atenção a forma do fruto e da folha, o tipo de ramificação e o porte da árvore.

Em Espanha, Elorrieta (1949) foi um dos pioneiros na descrição das variedades espanholas, pondo em realce os seus aspectos agronómicos e morfológicos.

Em Itália, Breviglieri (1955) estabeleceu o chamado "Esquema castanográfico do castanheiro", que elencava as bases para posteriores estudos de variedades. Este autor, começou por classificar as variedades em dois grandes grupos – "marron" e castanha - de acordo com a percentagem de polispermia dos frutos. Estes dois conceitos foram mais tarde desenvolvidos por Bergougnoux *et al.* (1978), segundos os quais uma variedade seria designada "marron" quando a percentagem de frutos polispérmicos fosse inferior a 12%, ou seria "castanha" se o nível de polispermia fosse superior a essa percentagem.

No que toca a Portugal, salientam-se os trabalhos realizados por Guerreiro (1957) sobre caracterização das formas culturais de castanheiro "Longal" e "Judia" por meio da análise biométrica dos frutos e das folhas.

*Universidade Santiago Compostela

4.3.1-Análise biométrica do fruto

Neste estudo são apresentadas 68 populações de castanha colhidas em 22 concelhos diferentes: Alfândega da Fé, Armamar, Boticas, Bragança, Carrazeda de Ansiães, Chaves, Guarda, Lamego, Macedo de Cavaleiros, Moimenta da Beira, Montalegre, Murça, Penedono, Portalegre, Sernancelhe, Tarouca, Terras de Bouro, Trancoso, Valpaços, Vila Pouca de Aguiar, Vila Real e Vinhais.

Na análise dos dados aqui apresentados, deve-se ter em consideração que os mesmos resultam de colheitas de amostras feitas de forma aleatória durante vários anos. De igual forma, o calibre pode também ser influenciado pelas condições climáticas do ano bem como com a idade das árvores e do estado geral do souto, entre outros aspectos que se possam considerar.

Quanto à forma dos frutos, traduzida pela razão comprimento/largura (C/L), esta pode ser mais alongada (Quadro 4.3) ou mais arredondada (Quadro 4.4). A maioria das variedades estudadas (63%) apresentam uma forma tendencialmente mais arredondada ($C/L \leq 1,1$).

Quadro 4.3- Valores médios de alguns parâmetros biométricos dos frutos de variedades portuguesas cuja forma é mais alongada (comprimento/largura $\geq 1,1$).

Cultivar	Concelho	Comp (mm)	Larg (mm)	Alt (mm)	Comp/Larg	Peso/Vol (g/ml)	Calibre (n°/Kg)	Polispermia (%)
Bária	Marvão	33,2	28,7	19,2	1,16	1,07	110,6	2,02
Benfeita	Vila Real	34,0	29,7	18,1	1,15	1,00	102,6	0,36
	A. Fé	32,7	28,1	17,5	1,17	1,06	114,5	0,20
	C. Ansiães	28,9	27,2	16,4	1,07	1,10	158,7	0,10
	M. Cavaleiros	33,2	27,7	17,6	1,25	1,09	108,4	0,30
Enxerta	Marvão	32,4	26,9	17,0	1,21	1,08	130,1	--
	Penedono	34,9	30,5	19,4	1,15	1,08	88,7	0,10
	Vinhais	32,6	27,8	18,4	1,18	1,05	113,5	0,20
	Bragança	35,7	29,6	20,3	1,21	1,07	93,2	0,25
	C. Ansiães	31,8	25,7	14,5	1,25	1,06	110,0	0,10
	Guarda	34,9	29,6	20,0	1,18	1,09	86,1	0,70
	M. Beira	30,9	27,2	17,6	1,14	1,05	98,0	0,70
	Murça	29,9	24,7	15,1	1,22	1,07	161,3	0,20
	Penedono	34,3	27,3	18,4	1,27	1,04	146,9	--
Longal	Sernancelhe	34,5	28,6	18,3	1,22	1,03	114,7	0,17
	Trancoso	34,2	27,1	17,8	1,28	1,01	134,8	--
	V. P. Aguiar	33,8	27,0	16,8	1,26	1,07	113,5	0,90
	Valpaços	35,0	28,2	17,4	1,25	1,05	104,4	--
	Vila Real	33,7	26,7	17,2	1,28	1,08	102,0	0,30
	Vinhais	34,8	28,4	18,9	1,24	1,06	104,0	0,09
Lamela	Valpaços	36,3	32,5	21,5	1,13	1,06	73,3	0,22
Misericórdia	T. Bouro	27,5	25,3	18,6	1,28	1,03	153,1	--
Rebordona	Valpaços	35,3	30,4	21,8	1,17	1,03	79,5	1,95
Soutinha	Valpaços	31,5	27,8	14,0	1,13	1,47	180,6	0,70

À variedade Misericórdia e a duas populações de Longal (Trancoso e Vila Real) correspondem os frutos mais alongados com C/L igual a 1,28. A maioria das populações que se caracterizam por possuírem frutos mais alongados, pertencem às variedades Enxerta e

Longal. Além destas, somente a Bária, Benfeita, Lamela (proveniente de Valpaços), Misericórdia, Rebordona e Soutinha apresentam frutos com este formato (Quadro 4.3).

Quadro 4.4- Valores médios de alguns parâmetros biométricos relativos a frutos de variedades portuguesas cuja forma destes é mais achatada (comprimento/largura < 1,1).

Cultivar	Concelho	Comp (mm)	Larg (mm)	Alt (mm)	Comp/Larg	Peso/Vol (g/ml)	Calibre (nº/Kg)	Polispermia (%)
Amarelais	Terras Bouro	35,7	34,7	21,3	1,03	1,08	68,7	2,49
Aveleira	Vinhais	32,5	31,0	20,6	1,06	1,09	87,2	0,16
Bebim	Vila Real	32,1	34,2	20,4	0,95	1,04	84,5	7,17
Boa Casta	Tarouca	26,6	30,2	19,3	0,88	1,07	104,5	1,00
Bairral	V. P. Aguiar	29,3	29,8	20,3	0,99	1,06	110,4	--
Boaventura	Vinhais	35,1	32,4	20,1	1,09	1,05	82,6	0,84
Cancela	Lamego	29,6	29,1	18,5	1,02	1,09	96,0	--
	Murça	27,3	25,4	15,1	1,08	1,01	102,0	--
Cota	V. P. Aguiar	29,9	31,4	20,6	0,96	1,09	99,4	--
	Valpaços	31,7	32,2	19,8	0,99	1,02	118,9	--
Demanda	M. Beira	29,6	29,7	19,6	1,01	1,09	96,0	--
	Tarouca	30,6	29,8	18,8	1,03	1,04	98,0	3,10
Enxerta	C. Ansiães	28,9	27,2	16,4	1,07	1,10	158,7	0,10
	M. Beira	31,3	31,9	19,9	0,99	1,04	100,4	2,90
Galizã	Boticas	29,5	30,6	18,7	0,97	1,03	113,7	2,20
	Valpaços	34,8	35,7	21,4	0,98	1,06	71,0	9,09
Judia	Bragança	33,0	34,6	20,8	0,96	1,06	76,1	3,10
	Vinhais	34,5	35,2	21,0	0,99	1,05	79,0	1,77
Lada	Valpaços	32,7	31,1	18,5	1,06	1,02	97,7	--
Lamela	Vinhais	32,2	34,5	20,4	0,94	1,04	83,4	0,63
Loura	M. Beira	28,0	31,2	19,4	0,90	1,06	99,6	1,00
Moreira	Vila Real	27,1	30,1	20,1	0,91	1,10	84,0	2,75
	Guarda	34,2	32,7	22,3	1,05	1,06	100,4	--
Martainha	Penedono	33,1	32,5	20,9	1,03	1,05	96,7	2,18
	Sernacelhe	33,4	32,8	20,6	1,02	1,04	90,5	1,17
	Trancoso	33,9	33,1	21,5	1,03	1,04	98,3	1,10
Nacional	V. P. Aguiar	33,0	34,2	22,0	0,97	1,06	81,2	--
	Valpaços	31,3	30,2	19,3	1,06	1,05	99,5	4,60
Negral	Tarouca	27,7	27,6	16,8	1,08	1,06	124,7	1,40
	Boticas	29,2	30,3	19,2	0,97	1,06	110,7	--
Pelada	M. Beira	31,7	30,9	19,8	1,03	1,05	95,7	1,00
Passã	Penedono	31,6	34,3	22,3	0,92	1,06	75,4	3,70
Redonda	Montalegre	28,7	29,1	18,5	1,00	1,05	129,1	--
Riscal	Armamar	31,0	32,7	20,3	0,95	1,09	85,6	3,50
Rei Vermelha	Armamar	32,8	34,2	21,9	0,96	1,06	86,7	1,50
	Valpaços	28,9	27,7	17,3	1,05	1,04	95,0	1,70
Trigueira	Vinhais	31,0	30,1	19,6	1,04	1,05	110,7	2,45
	Armamar	32,7	33,2	20,1	0,99	1,06	89,0	3,70
Verdeal	Guarda	34,9	35,7	23,7	0,98	1,07	62,2	3,20
Vermelha	Chaves	27,1	28,7	18,9	0,95	1,07	102,5	--

Em termos médios, a Enxerta apresenta uma razão C/L entre 1,15 (Penedono) e 1,25 (Macedo de Cavaleiros), com exceção da população proveniente de Carrazeda de Ansiães (C/L = 1,07) (Quadro 4.3)

Quanto às castanhas da variedade Longal (Figura 4.47), todas apresentam uma razão C/L maior que 1,1, tendo-se encontrado as menos alongadas em Moimenta da Beira (C/L = 1,14), enquanto as mais alongadas correspondem as duas populações referidas acima (C/L = 1,28) (Quadro 4.3). O valor médio da razão C/L nesta variedade é de 1,24.

Relativamente às castanhas mais arredondadas, estas foram encontradas nas variedades Boa Casta de Tarouca seguida da Loura de Moimenta da Beira, com uma razão C/L de 0,88 e 0,90, respectivamente (Quadro 4.4). De entre as variedades cujos frutos possuem uma forma mais arredondada, destacam-se as três populações de Judia (Figura 4.47), com uma razão C/L entre 0,96 e 0,99 e a Bebim (Vila Real) com um valor igual a 0,95. Para os frutos da Martáinha (Figura 4.47), importante variedade dos “Soutos da Lapa” registou-se uma razão C/L entre 1,02 e 1,05 (Quadro 4.4).



Figura 4.47- Exemplos de castanhas mais alongadas (Longal - esquerda) e mais arredondadas (Judia - centro e Martáinha - direita).

Em termos médios, os frutos da posição central do ouriço são ligeiramente mais arredondados que os da posição lateral, apresentando um valor médio da razão C/L de 1,05, enquanto nos frutos laterais essa razão é de 1,08.

A média geral dos calibres dos frutos foi de 102,7 frutos/kg, variando entre 62,2 frutos/kg para a Verdeal proveniente do concelho da Guarda e 180,6 frutos/kg para a variedade Soutinha de Rio Bom (Valpaços). Comparando os calibres das variedades agrupadas nos Quadros 4.3 e 4.4, é possível verificar que, em termos médios, a forma mais arredondada está ligada a maiores calibres.

As variedades Longal e Enxerta são as que têm mais populações presentes neste estudo. A Longal tem 11 populações correspondentes a outros tantos distritos, enquanto na Enxerta tem 7 populações. Este aspecto indica que a Longal tem uma grande expansão no país, resultado provavelmente da sua maior ancestralidade relativamente a todas as outras, o que pode observar-se também pelo facto de a maioria das árvores onde esta variedade se encontra serem muito velhas.

Provavelmente, em consequência da grande expansão que a Longal possui, e da grande diversidade de condições edafoclimáticas em que cresce, os frutos desta variedade apresentam uma considerável variação no calibre, desde 86 frutos/kg (Guarda) a 161 frutos/kg (Murça) (Quadro 4.3). De igual forma, isto sucede com a Enxerta, que apresenta uma variação entre 89 frutos/kg e 159 frutos/kg.

Relativamente à Judia, (Quadro 4.4) variedade que actualmente tem a maior expressão na Terra Fria Transmontana, o seu calibre varia entre 71 frutos/kg (Valpaços) e 79 frutos/kg (Vinhais). A Martaínha apresenta calibres entre 90 frutos/kg (Sernancelhe) a 100 frutos/kg (Guarda).

Uma das variedades com melhor calibre é a Amarelais, com 69 frutos/kg (Quadro 4.4).

A Negral, conhecida muitas vezes simplesmente por Negra, devido à sua coloração mais escura (Figura 4.48), destacando-se na altura da floração pela abundante produção de amentilhos braquistaminados (o genótipo de Valpaços) apresentou um calibre relativamente pequeno (Quadro 4.4), o mesmo sucedendo com a Cota (Figura 4.48), que é uma das variedades com frutos mais arredondados. Quanto à Aveleira (Figura 4.48), uma variedade com interesse devido à sua precocidade, apresentou um calibre bastante bom (87 frutos/kg), se atendermos a esta característica.

Nenhuma das populações que foram estudadas apresentou mais de 12% de frutos polispérmicos (mais de uma amêndoa por glândula), o que significa que todas se enquadram na designação “marron”, apesar de se notarem diferenças consideráveis. Este parâmetro apresenta um CV extremamente elevado (108%). A variedade que apresentou maior percentagem de polispermia foi a Judia de Carrazedo de Montenegro (9,1% dos frutos), enquanto os menores valores de polispermia foram registados na Longal de Vinhais (0,1%). No entanto, na Judia de Bragança e na de Vinhais observaram-se valores de polispermia de 3,1% e 1,8%, respectivamente. A Martaínha também apresentou uma baixa percentagem de polispermia, variando entre 2,2% (Penedono e Sernancelhe) e 1,1% (Trancoso). Característica comum à Longal das diversas origens, foi o seu baixíssimo nível de polispermia (0,3%), aspecto que é muito importante para a valorização da castanha. A polispermia deriva do facto de ocorrer a polinização de diferentes óvulos de um mesmo fruto, seguida de desenvolvimento do respectivo endosperma. Após a polinização de um, imediatamente são desenvolvidos mecanismos conducentes à inibição de polinização dos restantes. Por vezes, isso não acontece, e com alguma frequência, a polispermia reflecte a existência de dois endospermas desenvolvidos (amêndoas) por fruto.



Figura 4.48- Castanhas das variedades (Negral – esquerda), Aveleira (centro) e Cota (direita).

4.3.2-Análise biométrica da folha

A razão média entre o comprimento e a largura máxima (C/L) das folhas provenientes das diversas variedades foi de 2,85 (CV = 7,5%). Este parâmetro indicativo da forma da folha, varia entre um valor mínimo de 2,32 obtido nas folhas da variedade Soutinha (Valpaços) e um valor máximo de 3,44 obtido nas folhas da variedade Bária (Figura 4.49) (Quadros 4.5 e 4.6). A maioria das populações da variedade Longal, apresentou uma razão C/L menor que 2,85 (Quadro 4.5). De igual forma, também as populações da variedade Martainha apresentaram uma razão C/L inferior a 2,85, sendo de 2,82 (valor médio para as populações com origem em Sernancelhe e Trancoso) e 2,65 na população proveniente de Penedono. As folhas desta variedade são mais achatadas que as da Judia, cujos valores variaram entre 2,87 e 2,94.



Figura 4.49- Folhas mais achatadas – C/L = 2,67 (Lamela – esquerda) e folhas mais alongadas – C/L = 3,44 (Bária – direita).

O comprimento médio das folhas é de 155 mm (CV = 6,5%), variando este entre 128 mm (Vermelha - Chaves) e 178 mm (Boaventura - Vinhais).

Em cada um dos lados do limbo da folha, aparecem, em média, 14,4 dentes (CV = 8,7%) e 17,1 nervuras secundárias (CV = 6,6%). As folhas com maior número de dentes são as da Passã (Penedono) com 17 dentes em cada metade e as que têm menos são as da Lada (Valpaços) com 11,9 dentes. No que se refere à nervação, nas folhas da Judia (Quadro 4.6) de Carrizado de Montenegro foram contadas 19,3 conjuntos de feixes vasculares, enquanto um valor mínimo de 14,4 nervuras foi contado na Lamela deste local.

Quadro 4.5- Valores médios de parâmetros de biometria das folhas de variedades portuguesas, cuja forma é mais achatada (comprimento/largura $\leq 2,85$).

Cultivar	Concelho	Comp (mm)	Larg (mm)	Comp/Larg	Comp Peciol (mm)	Nº dentes 1 lado	Nº Nerv 1 lado	Nº nerv 1º dente
Amarelais	Terras Bouro	167,4	61,8	2,72	19,5	16,3	18,9	2,80
Aveleira	Vinhais	143,2	53,0	2,73	21,6	15,2	18,1	3,28
Bairral	V. P. Aguiar	140,4	51,2	2,77	22,5	13,0	15,2	2,32
Cota	Murça	150,5	54,4	2,80	20,3	13,5	16,0	2,69
	A. Fé	147,5	52,9	2,81	23,4	12,6	15,6	2,97
	Bragança	154,3	55,9	2,79	22,1	13,7	16,5	3,00
	C. Ansiães	159,6	58,7	2,73	20,4	14,5	18,1	3,99
	M. Beira	156,0	61,6	2,57	17,1	15,6	19,1	3,61
Enxerta	M. Cavaleiros	140,5	51,2	2,77	22,1	13,3	16,2	3,20
	Vinhais	154,0	57,4	2,71	21,8	13,4	16,7	3,23
	Boticas	151,8	56,7	2,72	17,7	14,6	18,3	3,71
Galizã	Boticas	151,8	56,7	2,72	17,7	14,6	18,3	3,71
Lada	Valpaços	154,2	55,3	2,83	18,6	11,9	17,7	5,45
Lamela	Vinhais	140,8	53,4	2,67	16,7	14,6	18,7	4,24
	C. Ansiães	164,7	59,2	2,81	22,1	15,1	16,8	2,07
	M. Beira	149,5	57,5	2,61	24,2	13,3	16,7	3,52
	Penedono	152,3	58,5	2,63	22,1	14,2	16,7	2,76
	Trancoso	157,6	57,5	2,78	23,7	13,8	16,7	3,02
	V. P. Aguiar	143,4	54,6	2,66	22,6	13,8	16,4	2,71
	Valpaços	160,5	58,7	2,76	24,7	13,6	16,9	3,08
Longal	Vila Real	159,5	60,9	2,68	20,5	14,3	16,5	2,33
	Vinhais	140,8	53,4	2,67	16,7	14,6	18,7	4,24
	T. Bouro	153,6	55,6	2,78	22,3	12,3	15,9	3,66
Misericórdia	Penedono	153,3	58,7	2,65	21,6	14,5	16,5	2,24
	Sernacelhe	159,9	57,4	2,81	25,4	15,2	17,0	2,33
Martainha	Trancoso	160,1	57,4	2,83	24,0	15,7	17,5	2,09
	V. P. Aguiar	150,4	55,0	2,75	17,0	14,6	18,5	3,89
Nacional	M. Beira	154,3	55,0	2,84	18,9	14,1	16,6	2,77
Negral	Boticas	130,8	48,2	2,74	21,8	12,4	16,4	3,97
	M. Beira	143,5	57,4	2,53	17,7	15,1	18,8	3,94
Pelada	M. Beira	143,5	57,4	2,53	17,7	15,1	18,8	3,94
Passã	Penedono	153,1	60,5	2,54	20,2	17,0	18,4	1,65
Redonda	Montalegre	138,5	52,8	2,64	23,1	12,8	16,5	3,88
Sousã	Valpaços	172,4	60,9	2,84	16,2	13,6	18,1	4,29
Soutinha	Valpaços	162,5	69,8	2,32	13,1	15,1	17,2	2,65
Verdeal	Guarda	143,0	55,5	2,59	20,2	15,5	17,4	1,91
Vermelha	Chaves	127,8	52,2	2,47	16,2	15,2	17,7	2,79

Um outro aspecto importante para a diferenciação de variedades a partir da morfometria foliar, diz respeito ao aparecimento do primeiro dente a partir da base do limbo (CV=26,1%). Na variedade Rei Vermelha (Armamar) o primeiro dente aparece praticamente na base da

folha, pois apenas 1,5 nervuras podem ocorrer entre este dente e a margem basal do limbo. Pelo contrário, na variedade Lada (Valpaços), o primeiro dente na folha aparece apenas após se terem formado as primeiras 5,5 nervuras, característica que a faz destacar de todas as outras variedades. Depois desta aparece a Trigueira (Vinhais), na qual o primeiro dente foliar se forma após o aparecimento de 4,5 nervuras a partir da base do limbo.

Quadro 4.6- Valores médios de parâmetros de biometria das folhas de variedades portuguesas, cuja forma é mais alongada (comprimento/largura > 2,85).

Cultivar	Concelho	Comp (mm)	Larg (mm)	Comp/Larg	Comp Peciol (mm)	Nº dentes	Nº Nerv	Nº nerv
						1 lado	1 lado	1º dente
Bária	Marvão	168,0	49,2	3,44	21,3	15,4	17,9	2,58
Bebim	Vila Real	167,9	56,6	3,03	22,3	16,8	19,0	2,48
Boa Casta	Tarouca	153,9	50,6	3,06	21,4	15,7	17,0	1,82
Benfeita	Vila Real	168,0	51,0	3,37	24,4	14,9	18,1	2,33
Boaventura	Vinhais	177,7	57,1	3,13	23,5	13,2	15,8	2,53
Cancela	Lamego	165,9	55,0	3,09	20,6	14,9	16,9	2,31
Cota	V. P. Aguiar	145,0	51,2	2,86	20,7	13,4	16,1	2,76
	Valpaços	153,4	54,1	2,87	19,0	15,0	18,3	2,5
Demanda	M. Beira	147,0	51,8	2,85	19,3	16,0	18,5	2,42
	Tarouca	151,1	51,9	2,96	16,5	14,7	16,9	2,57
Enxerta	Marvão	156,3	53,8	2,94	25,0	14,0	17,0	3,08
	Penedono	165,2	58,0	2,87	23,9	14,7	16,5	2,13
	Valpaços	168,5	59,5	2,87	26,1	16,6	19,3	2,54
Judia	Bragança	153,8	52,8	2,94	28,1	15,0	17,6	2,63
	Vinhais	174,2	59,9	2,94	27,5	16,1	18,6	2,57
	Guarda	157,1	54,5	2,92	22,9	14,7	17,0	2,7
Longal	Murça	151,7	52,8	2,90	20,6	13,4	16,4	3,07
	Sernacelhe	152,8	53,4	2,89	24,1	13,0	15,6	2,90
Lamela	Valpaços	160,4	54,8	2,95	21,8	13,5	16,2	2,9
Loura	M. Beira	163,4	57,1	2,90	17,1	14,4	17,5	3,66
Moreira	Vila Real	146,1	47,0	3,18	20,5	15,9	17,8	2,14
Martainha	Guarda	146,5	51,4	2,88	23,6	15,7	17,1	2,08
	Tarouca	156,8	50,7	3,13	20,3	13,2	16,4	3,2
Negral	Valpaços	169,1	55,5	3,07	22,5	15,9	17,6	2,30
Rebordona	Valpaços	152,1	48,3	3,19	24,2	15,9	18,9	3,21
Riscal	Armamar	168,2	53,9	3,19	24,2	14,3	15,4	1,59
Rei Vermelha	Armamar	156,9	48,1	3,29	25,4	14,1	15,1	1,50
Trigueira	Vinhais	147,8	51,5	2,90	22,1	12,9	17,4	4,45
Verdeal	Armamar	158,3	51,0	3,14	25,3	13,7	14,9	1,58

4.3.4-Análise biométrica das inflorescências masculinas

No castanheiro europeu, existem variedades com amentilhos astaminados (Quadro 4.7) braquistaminados (Quadro 4.8), mesostaminados (Quadro 4.9) e longistaminados (Quadro). Apenas três variedades são astaminadas (ver ponto 4.2): a Benfeita (Figura 4.50), Enxerta e a Longal (excepto o genótipo proveniente do concelho de Valpaços). O grupo das variedades com amentilhos braquistaminados engloba 17 variedades, entre as quais a Judia e a Martainha. De notar ainda que apenas 7 variedades têm amentilhos longistaminados: Demanda, Lada, Moreira (Figura 4.51), Misericórdia, Passã, Sousã e Soutinha. No grupo das mesostaminadas aparecem outras 13 variedades. Deve referir-se que estes dois últimos grupos incluem os amentilhos que maior contributo dão para a polinização cruzada entre variedades.



Figura 4.50- Amentilhos astaminados da variedade Benfeita.

Os amentilhos mais compridos (CV = 17,5%) foram encontrados na variedade Enxerta (Marvão) com 231 mm, enquanto os mais curtos, medindo 89,6 mm dizem respeito aos da Lamela (Valpaços). Nas três populações da variedade Judia, o comprimento dos amentilhos variou entre 193 e 202 mm. A Martainha, apresentou os amentilhos mais curtos, medindo entre 160 e 166 mm, excepto os do genótipo de Sernancelhe cujo valo foi de 188 mm. Por sua vez, na Longal o comprimento médio foi de 165,9 mm, apresentando uma variação entre 139 mm (Guarda) e 227 mm (Carrazeda de Ansiães).

Quadro 4.7- Grupo das variedades com amentilhos astaminados e respectivo comprimento médio.

Cultivar	Concelho	Comprimento (mm)
Benfeita	Vila Real	121,9
	A. Fé	153,4
	Bragança	174,7
	M. Beira	162,0
	Enxerta	M. Cavaleiros
	Marvão	231,0
	Penedono	144,2
	Vinhais	156,3
	C. Ansiães	227,0
	Guarda	139,0
	M. Beira	153,0
	Murça	185,5
Longal	Penedono	157,0
	Sernancelhe	169,4
	Trancoso	211,0
	V. P. Aguiar	170,6
	Vila Real	145,7
	Vinhais	149,0

Quadro 4.8- Grupo das variedades com amentilhos braquistaminados e respectivo comprimento médio.

Cultivar	Concelho	Comprimento (mm)
Amarelais	Terras Bouro	155,2
Bairral	V. P. Aguiar	184,2
Boaventura	Vinhais	165,8
Cancela	Lamego	176,0
	Valpaços	201,9
Judia	Bragança	193,2
	Vinhais	202,1
Longal	Valpaços	145,3
Loura	M. Beira	165,0
	Guarda	160,0
	Penedono	166,0
Martainha	Sernacelhe	188,0
	Trancoso	159,5
Nacional	V. P. Aguiar	212,4
Negral	Valpaços	199,3
Pelada	Boticas	185,4
Rebordona	Valpaços	196,8
Redonda	Montalegre	148,1
Riscal	Armamar	159,0
Trigueira	Vinhais	152,7
	Armamar	160,0
Verdeal	Guarda	179,3
Vermelha	Chaves	168,6

Quadro 4.9- Grupo das variedades com amentilhos mesostaminados e respectivo comprimento médio.

Cultivar	Concelho	Comprimento (mm)
Aveleira	Vinhais	167,7
Bária	Marvão	230,0
Bebim	Vila Real	156,0
Boa Casta	Tarouca	189,4
	Murça	209,0
Cota	V. P. Aguiar	178,3
	Valpaços	192,5
Demanda	Tarouca	180,0
Enxerta	C. Ansiães	222,5
Galizã	Boticas	188,8
	Valpaços	89,6
Lamela	Vinhais	165,5
	M. Beira	177,0
Negral	Tarouca	152,0
Pelada	M. Beira	175,9
Rei Vermelha	Armamar	152,0

Quadro 4.10- Grupo de variedades com amentilhos longistaminados e respectivo comprimento médio.

Cultivar	Concelho	Comprimento (mm)
Demanda	M. Beira	185,0
Lada	Valpaços	112,2
Moreira	Vila Real	126,1
Misericórdia	T. Bouro	202,3
Passã	Penedono	140,0
Sousã	Valpaços	115,0
Soutinha	Valpaços	186,0

A floração masculina varia entre cerca de meados de Junho na Bária e na Martainha e finais de Julho na Bebim. Na Judia, os amentilhos encontram-se funcionais entre a primeira e a última semana de Julho, o mesmo sucedendo com os da Longal, embora nestes a floração termine um pouco antes (Figura 4.52).



Figura 4.51- Amentilhos longistaminados da variedade Moreira

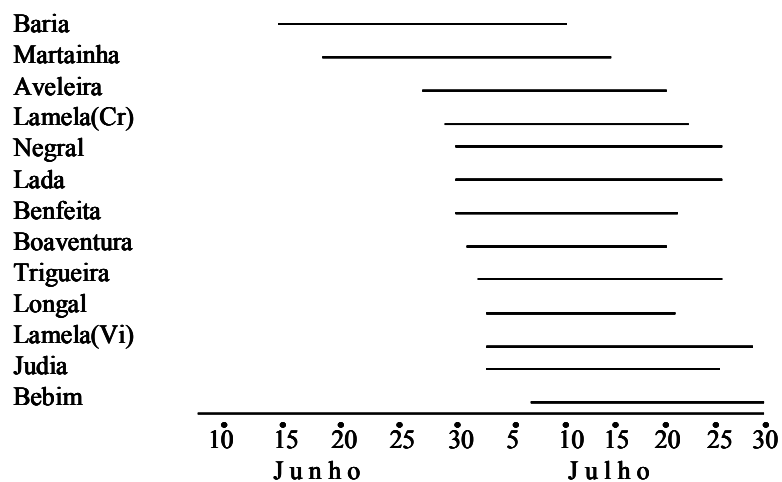


Figura 4.52- Fenograma do período de floração masculina em algumas variedades.

4.3.5-Análise do grau de proximidade entre variedades e populações intravarietais

As populações das variedades Longal e Enxerta apresentam uma grande proximidade entre si (Figura 4.53), de acordo com os estudos com marcadores moleculares o demonstram igualmente (Costa *et al.*, 2005; Ribeiro, 2006). Conforme foi referido atrás, quando os agricultores designam um castanheiro como sendo da variedade Enxerta, estão normalmente a

querer dizer, que se trata de um castanheiro enxertado com material proveniente da variedade Longal, uma das variedades mais antigas e que em tempos era das mais utilizadas para este fim. Como se pode observar a Enxerta, à semelhança da Longal, tem uma distribuição nacional.

Relativamente à variedade mais representativa da Terra Fria Transmontana - a Judia - pode observar-se que a população de Valpaços é muito próxima da de Vinhais, e estas da Amarelais de Terras de Bouro. Este grupo, por sua vez, é o que se encontra mais próximo das populações de Martaínha (provenientes dos concelhos de Sernancelhe, Trancoso, Penedono e Guarda), assim com da Judia de Bragança. Neste grupo aparecem ainda a Trigueira (Vinhais) e a Nacional de Vila Pouca de Aguiar. Aparecem também agrupadas com bastante proximidade as variedades Cota (Valpaços, Murça e Vila Pouca de Aguiar), Demanda (Tarouca e Moimenta da Beira), assim como a Negral (Tarouca e Moimenta da Beira). Neste grupo de variedades surgem ainda a Avelreira (Vinhais) e a Bária de Marvão.

O grupo, que parece ser o menos homogéneo, inclui um conjunto de variedades de menor importância em termos de expressão nos soutos. Com efeito, neste grupo encontram-se duas populações da variedade Verdeal (oriundas da Guarda e de Chaves), a Lada (Valpaços), tida com uma excelente polinizadora da Judia, e ainda a Misericórdia (Terras de Bouro), Pelada (Boticas), Redonda (Montalegre), Passã (Penedono), Moreira (V. Real), Rei Vermelha (Armamar) e Sousã (Valpaços). Por fim, aparece a variedade Soutinha numa posição bastante isolada, relativamente a todas as restantes variedades.

Apesar de através da análise aqui apresentada não ser muito evidente, os trabalhos de caracterização molecular realizados por Costa (2005) e Ribeiro (2006), referem um possível caso de heteronímia entre as variedades Martaínha e Verdeal, evidenciando um valor de similaridade de 82%. Estes trabalhos referem ainda as variedades Longal, Verdeal e Martaínha como sendo bastante instáveis do ponto de vista genotípico, isto é, apresentam grande variabilidade intra-populacional (inter-varietal). Contrariamente, as variedades Amarelal, Bária, Enxerta e Vilar de Ossos apresentaram os índices mais baixos de variabilidade.

Destacamos ainda os seguintes grupos de variedades, que não poderão ser mais que designações diferentes para um mesmo genótipo:

- Riscal e Verdeal (provenientes de Armamar);
- Cancela (Lamego) e Negral (Valpaços);
- Lamela (Vinhais) e Pelada (Moimenta da Beira);

- Cota (Murça) e Negral (Moimenta da Beira);
- Cota (Valpaços) e Demanda (Tarouca);
- Pelada (Boticas) e Redonda (Montalegre).

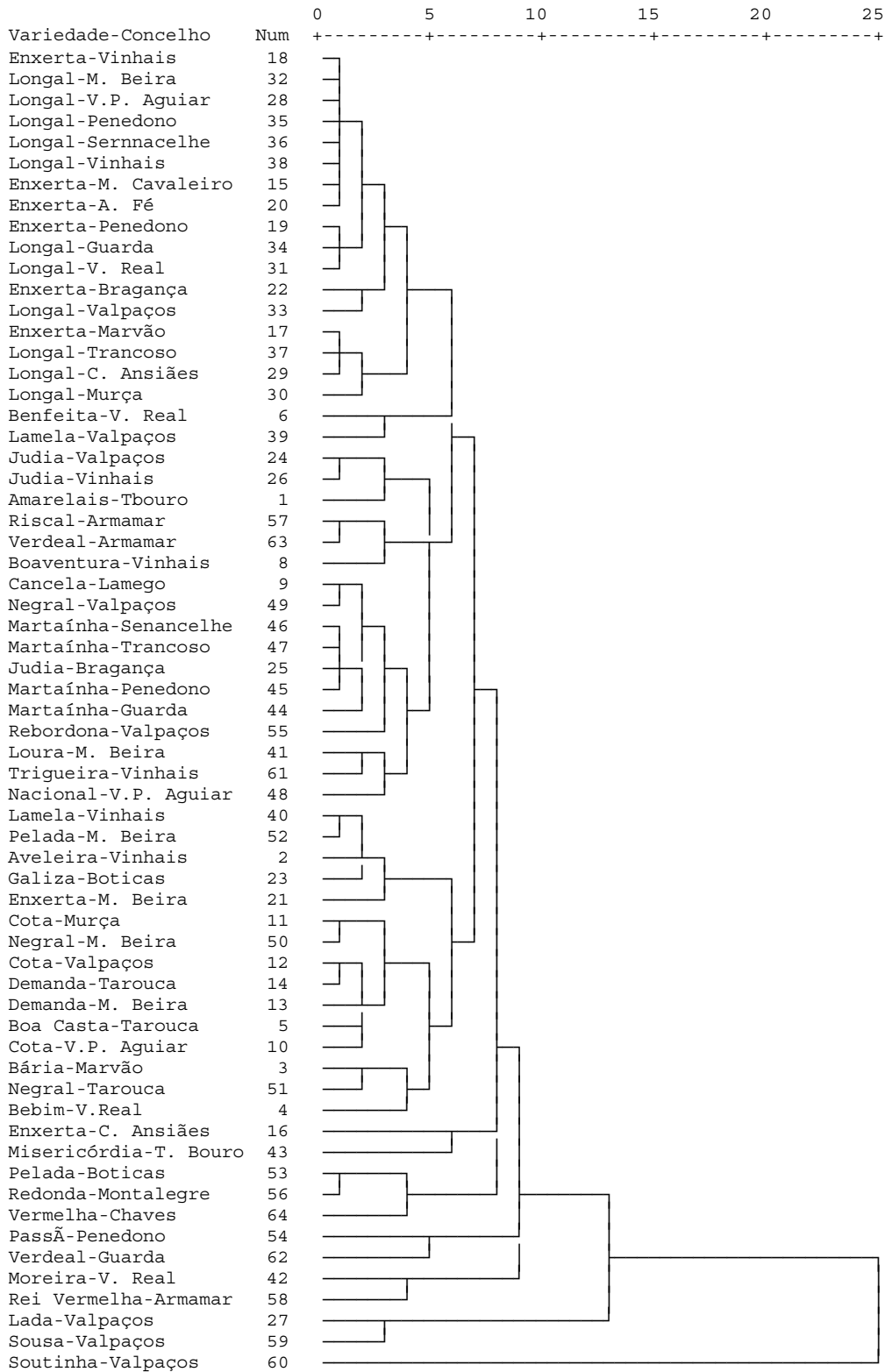


Figura 4.53- Dendrograma com a distribuição das variedades e respectivas populações intraespecíficas construído a partir da análise de componentes principais.

Referências Bibliográficas

- Bergougnoux, F.; Verlhac, A.; Breisch, H. e Chapa, J. 1978. Le châtaignier. INVUFLEC, Paris, pp.192.
- Breviglieri, N. 1955. Indagini ed osservazioni sulle migliori varietà italiane di Castagno. Centro di Studio Sul Castagno, Pubblicazione N.2, Supplemento a la Ricerca Scientifica, pp. 27-164.
- Costa, R.; Valdiviesso, T.; Marum, L.; Fonseca, L.; Borges, O.; Soeiro, J.; Matos Soares, F.; Sequeira, J.; Assunção, A. E Correia, P. 2005. Characterization of traditional portuguese chestnut cultivars by nuclear SSRs. *Acta Horticulturae* 693: 437-440.
- Elorrieta, J. 1949. El castaño en España. MAPA, Madrid, pp.303.
- Guerreiro, M. G. 1957. Castanheiros - Alguns estudos sobre a sua ecologia e o seu melhoramento genético. Dissertação para a obtenção do título de professor agregado do ISA,, Alcobaça, pp.111.
- Pereira-Lorenzo, S. 1994. Selección y Caracterización de Variedades Tradicionales de *Castanea sativa* Mill. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Ribeiro, C.A.M. 2006. Caracterização molecular de variedades de castanheiro (*Castanea sativa* Mill.)por microssatélites. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra. Coimbra.

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.

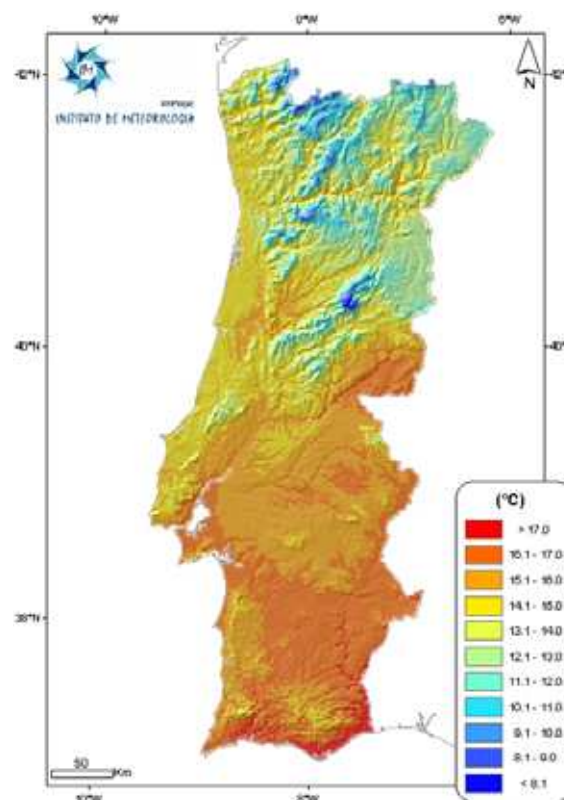


Figura 4.56- Valores médios anuais da temperatura no período de 1961 a 1990 em Portugal Continental (INM, 2005).

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.

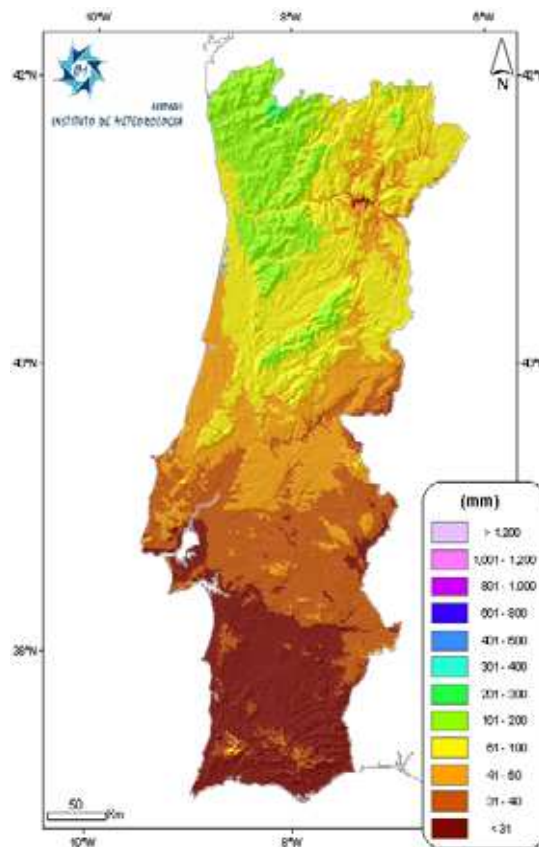


Figura 4.57- Valor da precipitação média anual no Verão (valores 1961-1990) (INM, 2005).

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).

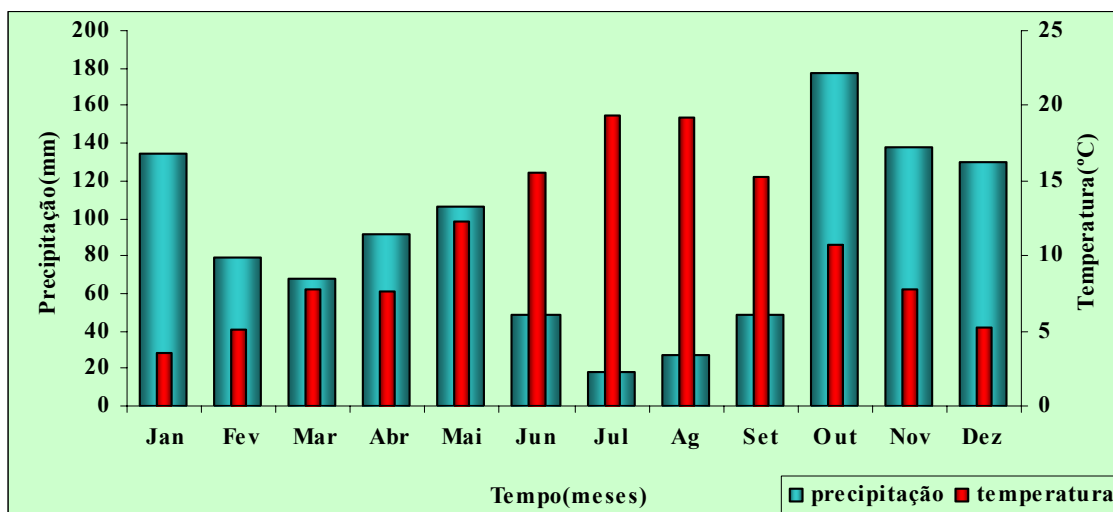


Figura 4.58- Variação média (1988-1994) da precipitação e temperatura média na região castanhícola de Trás-os-Montes.

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.

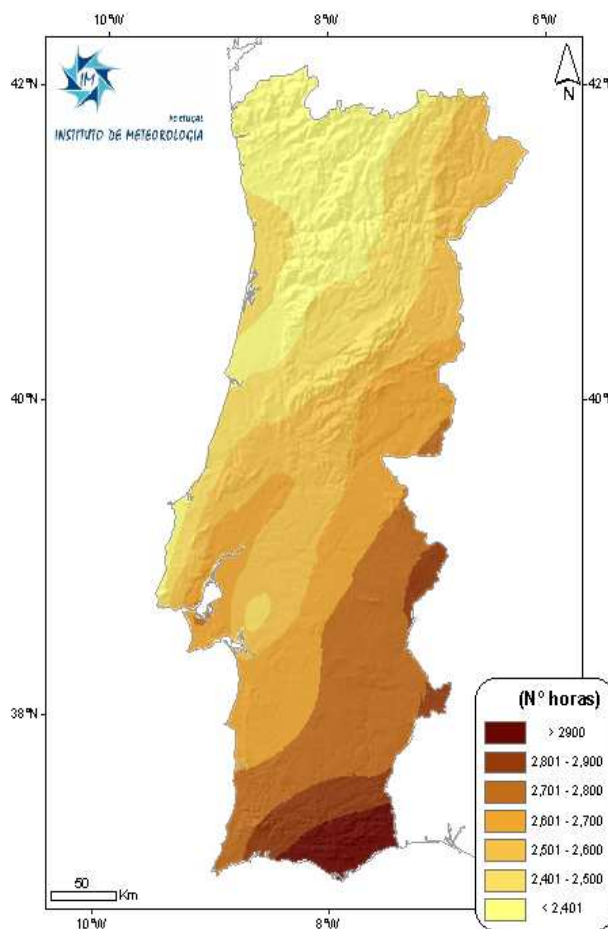


Figura 4.59- Caracterização de Portugal Continental quanto aos níveis médios de insolação por ano (1961-1990) (INM, 2005).



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



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

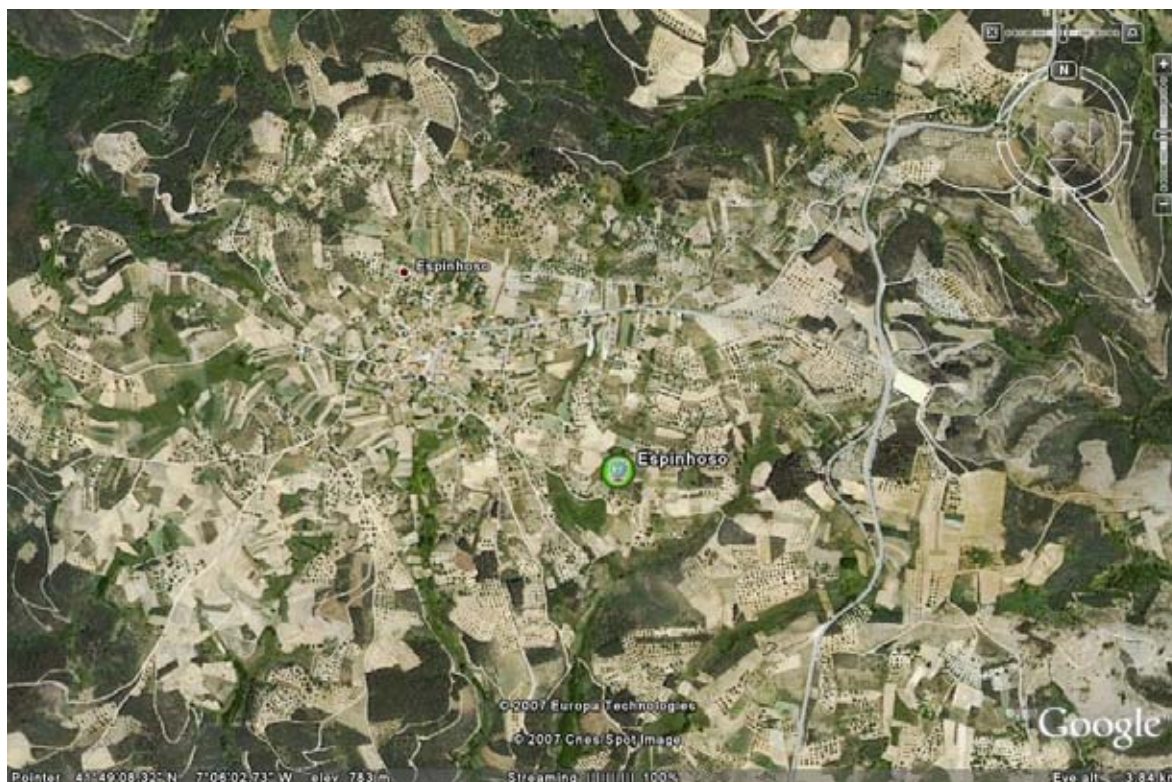


Figura 4.62- Freguesia de Candedo, concelho de Vinhais.

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 (m)	Epiderme (m)		mesófilo (m)		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 (mol.m ⁻² .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 (n°. mm ⁻²)	254,8 c	270,5 b	297,4 a	292,0 a
Fruto				
Calibre (n°frutos.kg ⁻¹)	81,2 a	77,7 b	73,5 b	82,8 a
N° frutos/ouriço	1,47 b	1,63 a	1,51 b	1,59 a
Calibre corrigido (n°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 correção 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 (g.cm ⁻²)	63,3	65,9	65,6	67,0
Cl _a /Cl _b	2,95	3,03	3,04	2,98
Carotenóides (g.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).

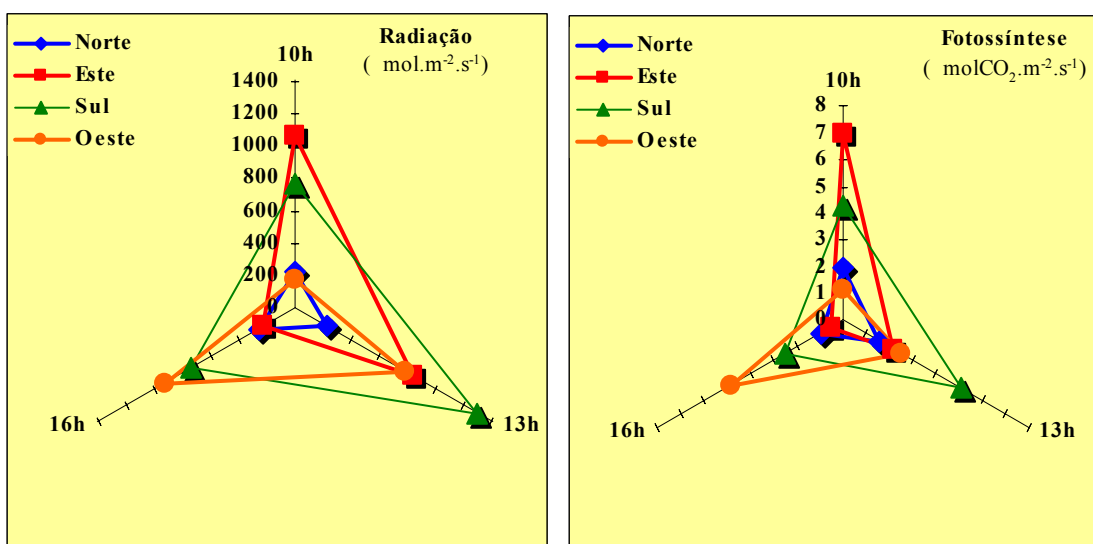


Figura 4.67- Estudo da variação diária (10, 13 e 16 h) do nível de radiação solar e taxa de fotossíntese em castanheiros da variedade Judia.

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 $3,9 \text{ molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. 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 ($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	175 b	93	197 a	105	195 a	100	190 a	101
Fotossíntese ($\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	1,32 c	34	3,08 b	79	3,92 a	100	3,07 b	79
Transpiração ($\text{mmolH}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	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.

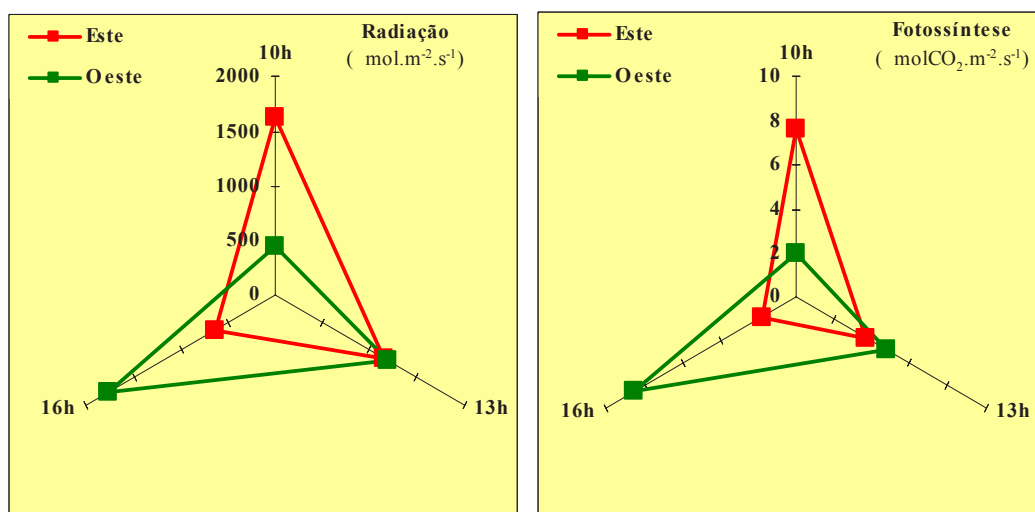


Figura 4.69- Valores médios da radiação e da fotossíntese em cada um dos lados da parede vegetativa.

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 mol.m⁻².s⁻¹. Isto é, cerca de 75% da produtividade máxima é obtida com uma radiação de 1.000 mol.m⁻².s⁻¹.

Em termos comparativos, num dia de sol a radiação directamente incidente numa árvore pode atingir 1.800 a 2.000 mol.m⁻².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.

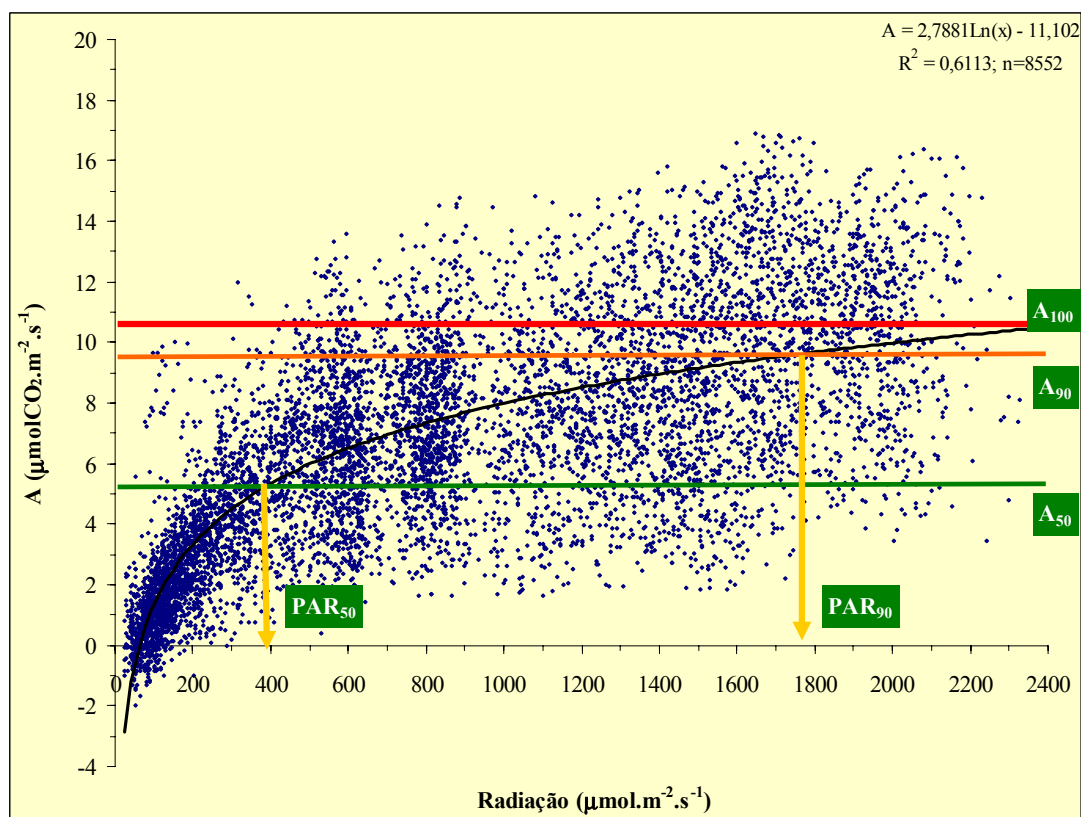


Figura 4.70- Influência da intensidade da radiação solar na taxa de fotossíntese (A) em castanheiro europeu.

De entre as variedades portuguesas, a Judia atinge 90% da taxa máxima de crescimento com uma radiação de cerca de $1.300 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, enquanto que metade da produtividade é alcançada com apenas $300 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (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 $1.600 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. 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 $1.450 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para atingir os 90% da fotossíntese máxima e $380 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ 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.

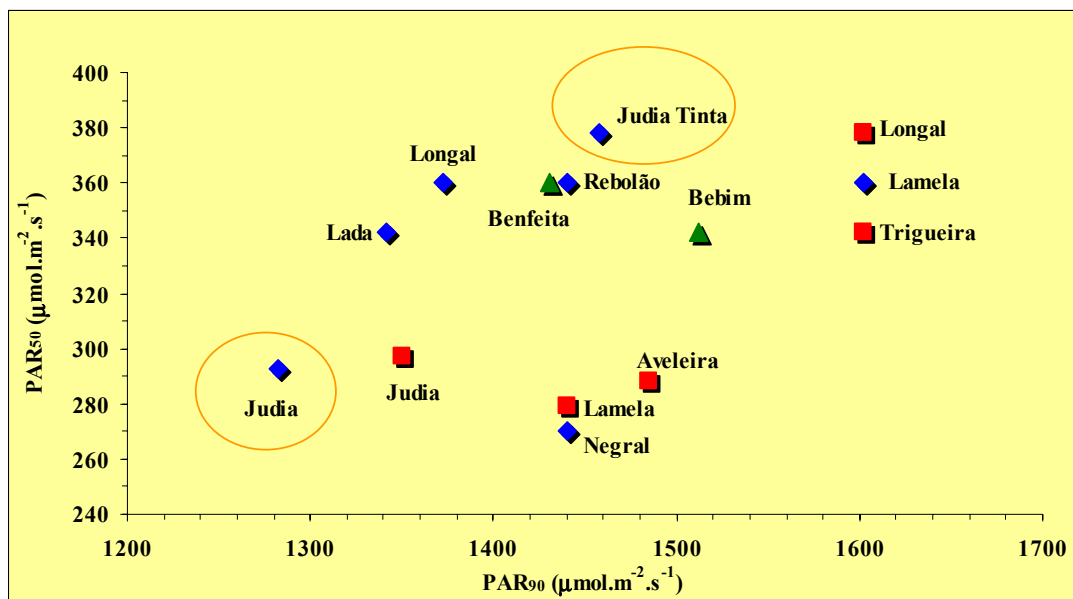


Figura 4.71- Distribuição de algumas variedades portuguesas em função da radiação necessária para atingir 50 e 90% da taxa de crescimento máximo (medido através da taxa de fotossíntese). PAR₅₀ e PAR₉₀ representam os valores de radiação para os quais a taxa de fotossíntese é 50 e 90% da máxima. As determinações de produtividade foram feitas em árvores adultas instaladas em sotos 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 *Cl_a/Cl_b*, 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 *Cl_a/Cl_b* 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 *Cl_a/Cl_b*. Por outro lado, a Judia (ambos os genótipos) apresenta baixa razão *Cl_a/Cl_b*, 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	Carotenóides	Cla/Clb	Cl/Car
		($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$)	($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$)		
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	Martáinha	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 Martáinha, 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.

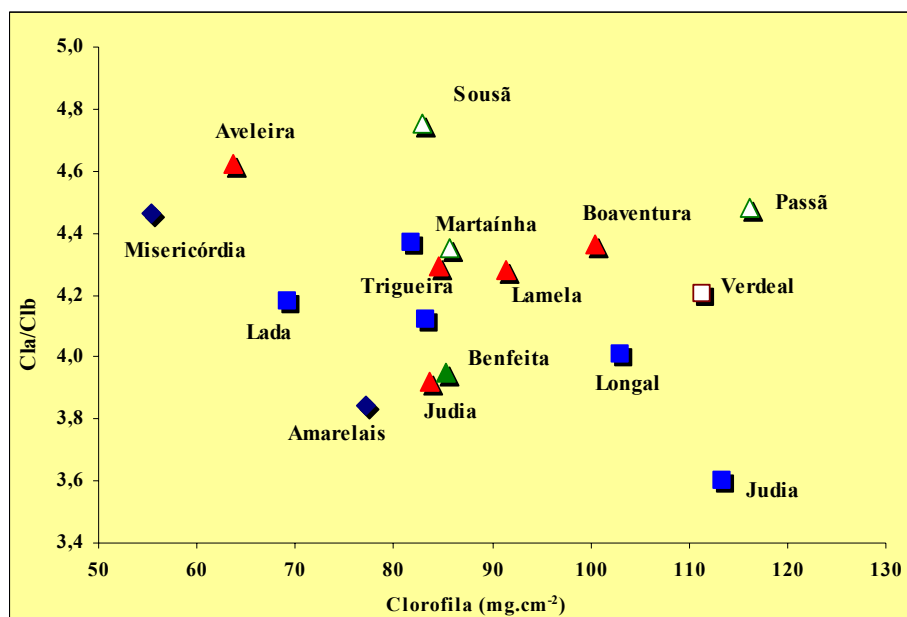


Figura 4.72- Distribuição dos diferentes genótipos de castanheiro em função do teor de clorofila e da razão Cla/Clb. As variedades pertencem aos concelhos Valpaços (losangos azuis), Vinhais (quadrados vermelhos), Vila Real (triângulos verdes), Terras Bouro (losangos azuis), Guarda (quadrados brancos),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

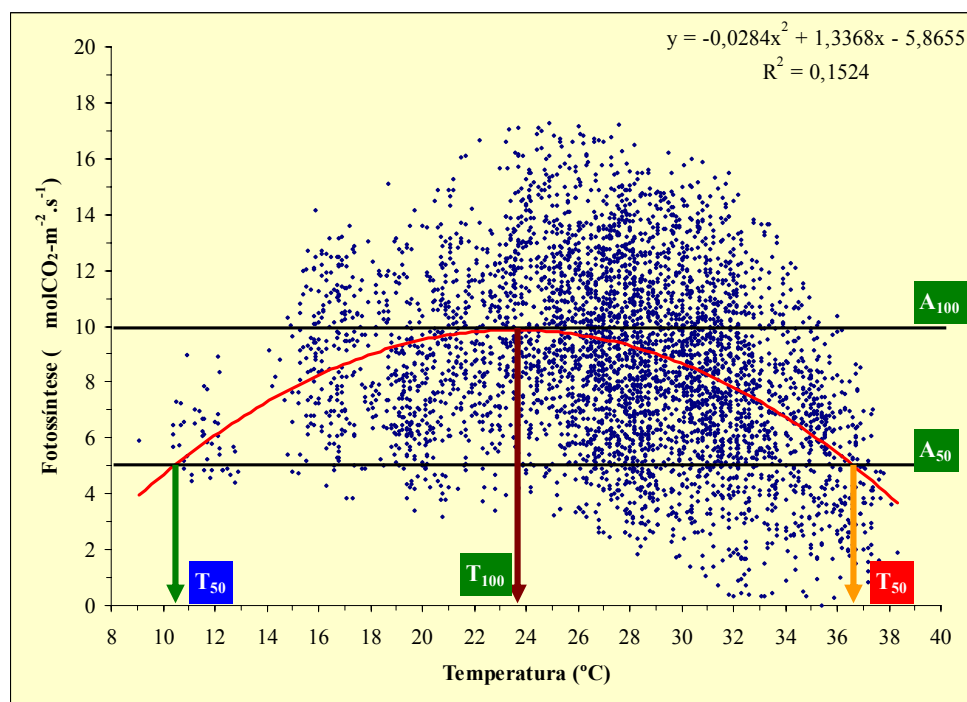


Figura 4.73- Estudo do efeito da temperatura ambiente na taxa de fotossíntese em castanheiro europeu (n = 8.852).

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.

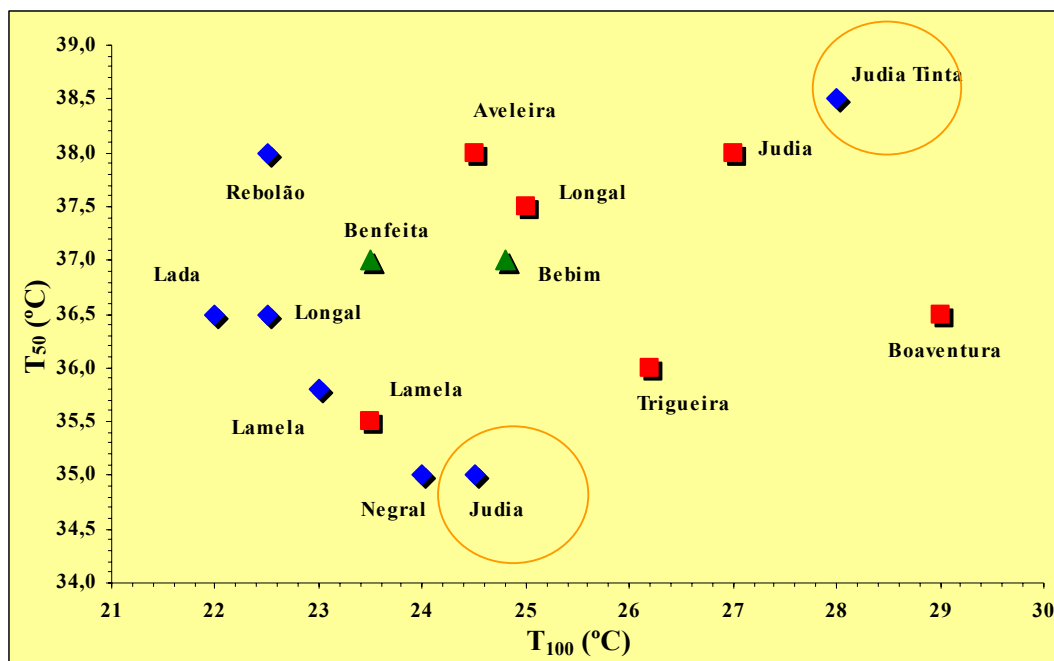


Figura 4.74- Distribuição das variedades portuguesas de castanheiro em função da temperatura óptima e da temperatura que impõe uma redução de 50% na taxa de fotossíntese (crescimento). As determinações de produtividade foram feitas em árvores adultas instaladas em soutos nos concelhos de Valpaços (losangos 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).

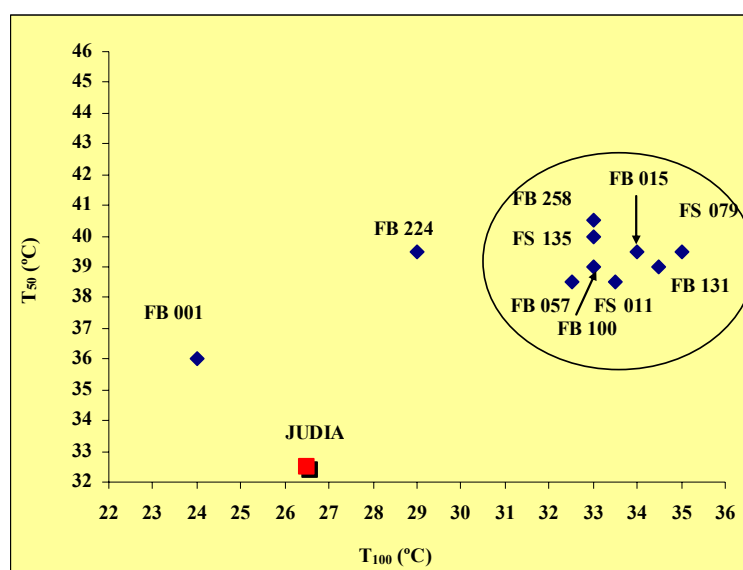


Figura 4.76- Distribuição de clones híbridos de castanheiro (*C. sativa* x *C. crenata*) em função da temperatura óptima de crescimento (T_{100}) e da temperatura de redução de 50% do crescimento (T_{50}). O crescimento foi avaliado por medições da taxa de fotossíntese em plantas jovens (2 anos) envasadas. 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).

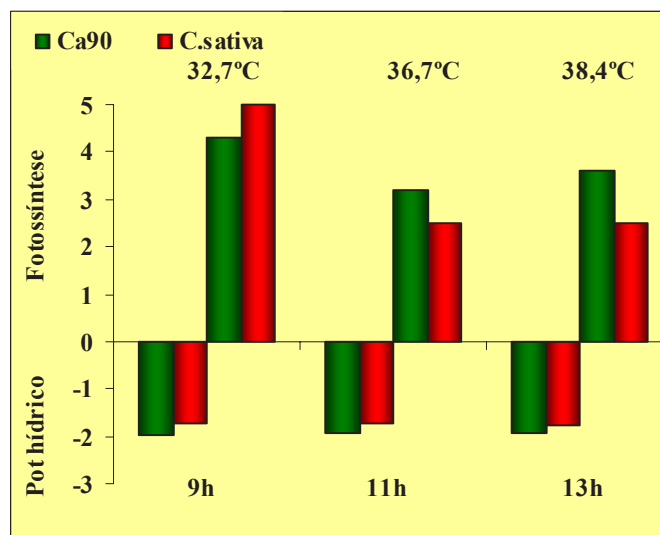


Figura 4.77- Valores médios do potencial hídrico (MPa) e da fotossíntese ($\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) medidos em condições de céu limpo, em plantas com 3 anos da variedade Judia enxertadas em Ca90 e *C. sativa*.

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 Azeiteira 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 $8,5 \mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 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.

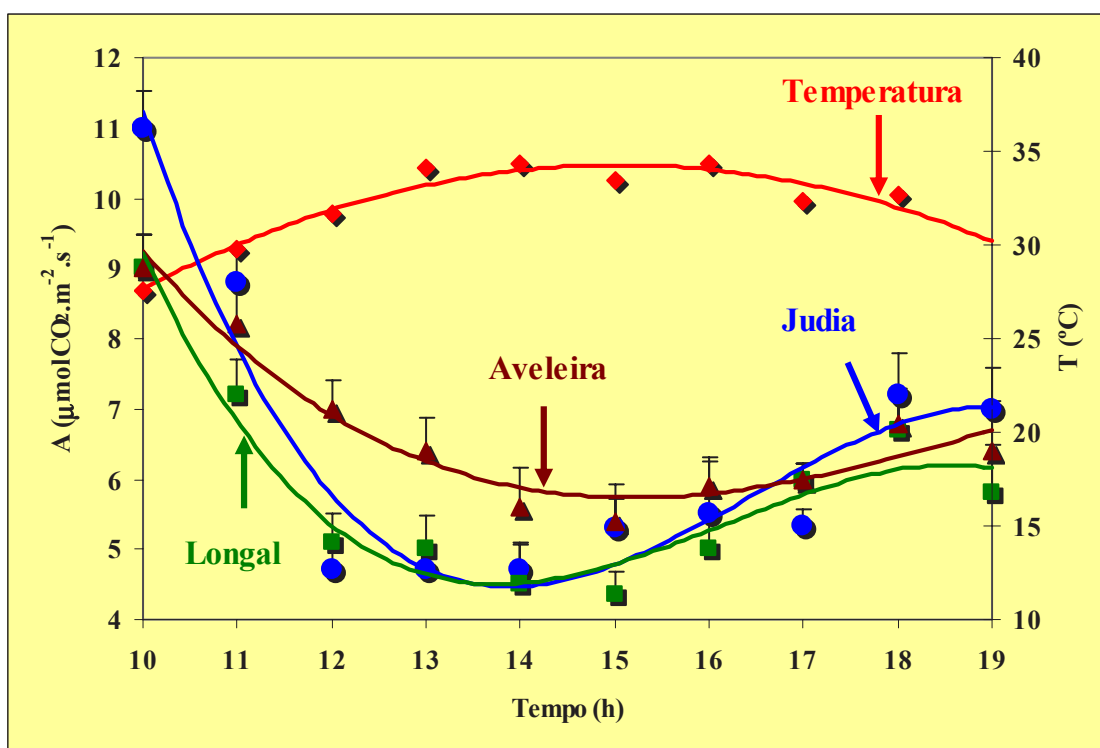


Figura 4.78- Estudo da variação diária, no período 10 – 19 h, da taxa de fotossíntese nas variedades Judia, Longal e Aveleira, em função da respectiva temperatura média.

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.

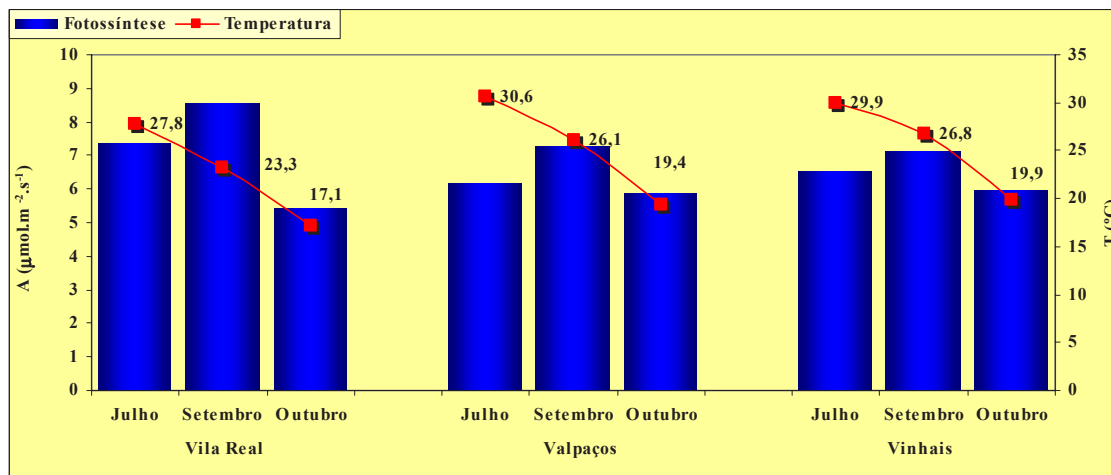


Figura 4.79- Valores médios da taxa de fotossíntese e da temperatura, entre Julho e Outubro, em Vila Real, Valpaços e Vinhais.

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 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{s}^{-1}$ (Outubro). Relativamente à taxa média obtida em cada um dos locais estudados, esta foi de 7,1 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{s}^{-1}$ em Vila Real (temperatura média 22,7°C) e 6,5 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{s}^{-1}$ em Valpaços (temperatura média 25,4°C) e Vinhais (temperatura média 25,5°C), conferindo uma taxa global média de fotossíntese de 6,7 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{s}^{-1}$, correspondendo este valor a uma fixação de 1,16 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
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.

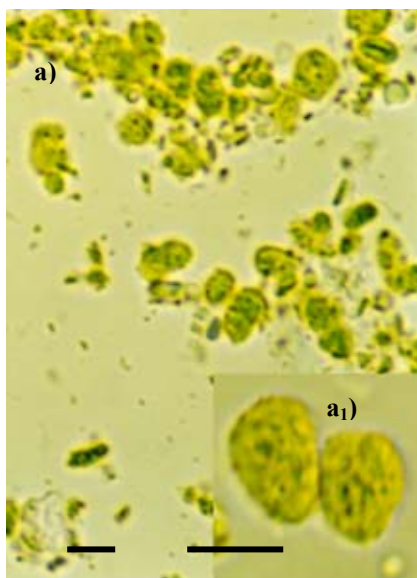


Figura 4.80- Cloroplastos de castanheiro observados com objectiva de 40x (a) e de 100x (a₁). As barras correspondem a 5 μ m.

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. docosanoico	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 termopluiométrico (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 termopluiométrico, 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 CO₂ e a saída de O₂, 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%.

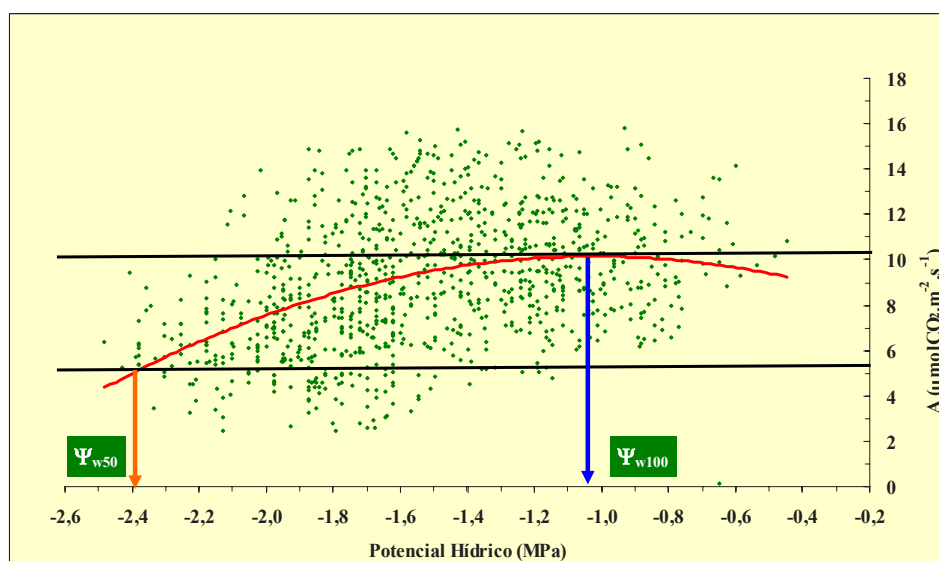


Figura 4.81- Influência do potencial hídrico do castanheiro na taxa de fotossíntese. O símbolo Ψ_{w100} representa o valor do potencial hídrico determinado em condições de meia a plena radiação e temperatura inferior a 34 °C.

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.

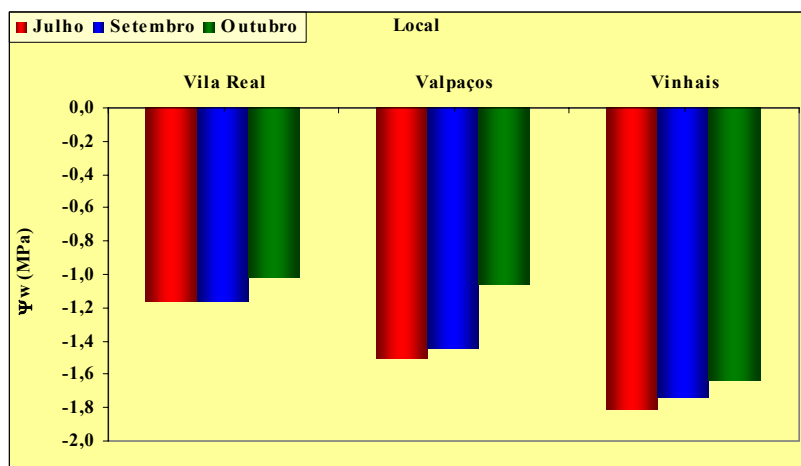


Figura 4.82- Valores médios do teor de água nas folhas de castanheiros adultos (cerca de 50 anos), entre Julho e Outubro.

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 Bebim 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
	Temperatura (°C)	27,8	23,3	17,1	22,7
Vila Real	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
	Temperatura (°C)	29,9	26,8	19,9	25,5
Vinhais	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 soutos) (ver capítulo 5).

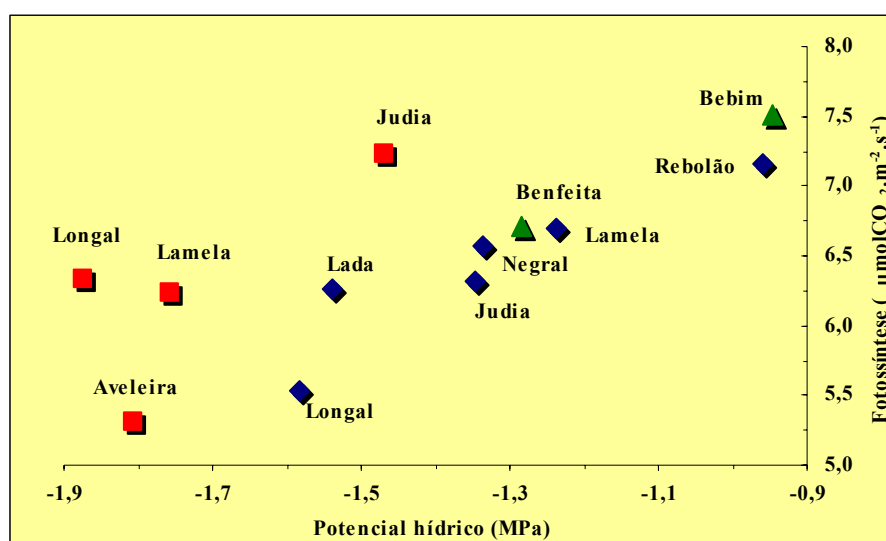


Figura 4.83- Relação entre os valores médios (Julho, Setembro e Outubro) do potencial hídrico das folhas de castanheiro de variedades das regiões de Valpaços (losangos azuis), Vila Real (triângulos verdes) e Vinhais (quadrados vermelhos) e a respectiva taxa de fotossíntese.

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).

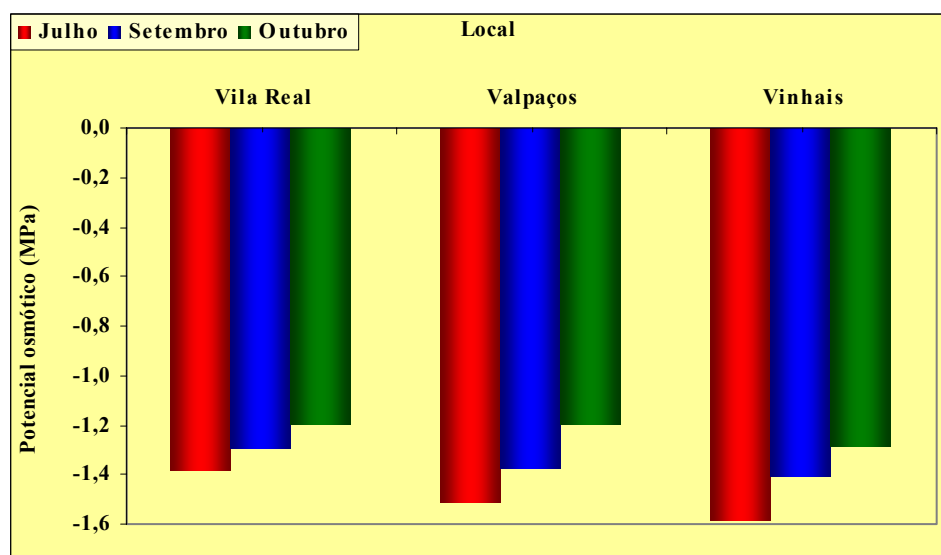


Figura 4.84- Valores médios do potencial osmótico nas folhas de castanheiros adultos localizados em três concelhos de Trás-os-Montes.

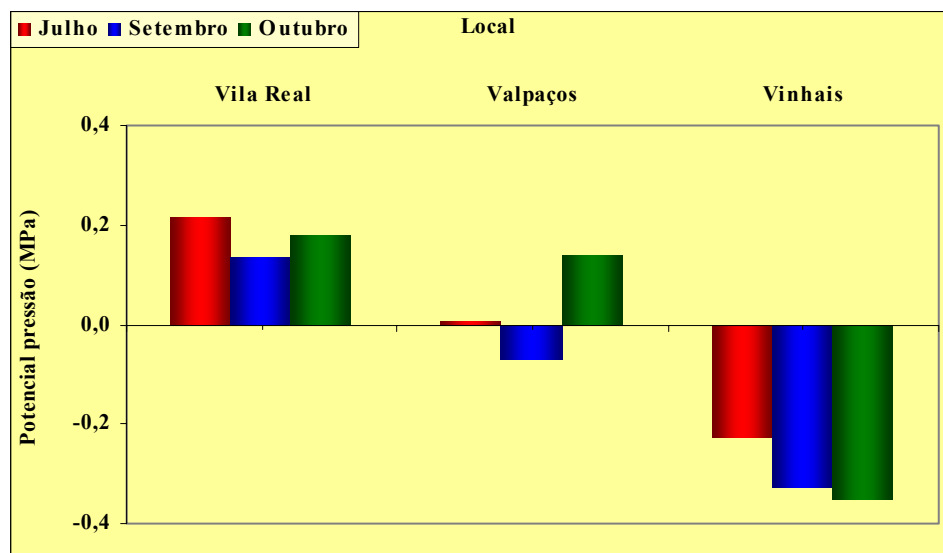


Figura 4.85- Variação do estado de turgescência em folhas de castanheiro entre Julho e Outubro.

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 Bebim apresenta um comportamento muito bom.

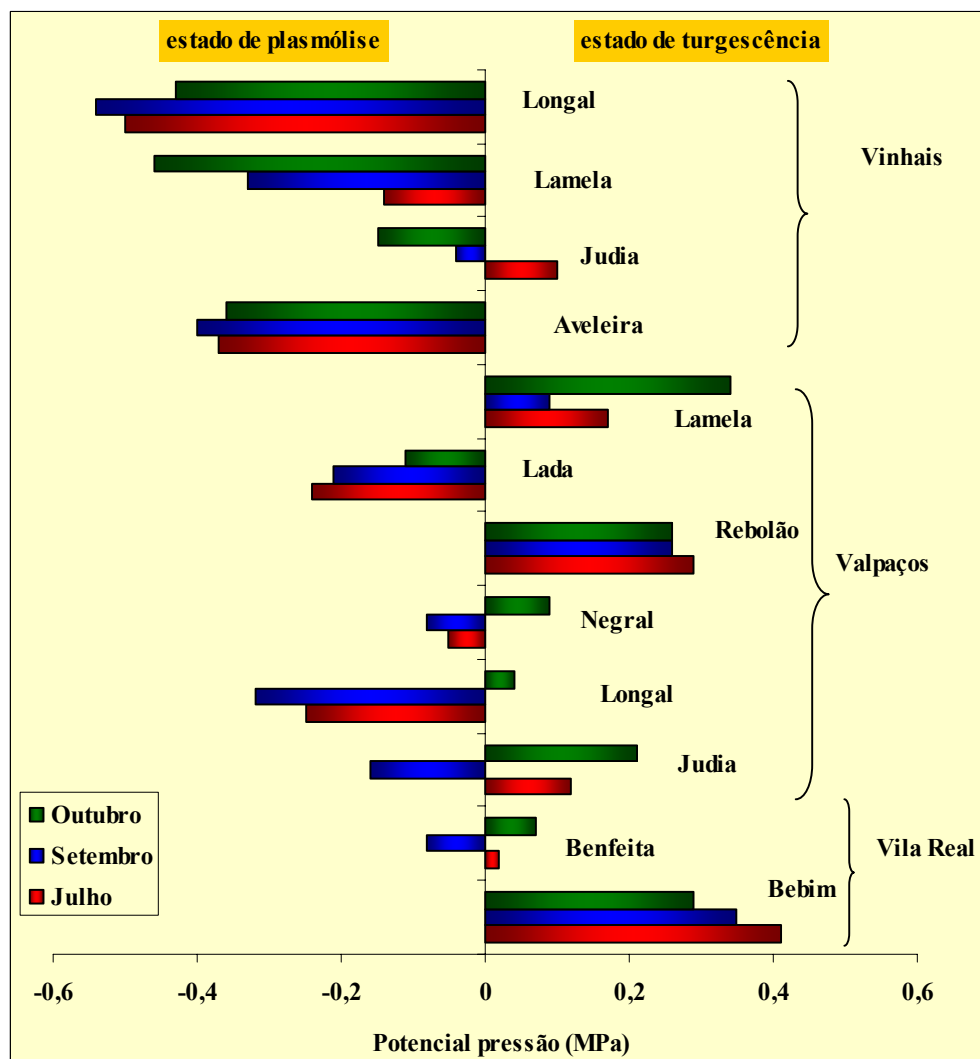


Figura 4.86- Valores médios por variedade do potencial de pressão entre Julho e Outubro.

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 m^2 de área foliar por segundo (o que corresponde a 4,8; 4,2 e 2,8 $mmolH_2O.m^{-2}.s^{-1}$) (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.

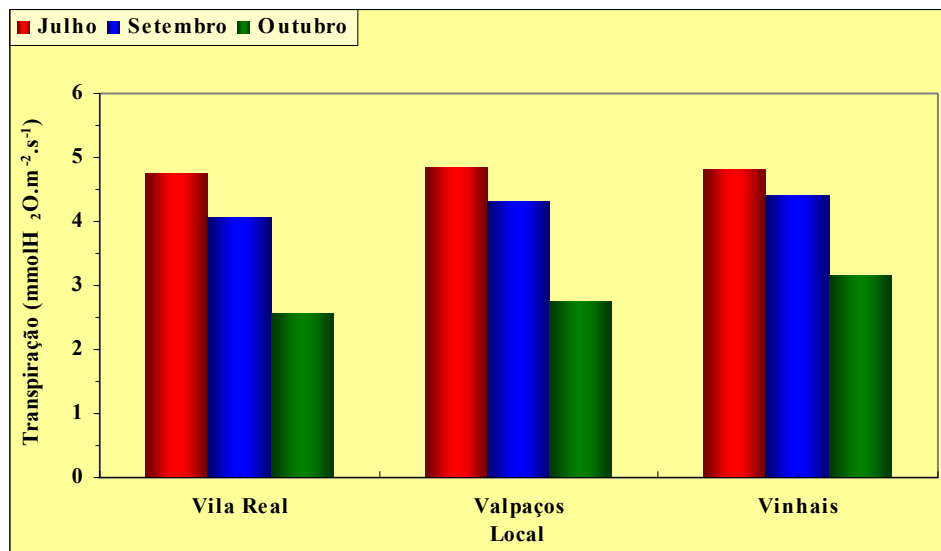


Figura 4.87- Variação da taxa de transpiração em castanheiros adultos.

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).

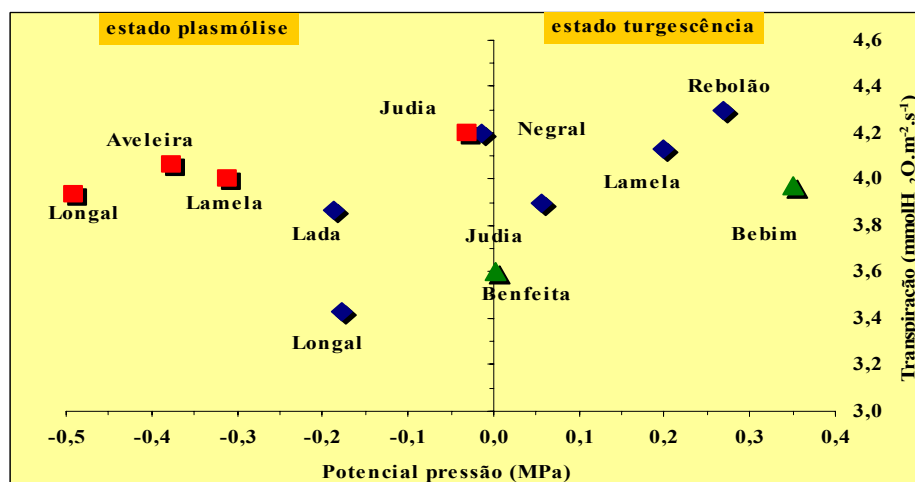


Figura 4.88- Distribuição das variedades em soutos de Valpaços (losangos azuis), Vila Real (triângulos verdes) e Vinhais (quadrados vermelhos) em função do seu potencial de pressão e da taxa de transpiração.

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.

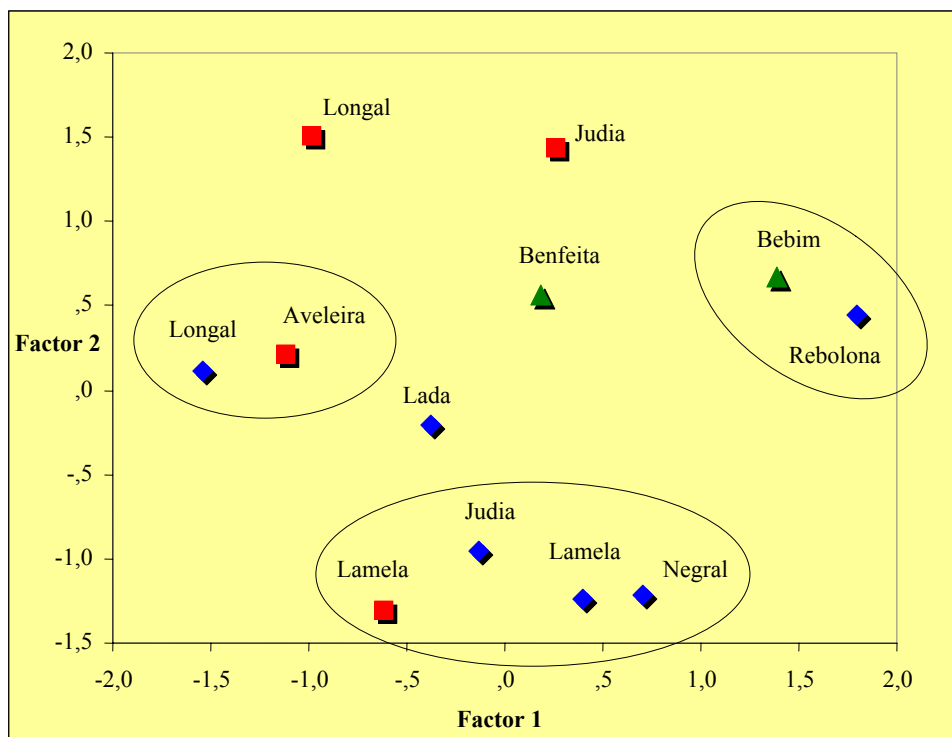


Figura 4.89- Distribuição das variedades de castanheiro em função dos dois componentes principais extraídos, a partir dos valores médios da taxa de fotossíntese e de transpiração, do potencial hídrico, do potencial osmótico, das temperaturas que reduzem 50% (T_{50}) e 100% (T_{100}) a fotossíntese.

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. Seleção 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.

4.5 - Caracterização de castanheiros, por compostos fenólicos

Rosário Anjos

O estudo dos compostos fenólicos, em particular dos ácidos fenólicos, considera-se de interesse por se encontrarem ligados à maior parte dos fenómenos biológicos. Normalmente, a cada espécie vegetal está associada uma determinada família de polifenóis como mais importante, cujos teores aumentam com a idade e variam com o desenvolvimento vegetativo da planta (Evaristo e Leitão, 2001).

A inclusão, neste livro, do estudo dos compostos fenólicos em folhas de castanheiro, está relacionada com a importância que estes compostos poderão ter na protecção que conferem às plantas contra ataques de fungos e insectos.

Os compostos fenólicos podem dividir-se em dois grandes grupos: compostos fenólicos monoméricos e poliméricos. Os taninos e as lenhinas, pertencentes ao segundo grupo, são polímeros de estruturas mais ou menos complexas que têm, como unidades estruturais, compostos do primeiro grupo.

O primeiro grupo engloba os fenóis simples, os ácidos fenolcarboxílicos ou ácidos hidroxibenzoicos, os fenilpropanóides ou ácidos hidroxicinâmicos e os flavonóides que constituem a classe mais vasta.

Os taninos encontram-se nas folhas, frutos, casca e lenho da maior parte das árvores (Scalbert *et al.*, 1988). Os taninos condensados foram identificados nas gimnospermas e nas angiospermas, enquanto a ocorrência de taninos hidrolizáveis é limitada a algumas espécies de dicotiledóneas, (Scalbert *et al.*, 1988). Tanaka *et al.* (1997) referem que a madeira do castanheiro japonês (*Castanea crenata*) é extremamente resistente e que tal facto está relacionado com a sua elevada concentração de taninos (cerca de 8%) no cerne.

A lenhina é uma estrutura polimérica entrecruzada, muito complexa, constituída por unidades derivadas dos fenilpropanóides e funciona como material ligante das microfibrilas de celulose, conferindo às paredes das células vegetais rigidez e protecção contra os ataques químicos (Castro e Fernandes, 1995).

O nível de toxicidade dos compostos fenólicos varia consoante a sua estrutura. Entre os diferentes compostos fenólicos, os *o*-di-hidroxifenóis (catecol, ácido protocatéuico, ácido clorogénico e o ácido cafeico) são conhecidos como tendo uma acção altamente fungitóxica.

Alguns compostos fenólicos inactivam as enzimas produzidas por agentes patogénicos e podem, inclusivamente, suprimir a sua produção de toxinas (Vidhyasekaran, 1988).

Num estudo realizado sobre compostos fenólicos cuja separação, identificação e quantificação foi feita por HPLC (*High Performance Liquid Chromatography* - Cromatografia Líquida de Alta Eficiência) utilizando a detecção no ultravioleta (Wilson, 1981), foi possível discriminar por comparação dos tempos de retenção dos produtos cromatografados com os de padrões comerciais, diferentes génotipos: COLUTAD, castanheiros pertencentes às variedades portuguesas (Longal e Verdeal); castanheiros híbridos (Ha e Hb); castanheiros resistentes (Ra e Rb) e castanheiros susceptíveis (Sa e Sb) à doença da tinta. Esta técnica pode vir a tornar-se ainda mais aceitável e reprodutível caso se venha a normalizar as diferentes variáveis a usar na metodologia em ensaios deste tipo.

Relativamente à composição em compostos fenólicos, constituintes da fracção hidrolizada, foi possível quantificar, por HPLC e por utilização do método do padrão externo: o ácido gálico e o ácido sirínico (ácidos fenolcarboxílicos); o ácido cafeico e o ácido p-cumárico (fenilpropanóides) e a catequina (flavonóides).

Os resultados demonstram a ocorrência destes compostos em todas as árvores analisadas e encontram-se representados graficamente na Figura 4.90. Esta figura evidencia, de uma forma clara, a maior concentração em ácido gálico apresentada pelas árvores estudadas, com excepção do COLUTAD.

O ácido gálico que possui propriedades antioxidantes (Vieitez *et al.*, 1984), foi o composto fenólico que apresentou maior concentração em todas as árvores escolhidas, com excepção do clone COLUTAD que revelou valores completamente díspares das árvores resistentes e susceptíveis.

Os castanheiros susceptíveis apresentaram os valores mais reduzidos de ácido gálico. Este resultado está em total concordância com o trabalho efectuado por Vieitez *et al.* (1984) que consideraram que a resistência do castanheiro europeu à doença da tinta poderá estar relacionada com o seu maior conteúdo em ácido gálico, que *in vitro* inibia o crescimento de *Phytophthora cambivora* e *Phytophthora cinnamomi*.

Na caracterização química de lenho de castanheiro por HPLC, Canas *et al.* (1999) referiram que o ácido gálico foi o composto fenólico mais abundante, seguido do ácido elágico, e que dentro dos compostos encontrados em menor quantidade, o ácido sirínico ocorreu em maior proporção. Delgado e Gómez-Cordovés (1987) e Martinez *et al.* (1996) verificaram, também, que foi o ácido gálico o composto fenólico mais abundante no lenho de carvalho.

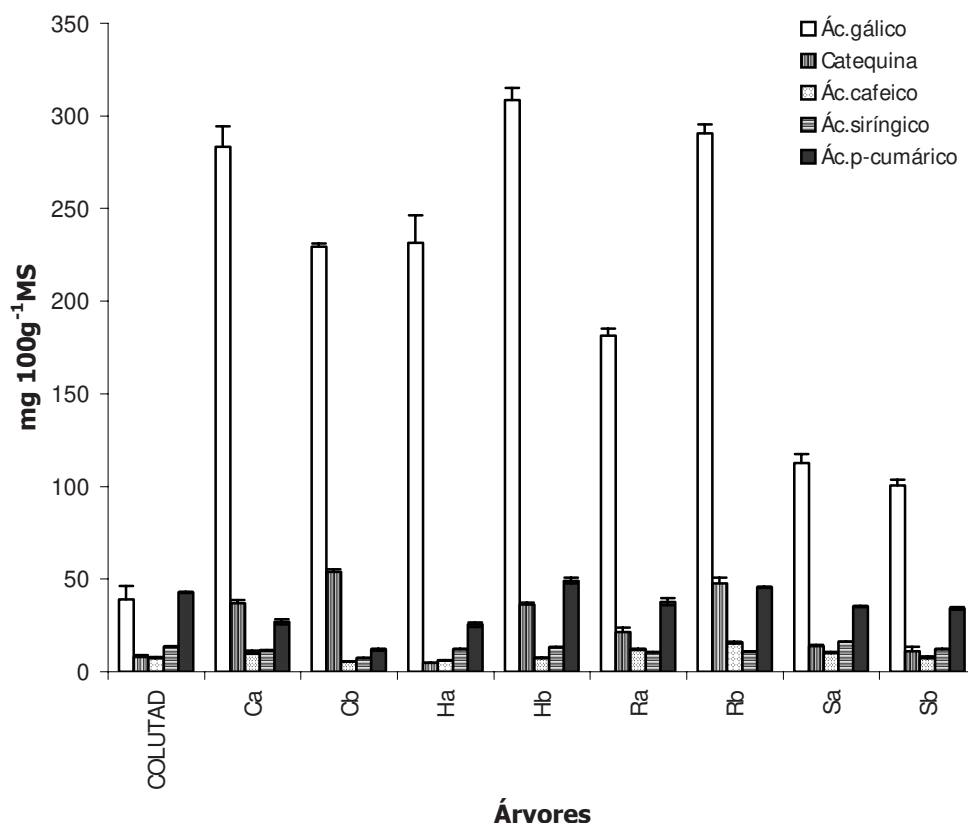


Figura 4.90– Teor médio dos diferentes compostos fenólicos por árvore e expresso em mg por 100 g de matéria seca (MS) em folhas de castanheiro.

Os fenóis estão entre os compostos bioquímicos que também têm sido usados como marcadores, por exemplo na diferenciação de rebentos juvenis e adultos de castanheiro (Fernandez-Lorenzo *et al.*, 1999).

Num estudo efectuado em carvalho roble (*Quercus robur*), Scutareanu e Lingeman (1994) determinaram que a concentração de fenóis totais foi, na generalidade, mais elevada nas folhas das árvores resistentes ao oomiceta *Phytophthora cinnamomi* do que nas folhas das árvores susceptíveis e que o valor mais elevado ocorreu nas folhas mais jovens. Estes autores referem, ainda, que o conteúdo de fenóis totais das folhas está relacionado directamente com o conteúdo de taninos, ácidos orgânicos, frutose e sacarose e, também, com o pH e os níveis de potássio, cálcio e magnésio existentes nos solos.

No Quadro 4.21 encontram-se os valores médios referentes ao conteúdo de fenóis totais obtido nas folhas liofilizadas, bem como o respectivo teor dos compostos fenólicos. No que diz respeito ao ácido gálico, o clone COLUTAD possui a concentração mais baixa, já referido anteriormente, e um dos castanheiros híbridos (Hb) a concentração mais alta, não havendo diferenças significativas entre a variedade Verdeal e o híbrido Ha e entre a variedade Longal e

o castanheiro resistente Rb. Relativamente ao teor em catequina, apenas a Longal e o híbrido Hb, não apresentam diferenças significativas.

Não existem diferenças significativas entre as concentrações de ácido cafeico nos castanheiros COLUTAD, híbrido Hb e susceptível Sb e, ainda entre o castanheiro susceptível Sa e a variedade Longal. A concentração de ácido *p*-cumárico permite distinguir de uma forma clara as duas árvores susceptíveis e os valores de concentração de ácido siríngico permitem reunir os dois castanheiros resistentes Ra e Rb, o híbrido Ha e o susceptível Sb e o híbrido Hb com o clone COLUTAD.

Sumariando, o ácido gálico foi, definitivamente, o composto fenólico que apresentou, em média, uma concentração mais elevada, seguido do ácido *p*-cumárico, catequina, ácido siríngico e por último o ácido cafeico.

Não existem diferenças significativas entre as concentrações de ácido cafeico nos castanheiros COLUTAD, híbrido Hb e susceptível Sb e, ainda entre o castanheiro susceptível Sa e a variedade Longal.

Quadro 4.21 – Valores médios do teor em compostos fenólicos e em fenóis totais.

ÁRVORES	Compostos Fenólicos e Fenóis Totais											
	Ác. gálico		Catequina		Ác. cafeico		Ác. siríngico		Ác. <i>p</i> -cumárico		Fenóis Totais	
	(mg 100 g ⁻¹ MS)											
	(g 100 g ⁻¹ MS)											
COLUTAD	39,20	a	7,92	b	7,57	c	13,46	e	42,81	f	2,60	d
Longal	283,16	f	37,07	f	10,47	d	11,40	c	27,03	c	2,77	d e
Verdeal	229,56	e	53,92	h	5,53	a	7,19	a	12,05	a	3,07	f
Ha	231,43	e	4,92	a	6,24	b	12,00	d	25,41	b	2,89	e f
Hb	308,52	g	36,38	f	7,50	c	13,29	e	49,21	h	2,05	b
Ra	181,54	d	21,58	e	12,18	e	10,27	b	37,80	e	3,48	g
Rb	290,56	f	47,59	g	15,75	f	10,74	b	45,66	g	3,82	h
Sa	112,54	c	13,79	d	10,41	d	16,17	f	35,15	d	1,67	a
Sb	100,58	b	11,00	c	7,69	c	12,26	d	34,22	d	2,32	c

Em cada coluna, os valores com a mesma letra não diferem significativamente entre si ($P > 0,05$), de acordo com o teste de *Duncan New Multiple Range*.

A concentração de ácido *p*-cumárico permite distinguir de uma forma clara as duas árvores susceptíveis e os valores de concentração de ácido siríngico permitem reunir os dois castanheiros resistentes Ra e Rb, o híbrido Ha e o susceptível Sb e o híbrido Hb com o clone COLUTAD.

Sumariando, o ácido gálico foi, definitivamente, o composto fenólico que apresentou, em média, uma concentração mais elevada, seguido do ácido *p*-cumárico, catequina, ácido siríngico e por último o ácido cafeico.

O conteúdo de fenóis totais variou significativamente entre as árvores analisadas, correspondendo o valor mínimo ao castanheiro susceptível (Sa - 1,67 g 100g⁻¹ MS) e o máximo ao castanheiro resistente (Rb - 3,82 g 100g⁻¹ MS), o que faz supor que o conteúdo de fenóis totais confere à planta uma maior resistência ao ataque de *Phytophthora cinnamomi*.

Os valores obtidos para o conteúdo de fenóis totais, em folhas de castanheiro, são inferiores aos valores encontrados por Evaristo e Leitão (2001) em folhas de *Quercus suber* L. (variação de 3,21 a 12,62 % MS).

Como os compostos fenólicos nas plantas podem actuar como um mecanismo de defesa contra os inimigos das culturas, realizou-se um segundo ensaio com o objectivo de estudar a acção de compostos fenólicos extraídos das árvores, sobre o crescimento de *Phytophthora cinnamomi*. O micélio foi obtido por crescimento em PDA (*Potato Dextrose Agar* – Agar de Batata e Glucose). Nas placas de Petri que continham *Phytophthora cinnamomi* foram adicionados os extractos fenólicos das amostras com concentrações finais destes compostos de 25 µg/mL, 50 µg/mL e 75 µg/mL. Como este extracto fenólico estava dissolvido em MeOH/H₂O (50:50, v/v) os controlos foram feitos em placas de Petri com volumes equivalentes de MeOH/H₂O (50:50, v/v). Numa outra placa de Petri que funcionou, também, como controlo o microrganismo *Phytophthora cinnamomi* cresceu unicamente em PDA (Quadro 4.22).

Nas placas de Petri que funcionaram como controlo o crescimento do microrganismo não revelou diferenças significativas entre as concentrações de 25 µg/mL e 50 µg/mL. Tal facto, não se verificou quando se consideraram os diferentes extractos fenólicos das árvores, pois aí o efeito da concentração do extracto fenólico, no crescimento do microrganismo, foi significativamente diferente em cada árvore.

Nas concentrações mais altas de 50 µg/mL e 75 µg/mL é notório um crescimento de *Phytophthora cinnamomi* significativamente superior, nas amostras que funcionaram como controlo, quando comparadas com os extractos fenólicos das árvores analisadas.

Quadro 4.22– Valores médios do crescimento de *Phytophthora cinnamomi* (mm/dia), por cada concentração de extracto fenólico.

Crescimento de <i>P. cinnamomi</i> (mm/dia)								
Árvores	0 µg/mL		25 µg/mL		50 µg/mL		75 µg/mL	
CONTROLO	3,48	C	3,14	B e	3,00	B f	2,76	A f
COLUTAD			2,61	C a	2,14	B a	1,79	A a
Longal			3,06	C cde	2,80	B e	2,28	A e
Verdeal			2,92	C bc	2,44	B bc	2,00	A bcd
Ha			3,06	C cde	2,29	B ab	1,87	A ab
Hb			2,96	C bcd	2,51	B cd	1,89	A abc
Ra			2,92	C bc	2,42	B bc	2,14	A de
Rb			2,93	C bcd	2,78	B e	2,09	A de
Sa			3,08	C de	2,64	B de	2,08	A de
Sb			2,88	C b	2,40	B bc	2,07	A cd

Em cada coluna, os valores com a mesma letra não diferem significativamente entre si ($P>0,05$), de acordo com o teste de *Duncan New Multiple Range*. As letras maiúsculas correspondem às diferenças entre concentrações e as minúsculas correspondem às diferenças dentro das concentrações.

Na concentração menor de 25 µg/mL, o crescimento do microrganismo não foi significativamente diferente entre o controlo e as árvores Longal, Ha e Sa e é, ainda, a concentração onde existe o maior número de árvores em que as diferenças de crescimento de *Phytophthora cinnamomi* não são significativas. Nesta concentração é de realçar o menor crescimento do microrganismo na placa que continha o extracto fenólico proveniente do COLUTAD e que foi significativamente diferente de todas as outras árvores. Em todas as concentrações o crescimento do microrganismo é menor nas placas que apresentam o extracto fenólico proveniente deste clone, embora na concentração 50 µg/mL este crescimento não seja diferente do híbrido Ha e na concentração 75 µg/mL não seja diferente dos dois híbridos Ha e Hb.

O maior crescimento do microrganismo, nas três concentrações, observou-se no extracto fenólico proveniente da variedade Longal, não tendo sido, inclusive, significativamente diferente do controlo para a concentração de 25 µg/mL.

Referências bibliográficas

- Canas, S.; Leandro, M.C.; Spranger, M.I. e Belchior, A.P., 1999. Low molecular weight organic compounds of chestnut wood (*Castanea sativa* L.) and corresponding aged brandies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 5023-5030.
- Castro, L.F.T. e Fernandes, A.A.F. 1995. *Substâncias fenólicas*. Série Didáctica, Ciências Puras, 9, UTAD, Vila Real.
- Delgado, T. e Gómez-Cordovés, C. 1987. Teneur des brandies commerciaux espagnols en aldéhydes et acides phénoliques. *Rev. Fr. Oenol.*, 107: 39-43.
- Evaristo, I.M. e Leitão e M.C. 2001. Identificação e quantificação por DAD-HPLC, da fracção fenólica contida em folhas de *Quercus suber* L.. *Silva Lusitana*, 9 (2): 135-141.
- Fernández-Lorenzo, J.L.; Rigueiro, A. e Ballester, A. 1999. Polyphenols as potential markers to differentiate juvenile and mature chestnut shoot cultures. *Tree Physiology*, 19: 461-466.
- Martínez, R.G.; Serrana, H.L.G.; Mir, M.V.; Granados, J.Q. e Martínez, M.C.L. 1996. Influence of wood heat treatment, temperature and maceration time on vanillin, syringaldehyde and gallic acid contents in oak wood and wine spirit mixtures. *Am. J. Enol. Vitic.*, 47: 441-446.
- Scalbert, A.; Monties, B. E Favre, J.-M. 1988. Polyphenols of *Quercus robur*: adult tree and *in vitro* grown calli and shoots. *Phytochemistry*, 27: 3483-3488.
- Scutareanu, P. e Lingeman, R. 1994. Natural content of phenols and tannin in *Quercus robur* leaves related to development of *Euproctis chrysorrhoea* caterpillars. *Acta Horticulturae*, 381: 738-741.
- Tanaka, T.; Ueda, N.; Shinohara, H.; Nonaka, G.-I. e Kouno, I. 1997. Four new c-glycosidic ellagitannins, castacrenins D-G, from Japanese chestnut wood (*Castanea crenata* Sieb. & Zucc.). *Chem. Pharm. Bull.*, 45 (11): 1751-1755.
- Vidhyasekaran, P. 1988. 1. What are phenolics? Phenolics an disease resistance. In: *Physiology of Disease Resistance in Plants*, Vol.I, Chapter 6, CRC Press, Inc., USA.
- Vieitez, J.; Ballester, A.; Mantilla, J.L.G. e Vieitez, E. 1984. Sobre a resistencia del castaño a *Phytophthora cinnamomi* e *Phytophthora cambivora*. In: *Congresso Internacional Sobre el Castaño*, Pontevedra, pp. 217-226.
- Wilson, E.L.J. 1981. High-pressure liquid chromatography of apple juice phenolic compounds. *J. Sci. Food Agric.*, 32: 257-264.

4.6 - O banco de germoplasma de castanheiro da UTAD

José Gomes-Laranjo, Luís Gomes-da-Costa, Mário Pimentel-Pereira e Jorge Ferreira-Cardoso

Desde 1992, existe na UTAD, um banco de germoplasma (Figuras 4.91 a 4.94), onde podem ser encontradas cerca de 40 variedades (Quadro 4.23). Este campo, que recebeu importantes melhoramentos no âmbito das acções do Programa Agro (Ref^o 499), constitui actualmente um excelente “laboratório” para investigação em castanheiro. Localizando a uma altitude de 423 m, tem uma orientação sudoeste ($47^{\circ}17'10''\text{N}$; $7^{\circ}44'43''\text{W}$), e ocupa uma área de aproximadamente 10.000 m^2 . Está dotado de sistema de rega gota a gota, desde 2006. Os genótipos estão enxertados em porta-enxertos provenientes do mesmo lote de castanhas bravias, previamente plantados a compassos de 5m por 5m. Este tipo de bancos são da maior importância porque constituem uma reserva do património genético, que de outra forma seria perdido



Figura 4.91- Campus da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, onde se pode ver a realização do Banco de Germoplasma de castanheiro (assinalado com um círculo).

Este espaço faz parte das colecções temáticas do Jardim Botânico da UTAD (<http://aguiar.hvr.utad.pt/pt/investigacao/castanheiro/castanheiro.htm>), estando aberto a visitas externas.



Figura 4.92 - Aspecto geral do Banco de Germoplasma de castanheiro da UTAD.

Quadro 4.23- Lista de variedades de castanheiro existentes no Banco de Germoplasma da UTAD e sua proveniência

Local	Variedade
Campeã	Bebim
	Benfeita
	Moreira
Carrazeda de Ansiães	Enxerta
Valpaços	Judia
	Negral
	Lada
	Lamela
	Longal
	Rebolona
Marvão	Bária
	Enxerta
Mêda	Verdeal
Moimenta da Beira	Demanda
Padrela	Cota
	Sousã
Penedono	Martainha
	Sousã
	Passã
Sernancelhe	Martainha
Terras de Bouro	Amarelais
	Misericórdia
Trancoso	Martainha
Vinhais	Aveleira
	Boaventura
	Judia
	Lamela
	Longal
	Trigueira
Vila Real	Verdeal



Figura 4.93- Imagens do Banco de Germoplasma em três épocas do ano distintas.



Figura 4.94- Frutificação de uma árvore da var. Verdeal existente no Banco de Germoplasma.

5

Os desafios bióticos à sobrevivência do castanheiro: doença da tinta e cancro americano

**Luís M. Martins
Carlos G. Abreu**

5 - Os desafios bióticos à sobrevivência do castanheiro: doença da tinta e cancro americano

Luís M. Martins e Carlos G. Abreu

A transição de uma situação de unidade fitossociológica de castanheiros e quercíneas de folha caduca, complexa e resiliente, para uma outra unidade de soutos estremes, simples e frágil, teria facilitado a instalação e colonização do oomiceta do solo *Phytophthora cinnamomi*, principal factor de natureza biótica responsável pela doença da tinta. Ao longo do tempo esta doença foi aumentando a presença e a severidade dos ataques até tornar-se bem conhecida. O padrão de distribuição dessa severidade foi variando, no tempo e no espaço, de perturbação e desequilíbrio na epidemia – onde a extrema susceptibilidade e virulência ocorrem – até à condição de endemia, onde hospedeiro e agente patogénico coexistem e se acomodam num equilíbrio dinâmico, quebrado de onde em onde pelo homem. Sob estas condições, a pressão de selecção vai ocorrendo mas é baixa e só os indivíduos mais fracos naturalmente, ou por culpa do homem, vão desaparecendo.

Este cenário agravou-se desde os finais do século passado com a entrada em cena de mais um desafio de natureza biótica à sobrevivência do castanheiro em Portugal: o cancro americano. Uma micose que é um caso de ruptura das situações de equilíbrio pela introdução e presença forte de um agente patogénico, *Cryphonectria parasitica*, numa área onde até então não existia e, por isso, não havia resistência genética por parte do hospedeiro a opor ao agressor. Também aqui, e como deverá suceder em todas as situações mais recentes de surtos epidémicos, quer por perda da condição de endemicidade (por exemplo, o envolvimento de *Ophiostoma novo-ulmi* no actual surto de grafiose do ulmeiro em Portugal), quer por episódios de epidemia, o homem é o principal responsável. Pois, apesar de mais e melhores soutos, mais e melhores conhecimentos sobre estas doenças, continua a haver em Portugal uma relação em crise entre o homem e o castanheiro. Isto, claro está, se atendermos às proverbiais dificuldades em saber viver com a presença da doença tinta e a incapacidade de lidar com o cancro americano.

Doença da tinta

A notícia mais antiga da presença em Portugal de uma doença cuja descrição do quadro sintomatológico e dos estragos associados permite supor tratar-se da doença da tinta, é de 1838, dada por Costa (1861), ao citar um quadro de destruição de castanheiros na proximidade da foz dos rios Leça e Ave, no Minho. Mais tarde, Henriques (1884) faz também referência à morte de castanheiros entre Sedielos e Sá, no concelho de Peso da Régua. Os sintomas eram semelhantes aos observados nas árvores afectadas do Minho. Curiosamente, no mesmo local, mais concretamente no trajecto da Campeã para Peso da Régua, cerca de 80 anos antes, Link (1803) refere a “exuberância e abundância de saudáveis castanhais”.

São vários os escritos sobre castanheiros que desde meados do século XIX referem a presença da doença ou mal da tinta – então conhecida por “gangrena húmida da raiz” (Câmara Pestana, 1908) ou mais poeticamente por “feu du Ciel” (Fouqué, 1873) – em soutos e castinçais de Portugal. Sabia-se que a infecção se iniciava nas raízes mais finas, a que se seguia o seu apodrecimento com ou sem exsudado enegrecido, semelhante a uma tinta, e que acabou por dar o nome à doença.

A acreditar no geógrafo francês Abel Bouhier, é provável que a partir do foco do Minho a doença tivesse avançado para Norte, e dado origem aos primeiros eventos epidémicos de tinta observados na Galiza, Espanha. Em 1875 teria já infectado 70 a 80% dos castanheiros das Astúrias e País Basco (Bouhier, 1979; Vieitez, 1960). Ainda no Século XIX, a doença – de que apenas se conheciam os sintomas e estragos associados – avançou do Minho para Sul e Este, distritos da Guarda, Viseu, Bragança e Vila Real, onde os castanheiros foram sucumbindo, sobretudo nos lugares mais húmidos e menos soalheiros.

O ritmo acelerado da mortalidade das árvores levou à nomeação em 1903 de uma comissão, composta por Câmara Pestana, Larcher Marçal e Mendes de Almeida, para estudar possíveis meios de luta contra a doença (Guerreiro, 1957). A comissão apresentou as condições do meio mais favoráveis ao alastramento da doença, mas não chegou a identificar o agente causal. Nas suas observações verificaram que nas terras mais húmidas e sombrias a doença progredia mais facilmente, o mesmo sucedendo no Minho, Trás-os-Montes, Beiras, Madeira e Açores, contribuindo, no entender de Fernandes (1952; 1957), para a diminuição do interesse pela cultura do castanheiro no norte interior de Portugal.

O avanço da tinta por um período de tempo tão longo justificou o estudo de Vieira Natividade, apresentado em 1944: "BASES PARA UM PLANO DE RECONSTITUIÇÃO, VALORIZAÇÃO E DEFESA DOS SOUTOS PORTUGUESES". O plano foi apoiado pela então Direcção

Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, em colaboração com a Estação Agronómica Nacional e Junta Nacional de Frutas. Tomaram parte activa neste plano os engenheiros silvicultores Manuel Gomes Guerreiro e Columbano Taveira Fernandes, que aproveitaram a oportunidade para fazer uma resenha ilustrativa da situação do castanheiro no distrito de Bragança (Guerreiro e Fernandes, 1945).

O envolvimento das entidades acima referidas na defesa do nosso castanhal serviu de cobertura técnica ao Estado para regulamentar as condições conducentes à aprovação de novas plantações e recomendar a abertura de caldeiras, enquanto tratamento visando a pretensa cura das árvores afectadas pela tinta.

O tratamento então preconizado introduziu, à escala nacional, em 1945, o conhecido método de Urquijo (assim designado, por adaptação do espanhol Urquijo Landaluze, em 1936, do método do italiano Gandolfo). Consistia na abertura de caldeiras para descobrir as raízes mais afectadas e a aplicação de um fungicida cúprico pouco solúvel, associado ao caseinato de cálcio como adjuvante aderente. No entanto, a resistência dos agricultores em aderir ao método, os crescentes custos de mão-de-obra, bem como a imprevisibilidade dos resultados, levaram ao abandono progressivo das recomendações de Vieira Natividade (Fernandes, 1953).

Parasitas associados à doença da tinta

Graças aos trabalhos do italiano Lionello Petri, publicados a partir de 1917, foi possível identificar o principal parasita envolvido na tinta do castanheiro. Inicialmente incluído no Reino dos Fungos e designado por *Blepharospora cambivora* (Petri), foi mais tarde integrado no género *Phytophthora*, família Phytiaceae e classe dos Oomycetes.

Phytophthora é uma palavra de origem grega que significa literalmente “destruidor de plantas” e sabe-se hoje que este género está filogeneticamente distanciado do dos fungos verdadeiros, nomeadamente: por serem organismos diplóides na fase vegetativa; por possuírem parede celular predominantemente constituída por celulose e β -glucanas, ao invés de quitina; por não sintetizarem esteróis e por terem zoósporos com dois flagelos, desiguais em comprimento e estrutura, de funções táctil e motora. Consoante os autores, estes organismos estão hoje incluídos no Reino Chromista ou no Reino Stramenopila (Gouveia, 2004).

Duas espécies de *Phytophthora* são consideradas como as principais responsáveis pela doença da tinta do castanheiro europeu: *Phytophthora cinnamomi* Rands (Figura 5.1) e *P.*

cambivora (Petri) Büismann (Grente, 1961a; 1961b; Vannini e Vettraino, 2001). São espécies distintas, morfológica, biológica e fisiologicamente, e estão incluídas no Grupo taxonómico VI da chave tabular de Stamps *et al.* (1990).

A existência de dois organismos diferentes que competem para a mesma doença, em igual hospedeiro, levou alguns autores a sugerir que fossem incluídos numa única espécie, *P. cambivora*, ou em duas subespécies (Mehrlich, 1936; Vieitez, 1960). Todavia, com base nos trabalhos efectuados em Portugal, Itália e França, actualmente admite-se, com fundamento, a existência das duas espécies.

Apesar de no início a doença da tinta ser atribuída exclusivamente a *P. cambivora*, considera-se *P. cinnamomi* como preponderante em Espanha e França (Vannini e Vettraino, 2001), havendo apenas infecções esporádicas causadas pela outra espécie (Gouveia, 2004).

Em Portugal, os estudos de Gouveia (2004) também apontam para *P. cinnamomi* como espécie predominante, em viveiro, em plantações novas e em sotos adultos. Em Itália, ao contrário, *P. cambivora* é a espécie prevalecente nos castanhais, sendo pontuais os registos relativos à infecção por *P. cinnamomi* (Vettraino *et al.*, 2001).

Para além daquelas espécies, também *P. citricola* e *P. cactorum* podem estar envolvidas. Acresce ainda *P. megasperma*, *P. cryptogea* e *P. syringae* já que foram isoladas em castanhais italianos, mas o seu verdadeiro papel no desenvolvimento da doença da tinta é ainda discutível (Vettraino *et al.*, 2005).



Figura 5.1-*Phytophthora cinnamomi*, esporângio ovóide e micélio coraloide com protuberâncias características da espécie quando em meio sólido.

Disseminação de *Phytophthora cinnamomi*

É grande a controvérsia sobre a origem de *P. cinnamomi*, embora se aceite o Sudoeste da Ásia tropical, incluindo Ceilão, Malásia e Indonésia como possíveis centros, onde o parasita infecta com regularidade a árvore da canela (*Cinnamomum burmannii* Blümme), planta indígena de Sumatra e de outras ilhas do Sudoeste da Ásia tropical. Essa árvore, que vegeta em solos arenosos e requer muita água para o seu cultivo, foi a fonte para a atribuição do epíteto específico do oomiceta. É também levantada a hipótese da origem ser a Nova Guiné, África do Sul ou mesmo do Norte da Austrália (Zentmyer, 1980; 1983; 1988). A resistência durável das plantas indígenas da zona justifica, em parte, essa tese. É também nesses locais de origem que se encontra a maior variabilidade genética de *P. cinnamomi* (Zentmyer, 1988).

O parasita teria sido transportado destas regiões para outros locais da Ásia, África e América, em viagens efectuadas por portugueses, espanhóis e outros exploradores, em sementes e plantas infectadas, mas também por fragmentos de solo e pela água (Böckmann, 1986).

A entrada da doença em Portugal Continental ter-se-ia dado a partir das ilhas dos Açores, usadas pelos navegadores enquanto porto de abrigo, na aguada e reabastecimento (Pimentel, 1943).

Presentemente, a distribuição de *P. cinnamomi* é notável, desde as regiões temperadas às tropicais, devendo-se em grande medida à grande diversidade de hospedeiros. É, inclusivamente, o organismo que vários autores classificam como um dos mais destrutivos agentes patogénicos que afectam as raízes das plantas (Crandall, 1950; Zentmyer, 1983; 1988; Shearer e Bailey, 1989; Brasier, 1996).

A água do solo é fundamental para a disseminação de *P. cinnamomi*, pois é através dela que são veiculados os zoósporos (Figura 5.2). Por sua vez, a humidade do solo promove também o desenvolvimento do micélio, a formação de estruturas de resistência e de esporângios (Stern *et al.*, 1977; Gisi *et al.*, 1980). O crescimento das hifas é suprimido a potenciais da ordem de -20 bar a -35 bar (valor inferior ao coeficiente de emurchecimento), sendo a produção de esporângios limitada a potenciais entre -2 bar e -5 bar, ocorrendo a maior produção a potenciais mátricos próximos da saturação, entre -15 mbar e -25 mbar (Benson, 1984). Por outro lado, a produção de clamidósporos efectua-se a potenciais muito mais negativos.



Figura 5.2-Souto num solo permissivo (freguesias Padrela e Tazém). Na fotografia aérea de infravermelho próximo (foto nº 1610 do Instituto Geográfico Português), é já possível localizar o foco inicial da doença da tinta. A dispersão da doença é confirmada na fotografia aérea de balão cativo obtida em 2002, manifestando-se ao longo da pendente, i.e., por transporte de zoósporos pela água.

Plantas hospedeiras

Zentmyer (1980) enumerou mais de 950 plantas hospedeiras de *P. cinnamomi*, das quais muitas são australianas. Todavia, a lista já está desactualizada, estando actualmente registadas mais de 1000 espécies (Hardy e Sivasithamparam, 1988).

Muito antes, já Pimentel (1946) tivera oportunidade de demonstrar o vasto leque de hospedeiros, através de inoculações com sucesso em *Castanea crenata* var. Tamba e isolamentos de raízes de *Betula alba* L., *Castanea sativa*, *Erica* spp., *Juglans regia* L., *Pseudotsuga douglasii* Carr. (= *P. menziesii* (Mirbel) Franco), *Quercus pyrenaica* Willd., *Q. robur* L., *Q. rubra* L. e *Q. suber* L.

Na Austrália afecta mais de 400 espécies arbóreas e arbustivas, causando os maiores prejuízos em *Eucalyptus agglomerata* Maiden., *E. sieberi* L. Johnson, *E. muellerana* Howitt, mas sobretudo em *E. marginata* (Malajczuk, 1979; Bridges *et al.*, 1980; Malajczuk *et al.*, 1983).

A mortalidade de *E. marginata*, localmente conhecido por “jarrah”, foi noticiada pela primeira vez em 1922, com um foco a 35 km de Perth. A doença, mais tarde conhecida por “jarrah dieback”, foi durante quase 50 anos mal compreendida. O estrato arbustivo do Sudoeste australiano, designadamente *Banksia grandis* Mill., era afectado sistematicamente, ao passo que no estrato arbóreo a mortalidade ocorria de forma esporádica, sem que houvesse uma razão plausível para o fenómeno.

A principal causa do declínio daquelas espécies foi finalmente atribuída a *P. cinnamomi*, em 1965, por Frank D. Podger, na sequência dos isolamentos de G. A. Zentmyer (Podger *et al.* 1965, Podger, 1972). Conhecido o agente causal e o respectivo ciclo de vida,

passou a ser prioritária a avaliação da sua distribuição para se estabelecerem medidas de protecção (Shearer e Bailey, 1989).

O patogénio também originou estragos importantes em *Castanea dentata* do Sudeste dos EUA, no início do século XX (Crandall *et al.*, 1945). Na Califórnia (EUA) é das principais causas da mortalidade de abacateiros (*Persea americana* Miller), sobretudo nos pomares em regime de produção intensiva (Brun, 1975).

Considera-se também *P. cinnamomi* como um dos principais agentes aceleradores do declínio do montado de sobreiro e azinho. A mortalidade é particularmente acentuada na região da Estremadura e Andaluzia (Espanha), no Sul de Portugal e ainda nos países da orla mediterrânea, sobretudo França, Itália e Marrocos (Brasier, 1991; 1992; Marcelino, 2001).

Em Portugal 6 a 10% de *Quercus* spp. de folha persistente do Algarve e Alentejo encontram-se afectados, atingindo-se nalguns povoamentos desta última província estragos de 90% (Brasier *et al.*, 1993). Nestas regiões, as infecções associadas a *P. cinnamomi*, aparecem com mais frequência em vales bastante encaixados e nos solos mais perturbados pelo homem e animais (Brasier e Scott, 1994). As infecções das raízes traduzem-se numa sintomatologia de “dieback”, podendo em situações extremas – como após períodos de grande secura – ocorrer a morte súbita do sobreiro (Figura 5.3).

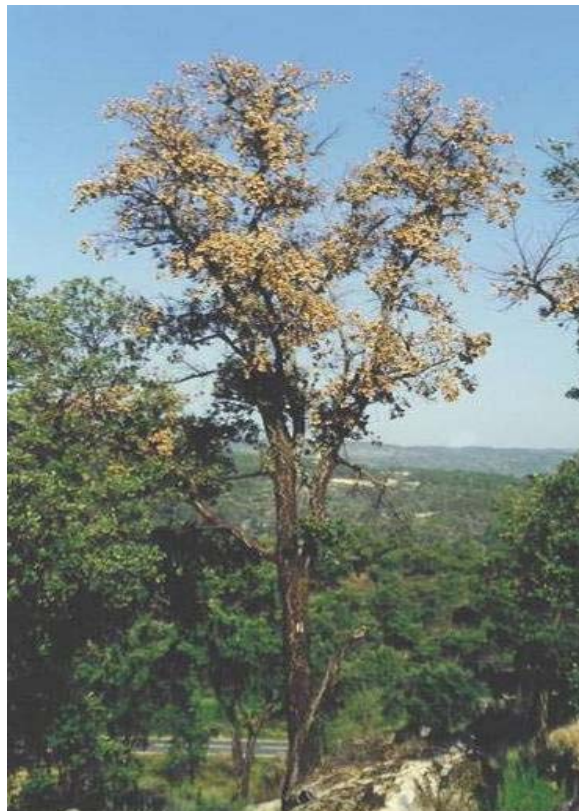


Figura 5.3-Morte súbita causada por *Phytophthora* spp. em sobreiro (Mirandela).

Uma das causas do aumento das infecções nos montados deve-se, segundo Brasier (1996), ao actual aquecimento global do planeta. Já no caso do castanheiro, é provável que aquelas alterações climáticas também venham a favorecer o agente patogénico, devendo, assim, redobram-se os cuidados e melhorar as técnicas de prevenção da tinta.

P. cinnamomi, além de infectar muitas espécies arbustivas da flora portuguesa (*Cistus* spp., *Arbutus unedo*, *Calluna vulgaris*, *Ulex* spp.) (Marcelino, 2001), infecta também a urze (*Erica* spp.). Esta planta, sendo espontânea nas regiões propícias ao desenvolvimento do castanheiro, possibilita a expansão generalizada do parasita, facilitando infecções posteriores nas árvores (Fernandes, 1966).

Ocorre um processo análogo, no declínio de montados de sobreiro e azinheiro, onde algumas arbustivas (*Cistus* spp., *Lavandula* spp., *Genista* spp. e *Erica* spp.) facilitam a permanência e transição do oomiceta para o sobreiro ou azinheiro (Brasier *et al.*, 1993).

Da mesma forma, na Austrália, a arbustiva *Banksia grandis*, muito susceptível a *P. cinnamomi*, proporciona um grande aumento da sua população, que assim mais facilmente infecta *Eucalyptus marginata* (Shea e Broadbent, 1987).

Estratégias de sobrevivência e propagação de *P. cinnamomi*

O oomiceta *P. cinnamomi* tem possibilidade de persistir no terreno durante muito tempo, mesmo na ausência de hospedeiros, desde que exista humidade no solo e alguma matéria orgânica (Zentmyer e Mircetich, 1966; Hardham, 2005).

O desenvolvimento do parasita é rápido sempre que as condições de temperatura e humidade são favoráveis, observando-se por isso, variações na dimensão da população ao longo do ano (Kliejunas e Nagata, 1979). Sobrevive sob a forma saprofítica e, embora as hifas possam ser colonizadas por microrganismos, desenvolvem-se fácil e rapidamente a baixos potenciais mátricos e na presença de nutrientes, nomeadamente exsudados das raízes. Dessa forma, as hifas podem iniciar uma infecção, tal com os zoósporos (Malajczuk, 1979).

Durante os períodos de maior humidade e a temperaturas amenas (acima de 10 °C), *P. cinnamomi* ocorre frequentemente livre no solo, sob a forma de hifas e zoósporos. No entanto, estas estruturas sobrevivem mal às condições adversas do meio, mantendo-se na ausência de hospedeiros por períodos de apenas 1-2 meses (Erwin e Ribeiro, 1996). Também pode encontrar-se à superfície das raízes, em zoósporos enquistados, micélio e clamidósporos, sendo estas últimas estruturas preponderantes na sobrevivência do patogénio (Zentmyer, 1970; Bridges *et al.*, 1980).

Nas estações mais adversas (Verão e Inverno), sobrevive através do micélio presente nas raízes infectadas e na matéria orgânica, mas sobretudo sob a forma de oósporos e clamidósporos. Estas formas podem resistir por um período de 1 até 6 anos, respectivamente, infectando o hospedeiro perante condições favoráveis (Böckmann, 1986). Os clamidósporos podem inclusivamente manter-se viáveis na ausência de substrato, com teores de água no solo de apenas 3% pois possuem elevada resistência às condições adversas de temperatura. Isso permite a sobrevivência do patogénio onde os antagonistas muitas vezes se extinguem (Zentmyer e Mircetich, 1966).

A maioria das infecções ocorre durante a Primavera pois é o período onde se reúnem mais facilmente as melhores condições de humidade e temperatura (Böckmann, 1986). Começam, frequentemente, por meio dos zoósporos libertados dos esporângios (Figura 5.4), sendo favorecida com o solo à capacidade de campo e à temperatura entre 18 °C e 26 °C. Os zoósporos têm a sua completa diferenciação, antes de serem expulsos da vesícula pelo ápice do esporângio, tendo a notável capacidade de enquistar em poucos minutos, junto da parede celular da planta (Goidànich, 1964; Malajczuk, 1979; 1987; 1988).

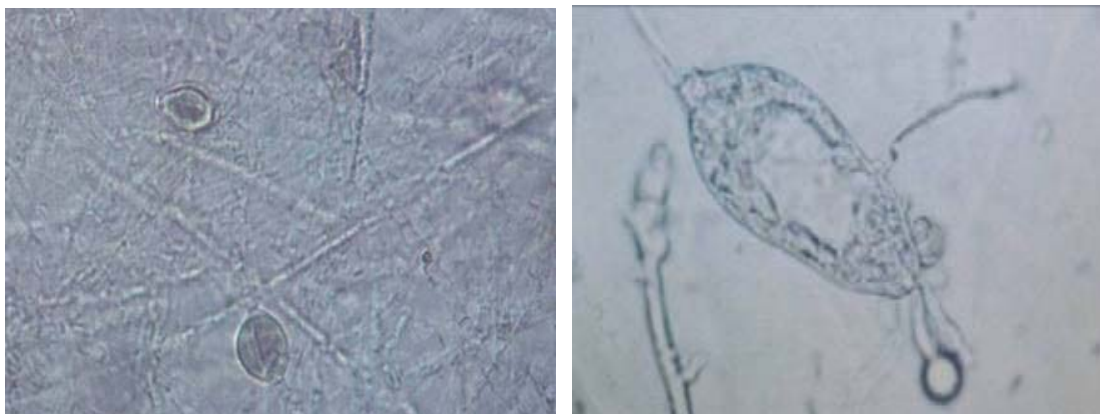


Figura 5.4-À esquerda, micélio de *P. cinnamomi* com esporângios. À direita, pormenor de um esporângio persistente, não-papilado.

Em viveiros, onde as regas são frequentes, as infecções podem ter início a 30 °C (Erwin e Ribeiro, 1996). Assim, a presença de água no solo é essencial por promover a dispersão dos zoósporos. Por essa razão, a evolução da doença, desde o foco inicial, segue geralmente o percurso da água no solo (Salesses *et al.*, 1993).

A formação de esporângios é uma das etapas da maior importância para a infecção, razão pela qual Ko e Ho (1983) desenvolveram um método para avaliar a possibilidade de existirem infecções, baseado na percentagem de germinação dessas estruturas frutíferas. Quando a percentagem não ultrapassava 50%, as infecções eram quase sempre reduzidas. A

mesma aproximação foi também bem sucedida para quantificar a supressividade a *Phytophthora capsici*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, *F. oxysporum* f. sp. *raphani* e *Rhizoctonia solani* (Ko e Shiroma, 1989).

Processos de infecção de *P. cinnamomi*

A infecção desenvolve-se com frequência em resposta a estímulos de natureza química, com origem em plantas hospedeiras, ocorrendo habitualmente em maior concentração nas zonas próximas de lesões. Estes exsudados, desde que possuam adequadas quantidades de nutrientes (nomeadamente hidratos de carbono), promovem a fixação e a germinação dos zoósporos nos tecidos da planta (Aveling e Rijkenberg, 1989).

Quando os zoósporos enquistam em contacto com a raiz, envolvendo-se numa fina cápsula, formam posteriormente um ou mais tubos germinativos, que penetram na epiderme radicular (Aveling e Rijkenberg, 1989). Este processo é realçado por valores extremos de temperatura e pH, disponibilidade de nutrientes e colisões ocasionais associadas a deslocações do solo. Na germinação, o citoplasma do zoósporo é transferido através do tubo germinativo, desenvolvendo-se a primeira hifa no córtex radicular (Zentmyer, 1970; Halsall e Williams, 1984).

Os clamidósporos são outras estruturas capazes de iniciar a infecção. A sua germinação é estimulada pela presença de aminoácidos, que frequentemente ocorrem em zonas próximas da raiz (Halsall, 1982a; 1982b).

Após penetração intercelular pelas hifas, estas sofrem uma expansão do seu diâmetro quando se encontram no interior dos tecidos, originando a dissolução da lamela média das células vegetais na sua proximidade (Malajczuk *et al.*, 1977).

A constituição da parede celular das hifas está mais próxima da das plantas que da maioria dos fungos. É constituída por β -glucanas e alguma celulose, em lugar da quitina. Essa proximidade pode estar na origem do extraordinário número de hospedeiros e da dificuldade das plantas reconhecerem o agente patogénico (Viitez *et al.*, 1996).

A dissolução deve-se à acção enzimática de *P. cinnamomi*, possibilitando a penetração e colonização intracelular dos tecidos. Inicialmente as hifas sofrem uma constrição no local de penetração, mas após estarem no interior da célula adquirem a sua dimensão normal, podendo formar estruturas vesiculares e ocupar todo o seu lúmen. Há consumo dos hidratos de carbono e o parasita pode ainda utilizar celobiose, manose e pectina, estando envolvido na degradação do complexo da lenhina e celulose (Casares *et al.*, 1986).

As infecções geralmente começam no floema e *P. cinnamomi* rapidamente invade este tecido e torna-se latente. A seguir, progride radialmente no xilema, no qual persiste durante muito mais tempo, razão pela qual neste tecido o isolamento tem mais sucesso, nomeadamente em raízes de *Eucalyptus marginata* ou *Pinus radiata* D. Don. (Davison *et al.*, 1994).

Geralmente, há primeiro a invasão das raízes mais finas, de preferência a partir da sua extremidade não lenhificada. É por isso comum que a distribuição do agente patogénico se faça nos primeiros horizontes do solo. No entanto, pode também colonizar raízes situadas a dois metros de profundidade, demonstrando que também estas condições de menor presença de oxigénio permitem a sua sobrevivência (Shearer e Bailey, 1989).

A infecção nas raízes avança de forma centrípeta, resultado do geotropismo negativo do parasita, ficando as mais finas de aspecto apodrecido e as mais grossas enegrecidas (Figura 5.5) e com a zona cambial completamente alterada (Grente, 1961a). Nas plantas adultas, não tão dependentes das raízes superficiais para o seu equilíbrio hídrico, somente quando as de maior diâmetro e o colo são invadidos é que ocorre a morte da planta (Fernandes, 1952).

Se a temperatura ou o teor de humidade no solo forem baixos, o parasita pode permanecer dormente por um longo período. Mas quando estes parâmetros se elevam, facilmente se inicia a invasão vertical das raízes. Isso pode suceder em *Banksia grandis*, cujos ataques mais fulminantes sucedem após a chuva, nos períodos quentes e secos. Com água e o regresso das temperaturas altas criam-se condições para a rápida ascensão e obstrução das raízes. Como nesses casos as necessidades hídricas das plantas aumentam, o bloqueio dos vasos do xilema pode provocar-lhes a morte em poucos dias ou até em horas (Shearer e Bailey, 1989).

Crombie *et al.* (1987) concordam que a mortalidade das árvores susceptíveis (*E. marginata* ou *Persea americana*) é mais acentuada nos períodos quentes e secos. Sustentam como exemplo, o ano de 1974, onde cerca de 50% dos abacateiros de Queensland (Austrália) morreram devido a ataques por *Phytophthora* spp. e cerca de 10% dos 2 milhões de hectares da floresta de *E. marginata* foi afectada. Nesse Verão, a mortalidade foi ainda mais acentuada nos solos delgados e/ou arenosos, ou seja com fraca capacidade de retenção de água (Malajczuk, 1979).



Figura 5.5-Aspecto enegrecido das raízes mais grossas de um castanheiro morto pela doença da tinta. A evolução centrípeta da infecção pode levar à morte da árvore quando é atingida a zona do colo.

Analogamente, no castanheiro a mortalidade aumenta após um período quente e seco. É pois frequente em Trás-os-Montes a morte súbita de árvores, sobretudo entre a segunda quinzena de Julho e a primeira de Setembro (Figura 5.6).



Figura 5.6-Morte súbita de castanheiros da Padrela, causada por *P. cinnamomi*, após um período quente e seco (Verão de 2001).

Sintomatologia da doença da tinta do castanheiro

A doença da tinta pode afectar castanheiros de qualquer idade, estando os sintomas da parte aérea directamente relacionados com as raízes ou zona do colo invadidas pelo micélio de *P. cinnamomi*. Quando os sintomas se manifestam, geralmente o processo infeccioso já se

encontra num estado avançado, sendo os meios de luta difíceis de aplicar (Salesses *et al.*, 1993).

A sintomatologia envolve um quadro típico de stresse hídrico, traduzido pela alteração da estrutura da folha, perda de reflectância no infravermelho próximo (Figura 5.7), emurchecimento e clorose das folhas e morte de cima para baixo de alguns ramos. Esses sintomas resultam, em parte, de um aumento da resistência, nas raízes afectadas e na base do tronco, ao fluxo axial da água no seu movimento no sistema contínuo solo/planta/ar, em resposta a diferenças de potencial hídrico entre as partes que compõem o sistema (Abreu, 1992a).

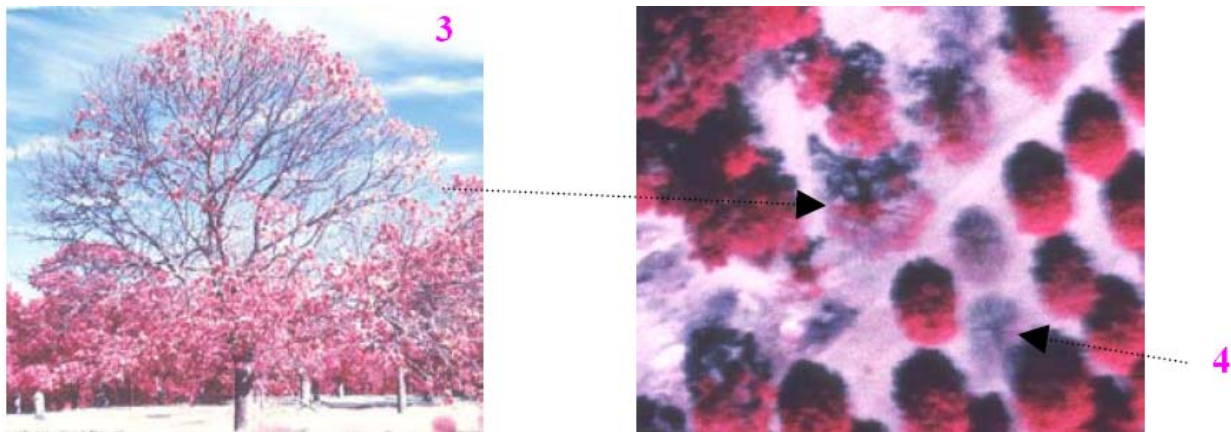


Figura 5.7-Castanheiro com redução acentuada na reflectância do infravermelho próximo devido a um ataque severo pela tinta (classe de estrago 3) e árvore morta (4).

Folhas, flores e frutos

De um modo geral, a árvore afectada apresenta folhas amarelcidas nos ramos correlacionados com as raízes ou região do colo invadidas pelo micélio. Se o ataque ocorrer na Primavera, as folhas acabam por não atingir o seu desenvolvimento normal, algumas caem prematuramente e a copa torna-se mais transparente (Figura 5.8). Em situações de ataques fulminantes pode mesmo acontecer que as folhas se mantenham agarradas aos ramos.

O aumento da transparência da copa deve ser entendido como resposta da árvore à incapacidade das raízes afectadas e sistema vascular obstruído para satisfazer as exigências em água da copa. Assim, este “dieback” funciona como uma reacção favorável de perda de carga da árvore, isto é, de compensação, ou de reposição do equilíbrio perdido e de efeito num processo de multicausalidade que pode, ou não, conduzir ao declínio e morte do castanheiro pelo agente patogénico (Abreu, 1992a).



Figura 5.8-Da esquerda para a direita: castanheiros são, morto pela doença da tinta e com transparência de copa em resposta de compensação de carga pela perda da funcionalidade de algumas raízes afectadas pela tinta.

Em árvores doentes, as flores são habitualmente mais pequenas, caindo prematuramente. Originam ouriços de pequena dimensão, afectando a frutificação, pois grande parte das castanhas abortam ou nem chegam a formar-se (Fernandes, 1952). As que vingam, poucas vezes atingem dimensões normais, sendo de fraca qualidade organoléptica e de reduzido valor comercial.

Por vezes, observa-se também a formação de abundante quantidade de frutos, numa interessante tentativa da árvore propagar os genes.

Tronco e ramos

Os ramos do ano deixam de crescer ou, quando se desenvolvem, apresentam entre-nós mais curtos. Têm habitualmente a epiderme mais enrugada, definhando gradualmente até secarem por completo. Isso permite a existência na mesma planta de ramos mortos a par de outros perfeitamente sãos. É ainda comum o desenvolvimento de rebentação emergente, junto ao tronco e abaixo das pernadas principais (Figura 5.9). Nestas condições a qualidade da madeira é afectada, sofrendo alteração da cor e diminuição da dureza (Fernandes, 1966).

A doença afecta sobretudo os castanheiros jovens e com maior frequência nos terrenos mal arejados e húmidos. Nestas condições, é mais fácil detectar sob a casca do tronco e junto ao colo, zonas deprimidas com manchas escuras e de bordos irregulares. As manchas podem

estender-se até cerca de um metro de altura, dependendo em grande medida da susceptibilidade do castanheiro.



Figura 5.9-Ramos emergentes junto ao colo de um castanheiro afectado pela tinta.

Colo e raiz

No colo surge por vezes uma mancha escura de contornos irregulares, em forma de cunha, devida ao desenvolvimento do patógeno (Figura 5.10). Este sintoma é um bom indicador da fase terminal da doença, pois quando aparece já praticamente todo o sistema radicular se encontra atingido (Grente, 1961a; Fernandes, 1966).

Em resultado da podridão radicular, libertam-se compostos fenólicos que após oxidação dão às raízes e ao solo em redor uma cor mais escura, azul-violácea, facto que deu lugar à designação vulgar da doença (Pimentel, 1945; 1946; Grente, 1961a). Esse fenómeno também se observa no carvalho americano (*Quercus rubra* L.). Deve-se igualmente à reacção entre exsudados dos tecidos atacados – ricos em taninos – e os sais de ferro do solo, que rodeiam as raízes infectadas (Pimentel, 1945; 1946; Vieitez, 1960).

A designação da doença poderá ter origem naquela coincidência. Mas na verdade, a presença de tinta não é um sintoma constante nem específico. Castanheiros são exibem reacções semelhantes quando, por lesões corticais ou profundas, o interior das raízes contacta com o solo. Além disso, *P. cinnamomi* infecta esta e outras árvores – como a noqueira e a faia – sem que haja manifestação de exsudados negros a azul violáceos (Abreu, 1992a; Salesses *et al.*, 1993).

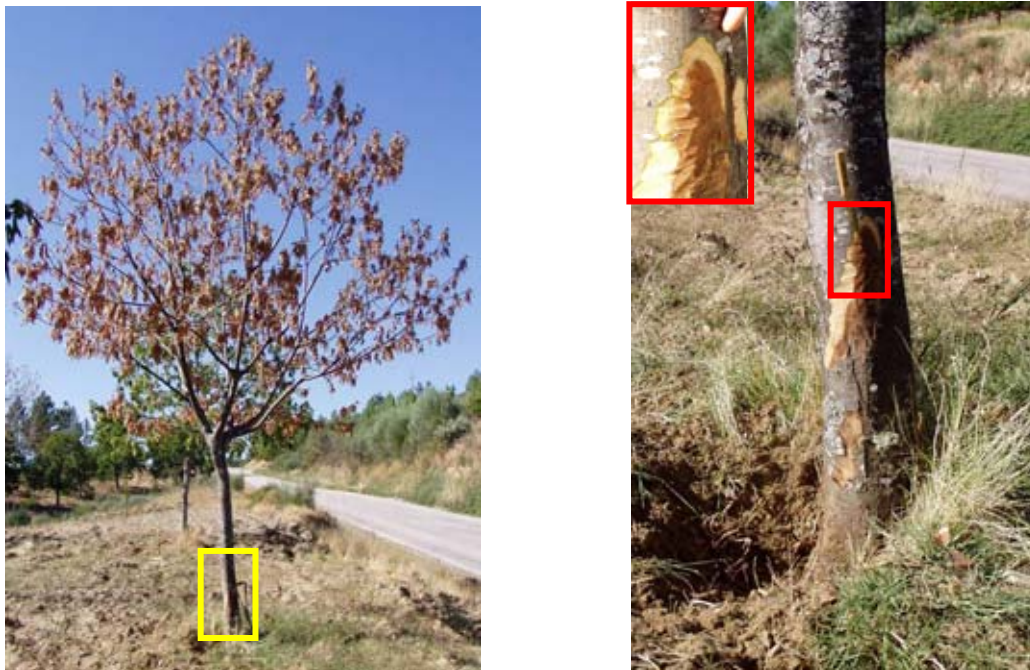


Figura 5.10-Fase terminal da doença da tinta num castanheiro jovem. Observa-se o avanço da necrose de *P. cinnamomi*, em forma de cunha, muito para além do colo da árvore.

Meios de protecção

Os meios de luta contra *P. cinnamomi* deverão ser conjugados de forma integrada, já que assim se reduz a dependência de um único meio de protecção, e é inviável eliminar completamente o parasita do solo.

Considerando também o porte e longevidade do castanheiro e as características de resistência do parasita, designadamente o seu longo período de incubação e a quase impossibilidade de localizar as infecções iniciais, deve enveredar-se por um meio de protecção que favoreça a resistência da árvore e desfavoreça o parasita, por exemplo, melhorando a diversidade biológica do solo.

A avaliação da dispersão da doença numa escala regional deve ser também considerada. A detecção remota, designadamente a fotografia aérea de pequeno formato (FAPF), é recomendada pois possibilita conhecer a história dos povoamentos e permite quantificar a mortalidade das árvores até de forma mais fiável do que o recurso isolado às avaliações de campo.

A avaliação por FAPF e a interpolação espacial dos parâmetros avaliados tem resultado na monitorização de áreas de castanhais em Trás-os-Montes (Martins *et al.* 2007). A Figura 5.11 referente à região da Padrela é disso exemplo. Neste caso em concreto, registou-se o aumento em número e dimensão dos focos onde se observou declínio, sendo as áreas sem

doença cada vez mais reduzidas. Infelizmente, este cenário é recorrente noutras manchas de castanhais em Trás-os-Montes (Martins *et al.* 2001; 2005; 2007).

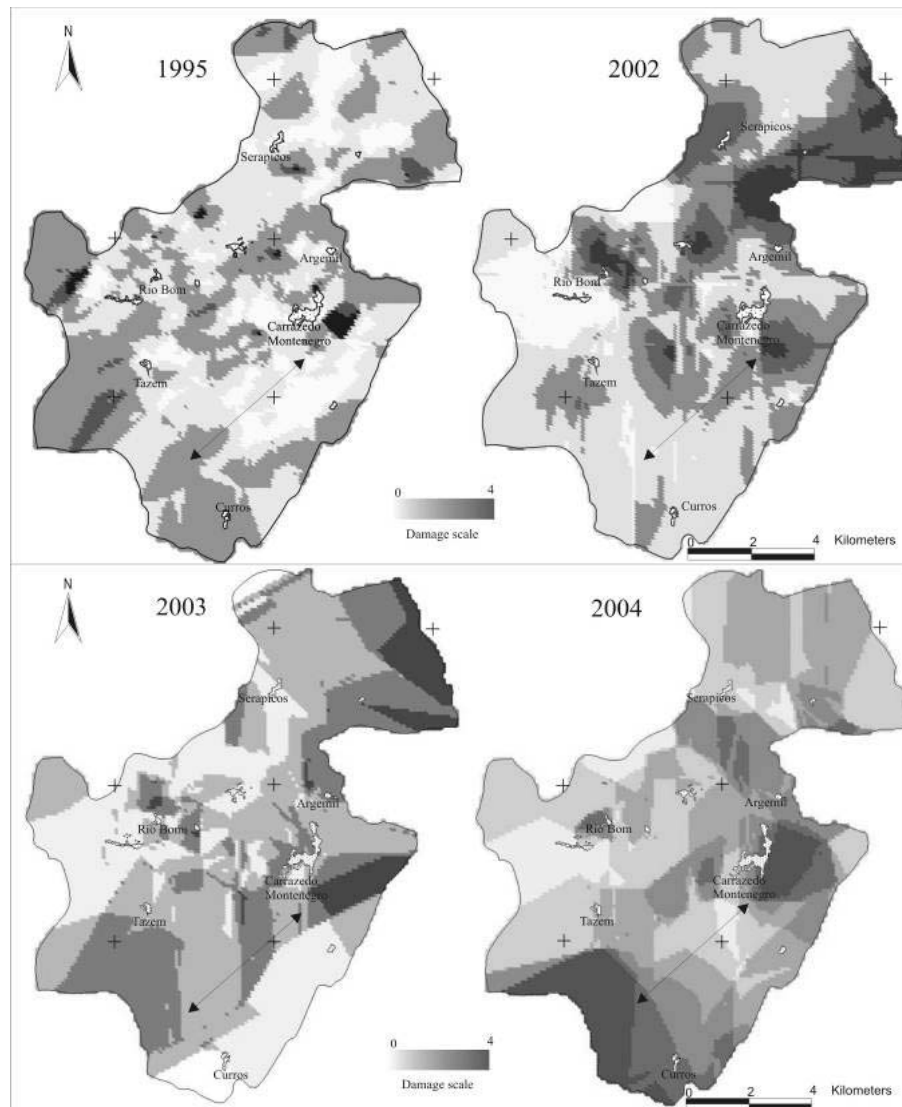


Figura 5.11-Dispersão da doença da tinta na região da Padrela (1995-2004), avaliada por detecção remota e métodos de interpolação geostatísticos.

Luta química

Face à elevada persistência de *P. cinnamomi* no solo e à sua facilidade de disseminação, sempre que possível, deve começar-se por prever e implementar medidas que impeçam ou limitem o seu estabelecimento (Zentmyer, 1980; Shea e Broadbent, 1987). Infelizmente, em viveiros, não é raro detectar castanhais com tinta, cuja passagem para local definitivo contribui muito para a dispersão da doença (Fernandes, 1966; López, 1990). É pois nos viveiros que a luta química tem aceitação mais generalizada, para evitar a saída de plantas doentes e levar o parasita para outros locais. Dos fungicidas com reconhecida eficácia

destaca-se o etazol (Bertus e Wood, 1978), o metalaxil (Benson, 1987; Bruck e Kenerley, 1993) e o fosetil de alumínio (Benson, 1990; Salesses *et al.*, 1993; Erwin e Ribeiro, 1996).

Com o aparecimento de fungicidas sistémicos é criada também a possibilidade, em certas circunstâncias, de tratamento de árvores já instaladas. Vieitez *et al.* (1996) recomendam o fosetil de alumínio pela sua acção curativa e protectora (Quadro 5.1). Ressalvam no entanto, que a aplicação foliar se traduz numa diminuição gradual da acção fungicida até ao extremo das raízes, quando da translocação activa descendente, pois a substância activa vai sendo retida pelos tecidos do castanheiro. Por isso, aconselham a aplicação directa no tronco ou raiz, através de rega.

Quadro 5.1-Fungicidas sistémicos contra oomicetas dos géneros *Phytophthora* e *Phythium*.

Classe química	substâncias activas
Carbamatos	protiocarbe; propamocarbe
Acetamidas	cimoxanil
Acilalanina	benalaxil; furalaxil; metalaxil; milfurame
Organometálico	fosetil de alumínio

Ainda segundo os mesmos autores, para controlar a tinta em soutos também se pode usar o metalaxil, desde que homologado para o efeito. A aplicação foliar deve efectuar-se em Maio, Julho e Setembro, sendo habitualmente os resultados bastante favoráveis. Pode também aplicar-se nas raízes principais a descoberto ou directamente no solo. Por esta última via o efeito fungicida é menor devido a fenómenos de adsorção das moléculas do fungicida por partículas do solo e de absorção pela microflora.

Desde há alguns anos que se sabe que copiosas aplicações do ácido fosfónico também limitam o avanço da necrose causada por agentes patogénicos do género *Phytophthora* ao induzir imediata e favorável resposta do mecanismo bioquímico de defesa da planta (Guest e Bompeix, 1990; Hardy *et al.*, 2001). Neste sentido, em trabalho recente (Abreu, 2006), foi demonstrada a eficácia do fosfonato de potássio, sob a forma comercial de Alexin 95PS, contra o avanço da necrose da raiz causada por *Phytophthora cinnamomi* em castanheiros jovens.

Luta genética

A baixa resistência de *Castanea sativa* a *P. cinnamomi* levou à selecção de clones mais capazes, através de programas de melhoramento genético e de hibridação com espécies exóticas, nomeadamente os castanheiros chinês (*C. mollissima*) e japonês (*C. crenata*). Mas,

apesar da maior resistência, os híbridos exigem melhores solos, outras formas de condução das copas e disponibilidade de água. Além disso, com alguns porta-enxertos resistentes, foram observadas rejeições da enxertia e incompatibilidade fenotípica (Guerreiro, 1946; Fernandes, 1970; Vieitez *et al.*, 1996). São sobretudo as diferenças de crescimento que comprometem o equilíbrio do garfo e do cavalo (Figura 5.12). E é por isso que alguns agricultores dos Soutos da Lapa procuram ultrapassar esta limitação dando preferência a enxertias baixas com as variedades mais características da área, designadamente a Martaínha (C. Abreu, com. pessoal).

Em Portugal, os programas de melhoramento foram levados a cabo durante cerca de duas décadas, no então Centro de Estudos do Castanheiro em Alcobaça (Fernandes, 1982) e nos anos seguintes pela Direcção Geral das Florestas, Estação Florestal Nacional (Seabra e Pais, 1993), Escola Superior Agrária de Bragança e Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (Gomes, 1987; Gomes *et al.*, 1997).



Figura 5.12-Desigualdade de crescimento entre o garfo de *C. sativa* e o porta-enxerto híbrido de *C. crenata* x *C. sativa* em enxertia alta (Carrazedo de Montenegro).

Do trabalho conjunto, resultaram vários clones de *C. sativa* resistentes, com destaque para o COLUTAD, assim designado em homenagem a Columbano Fernandes, fitopatologista que dedicou toda a sua vida ao melhoramento genético do castanheiro (Gomes *et al.*, 1997). Estão também catalogados alguns híbridos de características superiores, mas só a possibilidade de multiplicação vegetativa permitirá a concretização destes programas. Efectivamente, a quase total auto-esterilidade do castanheiro, não permite a obtenção de linhas seminais com genótipo estável, sendo a propagação clonal a melhor via a explorar (Gonçalves, 1998).

Merecem realce as linhas de investigação sobre o melhoramento genético do castanheiro que ultimamente, e num esforço continuado, têm sido conduzidas pela Estação Florestal Nacional (Costa, 2000; Seabra *et al.*, 2001; Valdiviesso e Costa, 2006). Realce também para o trabalho da Direcção Geral dos Recursos Florestais que actualmente detém um programa de cedência de castanheiros híbridos de multiplicação clonal com resistência à tinta (Abreu, 2001; Silva, 2001).

Luta cultural

Na cultura instalada são necessárias práticas culturais que conduzam à protecção do castanheiro a longo prazo. Se usadas numa perspectiva preventiva poderão melhorar a sua capacidade de resistência e diminuir a permissividade do solo (*sensu* Huber e Schneider, 1989) em relação à população de *P. cinnamomi*. Também é importante a escolha dos locais onde se irão instalar os povoamentos, devendo assentar em parâmetros favoráveis à árvore e que garantam a supressividade em relação ao agente patogénico (Martins, 1994).

Solos Supressivos

Uma das primeiras alusões à supressividade do solo em relação a *P. cinnamomi* deve-se a Broadbent *et al.* (1971), ao verificarem que nalguns solos australianos, embora colonizados pelo oomiceta, as infecções em abacateiros não se desenvolviam. Esta alteração do comportamento de *P. cinnamomi* está ainda documentada relativamente a abacateiros da Califórnia (Coffey, 1987) e a castanheiros da Europa (Gomes, 1982; Abreu *et al.* 1993; Figueiredo *et al.* 1993). Em montados de sobro e azinho portugueses, Marcelino (2001) observou diferenças no comportamento do parasita, verificando que a sua incidência era maior nos solos delgados, de textura fina, com teores elevados de limo e baixa percentagem de areia grossa. Os locais mais afectados pelo declínio, tinham ainda menores teores de fósforo e azoto assimiláveis.

Nalguns sotos do Norte de Portugal (Figura 5.13), também se sugerem fenómenos de supressividade, pois árvores instaladas em locais próximos, com idade, variedade e sujeitas a práticas culturais semelhantes, resistem à infecção de forma diferente (Gouveia, 1993; Martins e Abreu, 1997).

Ko e Nishijima (1985) consideram as características físico-químicas dos solos preponderantes na supressividade a *P. cinnamomi*. Outros autores atribuem o fenómeno da supressividade à actividade biológica, pois desaparece após a esterilização do solo (Broadbent

e Baker, 1974a; Halsall, 1982a; 1982b; Lu e Chuang, 1989). A alegada supressividade mantém-se após tratamento térmico a 60 °C, durante 10 a 30 minutos, devendo-se provavelmente aos microrganismos termófilos (Broadbent *et al.*, 1971; Halsall, 1982a).



Figura 5.13-Souto na freguesia de Padrela e Tazém, num solo permissivo. Na fotografia aérea de infravermelho colorido de 1995, é já possível localizar o foco (F) inicial da doença da tinta. A permissividade ao alastramento da infecção é confirmada na fotografia aérea de pequeno formato policromada obtida em 2001.

Lu e Chuang (1989) não dão a mesma importância aos microrganismos do solo na supressão ao patogénio. Para estes autores é mais certo ser o conjunto das propriedades dos solos a causa da maior ou menor expressão do parasita. Assim, solos bem arejados e agregados, com elevados teores em minerais argilosos, matéria orgânica e bases de troca, sustentarão, à partida, melhores condições de resistência ao hospedeiro e maior e mais diversificada população de organismos antagonistas do patogénio. Esse aspecto é bem aceite por diversos autores relativamente a soutos das proximidades de Carrazedo de Montenegro, Vinhais, Macedo de Cavaleiros (Abreu *et al.*, 1993; Martins, 1994; Portela e Abreu, 1994) e Bragança (Figueiredo *et al.*, 1993).

A utilização de compostos orgânicos é inclusivamente uma prática comum dos agricultores australianos, para reduzir as infecções causadas por *P. cinnamomi* em abacateiros. Com adição de grandes quantidades de guano, palha, resíduos de mondas e outros, melhoram as produções e obtêm terrenos semelhantes aos não perturbados da floresta húmida australiana, naturalmente supressivos ao patogénio (Malajczuk, 1979; Shea e Broadbent, 1987).

A matéria orgânica favorece o desenvolvimento de bactérias, casos de *Pseudomonas* spp., *Bacillus subtilis* var. *niger*, *Flavobacterium* spp.; *Chromobacterium violaceum* e

actinomicetas (Broadbent e Baker, 1974a; Malajczuk, 1979; Coffey, 1987). Estes organismos estão associados à lise dos esporângios e micélio de *P. cinnamomi* (Broadbent e Baker, 1974b; Lee e Zentmyer, 1982), evitando o início de novos ciclos de infecção, pela interrupção da libertação de zoósporos (Malajczuk *et al.*, 1983).

Os zoosporângios podem inclusivamente ser parasitados por bactérias, logo após a sua libertação ou antes da germinação (Malajczuk, 1979). Os clamidósporos, também estão sujeitos a fenómenos de parasitismo pela fauna do solo, sobretudo durante os períodos de dormência e antes de sofrerem estímulos para a sua germinação (Halsall, 1982b). Apesar de tudo, elevados teores de matéria orgânica não originam a erradicação de *P. cinnamomi* (Baker, 1981), podendo inclusivamente contribuir para a sua persistência nos pequenos fragmentos (Kliejunas e Nagata, 1979).

Infelizmente, a utilização da matéria orgânica vai rareando nos castanhais portugueses, fruto do aumento gradual do seu custo, em parte, pela redução dos efectivos pecuários. A Figura 5.14 é apesar de tudo um exemplo de excepção.



Figura 5.14-Utilização de matéria orgânica num souto de Seixedo (Valpaços), prática cultural infelizmente já pouco comum nos soutos de Trás-os-Montes.

Gouveia (1993) sugere ainda que em solos ácidos, o alumínio de troca poderá ter algum envolvimento na permissividade, pois nos soutos afectados, geralmente os teores neste elemento são mais elevados. Mas, de acordo com outros autores, nos solos mais ácidos, a infecção por *P. cinnamomi* diminui (Fernandes, 1947; Bingham e Zentmyer, 1954), dada a maior dificuldade na formação de esporângios (Benson, 1984; Andrivon, 1994) ou

germinação de clamidósporos (Ko e Shiroma, 1989). Contudo, outros autores são mais favoráveis a um leque de pH mais alargado para a existência de infecções (Grente, 1961a).

Muitos outros estudos sobre o efeito do clima e dos factores de predisposição das árvores à tinta têm sido conduzidos ao longo dos últimos anos. São os casos da abertura de caminhos rurais no aumento da dispersão da doença, em castanhais de Itália (Vannini e Vettrano, 2001). Portela *et al.* (1999) indicam uma correlação entre a incidência da doença e a diminuição de matéria orgânica dos solos e, mais recentemente, foi observado que o aumento da compactação do solo favorece a infecção (Fonseca *et al.* 2004). O fenómeno da compactação é recorrente em soutos do Norte de Portugal pela utilização intensa de maquinaria pesada na mobilização dos solos (Figura 5.15).



Figura 5.15-A mobilização do solo com alfaías pesadas é prática ainda comum em castanhais do Norte de Portugal.

Microrganismos antagonistas

Num ecossistema em equilíbrio, as populações de microrganismos do solo permanecem relativamente constantes, resultado da estabilidade do meio no seu todo. O equilíbrio imposto pela competitividade entre as diversas populações evita que determinada espécie se desenvolva a ritmo acelerado em detrimento das outras. Assim, em locais sujeitos a uma agricultura intensiva, a diversidade biológica diminui, em resposta à selectividade da rizosfera das plantas cultivadas. Essa selectividade conduz a uma maior instabilidade das populações do solo, estando muitas vezes na origem do aparecimento de doenças radiculares (Ferraz, 1990).

Algumas bactérias e actinomicetas (*Streptomyces diastaticus*, *S. flaveolus* e *S. venezuelae*), geralmente em abundância no solo, poderão ser os principais microrganismos antagónicos de *P. cinnamomi* (Lee e Zentmyer, 1982). Os fungos do género *Trichoderma* também exercem acção importante no antagonismo, através de enzimas proteolíticas (Kelley e Kabana, 1976). Assim, a introdução de antagonistas no solo seria um interessante meio de luta biológica com vantagens para o ambiente. Contudo, a actuação destes organismos no ambiente natural fica aquém das expectativas e o custo da sua produção em larga escala torna incomportável a sua utilização prática (Garibaldi, 1988; Baker e Chet, 1989).

A introdução de forma indirecta da supressividade pode conseguir-se pela solarização, pois não elimina as populações de organismos termófilos, nomeadamente actinomicetas. Outros microrganismos tolerantes às elevações de temperatura (*Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. e *Bacillus* spp.) persistem igualmente em número razoável após tratamento. Assim se explica que a solarização tenha um efeito sobre *P. cinnamomi* melhor que a adição de antagonistas específicos (Katan *et al.*, 1976; Katan e DeVay, 1991; Minuto *et al.*, 1995). Além de não criar o vazio biológico, elimina a maior parte dos propágulos do parasita e ainda outros agentes patogénicos do solo, bem como insectos e nemátodes (Greenberger *et al.*, 1987; Juarez-Palacios *et al.*, 1991; Minuto *et al.*, 1995).

P. cinnamomi é sensível à elevação da temperatura, sendo suficientes 45 °C, durante 20 minutos, para tornar os clamidósporos inactivos (Juarez-Palacios *et al.*, 1991). À temperatura de 38 °C, o oomiceta é destruído durante apenas 30 minutos, sendo totalmente eliminado até à profundidade de 70 cm se a solarização decorrer durante 6 semanas (Katan e DeVay, 1991). A seguir à solarização, o crescimento do micélio e formação de clamidósporos de *P. cinnamomi*, quase não se verifica. Uma das razões deve-se à reocupação do espaço por outros microrganismos como *Trichoderma* spp. e *Talaromyces* spp., induzindo a supressividade, pois os fenómenos de antagonismo e competição, são intensificados (Greenberger *et al.*, 1987). Outros organismos responsáveis pela lise do micélio de *P. cinnamomi*, tais como *Streptomyces* spp., *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., sobrevivem a tratamentos térmicos e como tal aumentam significativamente a supressividade dos solos (Halsall, 1982b; Katan e DeVay, 1991).

A solarização em viveiros de castanheiro pode ser uma solução interessante na limitação da população patogénica do solo, tal como constatou Gouveia (1993) em terrenos próximo de Bragança, verificando que as temperaturas alcançadas durante o Verão são suficientes para erradicar *P. cinnamomi* até uma profundidade de 30 cm. Eventualmente,

poderia ser empregue nos terrenos antes da plantação, mas os custos inerentes a áreas extensas e a elevada necessidade de água, pode inviabilizar a sua utilização.

A técnica tem também vindo a ser utilizada, em viveiros, há alguns anos a esta parte, no Centro Nacional de Sementes Florestais (CENASEF), em Amarante. Os baixos custos associados e a possibilidade de introduzir rotações em diferentes parcelas de terreno, têm ajudado à cedência de castanheiros saudáveis (Figura 5.16). Curiosamente, as plantas produzidas nestes talhões formam associações micorrízicas com maior número de simbiontes que nos locais não submetidos a técnicas de solarização (C. Silva, com. pessoal).



Figura 5.16-Eliminação de propágulos de *P. cinnamomi*, através da solarização do solo, num viveiro do Centro Nacional de Sementes Florestais (CENASEF, Amarante).

Fungos micorrízicos

A importância dos fungos ectomicorrízicos na protecção contra *P. cinnamomi* é genericamente aceite (Vieitez *et al.*, 1996; Branzanti *et al.*, 1999). A árvore pode associar-se a uma vasta diversidade de simbiontes, tendo já sido isoladas mais de cem espécies, destacando-se os géneros *Amanita*, *Boletus*, *Lactarius*, *Cortinarius* e *Tricholoma*. Neste vasto leque parece existir um conjunto de indivíduos preponderantes na protecção da árvore contra *P. cambivora* ou *P. cinnamomi*, designadamente: *Amanita caesarea* (Scop.) Pers.; *Boletus bovinoides* Bull.; *B. luteus* Peck.; *Cantharellus* sp.; *Clitocybe* sp.; *Hebeloma cylindrosporum* Romagn.; *H. crustuliniforme* (Bull.) QuéL.; *H. radicosum* (Bull.) Ricken; *H. sinapizans* Paulet e Fr.; *Laccaria laccata* (Scop.) Bk. e Br.; *Paxillus involutus* Fr. (Grente e Vrot, 1984; Branzanti *et al.*, 1994).

Em culturas já instaladas, uma melhor micorrização pode conseguir-se pela diversificação das plantas cultivadas, nomeadamente a luzerna, ou pela incorporação de matéria orgânica. Estas práticas também melhoram a fertilidade, estrutura, arejamento, drenagem e actividade biológica do solo, reduzindo a actividade parasitária de *P. cinnamomi* (Coffey, 1987; Lyda, 1989; Malajczuk, 1979).

Cancro americano

A micose vulgarmente conhecida por cancro americano foi detectada pela primeira vez no Jardim Zoológico de Nova Iorque, EUA, em 1904, e daí a sua designação, tornando-se numa das mais graves doenças ocorridas no castanheiro americano (Anagnostakis, 1992) e marca o início de um dos maiores desastres ecológicos das florestas da costa oriental americana. O fungo ascomiceta envolvido na doença, inicialmente designado *Diaporthe parasitica* Murrill (1906), passou a ser conhecido por *Endothia parasitica* (Murr.) And. e And., até 1978 e actualmente por *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr. Provavelmente originário do Japão (Milgroom, 1995), terá sido introduzido nos EUA, através de castanheiros asiáticos resistentes à tinta, doença importante sobretudo nos estados meridionais dos EUA (Anagnostakis e Kranz, 1987; Anagnostakis, 1990; Vieitez *et al.*, 1996).

Em pouco mais de 10 anos, todos os castanheiros do jardim zoológico sucumbiram a partir desse foco inicial. A doença dispersou-se rapidamente, chegando a expandir-se 40 km por ano, causando o desânimo dos agricultores e comunidade científica de então, por não conseguirem travar o seu avanço (MacDonald e Fulbright, 1991; Milgroom e Lipari, 1995). A epidemia, no entender de Harlan (1976), constituiu-se num exemplo bem evidente da acção desastrada do homem ao introduzir um organismo novo contra o qual o castanheiro indígena [*Castanea dentata* (Marsh.) Borkh.] não estava geneticamente preparado para resistir a tal desafio, levando-o praticamente à extinção.

Uma vez que o castanheiro quase sempre morria antes de atingir a maturidade, necessária a uma adequada polinização, houve poucas oportunidades para a evolução da resistência (Anagnostakis e Kranz, 1987). De facto, apenas meio século foi suficiente para *C. parasitica* dizimar as árvores existentes numa área de 400 mil km², que se estendia do Maine à Georgia (Vrot e Grente, 1985a; 1985b).

A catástrofe nos EUA colocou em alerta os países europeus que impuseram medidas restritivas à comercialização de madeira de *C. dentata* do Norte da América. Mesmo assim, a doença atravessou o oceano Atlântico através de madeira importada dos EUA, vindo a

detectar-se em 1938 em Itália, próximo de Génova (Heiniger e Rigling, 1994), de onde se estendeu aos outros países europeus através dos Alpes franceses e suíços. Três anos mais tarde foi observada em Santander (Espanha) e pouco tempo depois (1947), em Elorrichueta, Bilbao (Fernandes, 1949; 1953d). Apesar de tudo, na Europa, a doença não teve efeitos tão graves como então se temia, devido à descontinuidade do coberto vegetal que cria obstáculos naturais à sua progressão e à maior resistência de *C. sativa* (Turchetti e Maresi, 1991).

Na Suíça, o cancro americano foi detectado em 1948, no Cantão de Ticino, onde permaneceu relativamente confinado até 1989 (Bissegger e Heiniger, 1991). A França noticiou o aparecimento de *C. parasitica* só em 1957, provavelmente porque os problemas com a tinta desviavam as atenções daquele patogénio pouco conhecido até então (Vrot e Grente, 1985a; 1985b; Heiniger e Rigling, 1994). Com severidade semelhante, o fungo também foi isolado na Macedónia (Grécia) por Biris em 1964 (Xenopoulos, 1982).

A expansão do cancro americano na Galiza generaliza-se nos anos 80 (Ana-Magán, 1984), tendo sido essa a porta de entrada mais provável para Portugal. Mas já bem antes, Fernandes (1949) havia alertado para os perigos do aparecimento da doença no país, considerando-a ainda mais devastadora que a tinta. Mas a primeira notícia oficial acerca da presença de *C. parasitica*, remonta apenas a 1989, após confirmação laboratorial, relativa a quatro castanheiros de Carrazedo de Montenegro, detectando-se ainda no mesmo ano outros focos nos concelhos de Bragança, Valpaços e Vinhais (Abreu, 1992b).

Actualmente, *C. parasitica* é um organismo de quarentena da lista A2 da Organização Europeia e Mediterrânea para a Protecção de Plantas, havendo a obrigatoriedade de aplicar medidas fitossanitárias para limitação dos seus estragos. Contudo, em Portugal, o tempo acabou por mostrar que as acções e os meios então postos à disposição da agricultura transmontana para “*impedir a disseminação descontrolada do organismo*” (Portaria 847/90, de 18 de Setembro) não passaram, enquanto meios de protecção, de instrumentos legais de alcance duvidoso, acabando a doença por atingir, em meados dos anos 90, a totalidade do território nacional (Abreu e Martins, 2002). Mais tarde avançaram-se novas medidas, desta feita ligadas ao “Programa Nacional de Prospeção e Erradicação do Cancro do Castanheiro”, conforme Despacho Conjunto 117/98, de 18 de Fevereiro, mas foram também iniciativas pontuadas por fracassos, em parte pela escassez dos meios então disponibilizados face à facilidade de dispersão do cancro. Assim, o quadro actual da doença é alarmante se atendermos a intensidades médias de ataque da ordem dos 10% em 14 concelhos de Trás-os-Montes prospectados ao longo de 1999 e 2000 (Abreu e Martins, 2002).

Sintomatologia

A doença caracteriza-se pela formação de lesões muito características no tronco e ramos do castanheiro, o que permite o fácil reconhecimento da presença do parasita. Este infecta apenas os órgãos aéreos da planta, penetrando preferencialmente por feridas ou pela ruga da axila dos ramos, evoluindo sob a casca com destruição da zona cambial, chegando por vezes ao lenho do ramo ou do tronco, quando a lesão atinge grandes dimensões.

Os primeiros sintomas manifestam-se pelo amarelecimento das folhas do ramo, logo acima do cancro. As cloroses evoluem para necroses à medida que o parasita vai invadindo toda a periferia da zona cambial (Figura 5.17). Quando a infecção se dá durante a Primavera, as folhas do ramo raramente atingem o seu tamanho normal, sucedendo apenas quando a infecção se desenvolve durante o Verão.



Figura 5.17-Castanheiro onde é evidente a localização de uma zona da copa afectada. À direita, ramo atingido pelo cancro americano e pormenor de picnídios maduros com emissão de cirros de picnidiósporos cor de salmão (Carrazedo de Montenegro).

A permanência de folhas e ouriços nos ramos secos, mesmo durante o Inverno, possibilita a detecção da infecção em qualquer época do ano. No entanto, a provável presença do fungo deve ser confirmada por exame minucioso ao tronco e ramos, abaixo das folhas mortas mais inferiores.

É na superfície dos ramos jovens, com crescimentos mais vigorosos e casca lisa, que os sintomas melhor se evidenciam. As zonas atacadas adquirem geralmente a cor avermelhada e evoluem para a depressão dos tecidos e fendilhamento vertical, provocado pelo avolumar de tecido micelial e formação de tecido dito “cicatricial” da planta, ao tentar compartimentar as partes doentes (Figura 5.18).



Figura 5.18-Ramo jovem de castanheiro onde é evidente a presença de um cancro, de cor avermelhada, centrado num “flush-cut” que teria servido de porta-de-entrada do fungo.

Com temperaturas amenas e na presença de humidade, *C. parasitica* forma picnídios à superfície dos cancos, de 100-300 μm de diâmetro (Goidànich *et al.*, 1964), de cor alaranjada ou castanha avermelhada, assemelhando-se a cabeça de alfinetes (Figura 5.19). Com o tempo húmido, quando maduros, expelem finos cordões mucilaginosos, de cor salmão a amarela-alaranjada (cirros), com grandes quantidades de picnidiósporos. Estes esporos de natureza assexuada são oblongos, às vezes curvos, arredondados nos extremos, hialinos e com dimensões de apenas 3-5x1-2 μm . São, por isso, facilmente veiculados por animais, germinando na presença de água, sobretudo nos tecidos sem a protecção da casca (Goidànich *et al.*, 1964; Guérin *et al.*, 1998).

As frutificações sexuadas (peritecas) desenvolvem-se em grupos de 5 a 50 elementos, podendo surgir no estroma de um velho picnídio. Podem ser observadas à lupa devido à sua parede membranosa de cor negra a qual encerra numerosos ascos oblongos (Goidànich *et al.*, 1964). A sua manifestação é mais rara, tal como comprova o estudo de Rebelo (2001) realizado em soutos da Padrela, mas o seu papel não é tanto a dispersão, mas antes o aumento da variabilidade. Assim, tratando-se de uma doença nova em Portugal, é provável que a recombinação genética seja ainda baixa e a população do parasita relativamente homogénea.

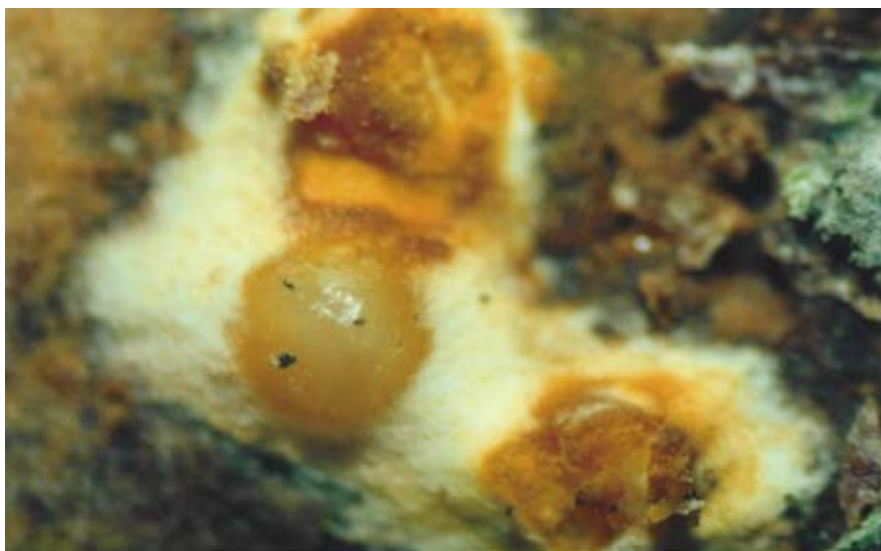


Figura 5.19-Imagem ampliada relativa aos principais órgãos de disseminação de *Cryphonectria parasitica*: os picnídios.

Luta Genética

Para reduzir a incidência do cancro nos EUA recorreu-se durante mais de 50 anos a hibridações entre o majestoso castanheiro americano e os pequenos castanheiros asiáticos. No entanto, os resultados nunca foram verdadeiramente interessantes, por erros no retrocruzamento, alguns insucessos em termos de compatibilidade vegetativa e de transmissão da resistência de *C. mollissima* ou *C. crenata* ao “gigante” americano.

A estratégia seguida nem sempre foi a mais feliz. Na verdade, assentou exclusivamente num número excessivo de retrocruzamentos com o progenitor chinês. (Burnham, 1988). Todavia, os esforços e a persistência do Dr. Charles R. Burnham, geneticista na Universidade de Minnesota, e da American Chestnut Foundation, começam agora a dar os primeiros resultados encorajadores, ao terem sido introduzidas alterações ao programa inicial de melhoramento. Seguem um programa de melhoramento convencional, mas com alterações no sentido do retrocruzamento e avaliações constantes dos níveis de resistência. Em resumo, a F-1 de *C. mollissima* e *C. dentata* é sujeita a retrocruzamentos (BC) usando-se desta feita o pólen do progenitor americano até à 4ª geração (BC3), a que se seguem os cruzamentos de populações seleccionadas BC3 x BC3 até à 6ª geração (BC-F3).

Hipovirulência

A descoberta da hipovirulência – fenómeno no qual a virulência de *C. parasitica* é reduzida graças à presença de micovírus – na década de 1960 alterou a estratégia na procura

de meios de protecção por se crer que a resolução do problema estava no início do seu fim (Turchetti, 1982; Turchetti e Maresi, 1991; Turchetti *et al.*, 1992).

A hipovirulência, observada pela primeira vez em Itália, por Antonio Biraghi e mais tarde descrita nos estudos de Grente e Sauret (1969), caracteriza-se pela regressão, ou mesmo cura das lesões, pela conversão da forma original virulenta de *C. parasitica*, na forma hipovirulenta, através da fusão do citoplasma das hifas das estirpes em confronto.

Os cancos ditos hipovirulentos podem ser detectados devido à menor virulência do fungo envolvido e redução das taxas de crescimento e na produção de pigmentação em cultura, ao contrário dos virulentos de cor amarela-alaranjada (Figuras 5.19 e 5.20). Se a patogenicidade da estirpe recipiente convertida for substancialmente reduzida, dá-se a contenção da lesão pela actividade do câmbio vascular, o cancro é compartimentado e pode passar a funcionar como fonte de inóculo hipovirulento (através dos conídios entretanto libertados dos novos picnídios) para outros cancos activos. Esta hipovirulência contagiosa, quando bem sucedida, representa um raro exemplo de luta biológica natural na limitação de uma doença (Abreu e Martins, 2002).

As estirpes hipovirulentas de Grente, bem como as de Itália e, mais tarde, as dos EUA, exibiam RNA bicatenário (dsRNA), material genético característico de muitos vírus de fungos (Day *et al.*, 1977), hoje conhecidos como hipovírus (família Hypoviridae), com destaque para o mais estudado de todos: *Cryphonectria* hipovírus 1-EP713 (CHV-1), originalmente isolado em França. Esta espécie de hipovírus, por diversas vezes introduzida na Europa a partir da Ásia ao longo do século passado, é a que ainda prevalece e a que exhibe mais vasta distribuição, tendo o papel mais activo na limitação dos cancos de *C. parasitica*.

Os isolados de *C. parasitica* infectados com CHV-1 são mais facilmente reconhecidos pela esporulação reduzida e ausência de pigmentação cor de salmão quando em cultura em meio sólido. A conversão faz-se de forma horizontal pela transferência do dsRNA do citoplasma das estirpes hipovirulentas para as virulentas, via anastomose das hifas, sendo o sucesso na transmissibilidade condicionado pela designada “compatibilidade vegetativa” (v-c), controlada nos isolados da Europa por, pelo menos, 6 genes com alelos idênticos em todos os v-c loci (Anagnostakis e Day, 1979; Anagnostakis, 1982; 1988a; 1988b; 1990; Huber e Fulbright, 1994). Por outras palavras, há barreiras à transmissão do micovírus e o número de genes de compatibilidade vegetativa no fungo condiciona o número e a qualidade das pontes de anastomose das hifas entre as estirpes. Há ainda a designada conversão de forma vertical, da estirpe virulenta, isto é, através da dispersão dos novos conídios infectados por micovírus.



Figura 5.20-Cancro hipovirulento (Salónica, Grécia). Apesar de causar algum fendilhamento inicial na zona cambial, o fungo não vence as designadas barreiras de compartimentação formadas pela árvore e tende a regredir naturalmente.

Perante os condicionalismos na conversão, esta forma de luta biológica para conter o cancro americano nem sempre é bem aceite (Turchetti, 1982; Turchetti e Maresi, 1988; 1991; Turchetti *et al.*, 1992; Anagnostakis, 1995). Aliás, segundo Milgroom e Cortesi (2004), algum do eco no sucesso do uso da hipovirulência talvez seja mais esperança do que realidade e é preciso entender o fenómeno com alguma reserva, já que esta forma de luta biológica nem sempre resulta. Efectivamente, a transmissibilidade da hipovirulência não é tão eficaz quanto se admitiu inicialmente. Por exemplo, não se dá a partir de ascósporos e nem todos os picnidiosporos emitidos por estirpes hipovirulentas vão dar lugar a micélio hipovirulento (Abreu e Martins, 2002). A utilização indiscriminada da hipovirulência pode contribuir ainda para a introdução artificial de hipovírus estranhos numa dada área de castanheiros, havendo o risco do aumento da diversidade da população de *C. parasitica*. Na verdade, quanto maior for a abundância de grupos de compatibilidade vegetativa num dado local, mais difícil é a transmissão do micovírus e o desejável aumento do número de estirpes hipovirulentas. Até agora, foram registados 31 grupos de compatibilidade vegetativa na Itália e Suíça (EU-1 a EU-31) com prevalência do EU-2 (Cortesi *et al.*, 1998), a que se juntaram mais 33 grupos obtidos por cruzamento dos grupos iniciais (EU-32 a EU-64) e adição de mais alguns em França (EU-65 a EU-74) (Robin *et al.*, 2000, Robin e Heiniger, 2001). Tenhamos também presente que infecções severas de vírus conduzem à inibição da desejada esporulação do

fungo convertido e consequente dispersão da hipovirulência e o contrário pode implicar ineficácia na contenção dos cancos activos (Milgroom e Cortesi, 2004).

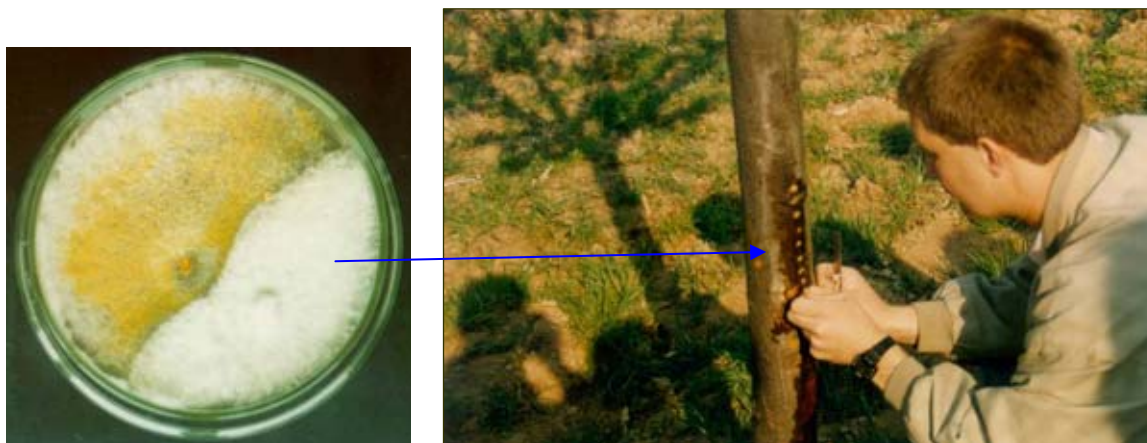


Figura 5.21-À esquerda, teste de compatibilidade vegetativa do isolado hipovirulento UTAD/DPP 129, com uma estirpe virulenta (cor laranja) isolada no mesmo local do ensaio. À direita, aspecto do tronco de castanheiro após inoculação na periferia da lesão. O ensaio permitiu a limitação e regressão do cancro no ano seguinte ao da inoculação (Abreu e Martins, 2002)

Para minimizar o perigo de contágios indesejáveis, o uso da hipovirulência só se deverá fazer com material local de compatibilidade vegetativa em relação às estirpes virulentas encontradas ou prevalentes. Assim, reduz-se o risco potencial de hibridação e formação de novos tipos de compatibilidade vegetativa. Em Trás-os-Montes ainda não foram detectadas populações hipovirulentas, não tendo porém sido realizados trabalhos continuados de prospecção e caracterização da população de *C. parasitica*. Aliás, os únicos trabalhos conhecidos, conduzidos de forma limitada e com sucesso na conversão de cancos em populações híbridas de castanheiros susceptíveis da cv. Bournette, foram realizados em condições muito controladas (Figura 5.21) e a partir de uma única população hipovirulenta com origem em S. Miguel, Açores, isolado UTAD/DPP 129 (Abreu e Martins, 2002).

Outros meios de protecção

A remoção do potencial de inóculo, através de podas cirúrgicas e da utilização de fungicidas de protecção nas zonas de cortes ou de feridas, deve ser incentivada.

As podas devem efectuar-se durante o repouso vegetativo por existirem menos esporos de *C. parasitica* e ser menor a probabilidade de se dar início ao contágio. A intervenção pela poda deve seguir métodos cirúrgicos, efectuados por equipas especializadas.

A escalada dos castanheiros de maiores dimensões por cordas é preferível à intervenção com apoio de escadas. As escadas não oferecem segurança nem permitem chegar a todas as

zonas da copa. Todavia, se utilizadas, o operador deve estar seguro ao cinto e a ramos de segurança.

A poda fitossanitária em ramos sem cancos deverá cingir-se aos secos e partidos para possibilitar a entrada de mais luz na copa. A remoção deste material também elimina possíveis focos de contágio por picnidiósporos de *Cryphonectria parasitica*.

A intervenção em ramos com cancos deve ser efectuada na zona de inserção. Nesta zona a árvore tem maior capacidade de defesa e de compartimentação dos tecidos. O corte deve efectuar-se tão longe quanto possível do cancro, para evitar a propagação descendente para outras zonas da planta por vasos do xilema. Assim, poderá justificar-se o corte de ramos de maiores dimensões se a inserção do ramo afectado estiver muito próximo do cancro.

O corte deve ser efectuado por etapas a fim de evitar a dilaceração da casca do tronco ou de outros ramos (Figura 5.22).

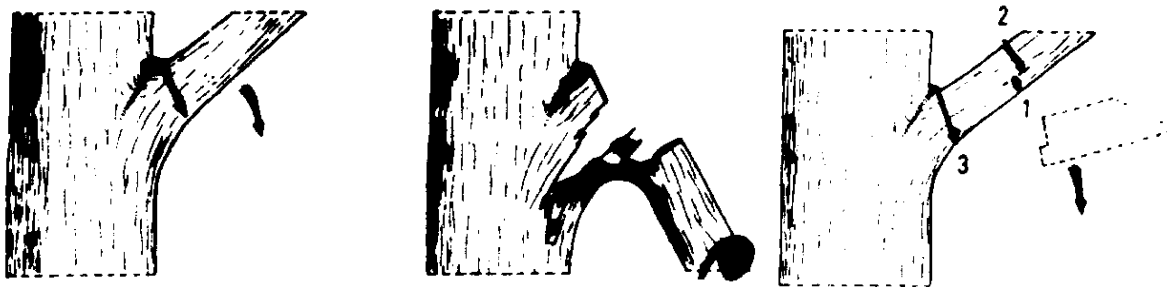


Figura 5.22-Em cima, corte errado, com danificação da casca do tronco. Em baixo, corte efectuado por etapas e de forma correcta.

No corte final do ramo deve ser respeitada a ruga da casca e o colo do ramo (colo de compressão) (Figura 5.23). Desse modo, garante-se a máxima capacidade de resposta da árvore para compartimentar o lenho.



Figura 5.23-Representação da ruga da casca, colo do ramo e do corte correcto, respeitando estas duas unidades fisiológicas da inserção do ramo. À direita, o corte mesmo efectuado na posição correcta não evita a propagação pois o cancro já está no tronco.

Nas intervenções não podem deixar-se tocos para evitar podridões, devendo pois existir o cuidado de deixar ramos tira-seiva (Figura 5.24).

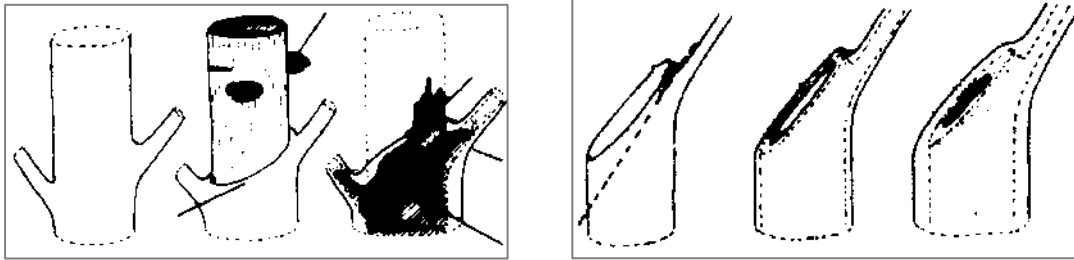


Figura 5.24-À esquerda, exemplos da formação de podridões devido a cortes incorrectos; À direita corte correcto, onde o tira-seiva, possibilitou a compartimentação adequada.

Antes e após qualquer intervenção na árvore, o equipamento de poda deve ser desinfectado (hipoclorito de sódio, por exemplo).

A madeira sobranete, por conter picnidiósporos e micélio de *C. parasitica* deve ser queimada no local. Se for mais facilmente exequível, o material também pode ser enterrado, pois o processo de decomposição é suficiente para a destruição do fungo patogénico.

Dada a agressividade de *C. parasitica* é recomendável pincelar as zonas de extirpação do cancro com fungicidas à base de carbendazime e pastas cúpricas (oxicloreto ou sulfato de cobre) adicionadas de aderentes oleosos.

Referências bibliográficas

- Abreu, C. G. 1992a. Castanheiros: uma saudade no futuro? *Finisterra* 27: 3-16.
- Abreu, C. G. 1992b. Chestnut ink disease: management practices and resistance. In: World Chestnut Conference, Chestnut Marketing Association (ed.), Alachua, FL, pp-153-160.
- Abreu, C. G. 1995. Doença da tinta: causa e consequência do declínio do castanhal. *Est. Transm.* 6:269-289.
- Abreu, C. G. 2001. Ensaio de resistência à tinta de clones de castanheiro do CENASEF. In: Castanheiros Resistentes à Doença da Tinta Produzidos no CENASEF, Victor Louro (ed.), DGF, Lisboa.
- Abreu, C. G. 2006. Alexin 95PS e a doença da tinta do castanheiro. UTAD/Massó, División Agro, Publicação Ocasional, Vila Real, 4pp.
- Abreu, C. G. e A. L. Gomes. 1989. Seca foliar e cancrios difusos, doenças pouco conhecidas em Trás-os-Montes. *Floresta e Ambiente* 7: 22-23.
- Abreu, C. G. e Martins, L. M. 2002. O homem e o castanheiro: uma relação em crise. In: XI Jornadas Luso-Galaicas de Ciencias y Desarrollo, Real Academia Gallega de Ciencias, Santiago de Compostela, pp. 93-104.
- Abreu, C. G., Coutinho, J. F., Cardoso, A. O. e Campos, J. A. 1993. Suppressive soils and chestnut ink disease. In: Proc. International Congress on Chestnut, E. Antognozzi (ed.), Spoleto, Itália, pp. 533-536.
- Ana-Magán, F. J. F. 1984. Patologia de los castaños híbridos. In: Congreso Internacional sobre el Castaño, Departamento de Investigación Forestal de Lourizan, Pontevedra, pp. 201-215.
- Anagnostakis, S. L. 1982. Biological control of chestnut blight. *Science* 215 (29): 466-471.
- Anagnostakis, S. L. 1988a. *Cryphonectria parasitica*, cause of chestnut blight. *Advances in Plant Pathology* 6: 123-136.
- Anagnostakis, S. 1988b. *Cryphonectria parasitica*, cause of chestnut blight. In: *Advances in Plant Pathology*, D. Ingram and P. Williams (eds.), vol. 6:123-136.
- Anagnostakis, S. L. 1990. Improved chestnut tree condition maintained in two Connecticut plots after treatments with hypovirulent strains of the chestnut blight fungus. *Forest Science* 36 (1): 113-124.
- Anagnostakis, S. L. 1992. Measuring resistance of chestnut trees to chestnut blight. *Can. J. For. Res.* 22: 568-571.
- Anagnostakis, S. L. e J. Kranz. 1987. Population dynamics of *Cryphonectria parasitica* in a mixed - hardwood forest in Connecticut. *Phytopathology* 77: 751-754.
- Anagnostakis, S. e Day, P. 1979. Hypovirulence conversion in *Endothia parasitica*. *Phytopathology* 69: 1226-1229.
- Andrivon, D. 1994. Fate of *Phytophthora infestans* in a suppressive soil in relation to pH. *Soil Biology & Biochem.* 26 (8): 953-956.
- Aveling, T. A. S. e F. H. J. Rijkenberg. 1989. Behavior of *Phytophthora cinnamomi* zoospores on roots of four avocado cultivars. *J. Phytopathology* 125: 157-164.
- Baker, R. 1981. Biological control: Eradication of plant pathogens by adding organic amendments to soil. In: *Handbook of Pest Management in Agriculture*, Pimentel, D. (Ed.), Vol. II. CRC Press, Boca Raton, pp. 229-309.
- Baker, R. e I. Chet. 1989. Induction of suppressiveness. In: *Suppressive Soils and Plant Disease*, Schneider, R. W. (ed.), The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, pp. 35-50.
- Benson, D. M. 1984. Influence of pine bark, potential, and pH on sporangium production by *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology* 74: 1359-1363.
- Benson, D. M. 1987. Residual activity of metalaxyl and population dynamics of *Phytophthora cinnamomi* in landscape beds of azalea. *Plant Disease* 71 (10): 886-891.
- Benson, D. M. 1990. Landscape survival of fungicide-treated azaleas inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. *Plant Disease* 74: 635-637.
- Bertus, A. L. e J. E. Wood. 1978. Preventive treatments with two soil fungicides to control root rot caused by *Phytophthora cinnamomi* Rands. *Phytopath. Z.* 92: 266-269.
- Bingham, F. T. e G. A. Zentmyer. 1954. Relation of hydrogen-ion concentration of nutrient solution to *Phytophthora* root rot avocado seedlings. *Phytopathology* 44: 611-614.

- Bissegger, M. e U. Heiniger. 1991. Chestnut blight (*Cryphonectria parasitica*) north of the Swiss Alps. *Eur. J. For. Path.* 21: 250-252.
- Böckmann, V. T. 1986. Probleme der australischen Forstwirtschaft mit dem Schadpilz *Phytophthora cinnamomi*. *A. F. Z.* 25: 123-137.
- Bouhier, A. 1979. La Galice. Essai géographique d'analyse et d'interprétation d'un vieux complexe agraire. Impr. Younnaise, La Roche sur You (cit. In Molina-Rodriguez, 1984).
- Branzanti, M.B., E. Rocca e A. Zambonelli, 1994. Influenza di funghi ectomicorrizici su *Phytophthora cambivora* e *P. cinnamomi* del castagno. *Mycol. Ital.* 1: 47-52.
- Branzanti, M. B., E. Rocca e A. Pisi 1999. Effect of ectomycorrhizal fungi on chestnut ink disease. *Mycorrhiza* 9: 103-109.
- Brasier, C.M. 1991. *Phytophthora cinnamomi* involved in Mediterranean oak decline. In: *Report on Forest Research*, p. 39.
- Brasier, C. M. 1992. *Phytophthora cinnamomi* as a contributory factor in European oak declines. In: *International Congress Recent Advances in Studies on Oak Decline*, September 13-18, Bari, pp. 49-57.
- Brasier, C.M., F. Robredo e J.P. Ferraz. 1993. Evidence for *Phytophthora cinnamomi* involvement in Iberian oak decline. *Plant Pathology* 42: 140-145.
- Brasier, C.M e J.K. Scott. 1994. European oak declines and global warming: a theoretical assessment with special reference to the activity of *Phytophthora cinnamomi*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 24: 221-232.
- Brasier, C.M. 1996. *Phytophthora cinnamomi* and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate changes. *Ann Sci For*, 53: 347-358.
- Bridges, R.G., K.J. Mullette, L. Gerrettson-Cornell e S. Townsend. 1980. Influence of integrated logging on recovery of *Phytophthora cinnamomi* Rands in forest soils of South-eastern New South Wales. *Aust. For. Res.* 10: 371-380.
- Broadbent, P., K.F. Baker e Y.S. Waterworth. 1971. Bacteria and actinomycetes antagonistic to fungal root pathogens in Australian soils. *Aust. J. Biol. Sci.* 24: 925-944.
- Broadbent, P. e K.F. Baker. 1974a. Behavior of *Phytophthora cinnamomi* in soils suppressive and conducive to root rot. *Aust. J. Agric.* 25: 123-137.
- Broadbent, P. e K.F. Baker. 1974b. Association of bacteria with sporangium formation and breakdown of sporangia in *Phytophthora* spp. *Aust. J. Agric.* 25: 139-145.
- Bruck, R.I. e C.M. Kenerley. 1993. Effects of metalaxyl on *Phytophthora cinnamomi* root rot of *Abies fraseri*. *Plant Disease* 67 (6): 688-690.
- Brun, J. 1975. Le chancre de l'avocatier provoqué par *Phytophthora cinnamomi* Rands. *Fruits* 30 (5): 339-344.
- Burnham, C. R. 1988. The restoration of the American chestnut. *Am. Scient.* 76: 478-487.
- Câmara-Pestana, L. 1908. La maladie des châtaigniers. Gangrène humide de la racine do châtaignier. *Bol Soc Portug Sci Natur* 1: 55-70.
- Casares, A., E.F. Melo, J.P. Ferraz e C.P. Ricardo. 1986. Differences in ability of *Phytophthora cambivora* and *P. cinnamomi* to dephenolize lignin. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 87 (2): 229-235.
- Coffey, M.D. 1987. *Phytophthora* root rot of avocado. An integrated approach to control in California. *Calif. Avoc. Soc. Yearbook* 71: 121-137.
- Cortesi, P., Rigling, D. e Heiniger, U. 1998. Comparison of vegetative compatibility types in Italian and Swiss subpopulations of *Cryphonectria parasitica*. *Eur. J. For. Path.* 28: 167-176.
- Costa, M. 1861. Relatório da Secção de Mattas e Florestas. *Arquivo Rural*, 3:551-556 (cit in: Guerreiro, 1946).
- Costa, R. 2000. Melhoramento genético do castanheiro. *Investigação Agrária* 3: 76-77.
- Crandall, B.S. 1950. The distribution and significance of the chestnut root rot *Phytophthora*, *P. cinnamomi* and *P. cambivora*. *Plant. Dis. Rep.* 34: 194-196.
- Crandall, B.S., G.F. Gravatt e M.M. Ryan. 1945. Root disease of *Castanea* species and some coniferous and broadleaf nursery stocks, caused by *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology* 3: 162-180.
- Crombie, D S., J.T. Tippett e D.J. Gorddard. 1987. Water relations of root-pruned jarrah (*Eucalyptus marginata* Donn ex Smith) samplings. *Aust. J. Bot.* 35: 653-663.
- Davison, E.M., M.C. Stukely, C.E. Grane e F.S. TAY. 1994. Invasion of phloem and xylem of woody stems and roots of *Eucalyptus marginata* and *Pinus radiata* by *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology* 84: 335-340.

- Day, P., Dodds, J., Elliston, J., Jaynes, R. e Anagnostakis, S. 1977. Double-stranded RNA in *Endothia parasitica*. *Phytopathology* 67: 1393-1396.
- Erwin, D.C. e O.K. Ribeiro. 1996. *Phytophthora* diseases worldwide. APS Press, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota.
- Fernandes, C.T. 1945. O castanheiro no Distrito de Vila Real. *Publ. Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas* 12 (1 e 2): 41-75.
- Fernandes, C.T. 1947. A "Doença da Tinta" do castanheiro em Espanha. *Publ. Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas* 14 (1 e 2): 87-104.
- Fernandes, C. T. 1949. Doenças do castanheiro. A *Endothia parasitica* (Murr.). Ministério da Economia, Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas.
- Fernandes, C.T. 1952. Doenças do castanheiro. Parasitas do género *Phytophthora* de Bary. *Publ. Serv. Flor. e Aquic.*, Vol. XIX.
- Fernandes, C.T. 1953. A acção dos técnicos florestais portugueses na luta contra a "Doença da Tinta" dos castanheiros. *Publ. Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas* 20 (1): 69-72.
- Fernandes, C.T. 1957. O combate à doença da tinta dos castanheiros no ano de 1947. Estudos e Tratamentos. *Publ. Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas* 15: 41-61.
- Fernandes, C.T. 1966. A doença da tinta dos castanheiros. Dissertação de Concurso para Investigador em Patologia Florestal, Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, Alcobaça.
- Fernandes, C.T. 1970. Defesa e melhoramento do castanheiro. Aspectos fitopatológicos. Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas. *Estudos e Informação*, 253-231.
- Fernandes, C T. 1982. O castanheiro e a noqueira. Sua importância do ponto de vista socio-económico. *Revista de Ciências Agrárias* 5: 113-142.
- Ferraz, J.P. 1990. Importância e dinâmica do inóculo potencial dos fungos fitopatogénicos do solo. *Summa Phytopathologica* 16: 197 -213.
- Figueiredo, T., E. Gouveia e C. Abreu. 1993. Condições edáficas e incidência da tinta do castanheiro: um estudo preliminar em Bragança (Portugal). *Caderno de Ciências Agrárias* 13: 133-141.
- Fonseca, T.F., Abreu, C.G., Parresol, B.R. 2004. Soil compaction and chestnut ink disease. *For. Path.* 34: 273-283.
- Fouqué, F. 1873. Voyages géologiques aux Açores. *Revue des Deux Mondes*, 104: 829-863 (cit in Guerreiro, 1957).
- Garibaldi, A. 1988. Research on substrates suppressive to *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani*. *Acta Horticulturae* 221: 271-277.
- Gisi, U., G.A. Zentmyer e L.J. Klure. 1980. Production of sporangia by *Phytophthora cinnamomi* and *P. palmivora* in soil at different matric potential. *Phytopathology* 70: 301-306.
- Guérin, L., S. Bastien, R. Decharanne e H. Poiterin. 1998. The production and dispersal of ascospores of *Cryphonectria parasitica* in an orchard in South-Western France. *Acta Horticulturae* 494: 473-480.
- Goidànich, G. 1964. Manuale di Patologia Vegetale, Volume II, Edizioni Agricole Bologne, Bologna.
- Gonçalves, J.D., 1998. Micropropagação do castanheiro: estudo das fases de enraizamento e aclimatização. Doutoramento em Engenharia Agronómica, UTL, ISA, Lisboa, 234 pp.
- Gomes, A.L. 1982. Revisão crítica sobre a cultura do castanheiro em Portugal. IUTAD, Vila Real.
- Gomes, A.L. 1987. Programa para o melhoramento genético do castanheiro para produção. *Anais da UTAD* 1: 141-147.
- Gomes, A.L., Abreu, C. G., e L. T. Castro. 1997. COLUTAD – Um clone de castanheiro com resistência à doença da tinta. UTAD, Vila Real.
- Gouveia, M.M. 1993. Doença da tinta do castanheiro. Avaliação da resistência à *Phytophthora cinnamomi* Rands. Dissertação de Mestrado em Protecção Integrada, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.
- Gouveia, M.M. 2004. Métodos moleculares na identificação, caracterização e detecção de *Phytophthora cambivora* (Petri) Buisman e *Phytophthora cinnamomi* Rands associadas com a doença da tinta do castanheiro. Tese de Doutoramento, UTAD, Vila Real.
- Greenberger, A., A. Yogev e J. Katan. 1987. Induced suppressiveness in solarized soils. *Phytopathology* 77: 1663-1667.
- Grente, J. 1961a. La maladie de l'encre du châtaignier. I - Etiologie et biologie. *Ann. Epiphyties* 12 (1): 5-24.

- Grente, J. 1961b. La maladie de l'encre du châtaignier. II - Les agents pathogènes: *Phytophthora cambivora* et *Phytophthora cinnamomi*. *Ann. Epiphyties* 12 (1): 25-58.
- Grente, J. e S. Sauret. 1969. L'hypovirulence exclusive, phénomène original en pathologie végétale. C. R. Hebd. Séances Acad. Sci., *Ser D. Sci Nat* 268: 2347-2350.
- Grente, J. e F. Vrot. 1984. Recherche d'un moyen de lutte biologique contre la maladie de l'encre par utilisation de la symbiose mycorhizienne. In: *Congresso Internacional sobre el Castaño*, Departamento de Investigacion Forestal de Lourizan, Pontevedra, pp.185-189.
- Guerreiro, M. 1946. Melhoramento do castanheiro. Directrizes e Finalidades. *Publ. Serv. Flor. e Aquic.*, vol. XIII: 19-43.
- Guerreiro, M. 1957. Castanheiros. Alguns estudos sobre a sua ecologia e o seu melhoramento genético. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Guerreiro, M.G. e C.T. Fernandes. 1945. O castanheiro no distrito de Bragança. *Separata do Boletim da Junta Nacional das Frutas* 5 (7-8): 5-30.
- Guest, D.I. e G. Bompeix. 1990. The complex mode of action of phosphonates. *Aust. Plant Pathol.* 19:113-115.
- Halsall, D.M. 1982a. A forest soil suppressive to *Phytophthora cinnamomi* and conducive to *Phytophthora cryptogea*. I - Survival, germination and infectivity of mycelium and chlamydospores. *Australian Journal of Botany* 30 (1): 11-25.
- Halsall, D.M. 1982b. A forest soil suppressive to *Phytophthora cinnamomi* and conducive to *Phytophthora cryptogea*. II - Suppression of sporulation. *Australian Journal of Botany* 30 (1): 27-37.
- Halsall, D.M. e J.D. Williams. 1984. Effect of root temperature on the development of *Phytophthora cinnamomi* root rot in *Eucalyptus* seedlings. *Australian Journal of Botany* 32: 521-528.
- Hardham, A.R. 2005. *Phytophthora cinnamomi*. *Molecular Plant Pathology* 6: 589-604.
- Hardy, G.E. e K. Sivasithamparam. 1988. *Phytophthora* spp. associated with container-grown plants in nurseries in Western Australia. *Plant Dis.* 72: 435-437.
- Hardy, G., I. Colquhoun, B. Shearer e I. Tommerup. 2001. The impact and control of *Phytophthora cinnamomi* in native and rehabilitated forest ecosystems in Western Australia. *For. Snow Landsc. Res.* 76: 337-343.
- Heiniger, U. e D. Rigling. 1994. Biological control of chestnut blight in Europe. *Annu. Rev. Phytopathol* 32: 581-599.
- Henriques, J.A. 1884. Apontamentos para o estudo da flora transmontana. *Bol. Soc. Brot.* 3: 38-47.
- Huber, D.M. e R.W. Schneider, 1989. The description and occurrence of suppressive soils. In: *Suppressive Soils and Plant Diseases*, R. W. Schneider (ed.), APS Press, pp.1-7.
- Juarez-Palacios, C., R. Felix-Gastelum, R.J. Wakeman, E.J. Paplomatas e J.E. DeVay. 1991. Thermal sensitive of three species of *Phytophthora* and the effect of soil solarization on their survival. *Plant. Dis.* 75: 1160-1164.
- Katan, J. e J.E. DeVay. 1991. Soil solarization: historical perspectives, principles, and uses. In: *Soil Solarization*, Katan, J and E. DeVay (eds.), CRC Press, Boca Raton Ann Arbor, Boston, London, pp. 23-38.
- Katan, J., A. Greenberger, H. Alon e A. Grinstein. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-born pathogens. *Phytopathology* 66: 683-688.
- Kelley, W. D. e R.R. Kabana. 1976. Competition between *Phytophthora cinnamomi* and *Trichoderma* spp. in autoclaved soil. *Canadian Journal of Microbiology* 22 (8): 1120-1127.
- Kliejunas, J.T. e J.T. Nagata. 1979. *Phytophthora cinnamomi* in Hawaiian forest soils: Season variations in population levels. *Phytopathology* 69: 1268-1272.
- Ko, W.H. e S.S. Shiroma. 1989. Distribution of *Phytophthora cinnamomi* - suppressive soil in nature. *Journal of Phytopathology* 127: 75-80.
- Ko, W.H. e W.C. Ho. 1983. Reassessment of apparent sterol requirement for sexual reproduction in *Phytophthora*. *Ann. Phytopath. Soc. Japan.* 49: 316 - 321.
- Ko, W.H. e K.A. Nishijima. 1985. Nature of suppression of *Phytophthora capsici* in a Hawaiian soil. *Phytopathology* 75 (6): 683-685.
- Lee, B.S. e G.A. Zentmyer. 1982. Influence of calcium nitrate and ammonium sulphate on *Phytophthora* root rot of *Persea indica*. *Phytopathology* 72: 1558-1564.
- Link, M. 1803. Voyage en Portugal depuis 1797 jusqu' en 1799. Levrault, Schoell et Egie, Libraires, Paris, Vol. II.

- López, F.J. 1990. Primeros resultados de portainjertos clonales de castaño seleccionados por resistencia a *Phytophthora*. *ITEA* 86 (3): 167-177.
- Lu, S.C. e T.Y. Chuang. 1989. Nature of suppression of *Phytophthora capsici* in soils from Taiwan. *Plant Protection Bulletin* 31 (3): 225-237.
- Lyda, S.D. 1989. Physical and chemical properties of suppressive soils. In: *Suppressive soils and plant disease*, Schneider, R. W. (ed.). The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, pp. 9-21.
- MacDonald, W. L. e D. W. Fulbright. 1991. Biological control of chestnut blight: Use and limitations of transmissible hypovirulence. *Plant Disease* 75 (7): 656-661.
- Malajczuk, N. 1979. Biological suppression of *Phytophthora cinnamomi* in *Eucalyptus* and avocados in Australia. In: *Soil - Borne Plant Pathogens*, Shippers and W. Gams (eds.). Academic Press, London, pp. 635-652.
- Malajczuk, N. 1987. Microbial antagonism to *Phytophthora*. In: *Phytophthora its Biology, Taxonomy, Ecology and Pathology*. Erwin, D. C., S. Bartnicki-Garcia and P. H. Tsao (eds.), APS Press, St. Paul, MN, pp. 303-313.
- Malajczuk, N. 1988. Interaction between *Phytophthora cinnamomi* zoospores and micro - organisms on non - mycorrhizal and ectomycorrhizal roots of *Eucalyptus marginata*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 90 (3): 375-382.
- Malajczuk, N., A. . McComb e C.A. Parker. 1977. Infection by *Phytophthora cinnamomi* Rands of roots of *Eucalyptus calophylla* R. Br. and *Eucalyptus marginata* Donn. ex Sm. *Aust. J. Bot.* 25: 483-500.
- Malajczuk, N., C.L. Sanfelieu and S. Hossen. 1983. Production and survival of *Phytophthora cinnamomi* zoospores in suppressive and conducive soils. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 80 (2): 305-312.
- Marcelino, A.S. 2001. Aspectos de interacção entre *Phytophthora cinnamomi* e a doença do declínio em *Q. suber* e *Q. rotundifolia*. Tese de Doutoramento, Universidade do Algarve, Faro.
- Martins, L.M. 1994. Influência dos solos supressivos na doença da tinta do castanheiro. In: *III Congresso Florestal Nacional*, Figueira da Foz, pp. 118-129.
- Martins, L.M. e C.G. Abreu. 1997. Solos supressivos: um meio de luta cultural contra a doença da tinta do castanheiro. *Revista de Biologia* 16: 113-117.
- Martins, L.M., M.I. Lufinha, C.P. Marques e C.G. Abreu, 2001. Small format aerial photography to assess chestnut ink disease. *For. Snow Landsc. Res.* 73 (3): 357-360
- Martins, L.M. 2004. Monitorização da doença da tinta do castanheiro com fotografia aérea de pequeno formato. Tese de Doutoramento, UTAD, Vila Real, pp. 268.
- Martins, L.M., Macedo, F.W., Marques, C.P. e C.G. Abreu, 2005. Assessment of chestnut ink disease spread by geostatistical methods. *Acta Horticulturae* 693: 621-625.
- Martins, L.M., J.P. Castro, F.W. Macedo, C.P. Marques, e C.G. Abreu. 2007. Assessment of the spread of chestnut ink disease using remote sensing and geostatistical methods. *European Journal of Plant Pathology* 119:159-164.
- Meyer, M.P. 1982. Place of small-format aerial photography in resources surveys. *Journal of Forestry*, 80 (3): 15-17
- Mehrlich, F.P. 1936. Pathogenicity and variation in *Phytophthora* species causing heart rot of pineapple plants. *Phytopathology* 26: 23-43.
- Minuto, A., Q. Migheli e A. Garibaldi. 1995. Integrated control of soil-borne plant pathogens by solar heating and antagonistic microorganisms. *Acta Horticulturae* 382: 138-143.
- Milgroom, M. G. 1995. Population biology of the chestnut blight fungus, *Cryphonectria parasitica*. *Can. J. Bot.* (Suppl. 1): S311 - S319.
- Milgroom, M. G. e S. E. Lipari. 1995. Population differentiation in the chestnut blight fungus, *Cryphonectria parasitica*, in Eastern North America. *Phytopathology* 85 (2): 155-160.
- Milgroom, M. G. e Cortesi, P. 2004. Biological control of chestnut blight with hypovirulence: a critical analysis. *Ann. Rev. Phytopathol.* 42: 311-338.
- Molina-Rodriguez. 1984. Cuarenta años de investigación sobre el castaño en el Departamento Forestal de Lourizan. Comm. Congresso Internacional sobre el Castaño, Pontevedra, pp. 23-38.
- Pimentel, A.L. 1943. A luta contra a "doença da tinta" do castanheiro. *Publ. da Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas* 10 (2): 323-334.
- Pimentel, A.L. 1945. Novas observações sobre a morfologia, biologia e fisiologia de dois fungos do género *Phytophthora* de Bary, parasitas do castanheiro. *Agronomia Lusitana* 7 (4): 337-345.

- Pimentel, A.L. 1946. Notas acerca do aparecimento da "doença da tinta" do castanheiro nos viveiros dos Serviços Florestais Portugueses. *Agronomia Lusitana* 7: 303-313.
- Podger, F.D., R.F. Doepel e G.A. Zentmyer, 1965. Association of *Phytophthora cinnamomi* with a disease of *Eucalyptus marginata* forest in Western Australia. *Plant Disease Reporter*, 49: 943-947.
- Podger, F.D. 1972. *Phytophthora cinnamomi*, a cause of lethal disease in indigenous plant communities in Western Australia. *Phytopathology* 62: 972-981.
- Portela, E. e C. Abreu 1994. Utilização de correctivos orgânicos na limitação de doenças radiculares. *Anais UTAD* 5 (1): 77-89.
- Portela, E., Aranha, A., Martins, A. e A.L. Pires, 1999. Soil factors, farmer's practices and chestnut ink disease: some interactions. *Acta Horticulturae* 494: 433-441.
- Rebello, J. C. L. 2001. Estudo do ciclo de vida de *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr. em soutos da Padrela. Rel. Final de Estágio de Eng. Florestal, UTAD, Vila Real.
- Robin, C. e U. Heiniger. 2001. Chestnut blight in Europe: diversity of *Cryphonectria parasitica*, hypovirulence and biocontrol. *For. Snow Landsc. Res.* 76: 361-367.
- Robin, C., Anziani, C. e Cortesi, P. 2000. Relationship between biological control, incidence of hypovirulence, chestnut blight severity and the population structure of *Cryphonectria parasitica* in France. *Phytopathology* 90: 730-737.
- Salesses, G., L. Ronco, J.E. Chauvin e J. Chapa. 1993. Amélioration génétique du châtaignier. Mise au point de tests d'évaluation du comportement vis-à-vis de la maladie de l'encre. *L'Arboriculture Fruitière* 458: 23-31.
- Seabra, R. e M.S. Pais, 1993. Micropropagação de clones adultos de castanheiro (*Castanea sativa* Mill.) resistentes à doença da tinta. *Silva Lusitana*, 2: 169-181.
- Seabra, R. C., Simões, A. M., Baeta, J. e Pais, M.S. 2001. Evaluation of Portuguese chestnut stands by RAPDs. *For. Snow Lands. Res.* 76(3): 435-438.
- Shea, S.R. e P. Broadbent. 1987. Developments in cultural and biological control of *Phytophthora* diseases. In: *Phytophthora its Biology, Taxonomy, Ecology, and Pathology*, Erwin, D. C., S. Bartnicki-Garcia and P. H. Tsao (Eds.), APS Press, St. Paul, MN, pp. 335-350.
- Shearer, B. e R. Bailey. 1989. The fight against jarrah dieback. *Landscape* 5 (1): 38-44.
- Silva, C. 2001. Melhoramento do castanheiro. Actividades e experiência do CENASEF. In: *Castanheiros resistentes à doença da tinta produzidos no CENASEF*, DGF, Lisboa, pp. 37-52.
- Stamps, D.J., G.M. Waterhouse, F.J. Newhook e G.S. Hall, 1990. Revised tabular key to the species of *Phytophthora*. *Mycological Papers* 162, Kew.
- Stern, R.E., G.A. Zentmyer e M.R. Kaufmann. 1977. The influence of matric potential, soil texture, and soil amendment on root disease caused by *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology* 67: 1495-1500.
- Turchetti, T. e G. Maresi. 1988. Mixed inoculum for the biological control of chestnut blight. *EPPO Bull.* 18: 67-72.
- Turchetti, T. e G. Maresi. 1991. Inoculation trials with hypovirulent strains of *Cryphonectria parasitica*. *Eur. J. For. Path.* 21: 65-70.
- Turchetti, T., A. Sottovia, G. Maresi e S. Minerbi. 1992. Il cancro della corteccia del castagno in Alto Adige. *Informatore Fitopatologico* 4: 45-48.
- Valdivieso, T. e Costa, R. 2006. Polinizações controladas em *Castanea* spp. e caracterização da descendência e progenitores por microsatélites. *Silva Lusitana* 14 (1): 23-31.
- Vannini, A. e A.M. Vettrano. 2001. Ink disease in chestnuts: impact on the European chestnut. *For. Snow Landsc. Res.* 76: 345-350.
- Vettrano, A. M., G. Natili, N. Anselmi e A. Vannini, 2001. Recovery and pathogenicity of *Phytophthora* species associated with a resurgence of ink disease in *Castanea sativa* in Italy. *Plant Pathol.* 50:90-96.
- Vettrano, A.M., O. Morel, C. Perlerou, C. Robin, S. Diamandis e A. Vannini. 2005. Occurrence and distribution of *Phytophthora* species in European chestnut stands and their association with ink disease and crown decline. *European Journal of Plant Pathology*, 111: 169-180.
- Vieitez, E. 1960. Obtencion de castaños resistentes a la enfermedad de la tinta. Centro Regional de Enseñanzas, Pontevedra.
- Vieitez Cortizo, E., M. L. Vieitez Madriñán e F.J. Vieitez Madriñán. 1996. El castaño. Edilesa, León.

- Vrot, F. e J. Grente. 1985a. Recherche d'un moyen de lutte biologique contre la maladie de l'encre par utilisation de la symbiose mycorhizienne. *Eur. J. For Path.* 15 (5/6): 379-383.
- Vrot, F. e J. Grente. 1985b. Le chancre de l'écorce du châtaignier. *Phytoma - Défenses des Cultures* 211: 35-37.
- Xenopoulos, S. 1982. Severity of chestnut blight disease and the pathogenicity of the causal fungus *Endothia parasitica* in Greece. *Eur. J. For. Path.* 12: 316-326.
- Zentmyer, G.A. 1970. Tactic responses of zoospores of *Phytophthora*. In: *Root Diseases and Soil-Born Pathogens*, Tousson, T. A., R. V. Bega and P. A. Nelson (Eds.), Univ. Calif. Press, London, pp. 109-111.
- Zentmyer, G.A. 1980. *Phytophthora cinnamomi* and the diseases it causes. Monograph n° 10. The American Phytopathological Society, St Paul, Minnesota.
- Zentmyer, G.A. 1983. The world of *Phytophthora*. In: *Phytophthora its Biology, Taxonomy, Ecology, and Pathology*, Erwin, D. C., S. Bartnicki-Garcia and P. H. Tsao (eds.), APS, St. Paul, M., pp. 1-7.
- Zentmyer, G.A. 1988. Origin and distribution of four species of *Phytophthora*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 91 (3): 367-378.
- Zentmyer, G.A. e Mircetich, S. M. 1966. Saprophytism and persistence in soil by *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology* 56: 710-712.

6

Práticas culturais no souto: o manejo do solo

**Ester Portela
Afonso Martins
Ana Luísa Pires
Fernando Raimundo
Guilhermina Marques**

6 - Práticas culturais no souto: o manejo do solo

Ester Portela, Afonso Martins, Ana Luísa Pires, Fernando Raimundo e Guilhermina Marques

6.1-Os solos dos soutos de Trás-os-Montes: características e limitações

Em Trás-os-Montes o castanheiro distribui-se basicamente em duas regiões naturais, a da Padrela e a de Bragança (descritas em Agroconsultores-Coba, 1991) e vegeta sob condições edáficas muito variadas. Os soutos estão assentes em materiais litológicos diversos, desde os granitos, diferentes tipos de xistos, até aos xistos anfíbolíticos (Martins e Coutinho, 1991) e materiais quartzíticos. Os granitos estão sobretudo representados na região natural da Padrela e são maioritariamente de grão médio de tendência porfiróide de duas micas, e numa área menor surgem os granitos biotíticos com plagioclase cálcica (Ribeiro, 1998). A composição dos xistos é muito variável dependendo das formações geológicas: Pelitograuváquica (SPX), Xistos superiores (SPS), Filito-quartzítica (OFQ); formações de Macedo Cavaleiros (DMC) e de Santos e Curros (DSA); o complexo Vulcano-silicioso (SVS) (Carta Geológica 1: 200 000 folha 2 de Pereira (1992); 1:50 000 folha 7D de Pereira *et al.* (2000) e Carta Geológica 1:50 000 folha 6D de Ribeiro, 1998) e os xistos anfíbolíticos (Cotelo-Neiva, 1948). No agrupamento dos xistos dominam as seguintes rochas: quartzofilitos feldspáticos, filitos, micaxistos, xistos grafitosos (cinzentos ou negros), ampelitos, liditos, psamitos, grauvaques, siltitos, xistos verdes (clorito-sericíticos), metadiabases e xistos anfíbolíticos. Os xistos clorito-sericíticos e as metadiabases (que aparecem em SVS) e os xistos anfíbolíticos apenas se observaram em algumas manchas na região natural de Bragança. Embora ocupem pequenas áreas nas regiões da Padrela e de Bragança, há soutos cujo material originário é muito abundante em materiais siliciosos que pertencem à formação Quartzítica (SPQ). Aqui dominam os quartzitos xistóides, quartzofilitos e quartzitos.

Em resumo, os substratos que deram origem aos solos vão desde os muito ácidos (granitos de duas micas e os xistos grafitosos), até aos menos ácidos e quase neutros (metadiabases e xistos anfíbolíticos); dos muito pobres em nutrientes, tais como os materiais quartzíticos, até aos mais ricos, como os xistos anfíbolíticos (Martins e Coutinho, 1991; Portela e Pinto, 2004).

Os terrenos onde se têm instalado os soutos também variam bastante no que respeita ao suporte radicular, desde os mais profundos com o material originário abaixo de 160 cm (Martins e Coutinho, 1991) até aos solos muito delgados e pedregosos (Portela *et al.*, 1998;

Portela e Pinto, 2004). Por vezes, *Castanea sativa* vai vegetando em boas condições em solos delgados derivados de xistos pouco siliciosos, desde que estes estejam muito alterados e a orientação da xistosidade permita a penetração e expansão radicular.

As unidades-solo mais representativas das áreas de soutos em Trás-os-Montes foram descritas por Martins e Coutinho (1991), com base na observação de 77 perfis de solo. No Quadro 6.1 estão indicadas as unidades-solo dominantes e algumas condições ecológicas em que se formaram e no Quadro 6.2 algumas propriedades físico-químicas da camada superficial do perfil de solo.

Quadro 6.1 - Unidades-solo e representativas das áreas de soutos em Trás-os-Montes e respectivas características ecológicas (adaptado de Martins e Coutinho, 1991).

Nº de ordem	Unidade-solo	Altitude m	Temperatura °C	Precipitação mm
1	Cambissolos húmicos e dístricos de granitos	800-900	12,0	900-1200
2	Cambissolos húmicos de xistos	850-950	11,5	1000-1200
3	Cambissolos húmicos de xistos grafitosos	700-800	12,5	900-1000
4	Alissolos háplicos de xistos	650-800	11-12	800-1000
5	Cambissolos dístricos de xistos	650	13,0	800
6	Luvissolos crómicos de xistos anfibolíticos	750-800	11,5	1000

Quadro 6.2 - Características dos solos das unidades, referidas no quadro anterior, de áreas de soutos em Trás-os-Montes (adaptado de Martins e Coutinho, 1991).

Nº de ordem	Argila g kg ⁻¹	pH H ₂ O	P extraível mg kg ⁻¹	MO g kg ⁻¹	Bases de troca (cmol _c kg ⁻¹)			GSB (CTCef) %
					Ca	Mg	K	
1	106	4,9	49	21,3	0,82	0,17	0,17	51,4
2	148	5,3	47	39,3	0,78	0,07	0,19	40,7
3	112	4,7	53	39,5	0,54	0,18	0,38	35,2
4	131	5,2	12	19,2	0,80	0,43	0,31	57,4
5	107	5,3	13	12,3	1,10	0,60	0,49	64,9
6	105	6,3	4	14,9	2,80	1,84	0,30	97,6

MO - matéria orgânica; GSB (CTCef) - grau de saturação em bases relativo à capacidade de troca catiónica efectiva.

Com base nos dados ilustrados nestes dois quadros e ainda em resultados de outros estudos (Portela *et al.*, 1998, 2003; Portela e Pinto, 2004) procurou identificar-se algumas das limitações dos solos ao desenvolvimento de *C. sativa*:

- **Reduzida espessura efectiva de solo**, sobretudo quando a rocha é compacta, porque diminui o suporte radicular do castanheiro. Isto é, a árvore dispõe de um pequeno volume de solo para a absorção de água e de nutrientes, ficando mais vulnerável aos períodos de

secura estival. São múltiplos os casos: solos desenvolvidos a partir de granito de duas micas ou sobre os xistos muito siliciosos (formações OFQ e SPQ); solos provenientes de xistos com xistosidade pouco favorável à expansão das raízes; solos pedregosos com proporção elevada de blocos e calhaus à superfície do solo; soutos localizados em topografia convexa ou em plateau;

- Ocorrência de **desequilíbrio textural**, em solos com teores elevados de areia fina e limo (solos francos e franco-limosos), dá origem a uma estrutura com baixa estabilidade, o que propicia condições de arejamento pouco favoráveis ao castanheiro. Teores elevados de areia fina e limo são favoráveis à compactação do solo no horizonte 20-40 cm, diminuindo a expansão radicular e propiciando a formação duma crosta superficial que reduz o arejamento do solo. A formação desta crosta surge vulgarmente na base das vertentes ou nas baixas plano-côncavas, devido ao transporte e assentamento das partículas com a água de escorrência ou por simples impacto da água da chuva sobre a superfície do solo;
- **Má drenagem** que ocorre nas baixas plano-côncavas, particularmente em Invernos chuvosos. O excesso de água no solo e conseqüente falta de oxigénio têm sido associados à disseminação rápida da doença da tinta. A falta de oxigénio é prejudicial à actividade radicular tornando o castanheiro mais susceptível a infecções por patogéneos do solo;
- **Baixos teores de matéria orgânica** (<20 g kg⁻¹) têm sido associados à maior incidência da tinta do castanheiro. A matéria orgânica do solo além de promover uma maior estabilidade da estrutura e o arejamento do solo, deverá propiciar uma flora microbiana mais diversa;
- **Elevada acidez do solo** (traduzida no Quadro 6.2, pelos baixos valores do pH-H₂O e de valores do GSB < 60%) e os baixos teores de Ca e Mg de troca são limitantes ao desenvolvimento radicular do castanheiro e à nutrição das árvores.

6.2-Manejo do solo e os seus efeitos no comportamento do ecossistema

O soto, como qualquer sistema vivo, envolve um conjunto variado de factores, processos e compartimentos, e está dependente das condições climáticas, dos solos que lhe servem de suporte e da actividade humana sobre ele exercida, que no seu conjunto condicionam a sua produtividade e a sua sustentabilidade.

O clima é um factor com forte influência no comportamento deste sistema, já que dele dependem o regime térmico e hídrico, as espécies herbáceas e arbustivas do sobcoberto, as

pragas, a flora e fauna auxiliar, os patogéneos e seus competidores. Considerando que grande parte da área de ocupação de *C. sativa* se situa em zonas de clima mediterrânico, com verões quentes e secos, invernos húmidos e frios e distribuição irregular da precipitação, a ocorrência de défice hídrico mais ou menos grave na época estival, constitui uma limitação séria à produtividade do castanheiro. Este constrangimento poderá ser superado, em certos casos, se a capacidade de armazenamento de água do solo for suficiente para colmatar esse défice e satisfazer as necessidades hídricas das plantas no período de crescimento activo, ou se houver um cuidado especial na gestão da água do solo.

Em Trás-os-Montes, um dos objectivos das mobilizações é o da eliminação de infestantes que consomem água em competição com o castanheiro. Porém, esta prática tem-se revelado nefasta para o castanheiro. Assim, no período de 1996-2006 realizaram-se diversos estudos com vista à avaliação do efeito da não mobilização, com manutenção de cobertura herbácea em regime de sequeiro ou com rega, na economia de água e na produtividade dos soutos, tendo-se monitorizado vários parâmetros fisiológicos do castanheiro. Estes estudos foram conduzidos em Lamas de Podence (Macedo Cavaleiros) na região natural de Bragança. A amplitude do défice hídrico está representada na Figura 6.1.

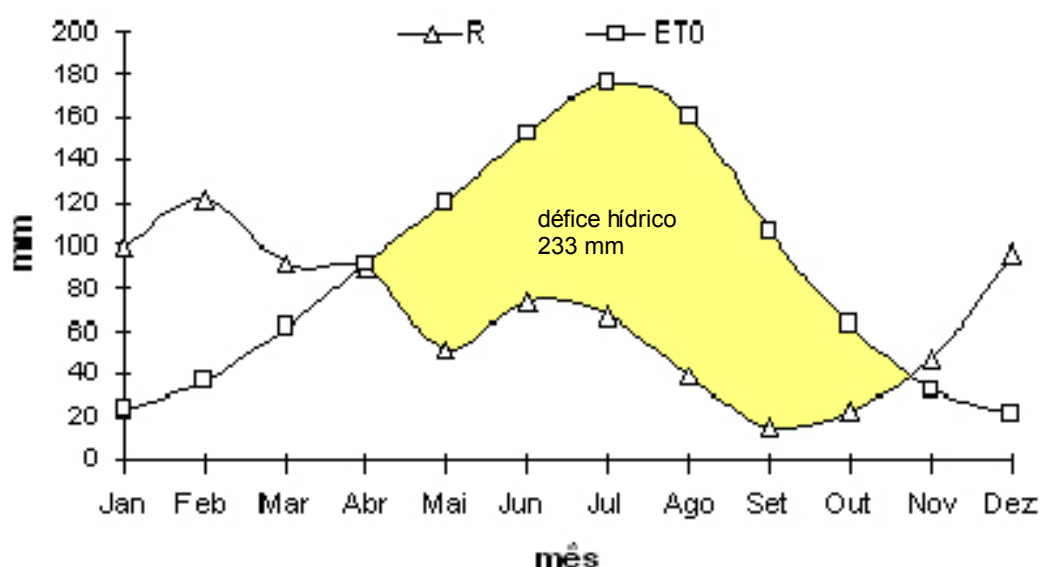


Figura 6.1- Precipitação média anual (R), evapotranspiração de referência (ET0) e défice hídrico anual para a área de Lamas de Podence em Macedo de Cavaleiros.

6.2.1-A mobilização convencional *versus* outras alternativas

A mobilização convencional

O manejo convencional do solo no sobcoberto de soutos tem assentado sobretudo na mobilização superficial, inicialmente com tracção animal e, a partir da introdução do tractor,

com tracção mecânica, utilizando essencialmente duas alfaias, o escarificador (Figura 6.2 a e b) e a grade de bicos.



Figura 6.2 - Mobilização do solo em soutos: a) aspecto geral dum souto mobilizado, onde se vê os sulcos do escarificador; b) mobilização com escarificador, cuja profundidade de mobilização atinge os 15 cm.

Esta prática tem várias motivações, estando em primeiro lugar muito ligada a uma ideia enraizada no meio rural de que manter a terra limpa é sinal de cuidado e de zelo. Tem ainda razões mais objectivas: eliminação de infestantes para reduzir a competição hídrica com as árvores; incorporação da folhada; incorporação de fertilizantes orgânicos e minerais; preparação do terreno para a colheita manual da castanha; e a ruptura da crosta superficial de partículas finas que tem tendência a formar-se após períodos marcados de humedecimento e desidratação e que reduz o arejamento do solo.

Porém, e de acordo com estudos efectuados (Portela *et al.*, 1999a; Marcelino *et al.*, 2000; Raimundo *et al.*, 2001; Raimundo, 2003), a mobilização tem vários inconvenientes para o desenvolvimento do castanheiro:

- promove a compactação do solo, devido à passagem de máquinas e alfaias, com efeitos desfavoráveis nas condições físicas do solo, nomeadamente na diminuição do volume total de poros e da porosidade de arejamento, reduzindo as trocas gasosas. A falta de arejamento fragiliza as árvores e tende a potenciar condições favoráveis à ocorrência de microrganismos patogénicos;
- propicia a formação de crosta superficial, restringindo as trocas gasosas, em solos com teores elevados de areia fina+limo e com baixa estabilidade estrutural (Figura 6.3 a);
- favorece a mineralização e conseqüente perda da matéria orgânica, a qual é acompanhada pela diminuição de biodiversidade;
- potencia a erosão, diminuindo a qualidade do solo (Figura 6.3 b);
- destrói as raízes superficiais, provocando desequilíbrios fisiológicos no castanheiro, na medida em que fragiliza as árvores, obrigando-as à reposição do seu sistema radicular, com prejuízo dos componentes aéreos, em especial dos frutos;

- dilacera as raízes facilitando a infecção e promovendo a propagação de patogêneos, nomeadamente o agente causal da doença da tinta do castanheiro;
- é desfavorável à apanha mecânica, uma prática já em uso e que deverá expandir-se num futuro próximo (Figura 6.4 a). Esta torna-se difícil em soutos lavrados, porque as pedras e as partículas de solo são aspiradas juntamente com os frutos (Figura 6.4 b);
- aumenta os custos de produção.



Figura 6.3 - Consequências da mobilização do solo em soutos: a) formação de crosta superficial que restringe o arejamento do solo; b) erosão hídrica com os impactos negativos na qualidade do solo.

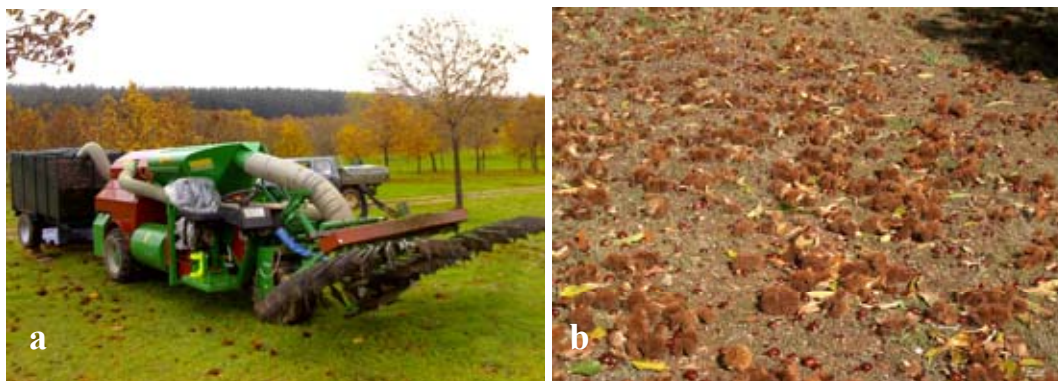


Figura 6.4 - A colheita mecânica da castanha só é viável em soutos não mobilizados e cobertos com vegetação (a), sendo difícil em soutos lavrados (b) face a inconvenientes como as pedras e terra que são aspirados juntamente com os frutos.

Outras alternativas

No sentido de minimizar os efeitos nocivos da mobilização convencional, já apontados, têm sido propostas outras alternativas: a) redução do número de mobilizações e da espessura mobilizada, no sentido de diminuir os riscos de danificação no sistema radicular e da diminuição do arejamento do solo; b) utilização de grade de discos em vez do escarificador, esperando-se menores danos no sistema radicular devido à menor espessura mobilizada (Figura 6.5 a e b); c) não mobilização com manutenção de vegetação herbácea espontânea de cobertura, controlada por pastoreio e com utilização de destroçadora para controlo da

vegetação arbustiva e fragmentação da folhada (Figura 6.6 a e b); d) idem, mas sem utilização de destroçadora e controlo de vegetação por pastoreio e corte com gadanheira; e) idem, com pastagem semeada melhorada em regime de sequeiro (Figura 6.6 c e d); f) idem, em regime de regadio.

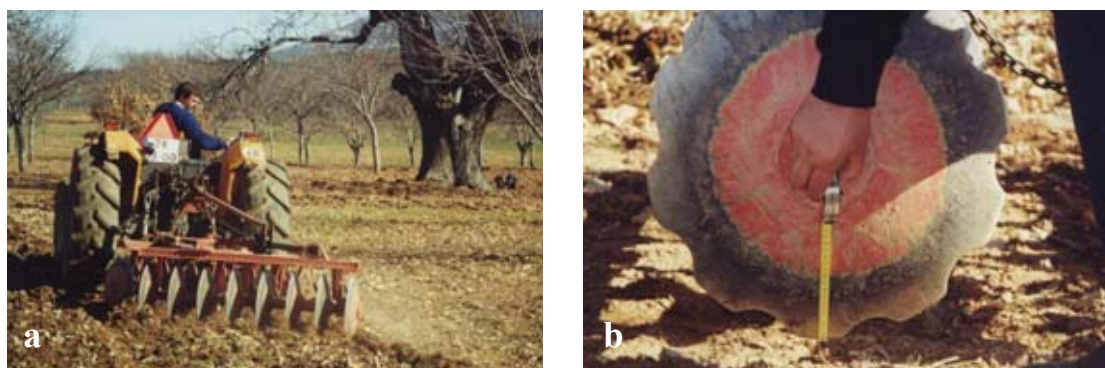


Figura 6.5 - Utilização de grade de discos na mobilização do solo de soutos (a), podendo observar-se a menor profundidade atingida pelo disco (≈ 10 cm) (b), comparada com o dente de escarificador (≈ 15 cm).



Figura 6.6 - Exemplos de práticas de não mobilização com utilização de destroçadoras (a e b) e pastagem semeada controlada por pastoreio de ovinos (c e d).

Com o objectivo de se avaliar as outras propostas em comparação com a prática convencional, instalaram-se campos experimentais em soutos adultos desde 1996, onde se testaram algumas modalidades de tratamento do solo e se efectuaram várias medições, quer das respostas das árvores, quer no solo. Os resultados incidem sobretudo no comportamento e

produtividade do sistema, nomeadamente nos efeitos sobre: i) as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; ii) o regime hídrico do solo; iv) as relações hídricas solo-árvore; e v) a produtividade do sistema, aqui traduzida pela produção de fruto e de cogumelos.

6.2.1.1-Efeitos nas propriedades físicas do solo

Quando se deixa de mobilizar o solo, a modificação mais evidente nas suas propriedades físicas é o aumento da compactação no horizonte superficial, que se traduz na redução das trocas gasosas e na taxa de infiltração da água no solo. No entanto, estas modificações tendem a diminuir com o tempo, devido ao desenvolvimento de uma porosidade biológica.

As propriedades físicas do solo foram analisadas tendo em conta as modificações causadas na massa volúmica aparente e na resistência à penetração num dos ensaios instalado em 1996, onde se avaliaram quatro modalidades de tratamento do solo: **MC**- tratamento convencional do solo, mobilizado com escarificador, duas ou três vezes, consoante as condições climáticas do ano; **GD**- mobilização reduzida, com grade de discos, efectuada duas vezes ao ano; **PS**- não mobilização com manutenção de pastagem semeada melhorada em regime de sequeiro, constituída por leguminosas e gramíneas, controlada por pastoreio e corte com gadanheira; **PN**- não mobilização com manutenção de coberto vegetal com vegetação herbácea espontânea, controlada de forma idêntica à modalidade anterior. Outras especificações da área experimental encontram-se descritas em Raimundo *et al.* (2001) e Raimundo (2003).

Os resultados obtidos ao fim de oito anos da instalação das parcelas experimentais, mostraram que a massa volúmica aparente do solo, logo após as mobilizações e na profundidade de 0-10 cm, foi significativamente superior nos tratamentos não mobilizados (PN e PS) do que na mobilização convencional. No entanto, cinco meses depois das mobilizações (amostragem de Outubro de 2003) as diferenças deixaram de ser significativas (Quadro 6.3). Na profundidade de 10-20 cm a massa volúmica aparente do solo não apresentou diferenças significativas entre os vários tratamentos em qualquer período do ano.

Quadro 6.3 - Massa volúmica aparente (g cm^{-3}) para as profundidades 0-10 cm e 10-20 cm, nos tratamentos com mobilização convencional (MC), gradagem (GD) pastagem semeada (PS) e pastagem natural (PN).

Profundidade cm	Tratamentos			
	GD	MC	PN	PS
Junho de 2003				
0-10	1,17 ab	1,10 b	1,30 a	1,33 a
10-20	1,36 a	1,28 a	1,32 a	1,42 a
Outubro de 2003				
0-10	1,23 a	1,15 a	1,32 a	1,30 a
10-20	1,37 a	1,40 a	1,34 a	1,46 a

Fonte: Raimundo *et al.* (em publicação). Letras diferentes na mesma linha apresentam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre tratamentos, pelo teste de Tukey.

Quanto à resistência à penetração os tratamentos não mobilizados apresentaram valores significativamente superior à da gradagem na camada de 0-3 cm (Figura 6.7) e estes três tratamentos apresentaram valores superiores ($p < 0,05$) em relação à mobilização convencional até 12 cm de profundidade. Os efeitos no solo da grade de discos e escarificador fizeram-se sentir até 7 cm e 15 cm de profundidade, respectivamente.

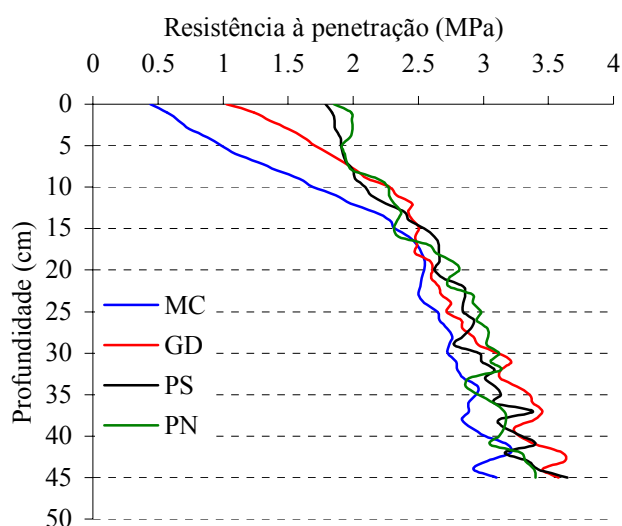


Figura 6.7 - Resistência à penetração do solo (MPa) a várias profundidades, nos tratamentos com mobilização convencional (MC), gradagem (GD), pastagem semeada (PS) e pastagem natural (PN).

Fonte: Raimundo *et al.* (em publicação).

Os valores da resistência à penetração estão, na generalidade, em correspondência com os valores da massa volúmica aparente do solo. Apesar de não se conhecer a capacidade de penetração radicular do castanheiro, se atendermos aos dados da massa volúmica aparente ($1,10$ a $1,46 \text{ g cm}^{-3}$), bem como aos correspondentes à resistência à penetração (valores próximos de $3,5 \text{ MPa}$, a 45 cm de profundidade), podemos considerar que o crescimento

radicular das árvores não terá sido grandemente afectado em qualquer das práticas utilizadas no sistema experimental descrito. Valores superiores aos aqui encontrados, por exemplo os de Pastor (1991), mostram que medições próximas de 5 Mpa, em solo não mobilizado, não limitaram o crescimento radicular nem a produção de fruto em vários olivais.

6.2.1.2-Efeitos nas propriedades químicas do solo

A interrupção das mobilizações produz mudanças importantes nas propriedades químicas do solo, dado não ocorrer revolvimento e, deste modo, não se efectuar a incorporação dos fertilizantes e resíduos orgânicos. Quando o solo não é mobilizado durante vários anos, deve esperar-se uma distribuição irregular dos nutrientes no perfil do solo, apresentando a camada superficial (0-5 cm) os mais altos teores de alguns elementos, como o P. Apesar disso, Blevins e Frye (1993) e Pastor *et al.* (2001b) referem que a maior concentração de nutrientes na superfície do solo não parece limitar de forma importante a sua absorção pela planta. Ismail *et al.* (1994) e Hendrix *et al.* (1998) referem que o aumento do conteúdo de matéria orgânica é, provavelmente, a modificação mais importante a longo prazo, quando se compara o sistema de não mobilização com o da mobilização com lavoura. Porém, vários autores (Olson *et al.*, 2005; Alvarez, 2006) não observaram diferenças significativas no teor de carbono do solo ao compararem o sistema de não mobilização com o da mobilização com escarificador.

Após oito anos de instalação do sistema experimental referido no item 6.2.1.1, não se verificaram diferenças significativas no teor de carbono entre os tratamentos testados MC, GD, PS e PN (Quadro 6.4). No entanto, os sistemas não mobilizados (PS e PN) formaram horizontes orgânicos que poderão a médio prazo aumentar o teor de matéria orgânica do solo. Os teores de P e K extraíveis, o valor do pH, a capacidade de troca catiónica efectiva, as bases de troca, a acidez de troca e o grau de saturação em bases dos horizontes minerais do solo não foram, na generalidade, influenciados pelos tratamentos. Verificou-se, somente, uma maior estratificação do P e Ca entre as duas primeiras camadas na pastagem natural (PN), isto é, maiores teores de P e Ca na camada 0-5 cm e menores teores na camada 5-10 cm relativamente aos restantes tratamentos.

Quadro 6.4 - Quantidade de C (t/ha) (média ± erro padrão, n = 12) nos horizontes minerais (0-30 cm), nos horizontes orgânicos e a respectiva soma (C total do sistema), para os vários tratamentos.

	GD	MC	PN	PS
Horizonte minerais	77,1±8,1 a	64,1±6,5 a	77,9±4,8 a	72,5±4,7 a
Horizonte orgânicos	-	-	5,2±1,0 a	4,6±0,8 a
C total do sistema	77,1±8,1 a	64,1±6,5 a	83,1±5,6 a	77,1±5,2 a

Fonte: Raimundo *et al.* (em publicação). Letras diferentes na mesma linha representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre tratamentos, pelo teste de Tukey.

Na mobilização convencional, a concentração de N mineral ($N-NH_4^+ + N-NO_3^-$) no solo (Figura 6.8) apresentou um aumento significativo nas amostragens seguintes à mobilização (19 de Maio). Esse aumento poderá dever-se, muito provavelmente, à não absorção do N do solo, devido ao corte das raízes do castanheiro e arranque das herbáceas, dado que a maior densidade de raízes finas ($\varnothing \leq 2$ mm) do castanheiro se encontrava entre 7,5 cm e 22,5 cm de profundidade (Raimundo, 2003) e a escarificação atingir uma profundidade média de 15 cm. Salienta-se que durante os três meses seguintes às mobilizações, as plantas não conseguiram absorver o N mineralizado na profundidade 0-15 cm. Estes factos levam-nos a concluir que as mobilizações com escarificador, realizadas na Primavera, são extremamente prejudiciais, dado que, para além de outros efeitos nefastos, diminuem a absorção de N numa fase em que este nutriente é muito necessário à produtividade do castanheiro.

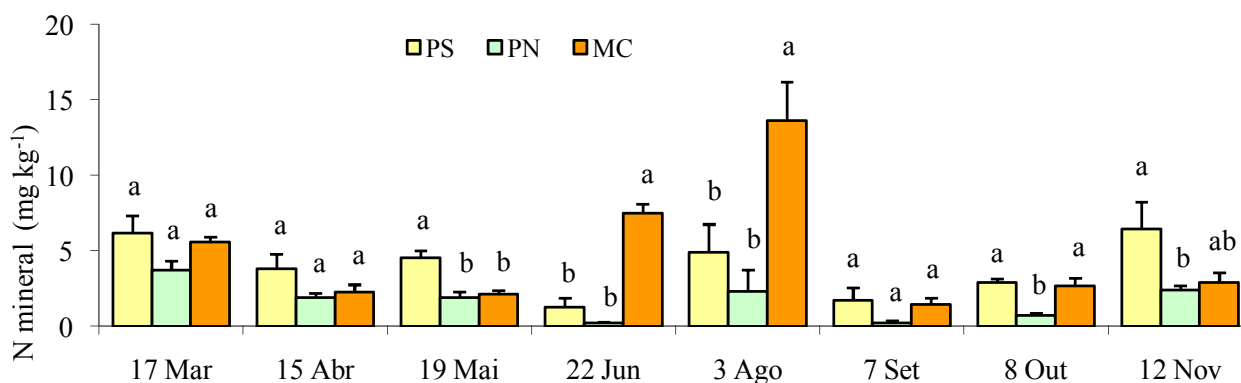


Figura 6.8 - Concentração de N ($N-NH_4^+ + N-NO_3^-$) no solo, *in situ*, determinado a 0-15 cm de profundidade, nos tratamentos mobilização convencional (MC), pastagem semeada (PS) e pastagem natural (PN). Letras diferentes na mesma data indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre tratamentos, pelo teste de Tukey. As barras representam o erro padrão.

6.2.1.3-Efeitos nas propriedades biológicas

Mineralização do azoto

A mineralização do N do solo pode não ser afectada, ou decrescer apenas ligeiramente, quando se deixa de mobilizar o solo. Porém, não é possível generalizar, uma vez que a não mobilização modifica, com mais ou menos intensidade, alguns factores ambientais, como a temperatura e a humidade do solo, afectando a taxa de mineralização do N (Fox e Bandel, 1986). No entanto, existe um consenso generalizado de que em sistemas de não mobilização de longa duração o fornecimento de N mineral às plantas será pouco afectado em relação aos solos mobilizados (Rice *et al.*, 1986; Germon *et al.*, 1991).

Ao longo de nove meses de avaliação da taxa de mineralização *in situ*, verificámos que os teores de N mineralizado ($\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$), na profundidade de 0-15 cm, para a mobilização convencional (MC), pastagem natural e pastagem semeada, foram superiores na Primavera e no Outono, quando o solo apresentava maiores teores de humidade (Figura 6.9). Depois da precipitação que ocorreu na primeira quinzena de Agosto (66 mm), verificou-se a imobilização microbiana do N do solo no tratamento MC. Esta imobilização deve-se ao elevado teor de N do solo no início de Agosto (Figura 6.8), que os microrganismos utilizaram para iniciar a decomposição dos resíduos orgânicos incorporados e das raízes mortas. Assim, podemos concluir que no tratamento MC, para a profundidade 0-15 cm, o N mineralizado acumulado depois das mobilizações (neste caso até início de Agosto) não deverá ser absorvido pelas plantas.

As quantidades acumuladas de N mineralizado no final dos nove meses de incubações *in situ* não foram significativamente diferentes entre os vários tratamentos. No entanto, na pastagem semeada (PS), manifestou-se uma tendência para ocorrerem maiores quantidades de N mineralizado em relação à pastagem natural e à mobilização convencional, que se atribuiu à maior quantidade de leguminosas presentes.

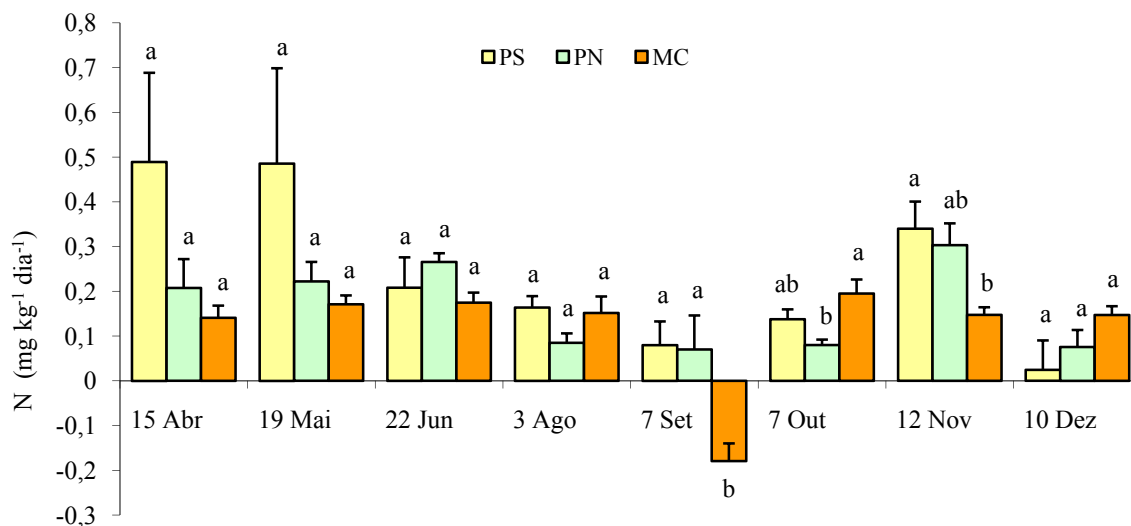


Figura 6.9 - Valores médios diários de mineralização líquida de N ($N-NH_4^+ + N-NO_3^-$) do solo *in situ* no final de cada período de incubação, determinados a 0-15 cm de profundidade, nos tratamentos mobilização convencional (MC), pastagem semeada (PS) e pastagem natural (PN). Letras diferentes na mesma data indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre tratamentos, pelo teste de Tukey. As barras representam o erro padrão.

Fungos ectomicorrízicos

A estrutura e a actividade das comunidades de fungos ectomicorrízicos (ECM) podem variar consideravelmente em resultado das práticas culturais. Estas alterações nas comunidades ECM são uma das primeiras respostas das plantas ao stress, podendo funcionar como bioindicadores do equilíbrio ecológico do ecossistema (Vogt *et al.*, 1991).

Certas práticas, como a preparação do terreno e mobilizações, correcções do pH, regas e fertilizações, com impactes no teor de nutrientes, no regime térmico e nas relações hídricas, alteram as condições ambientais para os fungos e outros microrganismos do solo (Miller e Lodge, 1997). Enquanto muitas práticas culturais favorecem as interacções benéficas na rizosfera e contribuem para uma elevada diversidade microbiana, com vantagens na produtividade e estado sanitário das plantas, outras têm um efeito bastante prejudicial, tornando o sistema mais dependente de fertilizantes e produtos fitossanitários e, frequentemente, conduzindo-o a um progressivo declínio (Marques, 2006).

A mobilização do solo, pela sua acção de corte das raízes finas na camada mais superficial, onde as ectomicorrizas desempenham um importante papel de assimilação de nutrientes, incluindo o N e P retidos na fracção orgânica, tem um impacte bastante negativo nos fungos ECM e, conseqüentemente, na nutrição da árvore. A situação é particularmente grave nas mobilizações de Primavera, quando a actividade vegetativa é mais intensa e as ectomicorrizas já desenvolveram um extenso micélio, com abundantes cordões miceliais e rizomorfos. A observação das ectomicorrizas do castanheiro, revela que é a partir do mês de

Maio que estas atingem o seu máximo desenvolvimento, o que é fundamental para as maiores exigências nutritivas da árvore e para esta resistir aos períodos mais ou menos prolongados de déficit hídrico durante o Verão. A ruptura destas redes miceliais exige que a planta invista recursos energéticos na reposição do sistema radicular e na formação de novas ectomicorrizas. Neste intervalo de tempo, que pode durar de 2 a 3 meses, a nutrição das plantas é prejudicada, como confirma a análise da assimilação de N, referida anteriormente, assim como é restringida a absorção da água do solo. A defesa exercida pelas ectomicorrizas contra os agentes patogénicos fica, igualmente, reduzida.

A ausência de mobilizações garante que se estabeleça a rede micelial que faz a interligação entre plantas e permite um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis do solo, incluindo os resíduos orgânicos que se acumulam à superfície do solo.

No último ano do estudo, fez-se a análise às comunidades ECM em cada um dos tratamentos, recolhendo-se amostras de raízes até 20 cm de profundidade. Numa grande parte das amostras, nas parcelas com mobilização convencional, para além de inúmeras raízes mortas, as micorrizas apresentavam-se delgadas e com um manto fino, com aspecto de ectendomicorrizas (Figura 6.10). A observação microscópica deste tipo de micorrizas revelou a presença de fungos endófitos, com hifas melanizadas, capazes de colonização interna das células e formação de microesclerotos em algumas espécies (Marques, 2003). Este tipo de associação é típica de plântulas lenhosas jovens e de estádios iniciais da sucessão ecológica, mas os seus benefícios para a planta não são ainda conhecidos (Jumpponen, 2001). Ectomicorrizas com mantos bem desenvolvidos, ramificadas e com abundantes cordões miceliais e rizomorfos, eram raras e apareceram apenas numa fase final das amostragens, contrariamente ao que se verificou nos restantes tratamentos (Fernandes, 2006).



Figura 6.10 – Estado do sistema radicular do castanheiro nas parcelas com mobilização convencional (MC) com reduzida percentagem de ectomicorrizas.

Na mobilização com escarificador (MC), a diversidade ectomicorrízica foi inferior à dos restantes tratamentos. Neste tratamento contabilizaram-se apenas 15 morfotipos diferentes, enquanto que se registaram 20, 22 e 27, na não mobilização (PN), pastagem semeada (PS) e

mobilização com grade de discos (GD), respectivamente. Apesar destes resultados serem baseados apenas num ano de amostragens, o estado do sistema radicular e a menor diversidade ectomicorrízica, sugerem que a mobilização com escarificador tem um efeito mais negativo nas comunidades ectomicorrízicas.

Relativamente à diversidade ectomicorrízica, o efeito das perturbações no solo é variável conforme as espécies. Enquanto algumas espécies podem desaparecer, devido a exigências ambientais incompatíveis com essas perturbações, outras são favorecidas por apresentarem maior tolerância e capacidade de adaptação a essas condições (Perry *et al.*, 1992). Por exemplo, neste estudo, a mobilização menos intensiva, com grade de discos, não prejudicou a diversidade ectomicorrízica e, aparentemente, até favoreceu a associação com algumas espécies de fungos pioneiros, que terão aproveitado a perturbação do solo para colonizar as novas raízes que se formaram em resposta à mobilização. Foi o caso de espécies dos géneros *Hebeloma* e *Laccaria* que ocorreram com abundância nas parcelas mobilizadas (MC e GD), para além de outras espécies que não foi possível identificar pelas análises moleculares (Fernandes, 2006). Apesar dos efeitos variáveis na diversidade ectomicorrízica, as mobilizações do solo que provoquem rupturas sistemáticas no sistema radicular e na rede micelial têm impactes negativos a nível sanitário e da nutrição, que devem ser aprofundados noutros estudos.

As práticas culturais reflectem-se igualmente na produtividade e diversidade de carpóforos. Num estudo ainda em curso (*item 6.2.1.4*), onde se avaliam as condições mais favoráveis à ocorrência de espécies comestíveis, na perspectiva do seu aproveitamento, comparam-se igualmente diferentes sistemas de manejo do solo. No povoamento foram inventariadas espécies de grande valor económico associadas ao castanheiro, nomeadamente *Boletus edulis*, *Boletus pinophilus*, *Boletus aereus* e *Cantharellus cibarius*. Em parcelas regadas (PR) registou-se a ocorrência de espécies comestíveis (*B. edulis* e *B. aereus*) com a antecedência de 3 semanas, comparativamente aos restantes tratamentos. A partir de meados de Outubro, o efeito da rega deixou de se fazer sentir, iniciando-se a frutificação de espécies comestíveis nas parcelas com pastagem (PS e PN).

As espécies de interesse económico ocorreram essencialmente nas parcelas não submetidas a mobilização. A excepção foi *Boletus pinophilus* que ocorreu também nas parcelas com mobilização convencional, embora em quantidade reduzida. No Quadro 6.5 apresentam-se as produtividades das principais espécies comestíveis para a primeira época de amostragem. Estes valores são apenas indicativos, uma vez que, devido à influência das condições ambientais na frutificação dos fungos, é necessário prosseguir as amostragens, em várias épocas de frutificação, para a obtenção de estimativas mais rigorosas.

Quadro 6.5 - Produtividade em peso fresco (kg/ha) das principais espécies de interesse económico. Os tratamentos são: mobilização convencional (MC), pastagem natural (PN), pastagem regada (PR) e pastagem semeada (PS).

Espécie	MC	PN	PR	PS
<i>Boletus edulis</i>	-	2,1	110,8	4,2
<i>Boletus aereus</i>	-	18,0	22,1	67,0
<i>Boletus pinophilus</i>	14,4	5,5	11,4	-
<i>Cantharellus cibarius</i>	-	-	2,1	-
Total	14,4	25,6	146,4	71,2

Fonte: Pires (em publicação).

No Quadro 6.5 pode observar-se o efeito positivo da rega no aumento da produtividade dos carpóforos, o que de algum modo é esperado, atendendo à importância da humidade do solo no desenvolvimento e frutificação dos fungos. Estes resultados também evidenciam a clara redução na produtividade e diversidade de espécies comestíveis em resultado da mobilização. Verifica-se o mesmo quando se considera a diversidade e a produtividade micológica total das parcelas, independentemente do valor económico. Assim, constatou-se que todas as espécies que ocorreram nas parcelas mobilizadas surgiram, igualmente, nos restantes tratamentos. No entanto, o recíproco não se verificou, revelando sensibilidade dos fungos à mobilização (Pires, em publicação). Esta sensibilidade é avaliada apenas pela redução na frutificação das espécies, o que é um indicador dos efeitos da mobilização nas comunidades de fungos no solo. Todavia, a sensibilidade dos fungos à mobilização deverá ser confirmada pela observação directa das ectomicorrizas nestas parcelas.

6.2.1.4-Efeitos no regime hídrico do solo e nas relações hídricas solo-planta

Regime hídrico do solo

Para observação dos efeitos das práticas culturais no regime hídrico do solo e nas relações hídricas solo-planta, tiveram-se em conta os resultados obtidos num outro ensaio instalado em 2001, também num soto adulto, em que se adoptaram as seguintes modalidades: **MC**- tratamento convencional do solo, mobilizado com escarificador, duas ou três vezes, consoante as condições climáticas do ano; **PN**- não mobilização com manutenção de coberto com vegetação herbácea espontânea, controlada por pastoreio e corte com gadanheira; **PS**- não mobilização com manutenção de pastagem semeada melhorada em

regime de sequeiro, controlada de forma idêntica à modalidade anterior; **PR**- idem, em regime de regadio.

Atendendo a que uma das razões mais invocadas para as mobilizações superficiais tem em vista a conservação da água, foram medidos os valores de humidade na camada de 0-30 cm e na profundidade 75 cm.

No ano de 2004, os valores médios de humidade obtidos nos três tratamentos (MC, PN e PS) na camada de 0-30 cm (Quadro 6.6), a qual se considera representativa da humidade do solo na época estival, permitem afirmar que:

- embora nem sempre existam diferenças significativas, o tratamento PN (não mobilizado com cobertura de vegetação espontânea) mostra valores quase sempre mais elevados;
- o tratamento PS (não mobilizado e com cobertura de pastagem semeada de sequeiro) mostra os valores mais baixos de humidade até final de Julho, evidenciando nesse período a possibilidade de competição das espécies herbáceas com as árvores;
- as parcelas (MC) mostram valores de humidade idênticos ou mais baixos que as não mobilizadas (PN), o que questiona a utilidade da mobilização quanto ao seu efeito na conservação da água do solo nas camadas 0-30 cm;
- após a chuva (27 Agosto), as parcelas com vegetação mostram maior teor de água que as parcelas mobilizadas, manifestando o efeito benéfico da vegetação e do horizonte orgânico, formado nessas condições, na permeabilidade para a água e na diminuição da evaporação.

Quadro 6.6 - Valores de humidade do solo (% em volume) nas camadas 0-30 cm, no Verão de 2004, para os três tratamentos.

Tratamentos	Datas de medição					
	Jun 14	Jul 02	Jul 21	Ago 20	Ago 27	Set 09
MC	12,6 ab	10,4 a	10,5 a	20,5 a	11,9 b	10,5 a
PN	13,8 a	10,5 a	10,9 a	19,6 a	15,1 a	12,1 a
PS	10,6 b	8,5 b	9,9 a	20,5 a	13,0 b	10,8 a

Letras diferentes para a mesma data indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre tratamentos.

Como seria de esperar, observaram-se baixos teores de humidade na camada superficial em boa parte da época estival. Já o comportamento hídrico de camadas mais profundas é bem diferente. Na Figura 6.11 são comparados os teores de humidade de ambas as camadas com a humidade obtida à pressão de 1,5 MPa (correspondente ao designado coeficiente de emurchecimento), respectivamente a 10,0% e 11,5%, para as camadas de 0-30 cm e 75 cm, como representado nas linhas horizontais.

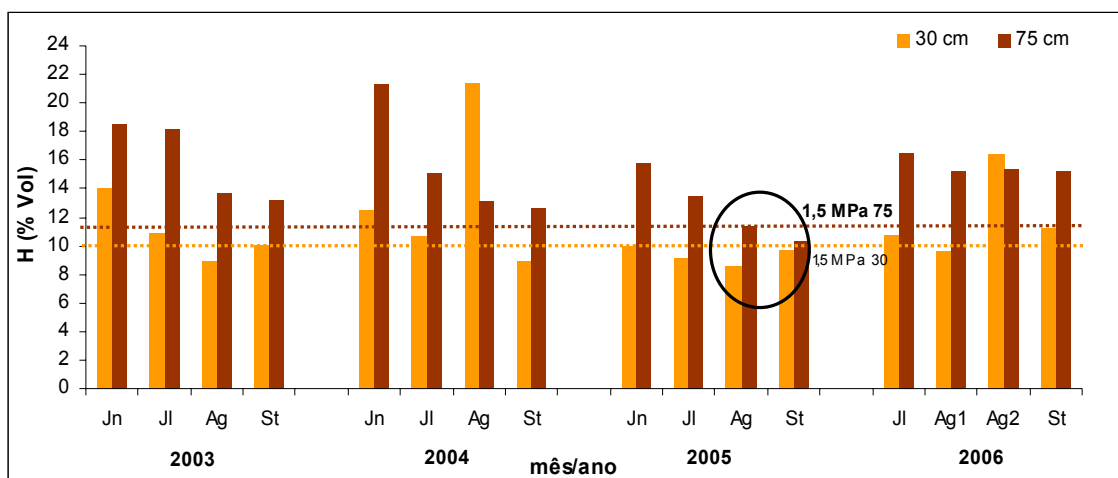


Figura 6.11 - Valores médios de umidade do solo nas camadas de 0-30 cm e 75 cm, comparados com os valores de umidade a 1,5 Mpa (coeficiente de emurchecimento) para ambas as camadas, nos meses de Junho a Setembro.

Os resultados obtidos e aqui ilustrados mostram que:

- em plena época estival e na ausência de chuva, as camadas superficiais apresentam um valor de umidade inferior ao coeficiente de emurchecimento, ou muito próximo dele. Assim, o fornecimento de água ao castanheiro dependerá das camadas profundas, onde o teor de água se situa quase sempre e até ao final da época estival, acima daquele valor de referência;
- o ano de 2005 foi o mais seco, com valores de umidade a partir de Julho, abaixo do coeficiente de emurchecimento, em ambas as camadas;
- durante o período noturno as camadas profundas desempenham um papel fundamental no fornecimento de água e na recarga hídrica das árvores.

Potencial hídrico foliar de base

O valor do potencial hídrico foliar de base (Ψ_w) é geralmente aceite como um dos melhores indicadores do estado hídrico da planta e da sua relação com o estado da água no solo. Não havendo transpiração nessa situação, o Ψ_w pode assumir-se como representando o potencial de água no solo na zona radicular (Améglio *et al.*, 1999), o que justificou a escolha deste parâmetro para avaliar as relações hídricas solo-árvore. Na Figura 6.12 apresentam-se os resultados do potencial hídrico foliar de base nas diferentes datas de medição.

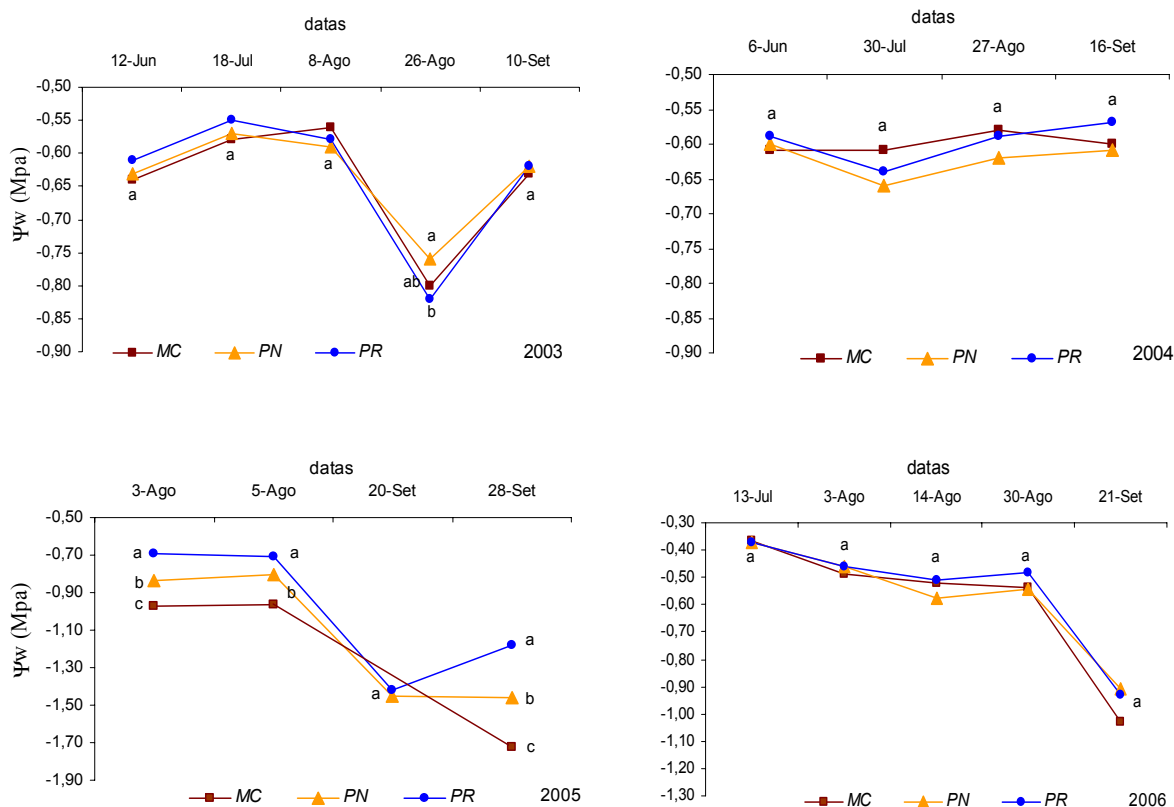


Figura 6.12 - Potencial hídrico foliar de base (Ψ_w) no período estival e nos anos 2003 a 2006 para os tratamentos MC, PN e PR (n=12).

Os resultados relativos aos tratamentos MC, PN e PR permitem concluir que:

- nos anos de 2003, 2004 e 2006, e independentemente do tratamento, os valores de Ψ_w situaram-se, em geral, acima de -0,65 Mpa, até ao mês de Setembro e mantêm-se próximos dos valores observados no início da época estival, mostrando assim a possibilidade das árvores recuperarem o seu nível hídrico durante a noite. Em regra, existirá água disponível no solo para satisfazer as necessidades das plantas em qualquer dos tratamentos;
- em 2005, um ano anormalmente seco, os valores desceram a partir do início de Agosto para valores inferiores a -1,0 MPa, com diferenças significativas entre tratamentos, revelando-se o tratamento com escarificação como o mais desfavorável;
- não se observa efeito da rega na recuperação hídrica das árvores, o que reforça a afirmação anterior de que a recarga hídrica das árvores está muito dependente da existência de água nas camadas profundas em situações climáticas normais, e portanto estará pouco dependente da mobilização do solo à superfície.

Taxa de fotossíntese

A taxa de fotossíntese foi também monitorizada para se determinar o efeito dos tratamentos na resposta das árvores. Os resultados estão apresentados na Figura 6.13 para três dias padrão, após a rega nos tratamentos PR (não mobilização com pastagem regada) e PS (não mobilização com pastagem de sequeiro), no período estival dos anos 2003, 2005 e 2006. Conforme ilustrado, somente em 2003 foram encontradas diferenças significativas entre estes dois tratamentos, com valores mais elevados no tratamento com rega.

Em ambos os casos ocorre um decréscimo acentuado da taxa de fotossíntese após as 9 ou 11 horas, com o aumento da temperatura da atmosfera. Os valores mais elevados da taxa de fotossíntese foram de 8,5 a 9 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para temperaturas da ordem dos 25 °C a 30 °C (2003 e 2006), e decrescem para 6-7 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ quando a temperatura sobe acima dos 30 °C (2003 e 2006). Em 2005, mesmo para temperaturas da ordem dos 25 °C, os valores foram consideravelmente mais baixos, o que se atribui ao elevado déficit hídrico estival desse ano. Os resultados mostram que, independentemente da rega, a fotossíntese decresce abruptamente quando a temperatura do ar ultrapassa valores da ordem dos 30 °C, o que corrobora as observações feitas anteriormente por Gomes-Laranjo *et al.* (2005, 2006) e salienta o papel preponderante da temperatura na limitação da taxa fotossintética de *C. sativa*, mesmo na presença de condições hídricas favoráveis.

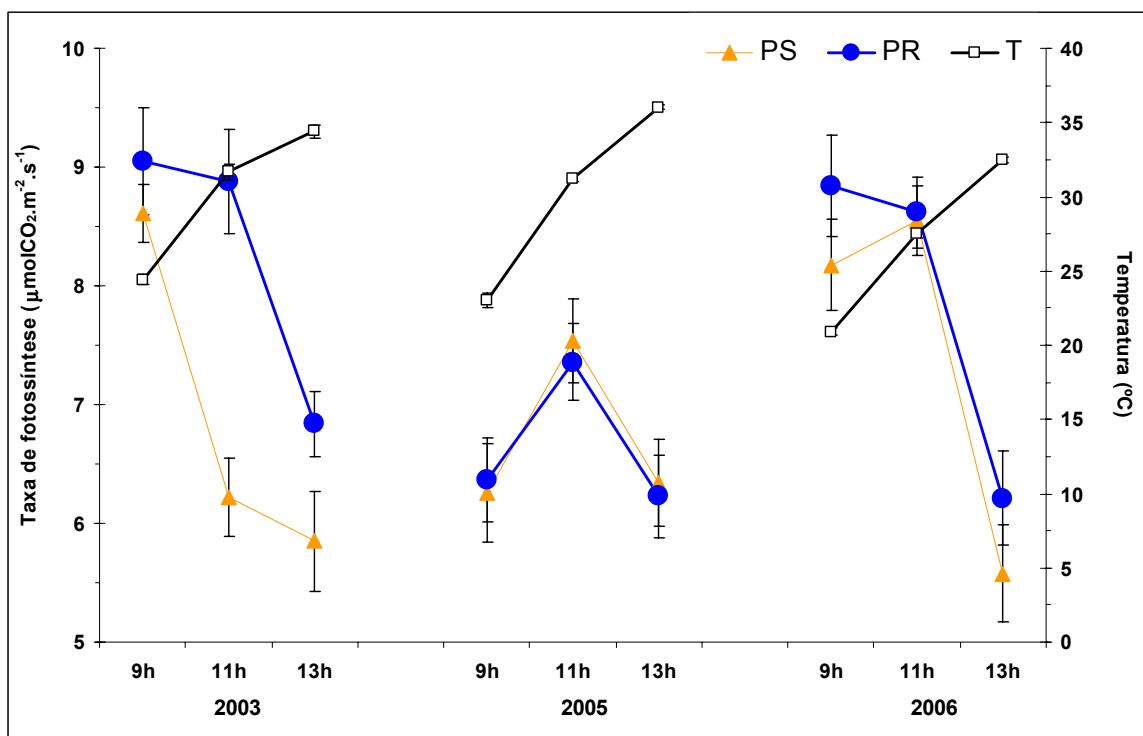


Figura 6.13 - Valores diários médios da taxa fotossintética (9, 11 e 13 horas) nos tratamentos PR e PS e temperatura da atmosfera em 2003, 2005 e 2006 correspondentes a três dias padrão do período estival (n=36).

6.2.2-O manejo do solo e a produção de fruto

Atendendo a que a resposta das árvores aos vários tratamentos deverá manifestar-se na produção de fruto, que consiste afinal no principal objectivo dos produtores, fez-se a quantificação da produção nos campos experimentais já referidos e apresentam-se os resultados para os anos 1999 a 2004 (Figura 6.14) no ensaio mais antigo (item 6.2.1.1) e para os anos 2003 a 2006 (item 6.2.1.4) no ensaio mais recente (Figura 6.15).

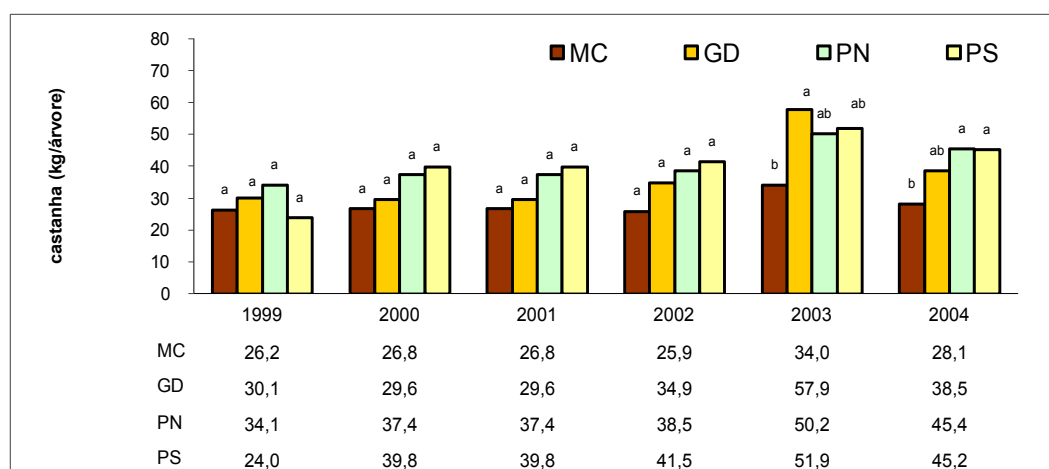


Figura 6.14 - Valores médios da produção de castanha (peso fresco) nos tratamentos com mobilização convencional (MC), gradagem (GD), pastagem semeada (PS) e pastagem natural (PN), no período 1999 a 2004.

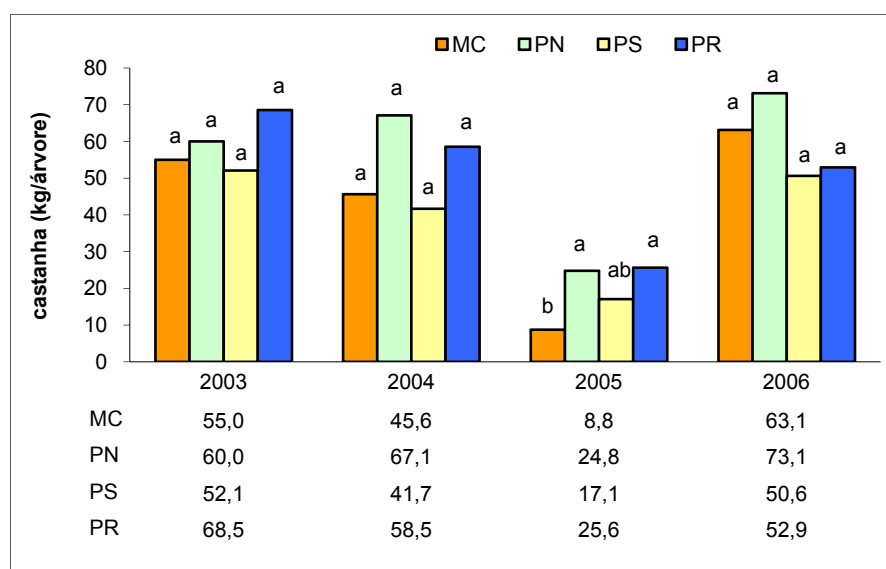


Figura 6.15 - Produção de castanha (peso fresco) nos tratamentos MC, PN, PS e PR, nos anos 2003 a 2006.

Os resultados obtidos sugerem que:

- a mobilização convencional com escarificador (MC) apresenta nos dois ensaios produções sempre mais baixas que a não mobilização com vegetação espontânea (PN). Em alguns anos (2004 e 2005) as diferenças foram significativas;

- a mobilização mais ligeira, com grade de discos (GD), mostra sempre produções mais elevadas que a mobilização convencional (MC). Admite-se que terá havido uma maior dilaceração do sistema radicular quando se utilizou o escarificador, o que aliás, está de acordo com a profundidade atingida por cada uma das alfaias;
- a cobertura com pastagem semeada (PS) mostra no novo ensaio produções mais baixas que a cobertura com vegetação espontânea (PN), o que se atribui à concorrência hídrica entre as árvores e a pastagem. Este raciocínio está em concordância com os teores de humidade medidos e com a maior produção de biomassa da vegetação herbácea verificada no tratamento PS;
- o ano de 2005 apresenta as produções mais baixas reflectindo condições de défice hídrico estival mais graves;
- a rega não evidenciou vantagens relativamente aos tratamentos sem rega, nomeadamente no tratamento com cobertura de vegetação herbácea espontânea (PN), mesmo no Verão mais seco de 2005. Esta observação está em consonância com os estudos anteriores, questionando a utilidade da rega em árvores adultas.

6.2.3-Conclusões e recomendações

Face aos resultados obtidos e aos parâmetros considerados no comportamento do souto, faz-se a seguinte síntese conclusiva e indicam-se um conjunto de recomendações quanto aos efeitos das diferentes formas de manejo do solo no sobcoberto:

- a mobilização convencional com escarificador mostra-se ineficiente na conservação da água no solo e no seu fornecimento às árvores. Além disso, destrói as raízes superficiais, com prejuízo para as folhas, frutos e raízes mais profundas. Devido ao mesmo efeito, esta prática não permite a absorção dos nutrientes disponíveis na camada superficial do solo no período de vários meses depois das mobilizações, levando a menores teores de N nas folhas das árvores em relação aos outros tratamentos. Este tipo de mobilização, também se revelou prejudicial à população de fungos ectomicorrízicos e às espécies de interesse económico de cogumelos comestíveis. Assim, os efeitos cumulativos mostraram reflexos negativos na funcionalidade e na produtividade do souto quando submetido a esta prática;
- a opção pelas práticas de não mobilização do solo com vegetação herbácea espontânea, de pastagem semeada plurianual de sequeiro e de mobilização com grade de discos, levaram a um aumento da resistência à penetração e da massa volúmica aparente do solo na camada superficial relativamente ao sistema de mobilização com escarificador. Todavia, as diferenças

verificadas não comprometem o bom desenvolvimento do castanheiro. A não mobilização leva à formação de camadas orgânicas na superfície do solo onde os nutrientes ficam imobilizados durante vários anos, mas não se observaram diferenças na disponibilidade de nutrientes nas camadas minerais do solo. Nesta opção, a utilização de destroçadoras da folhada parece ser uma prática recomendável, pelo efeito benéfico na decomposição de ouriços e pelo controlo da vegetação herbácea e arbustiva. Ainda nesta opção, recomenda-se o corte da vegetação no final da Primavera. Quando se utiliza uma pastagem melhorada, é aconselhável a selecção de espécies de ciclo curto porque permite diminuir os riscos de competição hídrica com as árvores;

- a utilização de grade de discos, embora tenha reflexos positivos na produção, e na população de micorrizas, por causar menores danos no sistema radicular, revelou-se uma alfaia pouco eficaz nos efeitos pretendidos. De facto, há dificuldades de operação em grande parte dos solos, devidas quer à pedregosidade, quer à fraca estabilidade da estrutura do solo;

- no que respeita ao regime hídrico do solo, o fornecimento de água ao castanheiro depende muito de camadas profundas e é independente do tratamento à superfície. Esta constatação sugere a necessidade de haver uma boa preparação do solo aquando da instalação do souto, para garantir o enraizamento em profundidade;

- quanto à rega, verificou-se que a sua utilização em árvores adultas, nos quatro anos de observações, não proporcionou vantagens na produção de fruto. Apenas teve um efeito positivo na produção de espécies de cogumelos comestíveis;

- a temperatura do ar, independentemente do tratamento do solo e da existência de água, mostrou ser um parâmetro limitante à vegetação de *C. sativa*, podendo comprometer a sua viabilidade em algumas áreas, num cenário de aumento generalizado da temperatura da atmosfera.

6.3-Gestão da fertilidade do solo

O souto tem sido percepcionado como um sistema agro-florestal, onde a fertilidade do solo foi sendo mantida através duma elevada reciclagem de nutrientes. Porém, desde 1980, tem vindo progressivamente a intensificar-se a produção de fruto através de práticas culturais mais intensivas, o que aproxima cada vez mais os soutos dos pomares. As práticas culturais com vista ao aumento da produção de castanha, nomeadamente as mobilizações do solo, as fertilizações, as podas, os tratamentos fitossanitários e a rega, afectam, naturalmente, o balanço de nutrientes do souto (isto é, as entradas e as saídas de nutrientes e a sua reciclagem).

Os estudos realizados até à data, em Trás-os-Montes, com vista à determinação do balanço de nutrientes, ou seja a contabilização de entradas e saídas de nutrientes dos soutos, são um ponto de partida para avaliar a tendência geral da evolução da fertilidade do solo e, assim, determinar a necessidade de se reporem alguns dos nutrientes através da fertilização. Até ao momento, não existe informação relativa a ensaios consistentes de fertilização do castanheiro com base em análises do solo e/ou de plantas. Todavia, sabe-se que as saídas constantes de nutrientes, através da castanha e da lenha de poda pode levar ao empobrecimento do solo, tornando-se imperativo restaurar a sua fertilidade através da fertilização. Em regra, as entradas de nutrientes provenientes da precipitação e da meteorização são baixas, e as reservas de nutrientes dos solos rapidamente se esgotam. Assim, a monitorização do estado nutritivo dos soutos, através da análise foliar e da análise do solo, é essencial ao diagnóstico do estado de nutrição das árvores e do estado de fertilidade dos solos.

6.3.1-Balanço de nutrientes

Considera-se que os nutrientes restituídos ao solo (folhas, ouriços, inflorescências e raminhos), pela lavagem de copas e escorrimento do troco, e os translocados nos órgãos perenes das árvores correspondem aproximadamente à quantidade necessária para reposição da folhagem e formação da biomassa perene. Nos estudos efectuados até ao momento sobre o balanço de nutrientes, em soutos adultos (Pires e Portela, 1993, 2005, Portela e Pires, 1994), contabilizaram-se como saídas a lixiviação de nutrientes e as exportações devidas à castanha e remoção da lenha de poda. Como entradas consideraram-se as devidas à fertilização e precipitação. A meteorização do material originário do solo, que constitui outra fonte de nutrientes para o castanheiro, não foi contabilizada, porque não se dispunha de dados quantitativamente seguros. Assim, na ausência de informação baseada no balanço completo de nutrientes, o conhecimento das entradas e saídas consideradas podem servir de suporte à elaboração de recomendações de fertilização mais racionais. Tendo isto presente, nos itens seguintes apresentam-se alguns dados disponíveis relativos a soutos de Trás-os-Montes.

6.3.1.1-Entradas e saídas de nutrientes através da precipitação

No Quadro 6.7 apresentam-se os valores médios das entradas de nutrientes provenientes da precipitação bruta, obtidos através da monitorização efectuada em dois locais de Trás-os-Montes situados nas regiões naturais da Padrela (freguesia de Carrazedo de Montenegro) e de

Bragança (freguesia de Lamas de Podence). Estas entradas provenientes da precipitação são baixas, não sendo, todavia, muito diferentes das obtidas noutras locais não poluídos, nomeadamente em Portugal (Coelho *et al.*, 1999). As entradas de P são mesmo muito reduzidas e os valores mais altos registados, os do S, não atingem os 8 kg/ha. As dos micronutrientes são ainda mais baixas, reduzindo-se a pouco mais de uma centena de gramas por hectare.

Quadro 6.7 – Precipitação média e entrada de nutrientes através da chuva em dois locais de Trás-os-Montes: médias de 9 anos (1992-2001) em Carrizado de Montenegro e 7 anos (1994-2001) em Lamas de Podence.

	Chuva	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu
	mm	kg/ha						g/ha			
C. Montenegro	1152	1,52	0,30	2,71	6,28	1,54	7,88	94	74	106	23
L. de Podence	1020	1,27	0,18	4,36	4,48	1,21	7,74	59	152	176	18
Média ponderada		1,41	0,25	3,44	5,49	1,40	7,82	79	108	137	21

Após a chuva atravessar as copas dos castanheiros e as camadas de solo (até cerca de 40-70 cm de profundidade), seria de esperar que os solutos resultantes da lixiviação viessem enriquecidos em vários nutrientes. Porém, não é isso que acontece (Quadro 6.8). Com excepção do K, as saídas de nutrientes através da água de drenagem são mais baixas que as entradas através da precipitação, tendo alguns dos nutrientes sido retidos nas copas ou no solo.

Quadro 6.8 - Saída de nutrientes (média de dois sotos) através da água de lixiviação, monitorizada durante 6 anos (1991-97) em Carrizado de Montenegro.

	Água de lixiviação	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu
	mm	kg/ha						g/ha			
C. Montenegro	116	0,45	0,32	6,34	4,56	1,36	4,28	v	v	v	v

v – vestígios.

Apesar da mobilização do solo e da fertilização a que foram submetidos estes sotos, a magnitude das perdas por lixiviação não difere de valores indicados por outros investigadores em ecossistemas não perturbados (Binkley, 1986; Pritchett e Fisher, 1987; Attiwill, 1995). É de salientar que a perda de N foi invulgarmente baixa. Por exemplo, numa revisão efectuada por Cole e Rapp (1981), os autores indicam perdas médias de N na ordem dos 4,3 kg/ha por ano em diversos ecossistemas florestais, alguns dos quais sujeitos a adubação azotada.

A pequena quantidade de N lixiviada e a sua provável retenção nas copas e no solo sugere que este nutriente poderá estar a condicionar a produtividade dos castanheiros nestes soutos.

A maior perda de K e o correspondente enriquecimento dos solutos não é surpreendente, já que este nutriente é muito lixiviado pelas folhas e a rocha-mãe é rica em minerais micáceos que libertam facilmente o K para a solução do solo (Portela, 1993; Portela e Pires, 1995). A estreita relação entre a composição química dos lixiviados e a rocha-mãe tem sido, de facto, constatada por outros autores (Waring e Schlesinger, 1985; Hornung, 1990).

Quanto aos micronutrientes, estes apenas surgem em concentrações vestigiais nos solutos de drenagem e, por isso, não foi possível a sua quantificação.

Em resumo, poderá afirmar-se que relativamente ao balanço externo, isto é, a diferença entre as entradas e as saídas devidas à precipitação, ele é praticamente nulo. No caso do estudo presente, o balanço negativo do K poderá ser largamente compensado pela meteorização dos minerais micáceos da rocha-mãe. Aliás, os solos provenientes de micaxistos e filitos podem garantir, em grande parte, o fornecimento do K ao castanheiro.

6.3.1.2-Exportação de nutrientes através da saída de castanha e da lenha da poda

A castanha e a lenha de poda são os principais responsáveis pela saída de nutrientes dos soutos. No Quadro 6.9 dá-se indicação do valor médio da concentração de nutrientes na matéria seca do miolo, das cascas (interna e externa) e do fruto inteiro. Estes valores tiveram como base dados recolhidos durante 10 anos (1991-2000) em sete soutos de Trás-os-Montes, distribuídos por duas regiões naturais, Padrela (Carrazedo de Montenegro e São João de Corveira) e Bragança (Candedo e Lamas de Podence) e plantados com as variedades Judia, Lada e Longal. Os teores de nutrientes no fruto inteiro foram calculados com base na proporção do miolo e das cascas na matéria seca do fruto inteiro de 105 amostras.

O miolo da castanha tem concentrações elevadas de N e K (Quadro 6.9), sendo um dos componentes da folhada com maiores concentrações nestes nutrientes (Pires e Portela, 1993; 1997), enquanto que o teor de P é médio e os de Ca, Mg e S são baixos. Considerando que a proporção de miolo representa em média 72,3%, os teores destes nutrientes no fruto inteiro encontram-se na mesma ordem relativa.

Quadro 6.9 - Concentração de nutrientes (valor médio \pm desvio padrão) na matéria seca do miolo, das cascas e do fruto inteiro.

Nutrientes	Miolo	Cascas	Fruto inteiro*
N, g kg ⁻¹	11,5 \pm 2,3	4,5 \pm 0,7	9,6 \pm 1,9
P, g kg ⁻¹	1,9 \pm 0,3	0,5 \pm 0,2	1,5 \pm 0,3
K, g kg ⁻¹	10,8 \pm 2,4	2,3 \pm 0,6	8,4 \pm 1,9
Ca, g kg ⁻¹	0,4 \pm 0,2	3,0 \pm 0,7	1,1 \pm 0,3
Mg, g kg ⁻¹	0,6 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1
S, g kg ⁻¹	0,7 \pm 0,3	0,4 \pm 0,3	0,6 \pm 0,3
Fe, mg kg ⁻¹	39 \pm 18	52 \pm 30	43 \pm 21
Mn, mg kg ⁻¹	63 \pm 36	291 \pm 120	126 \pm 59
Zn, mg kg ⁻¹	16 \pm 5	14 \pm 3	15 \pm 4
Cu, mg kg ⁻¹	10 \pm 6	7 \pm 6	9 \pm 6

*- o miolo constitui 72,3% da matéria seca do fruto inteiro.

Ferreira-Cardoso (2002) indica para Trás-os-Montes, num conjunto de 14 variedades, teores mais elevados de K no miolo (12 g kg⁻¹). Porém, o autor reconhece que apesar de haver variações entre variedades, estas têm menor influência na concentração de nutrientes no miolo da castanha, do que as características edafo-climáticas ou as práticas culturais. Por exemplo, nas regiões da Padrela e de Bragança há variações notórias nas práticas de fertilização (Portela e Pinto, 2004). Enquanto na Padrela os soutos são regularmente estrumados e/ou adubados com N-P-K, em Bragança a fertilização é menos sistemática. Acrescente-se que a natureza do material originário dos solos é, também, bastante diverso quanto à sua capacidade de fornecimento de K (Portela, 1993). Práticas culturais menos intensivas, podem, em contrapartida, originar concentrações de N e K bem mais reduzidas, como acontece em castiçais. Com efeito, Brio *et al.* (1998), para castanhas recolhidas em castiçais, referem valores inferiores de N (6,5 g kg⁻¹) e muito inferiores de K (5,2 g kg⁻¹). Em relação aos micronutrientes, Ferreira-Cardoso (2002) e Brio *et al.* (1998) referem concentrações semelhantes às obtidas no estudo vertente.

Tendo em conta a concentração de nutrientes no fruto inteiro, é possível contabilizar a quantidade exportada do souto por cada tonelada de castanha, desde que conhecida a matéria seca da castanha. Considerando os dados de 10 anos para as cultivares referidas, calculou-se um valor médio da matéria seca do fruto inteiro em cerca de 50%.

No Quadro 6.10 estão indicadas as quantidades de nutrientes extraídas por cada tonelada de castanha referentes à matéria seca e ao peso fresco de castanha.

Quadro 6.10 - Quantidade de nutrientes exportados por tonelada de castanha.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu
	kg/t					g/t				
Matéria seca	10	1,5	9	1,1	0,7	0,6	43	126	15	9
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₃	Fe	Mn	Zn	Cu
Peso fresco	5	1,7	5	0,8	0,6	0,8	22	63	8	5

Dados os teores elevados da castanha em N e K, as exportações anuais destes nutrientes podem ser relativamente altas, dependendo, como é óbvio, da produção obtida.

Nos sete soutos estudados (castanheiros adultos com 30-60 anos) a produção média por árvore foi 45 ± 30 kg de castanha (peso fresco), o que reportado ao ha (média de 80 castanheiros) corresponde a $3,6 \pm 2,4$ t de peso fresco. Este valor é semelhante aos obtidos por Marques (1988), Bento *et al.* (1989) e Portela e Portela (1996). Assim, tendo em conta a produção média em Trás-os-Montes de 3,6 t/ha a quantidade de macronutrientes exportada por hectare é cerca de: 18 kg de N e de K₂O, 6 kg de P₂O₅, 3 kg de CaO e SO₃ e 2 kg de MgO.

As podas efectuadas nos castanheiros podem, igualmente, ser responsáveis pela saída de quantidades consideráveis de nutrientes, uma vez que é prática corrente (Portela e Portela, 1996), a remoção do souto de todo o material podado, para ser utilizado como combustível (Figuras 6.16 a e b).



Figura 6.16 - a) Lenha de poda num souto de Lamas de Podence; b) Toda a lenha foi retirada do souto.

No período de 1991-2000 recolheram-se dados de 13 podas efectuadas em sete soutos adultos (80 castanheiros por hectare e idade média 47 anos). No Quadro 6.11 estão indicadas as concentrações de macronutrientes nos diversos componentes da biomassa podada e no Quadro 6.12 a concentração de micronutrientes. Nestes quadros, também estão indicadas as quantidades de nutrientes existentes numa tonelada de matéria seca, que foram calculadas com base na proporção dos diversos componentes da biomassa podada indicada no

Quadro 6.13. Dentre as 13 podas estudadas, sete realizaram-se na Primavera-Verão e as restantes no Inverno. Considerou-se que todo o material podado foi retirado do souto.

Quadro 6.11 - Concentração (valor médio \pm desvio padrão) de macronutrientes na matéria seca da biomassa podada e exportação por tonelada.

Componente	N	P	K	Ca	Mg	S
g kg⁻¹						
Folhas ¹	14,0 \pm 4,2	2,0 \pm 0,6	8,0 \pm 4,3	4,8 \pm 1,5	1,8 \pm 0,5	1,1 \pm 0,2
Ouriços ²	8,0 \pm 1,3	1,1 \pm 0,3	8,3 \pm 1,6	3,2 \pm 0,6	1,1 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1
Inflorescências ³	6,2	0,9	8,7	3,3	1,6	0,7
Casca de ramos com						
$\varnothing < 1$ cm ⁴	7,2 \pm 1,8	0,7 \pm 0,3	3,4 \pm 1,3	10,7 \pm 1,8	1,4 \pm 0,1	0,3 \pm 0,2
$\varnothing 1 - 3$ cm ⁵	6,1 \pm 0,8	0,6 \pm 0,2	3,7 \pm 1,0	11,6 \pm 2,9	1,3 \pm 0,3	0,4 \pm 0,2
$\varnothing 3 - 5$ cm ⁵	5,4 \pm 0,7	0,6 \pm 0,1	4,0 \pm 0,9	14,1 \pm 1,7	1,5 \pm 0,1	0,4 \pm 0,2
$\varnothing 5 - 7$ cm ⁵	4,7 \pm 0,8	0,5 \pm 0,1	3,9 \pm 1,0	12,2 \pm 1,7	1,2 \pm 0,2	0,3 \pm 0,1
$\varnothing > 7$ cm ⁵	4,1 \pm 0,9	0,5 \pm 0,1	4,0 \pm 1,1	15,1 \pm 1,3	1,4 \pm 0,2	0,5 \pm 0,3
Madeira de ramos com						
$\varnothing < 1$ cm ⁵	4,6 \pm 2,2	0,8 \pm 0,3	2,6 \pm 0,8	2,5 \pm 2,0	0,7 \pm 0,2	0,3 \pm 0,2
$\varnothing 1 - 3$ cm ⁵	2,3 \pm 0,5	0,4 \pm 0,1	2,3 \pm 0,4	1,3 \pm 1,0	0,6 \pm 0,1	0,4 \pm 0,3
$\varnothing 3 - 5$ cm ⁵	1,7 \pm 0,3	0,3 \pm 0,1	1,1 \pm 0,3	1,2 \pm 0,6	0,5 \pm 0,1	0,4 \pm 0,3
$\varnothing 5 - 7$ cm ⁵	1,4 \pm 0,4	0,4 \pm 0,2	0,7 \pm 0,2	0,8 \pm 0,5	0,3 \pm 0,0	0,5 \pm 0,2
$\varnothing > 7$ cm ⁵	1,2 \pm 0,3	0,3 \pm 0,1	0,5 \pm 0,2	0,6 \pm 0,3	0,2 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1
kg/t						
Exportação de nutrientes	3,6\pm0,8	0,6\pm0,1	2,3\pm0,7	4,6\pm0,7	0,7\pm0,2	0,4\pm0,2

Análises efectuadas em: 1- quatro soutos; 2- dois soutos; 3- um souto; 4- quatro soutos; 5- oito soutos.

Em geral, as folhas são o componente com maiores concentrações de N, P, K, Mg, S, Fe, Mn e Cu, enquanto que a casca dos ramos apresenta os teores mais elevados de Ca e Zn. Repare-se que o Ca, juntamente com o K, Fe e Zn, tendem a aumentar na casca com o diâmetro dos ramos. Na madeira as concentrações dos nutrientes diminuem tendencialmente com o aumento do diâmetro dos ramos, com excepção do S, enquanto que na casca este padrão apenas se observa de forma clara com o N. Dada a diferente concentração de nutrientes nos vários componentes do material podado, a quantidade de nutrientes exportados dos soutos depende não só da intensidade e periodicidade das podas, mas também da época do ano em que ela ocorre. Tendo em conta que as folhas apresentam concentrações elevadas de nutrientes, as podas realizadas no período vegetativo podem dar origem a saídas mais elevadas de nutrientes, do que as realizadas no período de repouso vegetativo.

Quadro 6.12 - Concentração de micronutrientes (valor médio \pm desvio padrão) na matéria seca da biomassa podada e exportação por tonelada.

Componente	Fe	Mn	Zn	Cu
	mg kg^{-1}			
Folhas ¹	141	935	26	13,8
Casca de ramos com				
$\varnothing < 1 \text{ cm}^2$	82 \pm 36	636 \pm 258	54 \pm 26	5,5 \pm 2,1
$\varnothing 1 - 3 \text{ cm}^3$	110 \pm 48	591 \pm 228	66 \pm 28	4,1 \pm 1,2
$\varnothing 3 - 5 \text{ cm}^3$	130 \pm 52	622 \pm 287	87 \pm 57	3,6 \pm 1,4
$\varnothing 5 - 7 \text{ cm}^3$	134 \pm 61	666 \pm 507	80 \pm 45	3,3 \pm 1,3
$\varnothing > 7 \text{ cm}^3$	144 \pm 44	504 \pm 305	85 \pm 49	3,5 \pm 0,7
Madeira de ramos com				
$\varnothing < 1 \text{ cm}^2$	41 \pm 27	110 \pm 55	12,9 \pm 5,2	3,1 \pm 1,1
$\varnothing 1 - 3 \text{ cm}^3$	25 \pm 17	90 \pm 70	7,4 \pm 4,1	1,7 \pm 0,7
$\varnothing 3 - 5 \text{ cm}^3$	22 \pm 18	72 \pm 55	6,7 \pm 3,3	1,3 \pm 0,5
$\varnothing 5 - 7 \text{ cm}^3$	23 \pm 17	55 \pm 46	5,3 \pm 3,0	1,3 \pm 0,7
$\varnothing > 7 \text{ cm}^3$	30 \pm 24	65 \pm 29	3,4 \pm 1,8	1,5 \pm 1,1
	g/t			
Exportação de nutrientes	54\pm26	237\pm104	23\pm12	2,9\pm0,3

Análises efectuadas em: 1- um souto; 2- quatro soutos; 3- cinco soutos.

Quadro 6.13 - Contributo dos componentes da biomassa podada (matéria seca) para o total da poda.

Folhas	Inflorescências	Ouriços	Ramos, %				
%	%	%	$\varnothing < 1 \text{ cm}$	$\varnothing 1-3 \text{ cm}$	$\varnothing 3-5 \text{ cm}$	$\varnothing 5-7 \text{ cm}$	$\varnothing > 7 \text{ cm}$
3,9	0,1	0,9	21,4	19,8	12,6	9,7	31,6

No conjunto dos casos estudados a quantidade de matéria seca removida por hectare variou entre 0,6 t a 10 t, sendo em média de 3,8 t (\pm 3,0 t). A intensidade das podas está naturalmente relacionada com a sua periodicidade. Nos casos observados ela foi irregular, mas em geral cada castanheiro foi podado em intervalos de 2-5 anos. É de salientar que os agricultores que realizam as podas mais amiúde dão preferência aos ramos de menores diâmetros (Portela e Pinto, 2004), tendendo a deixar no souto todo o material podado. Todavia, numa poda mais severa, em que se retiraram 10 t por hectare (correspondente a cerca de 150 kg de matéria seca por árvore), as quantidades de nutrientes removidas do souto são bastante elevadas. Assim, considerando a remoção de 10 toneladas de lenha (e os teores referidos nos Quadros 6.11 e 6.12), verifica-se que os nutrientes exportados em maior quantidade foram o Ca (CaO - 64 kg) o N (36 kg) e o K (K₂O - 28 kg) e em menores quantidades o P (P₂O₅ - 14 kg, o Mg (MgO - 12 kg) e o S (SO₃ - 10 kg). O Mn é o micronutriente que atinge maiores concentrações nos diversos componentes da biomassa

conduzindo à exportação de 2,4 kg de Mn, enquanto que a saída dos restantes micronutrientes (Fe, Zn e Cu) é bem mais reduzida, cerca de 500 g ou inferior.

A remoção de certos componentes do material podado pode dar origem a saídas muito expressivas de nutrientes. Assim, o contributo dos cerca de 5% das folhas, das inflorescências e dos ouriços para o total da biomassa removida, representa uma exportação de 30% dos macronutrientes, com excepção do Ca que representa apenas 10%. Se àquele material se juntar os raminhos ($\varnothing < 1$ cm), isto é, 21% do material podado (Quadro 6.13), o total exportado representa 40% do Ca e 50% dos restantes macronutrientes. Assim, se pelo menos este material for deixado no solo a exportação de nutrientes poderá ser minimizada.

6.3.2-Reciclagem de nutrientes no souto

6.3.2.1-Produção de folhada, devolução e exportação de nutrientes

A produção de folhada e a sua deposição permitem que haja apenas um retorno parcial de nutrientes ao solo, na medida em que a castanha é exportada do souto. Quer os nutrientes devolvidos ao solo, através dos diversos componentes da folhada (folhas, ouriços, inflorescências e raminhos), quer os nutrientes exportados através da castanha, são afectados pelas fertilizações, podas, práticas de mobilização do solo e estado fitossanitário dos soutos.

Efeito das mobilizações, da fertilização e da poda

Enquanto que a poda aumenta geralmente a produção de fruto e/ou o seu calibre (Araki e Nakaoka, 1982; Araki *et al.*, 1988), a fertilização pode ou não ter efeito no aumento da produção de inflorescências e frutos (Binkley, 1986; Pritchett e Fisher, 1987).

Em Trás-os-Montes, num estudo efectuado na região da Padrela de 1992 a 1996, em dois soutos adultos adjacentes submetidos a diferentes níveis de intensificação cultural (Pires e Portela, 2005), verificou-se que um maneio mais intensivo através de mobilizações, poda e fertilização, conduziu a uma maior produção de folhada e de castanha. O acréscimo da produção de castanha foi o mais notório: 3690 kg vs. 1860 kg de peso fresco por hectare. As pequenas quantidades de nutrientes veiculadas pelos fertilizantes aplicados (25 kg N, 17 kg P, 24 kg K, 38 kg Ca, 6 kg Mg e 8 kg S), juntamente com a acrescida produção de folhada, compensaram a maior exportação de nutrientes resultante do aumento da produção de castanha e da remoção do material podado. Todavia, um dos efeitos observados no solo no final deste estudo, foi a diminuição do teor de matéria orgânica do solo, que se admite ser

consequência do manejo mais intensivo. Esse decréscimo foi significativo ($p < 0,05$) quando comparado com o outro soto com manejo moderado (Portela e Pires, 1999; Ribeiro, 2004). A intensificação do manejo, por via das quatro mobilizações anuais e das podas severas, poderá ter propiciado o aparecimento da doença da tinta, dado que este soto entrou em declínio a partir de 1997. Em consequência, todas as árvores foram arrancadas no início de 1999.

Num outro estudo realizado na mesma zona, monitorizou-se um soto adulto entre 1992 a 1999, com vista à determinação do balanço de nutrientes. A mudança de proprietário em 1996 levou a uma intensificação do manejo deste soto através da poda e da fertilização. Esta intensificação conduziu ao aumento da produção total de folhada (incluindo a castanha), que subiu de 4,0 para 4,9 t/ha (Quadro 6.14). O acréscimo deveu-se essencialmente a uma maior produção de folhas, ouriços e castanhas. Tal como esperado, a produção de folhas diminuiu no ano em que o soto foi podado (1996/1997) mas em 1998/1999 já era maior do que no ano anterior à poda (1995/1996): 2,6 t/ha vs. 3,0 t/ha (Quadro 6.14). O aumento acentuado da produção de folhas três anos após a poda também tem sido observado para *Castanea crenata* (Araki *et al.*, 1988). No presente estudo a produção de castanha aumentou de 1992/96 para 1996/99, de 0,9 para 1,6 t/ha de matéria seca (Quadro 6.14). O acréscimo foi óbvio logo no segundo ano após a mudança de manejo. Dado que a quantidade de inflorescências foi semelhante antes e depois de se intensificar o manejo, a maior produção de castanha pode estar relacionada com um aumento do calibre do fruto, o que usualmente ocorre após a poda e fertilização, e/ou com o possível efeito que a fertilização terá no decréscimo de frutos abortados (Araki and Nakaoka, 1982; Pritchett and Fisher, 1987; Araki *et al.*, 1988).

Quadro 6.14. Produção anual de matéria seca (kg/ha) antes (1992/1996) e depois (1996/1999) do soto ser submetido a fertilização e poda, e produção anual após alteração das práticas culturais.

Componente	Média 1992/1996	1996/1997	1997/1998	1998/1999	Média 1996/1999
Folhas	2285,0 a	2053,5	2283,3	3018,2	2451,7 a
Inflorescências	190,0 a	155,2	84,2	207,6	149,0 a
Ouriços	627,1 a	645,6	567,8	1073,3	762,2 b
Castanhas	929,8 a	971,3	1511,4	2245,4	1576,0 b
Total	4031,9	3825,6	4446,7	6544,5	4938,9

Entre 1992/1996 e 1996/1999, médias na linha seguidas da mesma letra não são diferentes ($p < 0,05$).

A entrada de nutrientes através da fertilização (20 kg de N, 22 kg de P, 30 kg de K, 33 kg de Ca, 9 kg de Mg e 8 kg de S), o acréscimo verificado na produção de folhas e a sua maior concentração de nutrientes, conduziram a uma entrada significativa de nutrientes no

solo, que foi suficiente para compensar a exportação de nutrientes através da castanha e do material podado (Quadro 6.15).

Quadro 6.15. Quantidades médias anuais de nutrientes (kg/ha) devolvidas ao solo pela folhada e exportadas pela castanha, antes (1992/1996) e depois (1996/99) da fertilização e da poda.

	N		P		K		Ca		Mg		S	
	92/96	96/99	92/96	96/99	92/96	96/99	92/96	96/99	92/96	96/99	92/96	96/99
Devolução												
Folhas	15,9	18,8	3,2	4,4	11,5	14,0	14,7	18,9	5,4	6,1	1,6	1,4
Outros	4,5	5,8	0,6	1,0	7,1	7,4	3,1	3,2	1,3	1,4	0,4	0,4
Total	20,4	24,6	3,8	5,4	18,6	21,4	17,8	22,1	6,7	7,5	2,0	1,8
Exportação												
Fruto	10,3	15,0	1,5	2,5	8,9	14,5	0,8	1,5	0,7	0,7	0,9	0,9
Poda	-	14,2	-	2,2	-	9,9	-	10,5	-	2,1	-	0,8
Total	10,3	29,2	1,5	4,7	8,9	24,4	0,8	12,0	0,7	2,8	0,9	1,7

Outros – inflorescências+ouríços+raminhos+musgo/líquenes.

As mobilizações efectuadas nos soutos são, em geral, consideradas pelos produtores como tendo efeitos benéficos sobre a produção de castanha e restantes componentes da folhada, principalmente porque eliminam as infestantes que competem com os castanheiros para a água e nutrientes. Aumentam também a velocidade de infiltração da água no solo e o arejamento do solo, o que favorece não só a actividade e crescimento das raízes, mas também a mineralização do húmus, podendo aumentar assim a quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas (McColl e Powers, 1984; Muñoz-Cobo, 1987; Savill *et al.*, 1997). Há, contudo, autores que propõem, aquando da instalação culturas lenhosas, a cobertura do solo com vegetação herbácea natural ou semeada, o que contribui para a redução de perdas de solo por erosão, para a melhoria da infiltração da água e do arejamento do solo e para a redução da compactação devido ao menor trânsito de máquinas (Lipecki e Berbecé, 1997; Pastor *et al.*, 2001a; de la Rosa *et al.*, 2005). No entanto, alguns destes autores referem que no caso do olival, podem ocorrer perdas de produção se o controle da vegetação herbácea não for devidamente cuidado.

Num souto localizado em Lamas de Podence (item 6.2.1.1), ao estudar-se o efeito de várias formas de preparação do solo (mobilização convencional com escarificador, mobilização com grade de discos e não mobilização com vegetação herbácea espontânea) na produtividade do castanheiro, verificou-se que a menor produção anual de folhada e de castanha foi obtida com a mobilização convencional (três escarificações anuais), enquanto que a maior produção foi registada com a não mobilização (Quadro 6.16). Admite-se que

estes resultados ficaram a dever-se ao facto das raízes serem bastante danificadas com o escarificador, cuja profundidade de mobilização é cerca de 15 cm.

Quadro 6.16 – Produção média anual de folhada (matéria seca) obtida com a mobilização convencional (MC), gradagem (GD) e não mobilização (PN), no período de 1996/1999, e seu contributo para o total da folhada.

	MC	GD	PN	MC	GD	PN
	g m ⁻² de AC			%		
Folhas	276,8 a	318,1 a	354,0 a	32,5	37,4	36,1
Inflorescências	74,1 a	56,0 a	62,0 a	8,7	6,6	6,3
Ouriços	271,9 a	241,2 a	274,0 a	31,9	28,4	28,0
Castanha	223,4 a	230,0 a	286,1 a	26,2	27,1	29,2
Raminhos	4,9*	3,7*	3,6*	0,6	0,4	0,4
Musgo/líquenes	0,5*	0,5*	0,3*	0,1	0,1	0,0
Total	851,6	849,5	980,0	100,0	100,0	100,0

Em cada linha, as médias seguidas da mesma letra não são significativamente diferentes ($P < 0,05$); * não foi efectuado tratamento estatístico dado não existirem repetições suficientes. AC – área de projecção da copa.

Como a planta precisa de despende energia para regenerar o sistema radicular, ficará com menor quantidade disponível para produção de outros componentes da biomassa (Raimundo *et al.*, 2001). A quantidade de castanha produzida com a mobilização convencional foi mesmo menor que a obtida com a grade de discos (mobilização duas vezes ao ano), o que se atribui, igualmente, ao facto da gradagem danificar muito menos as raízes das árvores, uma vez que a mobilização do solo atinge uma profundidade menor (cerca de 7 cm).

O facto da não mobilização do solo com vegetação herbácea espontânea não ter reduzido a produção de castanha, mas sim diminuir os custos de produção, é motivo encorajador para os agricultores buscarem alternativas à mobilização convencional do solo. Além disso, porque evita a dilaceração das raízes do castanheiro pelas máquinas, reduz a possibilidade do sistema radicular ser invadido por patógenos, nomeadamente, pelo agente causal da doença da tinta.

A devolução de nutrientes ao solo pela folhada foi, em geral, menor com a mobilização convencional (Quadro 6.17), o que está relacionado, não só com a menor quantidade de folhada produzida por hectare, mas também com a menor concentração de nutrientes nos vários componentes, principalmente nas folhas, já que estas são as que mais contribuem para o total da folhada (Quadro 6.16).

Quadro 6.17 - Quantidade média anual (kg/ha), de macronutrientes devolvida ao solo pela folhada e exportada pela castanha na mobilização convencional (MC), gradagem (GD) e não mobilização (PN), no período de 1996/1999.

Nutrientes	MC		GD		PN	
	Folhada	Castanha	Folhada	Castanha	Folhada	Castanha
N	22,7	7,9	31,5	11,6	27,8	11,4
P	4,6	1,4	6,8	2,1	5,6	1,9
K	26,0	9,0	36,4	13,0	28,3	12,7
Ca	18,5	1,2	29,8	2,0	24,1	1,7
Mg	4,2	0,4	8,0	1,2	6,8	1,0
S	1,6	0,6	2,6	0,9	1,8	0,9

Folhada – folhas, inflorescências, ouriços, raminhos, musgos/líquenes.

As diferentes formas de mobilização do solo não tiveram influência na concentração relativa de nutrientes nos diversos componentes da folhada. Assim, em todos os tratamentos, as inflorescências apresentaram as maiores concentrações de N, K e S e as folhas as maiores de P, Ca e Mg. Os ouriços têm as menores concentrações de N, P e S, as folhas as menores de K e as castanhas as menores de Ca e Mg. Resultados semelhantes foram referidos por Pires e Portela (1997).

Efeito da doença da tinta

Um estudo realizado nas regiões da Padrela e de Bragança, entre 1994 e 1997, em três pares de soutos adjacentes (três saudáveis e três afectados pela doença da tinta), revelou que nos soutos doentes havia uma acentuada redução na produção de folhada (Pires *et al.*, 1999). Em média, nos soutos saudáveis a produção de folhada foi de 7,1 t/ha enquanto que nos soutos afectados pela tinta foi somente de 2,5 t/ha (Quadro 6.18).

Em relação aos principais componentes da folhada, a produção de castanha foi a mais afectada, sendo o seu decréscimo de 75%. Seguiram-se os ouriços, as inflorescências e as folhas com decréscimos médios de 72, 66 e 49%, respectivamente. O contributo de cada componente para o total da folhada também foi diferente. Assim, nos soutos saudáveis as castanhas foram o principal componente da folhada (38%), enquanto que nos soutos doentes foram as folhas, contribuindo para 51% do total. Estes resultados mostram que são os órgãos reprodutivos os mais afectados quando os castanheiros são atingidos pela tinta.

Quadro 6.18 - Produção média anual de folhada (matéria seca) em soutos saudáveis (NA) e afectados (A) pela doença da tinta e contributo de cada componente para o seu total (1994/1997).

Componente	NA*		A ⁺	
	kg/ha		%	
Folhas	2315,9	1176,0	33,5	50,5
Inflorescências	610,2	205,4	7,9	8,5
Ouriços	1471,2	409,8	20,1	14,9
Castanhas	2614,1	650,9	37,9	25,7
Raminhos	45,7	9,1	0,5	0,4
Musgo/líquenes	7,7	2,5	0,2	0,1
Total	7064,8	2453,7	100,0	100,0

* Grau de infecção <1,0; ⁺ grau de infecção >2, conforme as classes de estrago definidas por Cadahia *et al.* (1991).

Nos soutos doentes a menor produção de folhas, de inflorescências e de ouriços, aliada à sua menor concentração em macronutrientes (PO-Chestnut, 1994; Portela *et al.*, 1998), fazem com que a devolução de nutrientes ao solo seja muito menor nestes soutos que nos saudáveis (Quadro 6.19).

Quadro 6.19 - Quantidades médias anuais (kg/ha) de nutrientes devolvidas ao solo pela folhada e exportadas pela castanha em soutos saudáveis (NA) e afectados (A) pela doença de tinta (1994/1997).

	N		P		K		Ca		Mg		S	
	NA*	A ⁺	NA*	A ⁺	NA*	A ⁺	NA*	A ⁺	NA*	A ⁺	NA*	A ⁺
Devolução												
Folhas	18,8	8,9	3,0	1,4	9,6	6,2	23,1	10,3	5,2	2,1	1,6	0,7
Outros ¹	14,7	4,4	1,8	0,5	12,7	3,9	10,2	1,3	2,7	0,5	1,0	0,2
Total	33,5	13,4	4,8	1,9	22,3	10,1	33,3	11,6	7,9	2,6	2,6	0,9
Exportação												
Fruto	25,0	6,0	3,7	0,9	21,0	4,6	3,7	1,0	1,8	0,4	1,7	0,3

* Grau de infecção <1,0; ⁺ grau de infecção >2, conforme as classes de estrago de Cadahia *et al.* (1991); 1- inflorescências+ouriços+raminhos+musgos/líquenes.

6.3.2.2-Ritmo de decomposição da folhada

As folhas e ouriços representam mais de 90% da folhada que fica no solo sendo, por isso, importante avaliar o seu ritmo de decomposição e subsequente libertação de nutrientes. Para além de factores edáficos e climáticos, a velocidade de decomposição varia, entre outros factores, com a incorporação ou não da folhada por via das mobilizações. Num estudo (já referido em 6.2.1.1) que decorreu num sistema experimental em Lamas de Podence (região de Bragança), verificou-se que a decomposição das folhas e ouriços incorporados no solo foi bastante mais rápida do que permanecendo à sua superfície (Figura 6.17). Os ouriços com

relação C/N mais elevada (Quadro 6.20) decomuseram-se e libertaram os nutrientes mais lentamente do que as folhas, quando em semelhante posicionamento no solo. A meia-vida das folhas e ouriços (tempo necessário para a massa diminuir até 50% do valor inicial) em decomposição na superfície do solo foi de 1,4 e 2,7 anos, respectivamente. Quando incorporadas no solo, a meia-vida das folhas foi de 0,73 do ano e a dos ouriços foi de 1,0 ano.

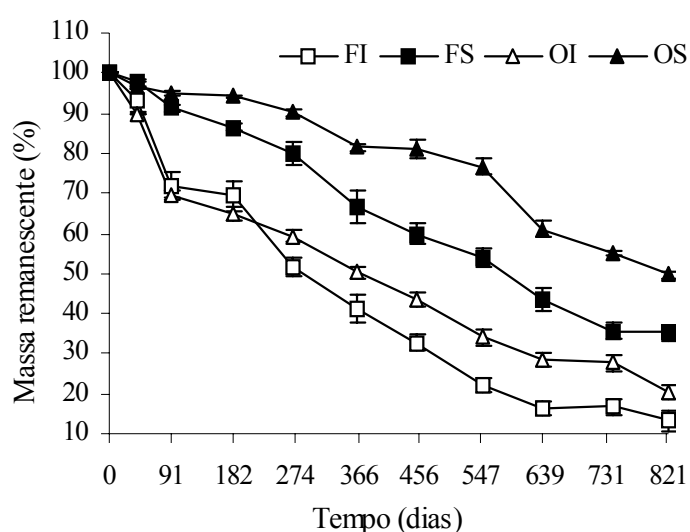


Figura 6.17- Evolução da massa remanescente das folhas colocadas na superfície do solo (FS) ou nele incorporadas (FI) e dos ouriços colocados na superfície do solo (OS) e nele incorporados (OI).

Fonte: Raimundo (2003).

Com base na taxa de libertação dos macronutrientes nas folhas e ouriços em decomposição e do seu teor em nutrientes (Quadro 6.20) calculou-se a quantidade de nutrientes libertados ou imobilizados ao fim de 1 ano e de 2,25 anos (Quadro 6.21).

Quadro 6.20 - Teor de nutrientes e valor da relação C/N das folhas e dos ouriços de castanheiro colhidos imediatamente a seguir à queda da folhada. As concentrações são expressas em relação à massa do material seco a 80 °C

Resíduos	N	P	K	Ca	Mg	C/N
	g kg ⁻¹					
Folhas	8,9	1,4	6,4	10,1	2,4	53,8
Ouriços	5,7	1,2	5,3	4,7	1,2	83,3

A manutenção das folhas e dos ouriços na superfície do solo afecta fortemente a libertação de N e Mg dos resíduos, pois, como se observa no Quadro 6.21, ao fim de 2,25 anos continuava a aumentar a quantidade de N e Mg presente nos ouriços, apresentando ao fim desse período uma imobilização de 7,13 kg de N e 1,41 kg de Mg por tonelada de matéria seca. Além disso, também as quantidades de P e Ca libertadas dos resíduos colocados na superfície do solo foram relativamente mais baixas do que se forem incorporados. Somente a

dinâmica da libertação de K não foi afectada pelo modo de posicionamento dos resíduos no solo.

Quadro 6.21 - Quantidade (g kg^{-1}) de nutrientes libertados (sinal +) ou imobilizados (sinal -) ao fim de 1 ano e 2,25 anos nas folhas e ouriços a decompor na superfície do solo ou nele incorporados.

	N		P		K		Ca		Mg	
	1 ano	2,25 anos	1 ano	2,25 anos	1 ano	2,25 anos	1 ano	2,25 anos	1 ano	2,25 anos
Colocados à superfície do solo										
Folhas	-0,71	+1,06	+0,29	+0,52	+3,39	+3,74	+0,47	+3,04	+0,49	+0,82
Ouriços	-0,66	-1,43	+0,48	+0,39	+3,05	+3,29	+0,58	+0,17	+0,18	-0,21
Incorporados no solo										
Folhas	+0,92	+5,96	+0,38	+0,97	+4,49	+4,34	+1,97	+7,61	+0,98	+1,62
Ouriços	-0,05	+2,56	+0,46	+0,67	+3,03	+2,15	+0,49	+1,74	+0,15	-0,04

Fonte: Raimundo (2003).

Nestas circunstâncias, a substituição da mobilização convencional do solo dos soutos (incorporação da folhada com escarificador) pela não mobilização conduzirá à formação de camadas orgânicas, tal como se observou oito anos depois da introdução da prática de não mobilização (Quadro 6.4). Isto significa que a ausência de mobilização contribui para a redução do fluxo de nutrientes dos resíduos orgânicos para o solo durante os primeiros anos. Este problema poderá talvez ser minimizado se forem utilizados destroçadores, pois levam à fragmentação dos resíduos orgânicos e aumentam o seu contacto com o solo.

6.3.3-Estado nutritivo dos soutos em Trás-os-Montes

Como se referiu antes, o vigor do castanheiro e a produtividade dos soutos estão, acima de tudo, dependentes de factores locais relacionados com a topografia, a espessura efectiva de solo, as disponibilidades de água e de oxigénio. Dependem ainda de outras propriedades do solo, entre as quais diversos parâmetros da fertilidade dos solos, que influenciam em larga medida o estado nutricional das árvores. Sem dúvida que uma nutrição equilibrada do castanheiro é indispensável não só à manutenção da produtividade dos soutos, mas também ao estabelecimento de condições de crescimento saudáveis e diminuição da susceptibilidade das árvores às doenças. Com efeito, é aceite, desde há muito tempo, o papel da nutrição mineral na capacidade das plantas para resistirem às doenças ou para criarem mecanismos de defesa, nomeadamente em espécies arbóreas (Marschner, 1995; Graham e Webb, 1991; van den Driessche, 1984; Baule e Fricker, 1970).

A análise de terra e a análise foliar são, como se sabe, duas ferramentas essenciais à gestão da fertilidade do solo e à elaboração de recomendações de fertilização, particularmente quando utilizadas de modo conjugado. Com vista à avaliação do estado de fertilidade dos solos e do estado de nutrição do castanheiro em Trás-os-Montes, agregou-se toda a informação disponível, designadamente a obtida por meio da análise de terra e da análise foliar entre 1991 e 2006. As respectivas metodologias analíticas utilizadas foram as adoptadas no Laboratório de Química e no Laboratório de Solos e Plantas da UTAD. As colheitas de solos e de folhas foram realizadas em soutos localizados em duas regiões naturais, Padrela e Bragança, tendo sido abrangidos os concelhos de Chaves, Valpaços, Murça, Macedo Cavaleiros, Vinhais e Bragança. Além disso, foram recolhidos dados junto dos agricultores relativos à história dos soutos, à produtividade da castanha, às práticas de fertilização e, foram, ainda, feitos registos acerca do vigor das árvores e do seu estado de saúde.

Nas secções seguintes, procurou-se estabelecer valores de referência para o castanheiro, alertar para a ocorrência de carências de magnésio e de boro, em Trás-os-Montes, e para o efeito da doença da tinta na má nutrição do castanheiro.

6.3.3.1-Análise foliar

A análise foliar há muito que se tornou a técnica de diagnóstico do estado nutritivo de fruteiras para elaboração de recomendações de fertilização, com vista à melhoria da quantidade e qualidade da produção. Todavia, relativamente ao castanheiro não existem estudos sistemáticos que permitam o estabelecimento dos valores de referência e dos teores críticos para a maioria dos nutrientes. Assim, com base em dados da análise foliar, procurou-se estabelecer os valores de ocorrência e também os valores de referência para o castanheiro em Trás-os-Montes. A variedade maioritariamente amostrada foi a Judia, tendo sido incluídos no estudo um reduzido número de soutos com Longal e Lada. O período de colheita decorreu entre 15 de Agosto e 15 de Setembro (1991-2006) e o procedimento para colheita das folhas está descrito em Portela *et al.* (2003). Com base nos dados das concentrações foliares do castanheiro foi elaborada a Figura 6.18. Aqui estão apresentados os valores de ocorrência de 160 soutos. No Quadro 6.22 estão indicados os valores considerados normais ou adequados. Estes valores basearam-se nas concentrações foliares de castanheiros cujas folhas foram amostradas em 24 soutos saudáveis e em bom estado sanitário, com produtividades superiores à média, em árvores de qualidade superior, isto é, em árvores vigorosas com copas regulares e bem preenchidas. No estabelecimento destes valores para o castanheiro entendeu-se que havia necessidade de dispor de índices interpretativos ajustados às condições edafo-climáticas de

Trás-os-Montes. Assim, na ausência de estudos sistemáticos para obtenção dos valores de referência e de intervalos críticos, poderão tomar-se os dados do Quadro 6.22 como uma primeira aproximação. Repare-se que alguns destes valores são tidos como provisórios.

Na Figura 6.18, para o estabelecimento do intervalo intermédio, consideraram-se não só os valores de referência utilizados noutros países, mas também os valores obtidos nos 24 soutos de características superiores, como foi descrito acima.

Quadro 6.22 – Valores normais para as concentrações foliares em castanheiro

Nutrientes	Normal ^a	Normal, Weir e Cresswell (1993) ^b	Normal, Clark (1987) ^b	Normal, Olsen (2001) ^c	Normal, Breisch (1995) ^d
N, g kg ⁻¹	19,0-28,4	24-29	22,8-29,2	22,1-25,0	18-25
P, g kg ⁻¹	1,1-3,4	1,4-3,0	0,7-1,8	1,4-4,5	1,3-1,7
K, g kg ⁻¹	7,6-19,3	8,0-16,0	4,7-7,3	8,1-20,0	6-10
Ca, g kg ⁻¹	4,3-14,5	6,0-14,0	6,6-22,0	10,1-25,0	8-12
Mg, g kg ⁻¹	1,3-5,9	2,5-7,0	2,3-4,3	2,5-5,0	2-4
S, g kg ⁻¹	-	-	1,5-2,5	1,3-2,0	-
Fe, mg kg ⁻¹	15-333	-	9-68	51-400	60-100
Mn, mg kg ⁻¹	179-2210	50-700	1120-3700	26-650	300-1000
Zn, mg kg ⁻¹	11-66	17-100	51-65	16-60	25-35
Cu, mg kg ⁻¹	4-53	4-20	5-11	5-15	10-15
B, mg kg ⁻¹	13-133	-	33-90	31-75	40-50

a- dados de Trás-os-Montes; b- valores preliminares na Austrália (cit. por Ridley *et al.*,1999); c- valores preliminares nos EUA; d- valores de referência em França.

No que respeita aos valores de ocorrência, verifica-se que a grande maioria dos soutos se encontra dentro das concentrações normais para os nutrientes P, K, Fe, Mn, Zn e Cu, enquanto que para o N, Ca, Mg, S, e B a maioria dos soutos apresenta valores baixos. Quanto ao Mn, os castanheiros de Trás-os-Montes atingem teores foliares elevados. Porém, tal como se observa no Quadro 6.22, isso não parece ser surpreendente, já que o intervalo é bastante amplo, havendo registos similares doutros autores. Também se observa na Figura 6.18 que há um número considerável de soutos com baixas concentrações de K, Zn e Cu. Os teores mais baixos de K e Zn surgem em solos derivados de materiais quartzíticos. A natureza do material originário pode ser, em grande parte, responsável pelos baixos níveis destes nutrientes. Assim, no Quadro 6.23 apresentam-se as concentrações foliares no castanheiro, agrupadas de acordo com a rocha subjacente que deu origem aos solos. Consta-se que os teores foliares dos castanheiros que vegetam sobre materiais quartzíticos tendem a ser mais reduzidos, sendo as diferenças significativas para os casos do P, K, Mn e Zn. Já entre os granitos e xistos (formações SPX, OFQ, SVS, SPS e DMC) não existem diferenças significativas.

Quadro 6.23 - Concentrações foliares médias nos castanheiros em soutos assentes sobre diferentes materiais litológicos.

Macronutrientes	xistos	granitos	materiais quartzíticos
Nº de soutos	109	15	19
N, g kg ⁻¹	20,4 a	20,3 a	18,2 a
P, g kg ⁻¹	2,00 b	2,19 b	1,39 a
K, g kg ⁻¹	10,8 b	11,4 b	9,0 a
Ca, g kg ⁻¹	6,0 a	5,9 a	6,6 a
Mg, g kg ⁻¹	1,61 a	1,79 a	1,71 a
Micronutrientes	xistos	granitos	materiais quartzíticos
Nº de soutos	85	13	17
Fe, mg kg ⁻¹	113 a	99 a	91 a
Mn, mg kg ⁻¹	898 b	693 b	385 a
Zn, mg kg ⁻¹	25 b	22 ab	14 a
Cu, mg kg ⁻¹	11 a	10 a	9 a
B, mg kg ⁻¹	31 a	58 a	44 a

As médias que se encontram na mesma linha e com uma letra comum não são significativamente diferentes ($p < 0,05$) pelo teste de Duncan.

Como se observa no Quadro 6.23, os nutrientes N, Ca e Zn encontram-se em concentrações marginais nalgumas rochas e o Mg ao nível da deficiência. Em certos casos os castanheiros podem mesmo manifestar sintomas desta carência. Dum modo geral, quando os sintomas de carências se declaram de forma perceptível, já os desequilíbrios nutritivos são marcados e a produção-qualidade terão sido afectadas. Assim, o levantamento do estado nutritivo do castanheiro, efectuado regularmente, é de grande utilidade, pois poderá servir de alerta, de modo a antecipar-se a correcção da fertilização. Dentre as carências nutritivas identificadas mais amiúde no castanheiro, em Trás-os-Montes, destacam-se as de Mg e de B, as quais são tratadas adiante.

A importância duma nutrição equilibrada, e o papel que certos nutrientes ou razões entre nutrientes desempenham na maior resistência das plantas às doenças e a distúrbios fisiológicos tem sido realçada por diversos autores (Shear, 1975; Dris *et al.*, 1998; Marcelle, 1995; Luders, 1979; Bussler, 1981; Köseoglu *et al.* 1996)). Apesar de não se ter encontrado, até ao momento, uma relação clara entre a concentração de nutrientes na folha e a incidência do cancro no castanheiro, há dados que permitem inferir da importância da concentração de nutrientes noutros tecidos, como no floema. Portela e Louzada (2005 a, b) verificaram que os soutos saudáveis estavam associados a razões Ca/N e concentrações de Cu mais elevadas no floema do castanheiro.

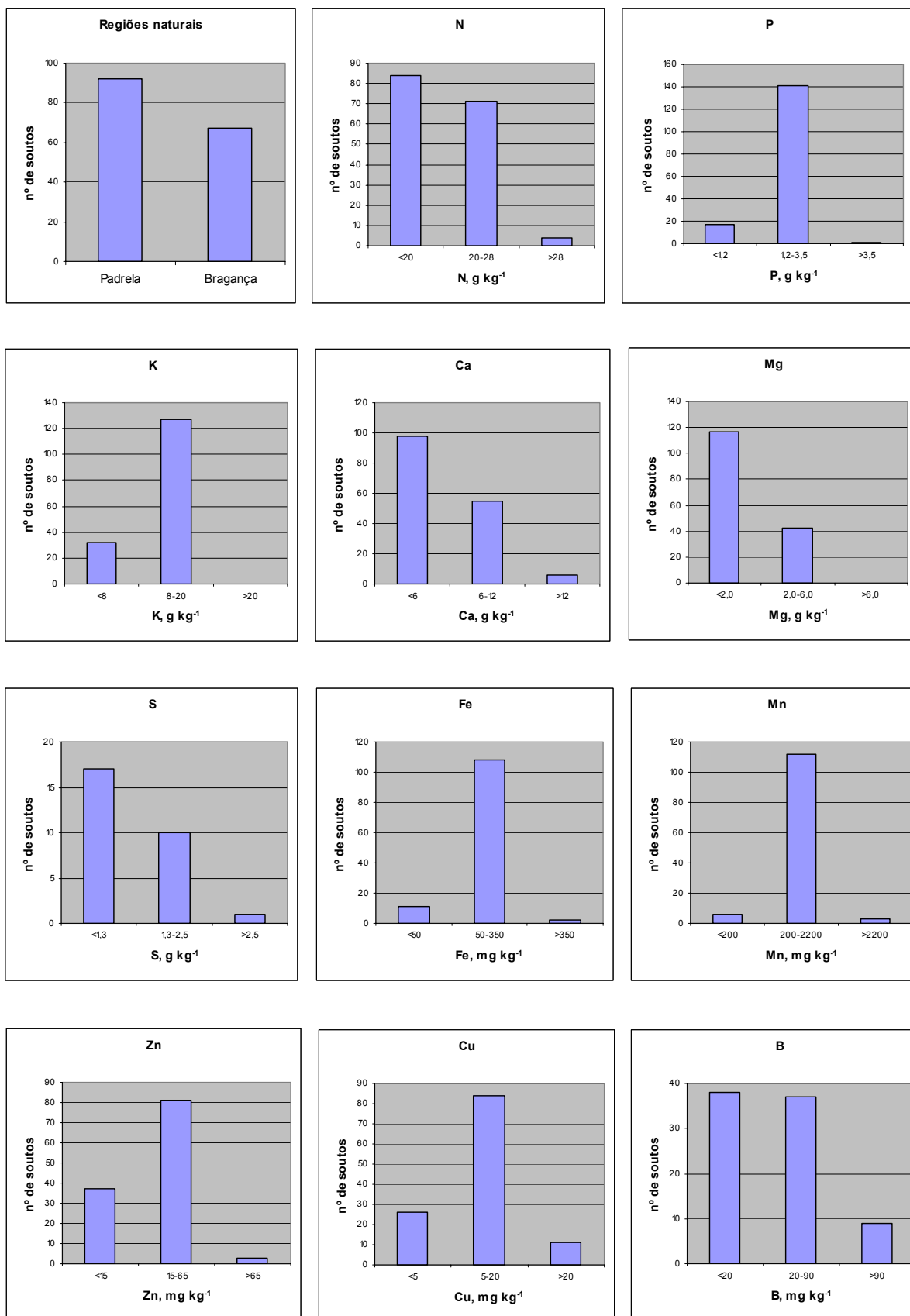


Figura 6.18 - Valores de ocorrência em 160 soutos, agrupados de acordo com a região natural e com a análise foliar. A classe intermédia refere-se aos valores normais ou adequados.

Carência de Mg

Os sintomas da carência de Mg são bastante comuns no castanheiro, sobretudo em árvores jovens. Podem detectar-se logo a partir de Junho, mas são mais visíveis em pleno Verão: as folhas exibem uma descoloração entre as nervuras, que se inicia no centro da folha; nos casos mais graves, toda a folha fica amarela e com manchas castanho dourado junto da nervura principal (Figura 6.19); por vezes, pode observar-se desfoliação prematura, a qual se inicia nas folhas mais velhas (Portela *et al.*, 2003). É durante a frutificação que a sintomatologia foliar se acentua, na medida em que o fruto é um sorvedouro de Mg (Slovik, 1997).



Figura 6.19 - Castanheiro jovem com sintomas de carência de Mg

Para além dos sintomas referidos, a carência de Mg pode traduzir-se em quebras de produção e da qualidade do fruto e, ainda, na redução do crescimento das árvores. Com efeito, o tamanho das folhas, o índice de área foliar (IAF), a altura e o diâmetro das árvores, a produção e o tamanho da castanha são significativamente reduzidos (Quadro 6.24).

Quadro 6.24 - Parâmetros biométricos das folhas e das árvores em castanheiros com e sem sintomas de deficiência de Mg

Sintomas	Folha			Árvore				
	Comp m	Largura m	Área foliar $\times 10^{-4} \text{ m}^2$	IAF $\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$	Alt m	D m	Produção kg/árvore	Calibre frutos/kg
Folhas verdes	0,152a	0,051a	2,04a	2,04a	5,8a	0,26a	8,3a	66a
Clorose ligeira	0,146b	0,051a	1,53ab	1,53ab	4,4b	0,20b	4,9b	78ab
Clorose severa	0,129c	0,047b	0,97b	0,97b	3,1c	0,16c	3,6b	99c

Comp – comprimento; IAF – índice de área foliar; Alt – altura; D - diâmetro à altura do peito. Em cada coluna, os valores seguidos duma letra comum não são significativamente diferentes ($p \geq 0,05$) pelo teste de Duncan. Fonte: Portela *et al.* (1999b).

No levantamento efectuado ao estado nutritivo de 26 soutos (Portela *et al.*, 2003) constatou-se que a probabilidade de ocorrência de sintomas desta carência é elevada para concentrações foliares de Mg inferiores a $1,2 \text{ g kg}^{-1}$, no entanto, os sintomas também se registam até valores de $1,7 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg. Além da concentração foliar de Mg, as razões N/Mg e K/Mg revelaram ser, também, um meio de diagnóstico útil para confirmar os sintomas da carência de Mg e a nutrição desequilibrada do castanheiro. Este estudo revelou que a separação entre árvores normais e árvores com sintomas da carência de Mg surge mais clara quando se consideraram as razões K/Mg ou N/Mg, do que quando se tomaram as concentrações foliares de Mg. Sempre que a razão K/Mg foi superior a 10, ou a razão N/Mg foi superior a 24, observaram-se sintomas da carência de Mg.

Dados do estudo acabado de referir e de outros mais recentes (2006), mostram que nenhum castanheiro manifestou sintomas de carência quando o Mg de troca se situou acima de $0,34 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Porém, a probabilidade da ocorrência da carência é elevada, quando o Mg era inferior a $0,25 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (Figura 6.20). Como se observa, nem sempre é clara a correlação entre o teor de Mg no solo e a severidade com que se manifesta a sua deficiência nas folhas. Efectivamente, há factores locais e práticas culturais que podem interferir na biodisponibilidade do Mg. Nos soutos instalados em solos com teores mais elevados de Mn ($>100 \text{ mg kg}^{-1}$ de solo), verificou-se, por vezes, que as carências de Mg surgiam para níveis relativamente mais altos do Mg de troca. A ocorrência da deficiência para um teor de Mg de troca $0,34 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ poderá ser explicada por um certo efeito inibidor que o Mn tem na absorção do Mg. Os solos ricos em Mn surgem em soutos assentes nas formações OFQ e no complexo SVS, ou em zonas de contacto entre estas duas formações, onde existem minerais ricos em Mn. A estes solos corresponderam concentrações foliares igualmente elevadas nos castanheiros (Mn $>2000 \text{ mg kg}^{-1}$).

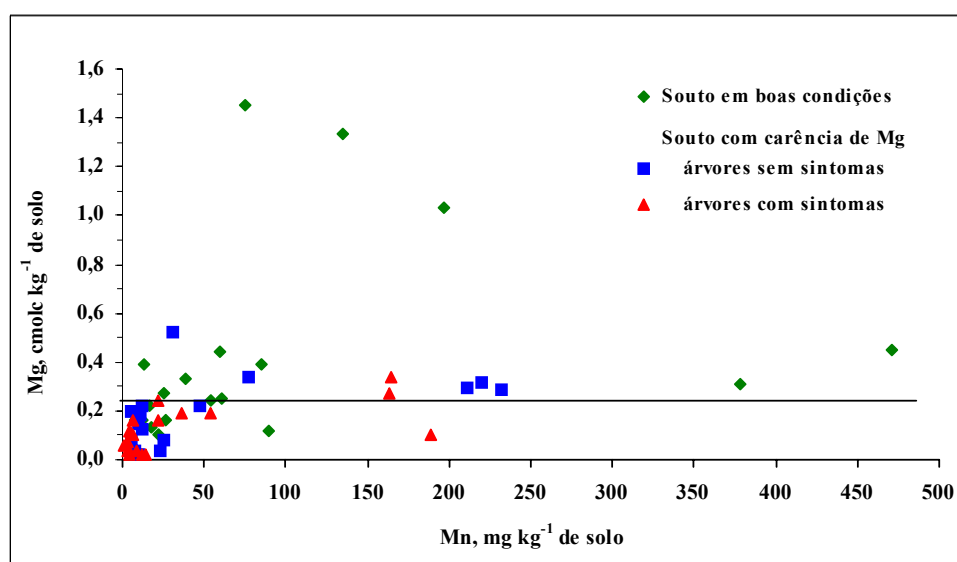


Figura 6.20 - Relação entre os teores de Mg e de Mn no solo e a ocorrência de sintomas da carência de Mg.

Portela *et al.* (2003) constataram que o Ca e o Mg se encontravam positivamente correlacionados, tanto no solo (entre o Ca e o Mg de troca) como nas folhas. O eventual efeito positivo que o Ca tenha na absorção do Mg pelo castanheiro tem sido verificado, na região Norte, para outras culturas instaladas em solos ácidos. Admite-se que o Ca possa estimular o crescimento radicular e assim favorecer a absorção do Mg.

O excesso no solo de catiões como o K^+ e o NH_4^+ , frequentemente veiculados através de fertilização desequilibrada, podem potenciar carências de Mg no castanheiro, sobretudo quando a carência é latente. A adubação N-P-K e a estrumação dos soutos são práticas generalizadas (Portela e Pinto, 2004). Contudo, certos solos derivados de micaxistos e de filitos têm reservas elevadas de K biodisponíveis e, por isso, a adubação potássica torna-se, por vezes, excessiva, o que pode potenciar carências de Mg. Além disso, a estrumação feita isoladamente ou em conjugação com a adubação também veiculam doses excessivas de NH_4^+ .

Apesar da deficiência de Mg ser referida em relatórios e em diversos artigos e, não obstante, os alertas para a carência latente de Mg e para a necessidade da sua correcção através da aplicação de calcários magnesianos ou pulverizações com sulfato de magnésio, estas práticas continuam desconhecidas de muitos agricultores.

Carência e toxicidade de boro

A carência de boro pode observar-se nas folhas jovens dos rebentos terminais e também nos ouriços e frutos. As folhas são mais pequenas e, frequentemente, com a nervura principal descentrada e com os limbos apresentando-se deformados e com descontinuidades. As folhas jovens também podem exibir as margens necrosadas, quebradiças e enroladas para a página superior (Figura 6.21). Quanto aos frutos, muitos ouriços apresentam pequenas dimensões não chegando a abrir; muitas castanhas abortam e não contêm o tegumento. No caso mais grave, o castanheiro mostrava folhagem verde-escuro, os ramos apresentavam entrenós curtos e as folhas agrupadas de forma envassourada (Figuras 6.21, 6.22 e 6.23); os ouriços exibiam todos os frutos abortados, muitos deles não se desprendendo dos ouriços, permanecendo na árvore até ao Inverno. Apesar da carência de boro não ter sido estudada de forma sistemática no castanheiro, dentre os 13 soutos de Trás-os-Montes onde se identificaram sintomas da carência, a concentração foliar de B variou entre 8 e 16 mg kg⁻¹.

Apesar de surgirem com certa frequência carências de B em Trás-os-Montes, a aplicação deste nutriente nos soutos não é generalizada (Portela e Pinto, 2004). Num levantamento efectuado ao estado nutritivo de 40 soutos, verificou-se que o valor médio da concentração foliar de B em soutos regularmente adubados com este micronutriente era

de 71 mg kg^{-1} , enquanto que aqueles que nunca tinham sido adubados (cerca de metade) apresentavam o valor médio de 16 mg kg^{-1} de B.



Figura 6.21 - As folhas jovens podem exibir as margens necrosadas, quebradiças e enroladas para a página superior nos castanheiros com carência de boro. Folhas normais à esquerda.



Figura 6.22 - Os ouriços abortam e permanecem na árvore até ao Inverno.



Figura 6.23 - As folhas agrupam-se nas extremidades do ramo de forma envassourada.

Devido aos efeitos óbvios do B sobre a produção de castanha, alguns agricultores aplicam quantidades excessivas deste nutriente ao castanheiro, provocando, não raro, problemas de toxicidade (Figura 6.24). Esta toxicidade manifesta-se pela necrose das margens das folhas, que surge de forma generalizada em toda a árvore, sendo mais notória nos rebentos terminais. Identificou-se a toxicidade para concentrações foliares de B a partir de 137 mg kg^{-1} .



Figura 6.24 - Folhas de castanheiro com sintomas de toxicidade de boro.

Doença da tinta do castanheiro

Há factores que produzem sintomas imprecisos de má nutrição, como é o caso da doença radicular conhecida pela tinta do castanheiro. As copas das árvores apresentam-se rarefeitas, com desfoliação, e um amarelecimento parcial ou geral das folhas. No estudo efectuado em 16 soutos de Trás-os-Montes (Portela *et al.*, 1998) constatou-se que esta sintomatologia correspondia a uma má nutrição generalizada das árvores. A maioria dos nutrientes, com excepção do B e o do Cu, surge em menores concentrações foliares nos castanheiros afectados pela doença da tinta, comparativamente a outros soutos adjacentes, onde a incidência da doença era baixa ou nula (Quadro 6.25). O Ca é o nutriente que mostra um decréscimo mais acentuado (25 %) Admite-se que assim seja, em virtude da absorção do Ca do solo apenas se fazer através de raízes novas não suberizadas (Mengel e Kirkby, 2001). Com efeito, sabe-se que a infecção por este patogéneo reduz o sistema radicular das árvores, em particular a sua parte mais activa, isto é, as raízes mais finas, diminuindo a sua capacidade para absorver água e nutrientes.

Quadro 6.25 - Concentrações foliares de nutrientes em soutos saudáveis e em soutos afectados pela tinta do castanheiro.

Nutriente	Soutos sãos	Soutos doentes	Nível de significância
N, g kg ⁻¹	18,8	14,3	**
P, g kg ⁻¹	1,9	1,4	**
K, g kg ⁻¹	11,5	8,5	***
Ca, g kg ⁻¹	5,3	3,4	***
Mg, g kg ⁻¹	1,6	1,2	*
S, g kg ⁻¹	1,54	1,21	*
Fe, mg kg ⁻¹	204	145	+
Mn, mg kg ⁻¹	1134	751	*
Zn, mg kg ⁻¹	20	13	+
Cu, mg kg ⁻¹	7	7	ns
B, mg kg ⁻¹	48	47	ns

Fonte: Portela *et al* (1998) e dados não publicados; * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001; + p< 0,10; ns -não significativo.

6.3.3.2-Análise da terra

No geral, os soutos de Trás-os-Montes encontram-se em solos com teores baixos de argila, que raramente atingem os 15%, com excepção de alguns horizontes B (Martins e Coutinho, 1991). Em contrapartida, a fracção areia fina+limo pode atingir valores elevados (cerca de 70%) em solos desenvolvidos sobre xistos (Portela *et al.*, 1998). Assim, as texturas são predominantemente franco-arenosas e francas e raramente franco-limosas. A presença de elementos grosseiros, particularmente os de maior dimensão, são uma constante em certos

soutos, surgindo em proporção elevada (superiores a 50%), sobretudo nos solos derivados dos xistos mais siliciosos e dos materiais quartzíticos.

Na Figura 6.26 apresentam-se os valores de ocorrência de diversos parâmetros da fertilidade do solo registados em 211 soutos (valores médios de amostras da camada 0-20 cm) agrupados em classes de fertilidade do solo.

Um dos factores que maior influência tem nas propriedades químicas dos solos é, sem dúvida, o material originário. Assim, para uma melhor compreensão e explicação das variações observadas agruparam-se os soutos de acordo com a rocha subjacente que deu origem ao solo (Quadro 6.26), conforme as descrições da Carta Geológica à escala de 1:200 000 (Pereira, 1992). Os xistos enquadram-se nas formações SPX, SPS, OFQ SVS e DMC; os materiais quartzíticos pertencem à formação SPQ e os granitos são de grão médio, de tendência porfiróide de duas micas.

Quadro 6.26 - Parâmetros da fertilidade do solo em 211 soutos agrupados consoante o material litológico.

Material litológico Nº de soutos	xistos 148	granitos 36	materiais quartzíticos 27
Matéria orgânica, g kg ⁻¹	35 a	30 a	27 a
pH H ₂ O	4,9 b	4,8 a	5,2 b
P extraível, g kg ⁻¹	109 b	142 b	59 a
Catiões de troca, cmolc kg ⁻¹			
Ca	1,19 b	1,07 b	0,70 a
Mg	0,35 b	0,30 ab	0,19 a
K	0,38 b	0,34 b	0,23 a
Na	0,04 a	0,05 a	0,05 a
H+Al	1,09 a	1,09 a	1,25 a
CTC efectiva, cmolc kg ⁻¹	3,04 b	2,84 b	2,43 a
Saturação de bases, %	60 b	58 b	45 a
Micronutrientes Nº de soutos	xistos 90	granitos 25	materiais quartzíticos 10
Mn extraível, mg kg ⁻¹	87 a	31 a	9 a
Cu extraível, mg kg ⁻¹	1,56 a	1,23 a	0,97 a

As médias que se encontram na mesma linha com uma letra comum não são significativamente diferentes ($p < 0,05$) pelo teste de Duncan.

Como se referiu antes, os solos apresentam teores baixos de argila, o que é, em parte, revelado pela baixa capacidade de troca efectiva (<3,0 cmol_c kg⁻¹) observada na maioria dos soutos. É notória a elevada acidez da grande maioria dos solos, traduzida pelos baixos valores do pH-H₂O e pela elevada percentagem de catiões acídicos (>40%) e, também, pelos baixíssimos teores de Ca e Mg de troca do solo. Os teores de Mg <0,25 cmol_c kg⁻¹ de solo, onde se situam a maior percentagem de soutos, são mesmo susceptíveis de induzir sintomas de carências de Mg nos castanheiros, como foi assinalado anteriormente. Todas estas

características estão relacionadas com o material originário dos solos. Apenas os solos provenientes de xistos da formação SVS e DMC que surgem nos concelhos de Vinhais e Bragança, são menos ácidos e apresentam teores mais elevados de Ca e Mg. É de salientar que os solos provenientes de xistos das formações SVS e OFQ atingem teores de Mn extraíveis superiores a 100 mg kg^{-1} , verificando-se o mesmo com os teores foliares (por vezes $>2000 \text{ mg kg}^{-1}$). Com efeito, nestes solos é possível identificar-se a piroluzite (mineral rico em Mn) nos elementos rochosos da fracção grosseira do solo.

Tendo em conta a agregação dos soutos apresentada no Quadro 6.26, é bem patente que os solos provenientes de materiais quartzíticos possuem os teores mais baixos de matéria orgânica e de nutrientes. Estes resultados são consistentes com o que se observara já relativamente às concentrações foliares do castanheiro. Apesar do nível de Mn extraível nestes materiais ser quase 10 vezes inferior aos dos xistos e da análise de variância revelar um valor de $p=0,0293$, a diferença entre eles não foi significativa, o que ficou a dever-se à grande variação registada nos teores de Mn nos xistos provenientes das diferentes formações geológicas. Comparando os parâmetros da fertilidade dos solos entre os xistos e granitos, não se detectaram, dum modo geral, diferenças significativas.

Não obstante uma elevada percentagem de soutos apresentar teores aceitáveis de matéria orgânica (Figura 6.25), há ainda um grupo numeroso com valores inferiores a 20 g kg^{-1} , o que se tem revelado ser demasiado baixo para o crescimento saudável do castanheiro (Portela *et al.*, 1998). Constata-se, também, que na zona onde se efectuou este estudo, os teores de P e K são bastante elevados, o que não será alheio o facto de, na maioria dos soutos, se aplicarem anualmente adubos N-P-K e/ou estrumes com regularidade, em particular na região da Padrela (Portela e Pinto, 2004). Já na região de Bragança, onde a adubação e a estrumação são menos frequentes, os teores de P do solo são bastante mais baixos. Em mais de 25% dos soutos registaram-se baixos teores de Cu extraível dos solos. Estes solos estão associados a materiais quartzíticos e a granitos. Os soutos sujeitos a tratamentos fitossanitários com caldas cúpricas apresentaram valores de Cu extraível quase duplos dos anteriores.

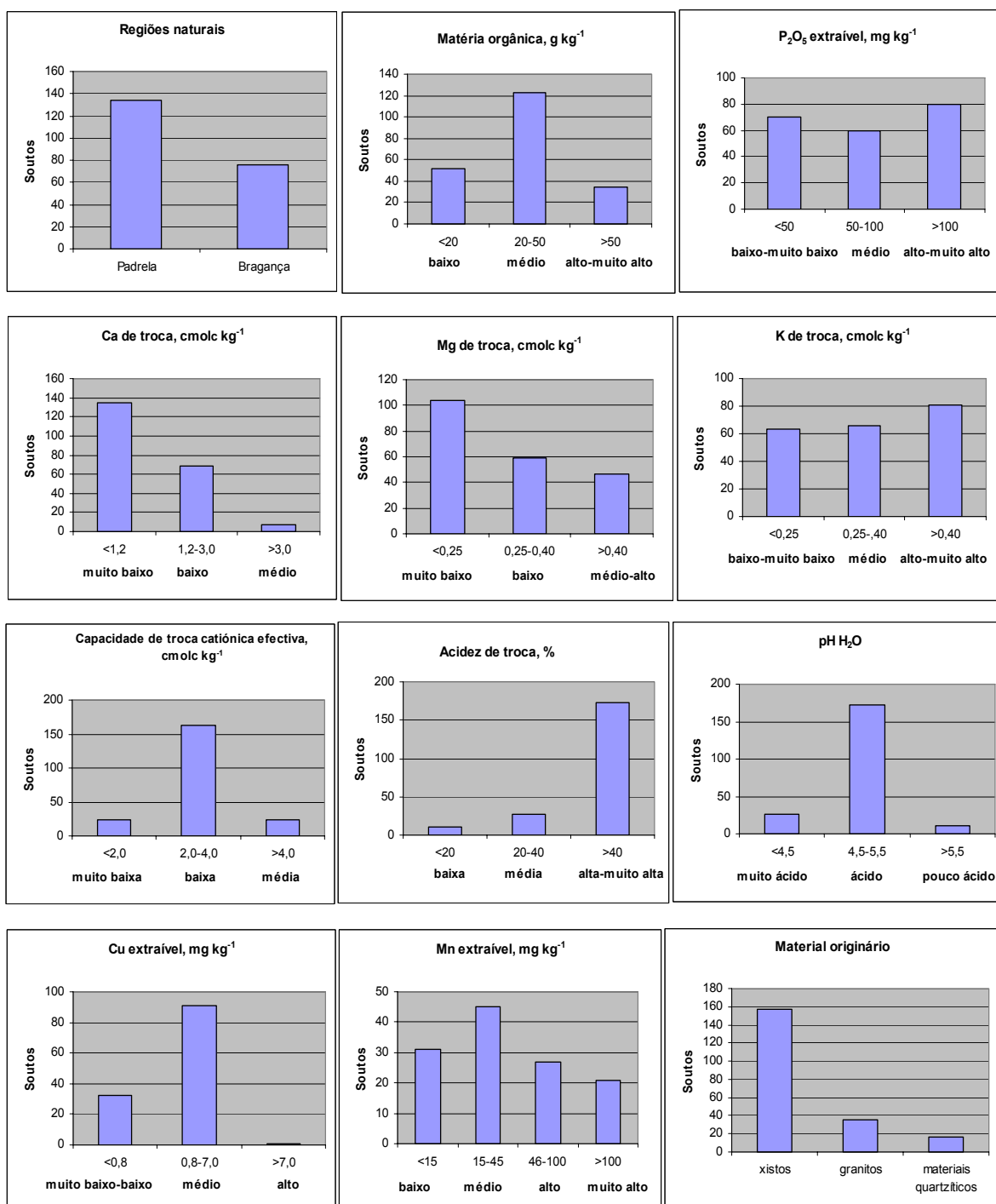


Figura 6.25 - Distribuição dos soutos pelas duas regiões naturais, pelo material litológico e parâmetros da fertilidade do solo de 211 soutos agrupados em classes de fertilidade do solo.

Infelizmente, a análise de terras não é uma prática utilizada pelos produtores de castanha. Com efeito, no período de 1991-2006, dentre mais de uma centena de produtores de castanha, apenas três tinham efectuado análises de terra aos seus soutos. Ora, sendo a análise de terra um instrumento necessário à avaliação da fertilidade do solo, torna-se indispensável à gestão de nutrientes e à recomendação da fertilização adequada dos soutos.

6.3.4-Conclusões e recomendações

Tendo em conta os resultados alcançados, até ao momento, apresentam-se as principais conclusões e recomendações:

- a intensificação cultural conduziu a um aumento da produção de castanha, o que naturalmente, levou a maiores exportações de nutrientes. Apesar da maior produção de castanha estar também associada a produções mais elevadas de outros componentes da folhada, que ficam a decompor no solo, as mobilizações e as podas severas podem conduzir ao declínio de soutos devido ao aparecimento e expansão da doença da tinta;
- as mobilizações frequentes podem levar à diminuição do teor da matéria orgânica do solo. Embora estas potenciem a disponibilização de nutrientes, a perda de húmus do solo pode ter consequências nefastas para as árvores, na medida em que afecta as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e, conseqüentemente, a saúde do castanheiro é afectada;
- a mobilização convencional com escarificador (três vezes por ano) conduziu a uma menor produção de folhada e de castanha do que as mobilizações com grade de discos. A produção alcançada com a mobilização convencional foi menor ainda que na prática de não mobilização com vegetação herbácea natural. A destruição das raízes tem efeitos negativos, quer ao nível da nutrição das árvores, quer ao nível sanitário;
- a ausência de mobilizações reduz o ritmo de decomposição dos resíduos orgânicos e a subsequente utilização de nutrientes pelas árvores. Este inconveniente pode ser colmatado pela adubação ou pela utilização de destroçadores, que tenderão a aumentar a velocidade de decomposição. Dentre os macronutrientes, o K é o mais móvel, sendo rapidamente libertado para o solo, não sendo afectado pelos métodos de mobilização;
- a produção de castanha e a remoção da lenha das podas origina uma saída constante e expressiva de nutrientes dos soutos. Assim, a sua reposição deve ser considerada na elaboração das recomendações de fertilização, para que não haja perda do nível de fertilidade dos solos;
- os nutrientes exportados em maiores quantidades pela castanha são os N, K e P. A lenha de poda remove sobretudo Ca, N e K. Não obstante a saída dos restantes nutrientes ser menor, particularmente a dos micronutrientes, ela não é desprezível e os seus teores no solo e na folha devem ser monitorizados;
- enquanto numa poda ligeira a maior parte do material podado permanece no solo, numa poda severa os ramos e as pernas tendem a ser retirados do souto na sua totalidade, originando uma exportação de nutrientes muito elevada. Se, pelo menos, os raminhos permanecerem no souto, a saída de nutrientes pode ser minimizada;

- a composição do material originário é determinante na riqueza do solo em nutrientes. Enquanto os solos provenientes de materiais quartzíticos são pobres em quase todos os nutrientes, os micaxistos e filitos são ricos em K, podendo até dispensar a adubação potássica. Nos soutos assentes no complexo SVS ou nos xistos anfibolíticos, os solos são mais ricos em Ca e Mg;
- a análise foliar revelou que na maioria dos soutos amostrados os castanheiros apresentavam baixos teores de N, Ca, Mg, S e B. Os baixos teores de Mg e B provocaram mesmo sintomas de carências nestes nutrientes;
- a carência de Mg, para além da sintomatologia mais corrente que se observa nas folhas, pode traduzir-se em quebras de produção e da qualidade do fruto e, ainda, na redução do crescimento das árvores;
- quando o teor de Mn nos solos é elevado, a carência de Mg verifica-se para valores mais altos do Mg de troca;
- em solos com teores marginais de Mg, as fertilizações desajustadas podem induzir sintomas da carência deste nutriente. A aplicação de adubos com o N na forma amoniacal e a adição de K aos solos ricos neste nutriente ou, ainda, estrumações abundantes potenciam as carências de Mg;
- sendo a grande maioria dos solos pobre em Mg e tendo em conta a sua saída constante através da castanha, a aplicação deste nutriente, quer através dum calcário magnesiano, quer do sulfato de Mg, é uma necessidade urgente. Apesar da deficiência de Mg ser assinalada em relatórios e em diversos artigos e, não obstante os alertas quanto à carência latente deste nutriente, as práticas referidas continuam desconhecidas de muitos agricultores;
- para além de alguns soutos mostrarem sintomas de carência de B, as análises foliares revelaram que muitos deles terão carência latente, pelo que a aplicação de B nos soutos deve ser devidamente ponderada. Não obstante surgirem com frequência carências de B em Trás-os-Montes, a sua aplicação não é regular, nem está generalizada.

Referências bibliográficas

- Agroconsultores-Coba, 1991. Carta de Solos, Carta do Uso Actual da Terra e Carta de Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal. UTAD/PDRITM, Vila Real.
- Alvarez, R. 2006. Changes in soil organic carbon contents and nitrous oxide emissions after introduction of no-till in pampean agroecosystems. *J. Environ. Qual.* 35: 3-13.
- Améglio, T., Archer, P., Cohen, M., Valancogne, C., Daudet, F.A., Dayau, S. e Cruiziat, P. 1999. Significance and limits in the use of predawn leaf water potential for tree irrigation. *Plant and Soil* 207: 155-167
- Araki, H. e Nakaoka, T. 1982. Effects of severity of renovation pruning on tree growth and nut yield and size in chestnut tree (*Castanea crenata* Sieb. et Zucc.). *Journal of the Japanese Soc. of Hort. Science* 51: 278-285.
- Araki, H., Fujiwara, T. e Koyama, K. 1988. Studies on the renovation pruning of the chestnut trees. I - Systematization of the technique renovation pruning in the senescent chestnut orchard of low yield. *Bulletin of Hyogo Agric. Inst.* 36: 35-46.
- Attiwill, P.M. 1995. Nutrient Cycling in Forests. In: Encyclopedia of Environmental Biology, Vol. 2, Academic Press Inc., 625-639.
- Baule, D.H. e Fricker, C. 1970. The fertilizer treatment of forest trees. München, BLV-Verlagsges.
- Bento, J., Gil, J.C. e Alvares, R.A. 1989. Estudo da ecologia das cultivares indígenas do castanheiro comercialmente mais valiosas, cartografia da área potencial da cultura e relações custos benefícios. Acções Preparatórias do Programa Integrado de Desenvolvimento Regional de Trás-os-Montes. Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto-Douro.
- Binkley, D. 1986. Forest Nutrition Management. New York, J. Wiley & Sons.
- Blevins, R.L. e Frye, W.W. 1993. Conservation tillage: an ecological approach to soil management. *Advances in Agronomy* 51: 33-78.
- Breisch, H. 1995. Châtaignes et Marrons. CTIFL, Paris, Ed. INRA.
- Brio, M.B., Lancho, J.F.G. Herrero, J.M.C. 1998. El castaño. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa.
- Bussler, W. 1981. Physiological functions and utilization of copper.. In: J.F. Loneragan; A.D. Robson and R.D. Graham eds. Copper in Soils and Plants. London, Academic Press, 213-34
- Cadahia, D.J.M., Cobos, M., Soria, S., Clauser, F., Gellini, R., Grossoni, P. e Ferreira, M.C. 1991. Observação de danos em espécies florestais mediterrâneas. Comissão das Comunidades Europeias, Madrid, Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação, Secretaria Geral Técnica.
- Coelho, C.O.A., Pinheiro, J., Barros, C., Ferreira, A.J.D., Lobo, A.G. e Rodrigues, J.M. 1999. Vigilância da poluição atmosférica sobre florestas. Lisboa, 6ª Conferência Nacional Sobre a Qualidade do Ambiente, vol 2, 241-252.
- Cole, D.W. e Rape, M. 1981. Elemental cycling in forest ecosystems. In: Reichle, D.E. ed. Dynamic Properties of Forest Ecosystems. London, Cambridge Univ. Presss, 341-409.
- Cotelo-Neiva, J.M. 1948. Rochas e minérios da região de Bragança-Vinhais. Porto, Ministério da Economia, Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos.
- de la Rosa, D., Diaz-Pereira, E., Mayol, F., Czyn, E., Dexter, A., Dumitru, E., Enache, R., Fleige, H., Horn, R., Rajkay, K. e Simota, C. 2005. Soil erosion as a function of soil type and agricultural management in a Sevilla olive area, southern Spain. *Soil Tillage Research* 82: 19-28.
- Dris, R., Niskanen, R. e Fallahi, E. 1998. Nitrogen and calcium nutrition and fruit quality of commercial apple cultivars grown in Finland. *J. of Plant Nutrition* 21: 2389-2402.

- Fernandes, R.M. 2006. Diversidade ectomicorrízica em soutos sujeitos a diferentes práticas culturais. Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Relatório Final de Estágio da Licenciatura em Engenharia Florestal.
- Ferreira-Cardoso, J.V. 2002. Caracterização e valorização do fruto de *Castanea sativa* Mill. Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Tese de Doutoramento.
- Fox, R.H. e Bandel, V.A. 1986. Nitrogen utilization with no-tillage. In: Sprague, M.A. and Triplett, G.B. eds. No-Tillage and Surface-Tillage Agriculture, New York, John Wiley and Sons, 117-148.
- Germon, J.C., Taureau, J.C. e Thomas, J.M. 1991. Effets des méthodes simplifiées de travail du sol sur les transformations de l'azote et leurs conséquences sur le lessivage des nitrates. In: Monnier, G., Thevenet, G. and Lesaffre, B. eds. Simplification du Travail du Sol, (les Colloques, N° 65), Paris, Ed. INRA, 125-154.
- Gomes-Laranjo, J.C.E., Peixoto, F., Wong Fong Sang, H.W. e Torres-Pereira, J.M.G. 2006. Study of the temperature effect in three chestnut (*Castanea sativa* Mill.) cultivars'behaviour. *Journal of Plant Physiol.* 163: 945-955.
- Gomes-Laranjo, J.C.E., Salgado, P., Wong Fong Sang, H.W., Kraayenhof, R. e Torres-Pereira, J.M.G. 2005. Isolation of chestnut chloroplasts. Membrane potentials of chestnut and spinach thylakoids. *Photosynthetica* 43: 237-246.
- Graham, R.D. e Webb, M.J. 1991. Micronutrients and disease resistance and tolerance in plants. In: Micronutrients in Agriculture, Madison, 2nd ed. Soil Sci. Soc. Am., 329-370.
- Hendrix, P.F., Franzluebbers, A.L. e McCracken, C.V. 1998. Management effects on C accumulation and loss in soils of the southern Appalachian Piedmont of Georgia. *Soil Tillage Research* 47: 245-251.
- Hornung, M. 1990. Nutrient losses from ecosystems. In: Harrison, A.F., Ineson, P. and Heal, O.W. eds. Nutrient Cycling in Terrestrial Ecosystems. London, Elsevier Applied Science, 75-79.
- Ismail, I., Blevins, R.L. e Frye, W.W. 1994. Long-term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yields. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:193-198.
- Jumpponen A. 2001. Dark septate endophytes - are they mycorrhizal? *Mycorrhiza* 11: 207-211.
- Köseoglu, A.T., Tokmak, S. e Momol, M.T. 1996. Relationships between the incidence of fire blight and nutritional status of pear trees. *J. of Plant Nutrition* 19: 51-61.
- Lipecki, J. e Berbéc, S. 1997. Soil management in perennial crops: orchards and hop gardens. *Soil Tillage Research* 43:169-184.
- Luders, P. 1979. The effect of nitrogen nutrition on bitter pit in apples. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 10: 401-15.
- Marcelino, V., Torres, N., Portela, E. e Martins, A. 2000. Soil physical properties and the occurrence of chestnut ink disease: a micromorphological study. *Ecologia Mediterranea* 26: 129-135.
- Marcelle, R.D. 1995. Mineral nutrition and fruit quality. *Acta Horticulturae* 383: 219-26.
- Marques, C.P. 1988. Inventariação das áreas e produções dos soutos em Trás-os-Montes. Acções Preparatórias do Programa Integrado de Desenvolvimento Regional de Trás-os-Montes, Relatório final. Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto-Douro.
- Marques, G. 2006. Os microrganismos do solo e a agricultura sustentável. *O Segredo da Terra*, Revista de Agricultura Biológica 17: 10-15.
- Marques, G.M. 2003. Diversidade ectomicorrízica em viveiros e ecossistemas florestais. Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Tese de Doutoramento.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, 2ª Ed. London, Academic Press.

- Martins, A. e Coutinho, J. 1991. General properties of soils under chestnut stands in Trás-os-Montes region, Portugal. In: Teller, A., Mathy, P., Jeffers, J.N.R., eds. Responses of Forest Ecosystems to Environmental Changes, London, Elsevier Applied Science, 773-775.
- Martins, L. M., Oliveira, M. T. e Abreu, C. G. 1999. Soils and climatic characteristics of chestnut stands that differ on the presence of ink disease. *Acta Horticulturae* 494: 447-449.
- McColl, J.G. e Powers, R.F. 1984. Consequences of forest management on soil-tree relationship. In: Bowen, G.D. and Nambiar, E.K.S eds. Nutrition of Plantation Forests, New York, Academic Press, 379-412.
- Mengel, K. e Kirkby E.A. 2001. Principles of Plant Nutrition, 5ª Ed., London, Kluwer Academic Publ.
- Miller, R.M. e Lodge, D.J. 1997. Fungal responses to disturbance: agriculture and forestry. In: Wicklow and Södeström eds. The Mycota IV Environmental and Microbial Relationships. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 65-84.
- Munõz-Cobo, M.P. 1987. Sistemas de manejo del suelo en el olivar: Cultivo sin laboreo. Estado actual. Dep. de Inf. y Doc. Agrária, Sevilha, Ed. DGIEA.
- Olsen, J. 2001. Leaf analysis important in managing nutrition in the chestnut orchard. *The Western Chestnut* 3: 9-10.
- Olson, K.R., Lang, J.M. e Ebelhar, S.A. 2005. Soil organic carbon changes after 12 years of no-tillage and tillage of Grantsburg soils in southern Illinois. *Soil Tillage Research* 81: 217-225.
- Pastor, M. 1991. Estudio de diversos métodos de manejo del suelo alternativos al laboreo en el cultivo del olivo: no laboreo y laboreo reducido. Jaén, Instituto de Estudios Giennenses, C.S.I.C., Diputación Provincial de Jaén.
- Pastor, M., Castro, J., Humanes, M. e Muñoz, J. 2001b. Sistemas de cultivo con cubiertas en olivar de Andalucía (II). *Vida Rural* 126: 46-51.
- Pastor, M., Castro, J., Humanes, M. y Muñoz, J. 2001a. Sistemas de cultivo con cubiertas en olivar de Andalucía (I). *Vida Rural* 125: 58-62.
- Pereira, E. (Coord.) 1992. Carta Geológica de Portugal na escala 1:200 000, Folha 2. Lisboa Serviços Geológicos de Portugal.
- Pereira, E., Ribeiro, A. e Castro, P. 2000. Carta Geológica de Portugal na escala 1:50 000 e Notícia Explicativa da Folha 7D. Lisboa, Instituto Geológico e Mineiro.
- Perry, D.A., Bell, T. e Amaranthus, M.P. 1992. Mycorrhizal fungi in mixed-species forests and other tales of positive feedback, redundancy and stability. In: Cannell, M.G.R., Malcolm, D.C. and Robertson, P.A. eds. The Ecology of Mixed-Species Stands of Trees. British Ecological Society, 151-179.
- Pires, A.L. e Portela E. 1993. Nutrient balance in low and intensively managed chestnut groves in northern Portugal. Proc. Int. Congress on Chestnut, Spoleto, 20-23 Oct. 1993, Antognozzi, E. ed., 397-401.
- Pires, A.L. e Portela, E. 1997. Nutrient cycling in chestnut groves submitted to different management practices. In: Romane, F. and Grossman, A. eds. Dynamics and Function of Chestnut Forest Ecosystems in Mediterranean Europe - A Biological Approach for a Sustainable Development. Environment. Commission of the European Communities, Montpellier, CNRS, 60-71.
- Pires, A.L. e Portela, E. 2005. Impact of management practices on chestnut grove nutrient budgets. *Acta Horticulturae* 693: 677-684.
- Pires, A.L., Ribeiro, E., Correia, I., Barroso, N., Claudino, F. e Portela, E. 1999. Effect of ink disease on chestnut litterfall production and on nutrient budgets over a 3-year period. *Acta Horticulturae* 494: 149-154.
- Pires, J.C. (em publicação) Diversidade e produtividade de cogumelos comestíveis em povoamentos experimentais de *Castanea sativa* Mill. Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Relatório Final de Estágio da Licenciatura em Engenharia Florestal.

- PO-Chestnut. 1994. Chestnut ink disease. An integrated approach to its control and release of quality improved material. Progress and Financial Report nº4. NATO Sfs Programme III. Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Portela, E. 1993. Potassium supplying capacity of northeastern Portuguese soils. *Plant and Soil* 154:13-20
- Portela, E. and Louzada, J. 2005a. Nutrient status of chestnuts orchards. I- Relationship with incidence of blight. *Acta Horticulturae* 693: 557-563.
- Portela, E. and Louzada, J. 2005b. Nutrient status of chestnuts orchards. II- Seasonal nutrient variation in the inner bark of chestnut in two orchards with different incidence of blight. *Acta Horticulturae* 693: 565-573.
- Portela, E. e Pinto, R. 2004. Práticas culturais em soutos de Trás-os-Montes e relação com a incidência do cancro. Relatório Técnico do Projecto AGRO 151, Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Portela, E. e Pires, A.L. 1994. Balanço de nutrientes em dois soutos de Trás-os-Montes. Actas do III Congresso Florestal Nacional, Figueira da Foz, 15-17 Dezembro 1994, Páscoa, F., Pinheiro, L., e Isidoro, A. eds., 142-153.
- Portela, E. e Pires, A.L. 1995. Nutrient deposition and leaching by rainwater in low and intensively managed chestnut groves. Proceedings of the Conference in Erosion and Land Degradation in Mediterranean. Aveiro, 14-18 de Julho de 1995, Universidade de Aveiro, 307-317.
- Portela, E. e Pires, A.L. 1999. Impact of intensive management practices on soil fertility parameters in chestnut groves. Extended abstracts of the 6th International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate. Barcelona, 4-9 July 1999, J. Bech ed., 666-668.
- Portela, E. e Portela J. 1996. Práticas culturais em soutos da Padrela. Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Portela, E., Aranha, J., Martins, A. e Pires, A.L. 1999a. Soil factors, farmer's practices and chestnut ink disease: some interactions. *Acta Horticulturae* 494: 433-441.
- Portela, E., Ferreira-Cardoso, J., Roboredo, M. e Pimentel-Pereira, M. 1999. Influence of magnesium deficiency on chestnut (*Castanea sativa* Mill.) yield and quality. In: Anaç, D. and Martin-Prével, P. eds. Improved Crop Quality by Nutrient Management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 153-158.
- Portela, E., Martins, A. e Pires, A.L. 1998. Práticas Culturais de Limitação da Tinta do Castanheiro. UTAD-NATO-DRATM, Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Portela, E., Roboredo, M. e Louzada, J. 2003. Assessment and description of magnesium deficiencies in chestnut groves. *J. of Plant Nutrition* 26:503-523.
- Pritchett, W.L. e Fisher, R.F. 1987. Properties and Management of Forest Soils (2nd edition). New York, J. Wiley & Sons.
- Raimundo, F. 2003. Sistemas de mobilização do solo em soutos. Influência na produtividade de castanha e nas características físicas e químicas do solo. Vila Real Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Tese de Doutoramento.
- Raimundo, F., Branco, I., Martins, A. e Madeira, M. 2001. Efeito da intensidade de preparação do solo na biomassa radical, regime hídrico, potencial hídrico foliar e produção de castanha de soutos do Nordeste Transmontano. *Revista de Ciências Agrárias* 24: 415-423.
- Raimundo, F., Fonseca, S., Martins, A. e Madeira, M. (em publicação) Avaliação das propriedades físicas e químicas do solo sujeito a diferentes sistemas de mobilização em soutos do Nordeste Transmontano. *Revista de Ciências Agrárias*.

- Ribeiro, J. 2004. Influência de práticas culturais na variação espacial de propriedades químicas do solo em soutos de Trás-os-Montes. Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Relatório Final de Estágio da Licenciatura em Engenharia Florestal.
- Ribeiro, M.A.M. 1998. Estudo litogeoquímico das formações metassedimentares encaixantes de mineralizações em Trás-os-Montes Ocidental. Implicações Metalogénicas. Folha 6D da Carta Geológica de Portugal 1:50 000. Porto, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Tese de Doutoramento.
- Rice, C.W., Smith, M.S. e Blevins, R.L. 1986. Soil nitrogen availability after long-term continuous no-tillage and conventional tillage corn production. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 1206-1210.
- Ridley, A., Ridley, D., Carmichael, S. e Schneider, H. 1999. The Australian chestnut growers' manual: review of word literature, major issues and best practices. Australia, Ridley, D. and Beaumont, J. eds. Department of Natural Resources and Environment.
- Savill, P., Evans, J., Auclair, D. e Falck, J. 1997. Plantation Silviculture in Europe. Oxford, Oxford Univ. Press.
- Shear, C.B. 1975. Calcium-related disorders of fruits and vegetables. *Hortscience* 10: 361-365.
- Slovik, S. 1997. Tree physiology. In: Hüttl, R.F. and Schaaf, W. eds. Magnesium Deficiency in Forest Ecosystems. London, Kluwer Academic Publishers, 101-214.
- van den Driessche, R. 1984. Nutrient storage, retranslocation and relationship of stress to nutrition. In: Bowen, G.D and Nambiar, E.K.S. eds. Nutrition of Plantation Forests. London, Academic Press, 181-209.
- Vogt, K.A., Publicover, D.A. e Vogt, D.J. 1991. A critique of the role of ectomycorrhiza in forest ecology. *Agric. Ecosyst. Envir.* 35: 171-190.
- Waring, R.H. e Schlesinger, W.H. 1985. Forest Ecosystems: Concepts and Management. New York, Academic Press Inc.



7

**As micorrizas e os cogumelos
no souto**

Guilhermina Marques

7 - As micorrizas e os cogumelos no souto

Guilhermina Marques

7.1-A associação micorrízica

As árvores possuem um sistema radicular muito hierarquizado, constituído por raízes principais, mais grossas e perenes, a partir das quais se formam as raízes finas, com alongamento limitado e reduzido tempo de vida. As raízes finas, responsáveis pela nutrição da planta, constituem a maior parte da área de absorção do sistema radicular e distribuem-se principalmente na camada mais superficial do solo, explorando intensamente o solo sob a copa das árvores e expandindo-se para além desta.

A região do solo envolvente das raízes constitui a rizosfera. Nela ocorrem complexas interacções entre os microrganismos do solo e o sistema radicular, com um profundo impacto na nutrição da planta e no seu estado sanitário. Entre essas interacções, destacam-se as associações micorrízicas, resultantes da associação mutualista entre fungos do solo e as raízes.

Foi no castanheiro que as micorrizas foram observadas pela primeira vez, nos finais do Séc. XIX (Meotto, 1996). Actualmente é reconhecido que a associação micorrízica é essencial ao desenvolvimento de cerca de 90% das plantas vasculares (Smith e Read, 1997).

Existem vários tipos de micorrizas que se distinguem pelas características morfológicas e simbiontes envolvidos. No castanheiro formam-se ectomicorrizas, tal como na maioria das plantas lenhosas das regiões frias e temperadas. As ectomicorrizas caracterizam-se pela presença de um manto, formado pela camada de micélio que envolve as raízes, e da rede de Hartig, formada pela rede de hifas que se desenvolve nos espaços intercelulares do córtex radicular, onde se dão as trocas metabólicas entre a planta e os fungos. O micélio externo, na forma de hifas individualizadas ou de estruturas mais especializadas - cordões miceliais e rizomorfos – expande-se a distâncias consideráveis, aumentando o volume de solo explorado e a superfície de absorção do sistema radicular (Smith e Read, 1997).

Esta associação é benéfica tanto para as plantas como para os fungos. Os fungos beneficiam do fornecimento de hidratos de carbono pela planta, necessários ao seu desenvolvimento e frutificação, enquanto as plantas beneficiam pelo aumento da capacidade de assimilação da água e de nutrientes e pela maior tolerância a condições ambientais desfavoráveis (Buscot *et al.*, 2000).

São conhecidas cerca de 6000 espécies de fungos ectomicorrízicos (ECM), principalmente basidiomicetas (*Basidiomycota*), mas também alguns ascomicetas

(*Ascomycota*) e zigomicetas (*Zygomycota*) (Molina *et al.*, 1992). Em condições de temperatura e humidade adequadas, muitos fungos ECM formam frutificações visíveis, os carpóforos ou cogumelos, onde se formam os esporos de reprodução sexuada que permitem a dispersão da espécie a longas distâncias (Figura 7.1).

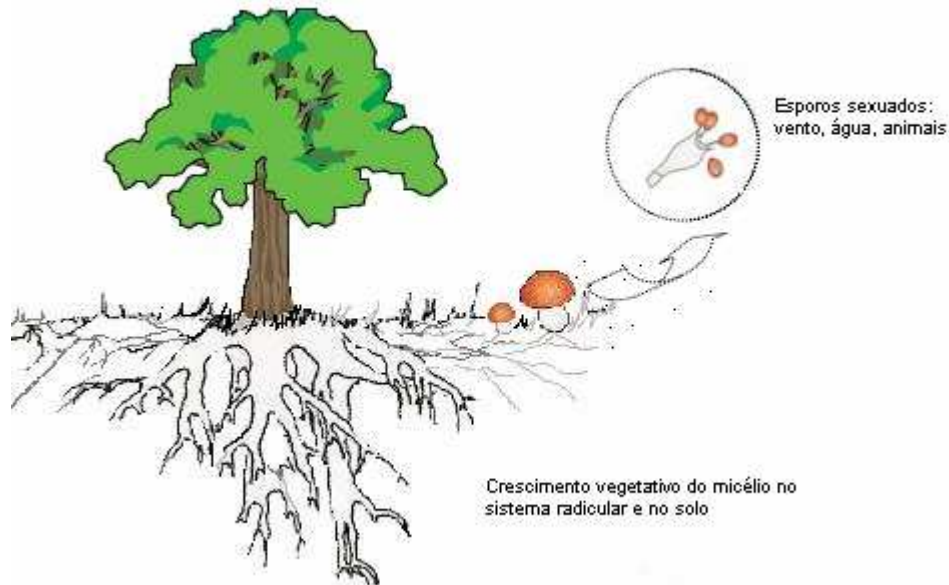


Figura 7.1 - Estratégias de dispersão dos fungos ECM.

Para além das espécies que formam frutificações visíveis, existe um grande número de espécies que apenas se desenvolvem na forma micelial ou forma frutificações de reduzidas dimensões. Até recentemente, muitos destes fungos eram desconhecidos ou classificados como saprófitas, por frutificarem em pequenos ramos em decomposição, até que os métodos moleculares permitiram identificá-los directamente nas ectomicorrizas (Kõljalg *et al.*, 2000).

Num souto ou castinçal, mesmo com uma área reduzida, existem dezenas ou centenas de espécies de fungos que diferem nas características fisiológicas e benefícios para a planta hospedeira. As amostragens realizadas no sistema radicular de castanheiros, de diferentes povoamentos, têm revelado que a totalidade das raízes finas se encontra micorrizada. A observação das ectomicorrizas permite identificar uma diversidade de fungos superior à que se regista apenas pelo inventário dos carpóforos que ocorrem nesses povoamentos (Fernandes, 2006), o que é regra geral nos estudos das comunidades ECM. A classificação das ectomicorrizas baseia-se na caracterização morfológica, para classificação em morfotipos (Figura 7.2) e na análise molecular para identificação dos fungos simbioses (Marques, 2003).



Figura 7.2 Ectomicorrizas do castanheiro. As características morfológicas e anatómicas permitem a sua classificação em morfotipos para posterior identificação por métodos moleculares.

Os fungos ECM têm um impacto directo na nutrição das plantas, pois funcionam como uma extensão do sistema radicular, aumentando o volume de solo explorado. Contribuem ainda para o aumento da actividade biológica do solo e aceleração dos processos de mineralização e disponibilização dos nutrientes para a planta (Marschner e Dell, 1994). Estes fungos estão particularmente adaptados para a mobilização de nutrientes dos solos florestais, incluindo formas orgânicas e inorgânicas de fósforo e azoto, normalmente disponíveis de uma forma heterogénea no solo e retidos em substratos complexos (Sen, 2000). Para além dos benefícios nutricionais, as micorrizas melhoram a estrutura do solo, aumentam a resistência das plantas ao stresse hídrico, a temperaturas extremas, a compostos tóxicos e aos agentes patogénicos (Smith e Read, 1997).

Os benefícios da associação micorrízica no estado nutritivo e sanitário da árvore, bem como nas propriedades biológicas do solo, são essenciais na produtividade e conservação dos ecossistemas agro-florestais mediterrânicos. O reconhecimento destes benefícios tem levado a reconsiderar algumas práticas culturais que prejudicam o funcionamento desta associação e provocam desequilíbrios nos ecossistemas, com consequências graves, sobretudo ao nível da sanidade (Marques e Nazaré-Pereira, 1997). Por outro lado, a necessidade de reduzir o consumo de fertilizantes e fitofármacos, devido aos impactes ambientais, reforça o interesse dos fungos micorrízicos e de outros microrganismos do solo na produção agro-florestal mais sustentável e amiga do ambiente (FAO, 2001).

De modo a aumentar a taxa de micorrização das plantas e melhorar o seu estabelecimento nos locais de plantação pode-se recorrer às técnicas de micorrização controlada em viveiro, com fungos adequados às diversas situações (Haselwandter e Bowen, 1996). Esta tecnologia foi recentemente introduzida em Portugal, sendo possível a aquisição de inóculos ou de plantas micorrizadas. A existência de uma base de dados moleculares de fungos ECM, desenvolvida nos últimos anos, permite garantir a qualidade das plantas e

melhorar a selecção dos inóculos, através da avaliação da sua capacidade competitiva e a persistência dos fungos no local de plantação (Marques e Nazaré-Pereira, 2006).

No castanheiro, a associação micorrízica é particularmente importante no aumento da resistência a doenças radiculares, como a doença da tinta (Branzanti *et al.*, 1999). Entre os mecanismos envolvidos nesta protecção, destacam-se (Duchesne e Peterson, 1989; Perrin, 1990):

- o papel do manto das ectomicorrizas, que constitui uma barreira física à entrada de agentes patogénicos;
- a competição pelo alimento e produção de substâncias antagonistas pelos fungos;
- a proliferação de populações de outros microrganismos antagonistas na rizosfera;
- a melhoria do estado nutritivo geral da planta, essencial para a resistência a doenças;
- a diminuição do *stresse* ambiental, como a escassez de água no Verão;
- a pré-indução dos mecanismos de defesa da planta.

A estrutura das comunidades ectomicorrízicas altera-se ao longo do tempo de vida de um povoamento, devido a interacções complexas entre os fungos, as árvores e as condições ambientais. Uma característica das comunidades ectomicorrízicas é o estabelecimento de redes miceliais, com elevada diversidade de espécies e conseqüente variabilidade fisiológica (Bruns, 1995).

Os fungos utilizados na inoculação de viveiros são, sobretudo, espécies pioneiras, que se caracterizam pela menor exigência em hidratos de carbono, maior capacidade de germinação dos esporos, maior taxa de crescimento micelial, melhor adaptação a solos com reduzido teor de matéria orgânica e maior produção de carpóforos, geralmente de reduzido tamanho. Muitas destas espécies apresentam um largo espectro de hospedeiros, estabelecendo-se rapidamente nas novas plantações, onde os nutrientes predominam na forma inorgânica (Deacon e Fleming, 1992). Entre os fungos pioneiros associados do castanheiro, pioneiros, encontram-se os géneros *Scleroderma*, *Pisolithus*, *Telephora*, *Paxillus*, *Hebeloma* e *Laccaria*, alguns dos quais chegam a frutificar quando as plântulas ainda se encontram no viveiro. Estes fungos são normalmente utilizados como inóculo quando o objectivo é reduzir a mortalidade e melhorar o crescimento das plantas nos locais de plantação (Figura 7.3).

Com o avançar da idade da planta e com o aumento da produção de fotossintetizados, começam a estabelecer-se fungos mais exigentes em hidratos de carbono. Em geral, estas espécies desenvolvem frutificações de maiores dimensões e ocorrem em solos mais ricos em

matéria orgânica, caracterizando-se pela formação de cordões miceliais ou rizomorfos e extensas redes miceliais, mais persistentes do que as dos fungos pioneiros (Dahlberg, 2001).



Figura 7.3 - Carpóforos e ectomicorrizas de fungos pioneiros: *Scleroderma polyrhizon* (esquerda) e *Pisolithus tinctorius* (direita).

Neste grupo encontram-se espécies dos géneros *Russula*, *Amanita*, *Boletus* e *Cortinarius*. Alguns fungos têm um comportamento intermédio, podendo ocorrer em plantas jovens ou adultas (Figura 7.4).



Figura 7.4.- Exemplos de carpóforos e respectivas ectomicorrizas de fases de desenvolvimento intermédias e tardias: *Amanita rubescens* (esquerda) e *Boletus edulis* (direita).

7.2-O aproveitamento de cogumelos no souto

A gestão dos soutos, para além da manutenção das árvores e aproveitamento do produto principal, a castanha, pode incluir também o aproveitamento de outros recursos, como os cogumelos, as pastagens, o mel e as plantas aromáticas. O aproveitamento de produtos complementares da produção agro-florestal representa, em alguns casos, uma parte significativa do rendimento total, podendo mesmo ultrapassar o da produção principal (Rigueiro *et al.*, 2006). É o caso dos cogumelos silvestres que são um recurso de crescente valorização.

Nem todas as espécies de cogumelos comestíveis têm valor comercial. Apenas cerca de 25 espécies têm interesse económico, mas nem todas são actualmente comercializadas. Nos soutos encontram-se as espécies mais valorizadas de cogumelos que ocorrem em Portugal, na sua maioria fungos ECM, como a *Amanita caesarea*, *Cantharellus cibarius* e as espécies de *Boletus* do grupo *edules* (*Boletus edulis*, *Boletus pinophilus*, *Boletus aestivalis* e *Boletus aereus*).

Actualmente, o aproveitamento dos cogumelos silvestres faz-se de uma forma desordenada, a nível familiar, ou por colectores que comercializam as espécies mais procuradas pelo mercado. Estes colectores fazem-no sem qualquer formação em termos de métodos adequados de colheita, sem limites no tamanho dos carpóforos e nas quantidades colhidas e, em geral, sem autorização do proprietário do terreno, colocando em risco algumas espécies mais sensíveis e o funcionamento dos ecossistemas (Marques, 2005).

Estes problemas têm sido resolvidos em diversos países por legislação própria, para promover uma adequada gestão e conservação deste recurso. Por exemplo, em Espanha, o aproveitamento dos recursos micológicos na província de Castela e Leão está regulada pelo Decreto-Lei 130/1999. Em Itália existe legislação desde 1993, que exige que os apanhadores de cogumelos tenham formação e licença. Em Portugal, alguns proprietários fazem o aproveitamento dos cogumelos silvestres, no âmbito da gestão multifuncional dos povoamentos, mas isso está longe de ser a regra (Figura 7.5). O adiamento sucessivo de medidas legislativas que regulem o sector, contribui para o desinteresse em obter um rendimento adicional, que pode ser considerável, quando se utilizam métodos adequados de gestão. Isto implica o uso de boas práticas de colheita e opção por práticas culturais que protejam os fungos no solo e favoreçam a ocorrência de frutificações, como a redução das mobilizações, a rega, os desbastes de matos e a manutenção de um adequado teor de matéria orgânica.

Apesar da influência das condições ambientais e práticas culturais na frutificação das espécies micorrízicas comestíveis, elas ainda são pouco conhecidas e apenas estudadas num reduzido número de espécies. No entanto, a maioria das práticas culturais tem influência directa no desenvolvimento e frutificação dos fungos e esse facto deve ser considerado na planificação das intervenções a realizar quando se pretende otimizar o aproveitamento micológico (Salerni e Perini, 2004; Rigueiro *et al.*, 2006). Os ensaios que estão em curso (ver capítulo 6), em soutos submetidos a diferentes intervenções no solo, permitirão avaliar melhor o comportamento das espécies de fungos comestíveis relativamente a essas práticas e elaborar recomendações para fomentar a sua produtividade.



Figura 7.5 - Exemplo de um aviso para protecção dos recursos silvestres numa propriedade privada do norte de Portugal.

Para além do uso de práticas favoráveis à frutificação dos fungos e protecção das redes miceliais no solo, outro processo de promover a produtividade de determinadas espécies comestíveis consiste na produção, em viveiro, de plantas artificialmente micorrizadas. Esta tecnologia tem sido utilizada com sucesso no género *Tuber*, em várias regiões do mundo, em condições ecológicas adequadas a estes fungos (Bonet *et al.*, 2006). Existem outros casos de sucesso variável, com espécies comestíveis, como *Lactarius deliciosus* em pinhais (Rincón *et al.*, 1999; Guerin-Laguette *et al.*, 2003). Pelo contrário, outros fungos, como os do género *Boletus*, apenas frutificam em árvores adultas, a partir dos 10 a 15 anos (Olivier *et al.*, 1998). Estas e outras espécies micorrízicas comestíveis têm um conjunto de exigências nutricionais e ecológicas, ainda desconhecidas, para sobreviver no solo e frutificar (Hall *et al.*, 2003). Certas espécies de fungos beneficiam da actividade de outros microrganismos do solo, que parecem desempenhar um papel importante na sua frutificação e capacidade de colonização (Sbrana *et al.*, 2002).

Embora seja possível a síntese micorrízica *in vitro* ou em condições de viveiro com espécies de fungos tardios, após a transplantação em condições naturais é frequente a substituição por espécies pioneiras, de maior capacidade competitiva para a colonização das raízes jovens que se formam à medida que se desenvolve o sistema radicular. Deste modo, no estado actual de conhecimentos, a produção de cogumelos silvestres está principalmente dependente de uma adequada gestão das populações naturais, da protecção dos seus habitats e criação de condições favoráveis à frutificação (Peña, 2003; Pilz *et al.*, 2003).

Devido à dependência das condições ambientais, a produtividade pode variar consideravelmente de ano para ano. Nos soutos, a maior parte da produção de cogumelos ocorre na época de Outono, desde início de Outubro, após as primeiras chuvas, até finais de Novembro, depois da colheita da castanha, quando se verifica, descida acentuada da temperatura e as árvores entram em repouso vegetativo. A época de Primavera pode ser igualmente produtiva se ocorrer precipitação suficiente.

Nas figuras seguintes descrevem-se as espécies de maior interesse económico e gastronómico, associadas ao castanheiro.



Amanita caesarea (Scop.) Pers.

Chapéu: globoso, depois convexo-aplanado, até 20 cm de diâmetro, com bordo estriado.

Cutícula: lisa, separável, cor vermelho-alaranjado, com restos de placas brancas.

Himenófero: lâminas amarelas, livres, com lamélulas.

Pé: cilíndrico, amarelo, com anel membranoso grande e da cor do pé. Volva grande, branca.

Carne: branca e amarelada sob a cutícula.

Obs: espécie de maior valor comercial que ocorre em Portugal. É termófila e tipicamente mediterrânica.



Boletus edulis Bull.: Fr.

Chapéu: hemisférico, convexo-aplanado numa fase avançada da maturação, até 25 cm de diâmetro.

Cutícula: cor castanho-ocráceo, lisa, ligeiramente viscosa em tempo húmido, muitas vezes com uma margem branca.

Himenófero: tubos de cor esbranquiçada no início, que passa a amarelado e finalmente a esverdeado com a maturação dos esporos.

Pé: obeso a fusiforme, cilíndrico, cor creme e com reticulado na parte superior.

Carne: branca e imutável ao corte. Odor e sabor agradáveis.



Boletus pinophilus Pilát e Demerk

Chapéu: hemisférico no início, depois convexo, até 30 cm de diâmetro.

Cutícula: cor castanha-avermelhada escuro, brilhante, lisa a irregular.

Himenófero: tubos esbranquiçados no início, que passam a amarelo-esverdeado.

Pé: robusto, maciço, cilíndrico, claro, com tons avermelhados e com reticulado no terço superior.

Carne: branca e imutável ao corte. Odor e sabor agradáveis.

Obs: Muito frequente em soutos. Excelente comestível.



Boletus aereus Bull.: Fr.

Chapéu: o mesmo porte das espécies anteriores, até 20 cm de diâmetro.

Cutícula: seca e aveludada, cor castanho escuro, com tons cinzentos.

Himenófero: tubos de cor branca que apenas amarelam um pouco numa fase muito avançada.

Pé: robusto, cor castanho claro com reticulado da mesma cor.

Carne: branca e imutável ao corte. Odor e sabor agradáveis



Boletus aestivalis Bull.: Fr.

Chapéu: hemisférico, convexo-aplanado numa fase avançada da maturação, até 25 cm de diâmetro.

Cutícula: seca, ligeiramente aveludada, e frequentemente fendilhada. Cor mais clara que as espécies anteriores.

Himenófero: tubos esbranquiçados que passam a amarelo-esverdeado.

Pé: semelhante ao das espécies anteriores, mas com um reticulado bem marcado ao longo de todo o comprimento.

Carne: branca e imutável ao corte. Odor e sabor agradáveis.

Obs: espécie que predomina na Primavera.



Cantharellus cibarius Fr.

Chapéu: plano ou infundibiliforme, até 10 cm de diâmetro.

Cutícula: lisa, amarela.

Himenófero: com pregas anastomosadas, decorrentes e da cor da cutícula.

Pé: da cor do chapéu, com área basal acastanhada.

Carne: branca amarelada de sabor doce e odor frutado.

Obs: espécie também frequente nas Primaveras chuvosas em todo o tipo de bosques.



Lepista nuda (Fr.:Fr.) Cooke

Chapéu: convexo a aplanado, até 16 cm de diâmetro.

Cutícula: lisa, cor violeta por vezes com manchas castanhas no centro.

Himenófero: lâminas estreitas, de cor violeta.

Pé: cilíndrico, fibroso, da mesma cor das lâminas.

Carne: violeta. Muito aromática.

Obs: espécie cuja frutificação se pode prolongar durante o Inverno.



Russula virescens (Schaeff.) Fr.

Chapéu: hemisférico a plano, até 15 cm de diâmetro.

Cutícula: seca, verde-oliva a esbranquiçada, estriada.

Himenófero: lâminas brancas a creme, apertadas e livres.

Pé: cilíndrico e branco.

Carne: espessa, compacta e firme. Sabor doce.

Obs: existem outras espécies do género *Russula* também de interesse como *R. cyanoxantha* e *R. vesca*.



Amanita rubescens Pers.

Chapéu: hemisférico a plano, até 20 cm de diâmetro.

Cutícula: lisa, com verrugas pequenas esbranquiçadas repartidas irregularmente por um fundo de cor variável, desde amarelado a rosado.

Himenófero: lâminas brancas, com manchas rosadas, de cor vinosa no final.

Pé: robusto, cilíndrico, branco com tons rosados, volva pouco evidente e anel branco com bordo vinoso.

Carne: branca que fica rosada em contacto com o ar.

Obs: espécie que pode ser consumida, mas com a precaução de uma boa cozedura (para destruição de hemolisinas).



Clitopilus prunulus (Scop.:Fr.) P. Kumm.

Chapéu: inicialmente convexo, depois plano

Cutícula: viscosa com a humidade, cor branca.

Himenófero: lâminas estreitas de cor branca que passam a rosa com a maturação dos esporos.

Pé: branco, cilíndrico, por vezes curvado e excêntrico.

Carne: branca com odor e sabor intensos a farinha ou pepino.

Obs: espécie de risco devido a possibilidade de confusão com outras espécies brancas tóxicas.



Macrolepiota procera (Scop.:Fr.) Singer

Chapéu: inicialmente esférico que passa a aplanado, até 35 cm de diâmetro.

Cutícula: coberta de escamas fibrosas, castanhas, orientadas radialmente sob um fundo claro.

Himenófero: lâminas numerosas, livres, brancas a bejes.

Pé: cilíndrico, muito fibroso, oco, alto (20 a 30 cm), com anel membranoso e bolbo bem marcado na base. Castanho claro com fibrilhas escuras.

Carne: branca. Odor agradável.

Obs: frutifica também em prados. Facilmente reconhecida e muito utilizada em autoconsumo.



Agaricus campestris L.:Fr.

Chapéu: hemisférico que passa a convexo, até 10 cm de diâmetro.

Cutícula: lisa, branca, ligeiramente excedente no bordo.

Himenófero: lâminas rosadas que vão escurecendo até ficarem castanho escuro ou quase preto.

Pé: branco, cilíndrico, curto, com anel membranoso e fugaz.

Carne: branca, que se torna rosada ao corte. Odor e sabor agradáveis.

Obs: frequente em solos onde há pastoreio.



Fistulina hepatica Schaeff.: Fr.

Chapéu: semicircular, até 25 cm.

Cutícula: vermelha viscosa, quando jovem.

Himenófero: tubos inicialmente brancos, depois rosados.

Pé: curto, carnoso.

Carne: espessa e fibrosa. Liberta um líquido vermelho ao corte.

Obs: fungo parasita de árvores velhas e doentes, principalmente carvalhos e castanheiros.

A origem silvestre, principalmente em áreas florestais, aliada à diversidade de formas, sabores, cores e aromas, contribui para que os cogumelos sejam um produto apreciado do ponto de vista gastronómico. No entanto, o consumo de cogumelos envolve riscos devido à existência de espécies tóxicas e mortais, como a *Amanita phalloides*, *Amanita verna*, entre outras. A crescente procura destes produtos tem sido acompanhada por alguns casos de vítimas de intoxicação, que por vezes resultam em morte.

São frequentes os conselhos relativamente ao uso de uma navalha para cortar os pés dos cogumelos. Porém, esta prática é bastante perigosa quando utilizada em algumas espécies de

lâminas brancas, como no caso da espécie *Tricholoma portentosum*, comestível apreciada, que pode ser confundida com a *Amanita phalloides*, a espécie mais tóxica e mortal. A confusão estabelece-se quando não se verifica nesta última espécie a presença da volva característica, devido ao corte do pé. A colheita de cada espécie exige, por isso, um conhecimento rigoroso das suas características e das potenciais possibilidades de confusão.

Também no que respeita à formação dos agentes envolvidos no domínio da fiscalização alimentar, Portugal fica bem aquém do que seria desejável, dada a sua formação incipiente ou nula nesta área. Neste aspecto destacam-se alguns países como França, onde o farmacêutico da mais pequena localidade tem conhecimentos para esclarecer qualquer dúvida na identificação das espécies, ou o caso de Itália, onde existe o papel do micólogo profissional, que para além da actividade de formação, assegura também a fiscalização no circuito comercial. Essa fiscalização não se destina apenas a evitar as intoxicações, pelo consumo de espécies tóxicas, mas também para garantir a qualidade e o adequado estado de conservação, tanto nos produtos comercializados a fresco como nos transformados (Follesa, 2002).

Se a intensificação da colheita comercial reflecte a importância do aproveitamento de cogumelos pelas populações rurais, têm surgido preocupações acerca dos impactos da colheita na sanidade das árvores, dado que a maioria das espécies colhidas são micorrízicas. No entanto, a colheita de cogumelos apenas consiste na recolha das frutificações dos fungos, permanecendo o micélio no solo. Este volta a frutificar quando as condições se tornam favoráveis, como confirmam alguns estudos de monitorização a longo prazo, que indicam que a colheita, por si só, não prejudica a sobrevivência do micélio no solo (Norvell e Roger, 1998). No entanto, os métodos de colheita que danificam o sistema radicular das árvores, o arrastamento da folhada, a recolha de exemplares demasiado jovens, com conseqüente redução da libertação dos esporos, para além do pisoteio excessivo, reflectem-se negativamente nas populações de fungos podendo conduzir ao seu declínio (Arnolds, 1995; Pilz e Molina, 2002).

Por este facto têm vindo a ser divulgadas as boas práticas para a colheita segura e sustentável de cogumelos silvestres, adaptadas do original “*The Wild Mushroom Picker’s Code of Conduct*”, elaborado pela British Mycological Society.

Boas práticas para a colheita e consumo de cogumelos

- colher apenas as espécies que se conseguem identificar sem qualquer dúvida;
- utilizar cestos de vime para a colheita, de modo a permitir o arejamento;
- não danificar as raízes nem revolver a folhada em decomposição;
- não apanhar exemplares demasiado imaturos, porque são difíceis de identificar e ainda não libertaram os esporos, nem os exemplares em fases avançadas de maturação, pois podem estar contaminados com fungos tóxicos;
- não recolher cogumelos em locais onde existem riscos de contaminação com produtos tóxicos, nem em zonas industriais;
- não destruir as espécies não comestíveis porque também têm uma importante função ecológica;
- fazer uma limpeza prévia dos cogumelos no local da colheita;
- não invadir propriedade privada sem autorização do proprietário, a quem pertence o direito de fazer o aproveitamento dos recursos micológicos;
- não existem regras para saber se uma espécie é tóxica ou comestível, sendo sempre necessária a correcta identificação;
- é arriscado determinar a comestibilidade dos cogumelos apenas pela consulta de imagens de guias de campo e outros livros. A melhor forma de os conhecer é aprender a reconhecer todas as suas características morfológicas e organolépticas.

Para além do interesse económico e gastronómico, os cogumelos atraem um crescente número de interessados no seu conhecimento, como passatempo ou interesse científico, e que os classificam, fotografam e se deslocam às diversas actividades relacionadas com os fungos, como cursos de identificação, percursos pedestres, encontros micológicos e sessões gastronómicas. O turismo micológico representa, assim, mais uma possibilidade de valorização dos espaços rurais, associados a outros produtos locais, como a castanha, a caça, o azeite, a carne de raças autóctones e o artesanato.

Referências bibliográficas

- Arnolds, E. 1995. Conservation and management of natural populations of edible fungi. *Can. J. Bot.* 73: 987-998.
- Bonet, J.A., C.R. Fischer, C.R. e Colinas, C. 2006. Cultivation of black truffle to promote reforestation and land-use stability. *Agron. Sustain. Dev.* 26 :69–76.
- Branzanti, M.B., Rocca, E. e Pisi, A. 1999. Effect of ectomycorrhizal fungi on chestnut ink disease. *Mycorrhiza* 9: 103-109.
- Bruns, T.D. 1995. Thoughts on the process that maintain local species diversity of ectomycorrhizal fungi. *Plant Soil* 170: 63-73.
- Buscot, F., Munch, J.C., Charcosset, J.Y., Gardes, M., Nehls, U. e Hampp, R. 2000. Recent advances in exploring physiology and biodiversity of ectomycorrhizae highlight the functioning of these symbioses in ecosystems. *FEMS Microbiology Reviews* 24: 601-614.
- Dahlberg A. 2001. Community ecology of ectomycorrhizal fungi: an advancing interdisciplinary field. *New Phytologist* 150(3): 555-562.
- Deacon, J.W. e Fleming, L.V. 1992. Interactions of ectomycorrhizal fungi. In: *Mycorrhizal Functioning: an Integrative Plant-Fungal Process*. M. F. Allen (ed.). Chapman and Hall, New York. Pp. 249-300.
- Duchesne, L.C. e Peterson, R.L. 1989. The future of ectomycorrhizal fungi as biological control agents. *Phytoprotection* 70: 51-57.
- FAO, 2001. Agricultural Biological Diversity. UNEP/CBD/SBSTTA/7/INF/11 (www.biodiv.org/doc/meetings/sbstta/sbstta-07/information/sbstta-07-inf-11-en.pdf).
- Fernandes, R.M. 2006. Diversidade ectomicorrízica em sotos sujeitos a diferentes práticas culturais. Relatório Final de Estágio em Engenharia Florestal, UTAD, Vila Real.
- Follesa, P. 2002. La figura del micologo nella legislazione italiana. *Pagine di Micologia* 17: 93-133.
- Guerin-Laguette, A., Conventi, S., Ruiz, G., Plassard, C. e Mousain, D. 2003. The ectomycorrhizal symbiosis between *Lactarius deliciosus* and *Pinus sylvestris* in forest soil samples: symbiotic efficiency and development on roots of a rDNA internal transcribed spacer-selected isolate of *L. deliciosus*. *Mycorrhiza* 13(1) : 17-25
- Hall, I.R., Yun, W. e Amicucci, A. 2003. Cultivation of edible ectomycorrhizal mushrooms. *Trends in Biotechnology* 22(10): 433-438.
- Haselwandter, K. e Bowen, G.D. 1996. Mycorrhizal relations in trees for agroforestry and land rehabilitation. *For. Ecol. Manag.* 81: 1-17.
- Kõljalg, U., Dahlberg, A., Taylor, A.F.S., Larsson, E., Hallenberg, N., Stenlid, J., Larsson, K.H., Fransson, P.M., Kårén, O. e Jonsson, L. 2000. Diversity and abundance of resupinate telephoroid fungi as ectomycorrhizal symbionts in Swedish boreal forests. *Molecular Ecology* 9(12): 1985-1996.
- Marques, G. 2003. Diversidade ectomicorrízica em viveiros e ecossistemas florestais. Tese de doutoramento. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Marques, G. 2005. Cogumelos silvestres comestíveis: problemática actual e medidas para o aproveitamento sustentável. In *Actas do 5º Congresso Florestal Nacional (Páscoa, F. e Silva, R., eds.)*, 16 a 19 de Maio, Viseu. (CD-ROM).
- Marques, G. e Nazaré-Pereira, A. 1997. Fungos ectomicorrízicos do castanheiro: um factor biótico de produção. *Revista Florestal* 10(2): 4-9.
- Marques, G. e Nazaré-Pereira, A. 2006. MycorID: a molecular database based on ITS-RFLP analysis for identification of ectomycorrhizae at Iberian Peninsula. In: *"Modern Multidisciplinary Applied Microbiology. Exploiting Microbes and Their Interactions"*, Mendez-Vilas, A. (ed.). Wiley-VCH, Weinheim. Pp.411- 415.
- Marschner, H. e Dell, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil* 159: 89-102.
- Meotto, F. 1996. Caractérisation des mycorhizes sur le terrain. *Cahiers Options Méditerranéennes* 20: 33-41.
- Molina, R., Massicote, H. e Trappe, J. M. 1992. Specificity phenomena in mycorrhizal symbiosis: community-ecological consequences and practical implications. In *Mycorrhizal Functioning: an Integrative Plant-Fungal Process*. M. F. Allen (ed.). Chapman e Hall, New York. pp. 357-423.

- Norvell, L.L. e Roger, J. 1998. The Oregon Cantharellus Study Project: Pacific Golden Chanterelle preliminary observations and productivity data (1986-1997). *Inoculum* 49(2): 40.
- Olivier, J.M., Guinberteau, J. e Rondet, J. 1998. Present research on edible *Boletus* in France. Proc. 1st International Meeting on "Ecology, Physiology and Cultivation of Edible Mycorrhizal Mushrooms, Upsala, Sweden.
- Peña, F.M. 2003. Producción y aprovechamiento de *Boletus edulis* Bull.:Fr. en un bosque de *Pinus sylvestris* L.-bases para la ordenación y valorización económica del recurso micológico forestal. Junta de Castilla y León, Serie técnica.
- Perrin, R. 1990. Interactions between mycorrhizae and diseases caused by soil-borne fungi. *Soil Use and Management* 6(4): 189-195.
- Pilz, D. e Molina, R. 2002. Commercial harvest of edible mushrooms from the forests of the Pacific Northwest United states: issues, management and monitoring for sustainability. *For. Ecol. Manag.* 165: 3-16.
- Pilz, D., Norvell, L., Danell, E. e Molina, R. 2003. Ecology and management of commercially harvested chanterelle mushrooms. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-576. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Rigueiro, A., Romero, R. e Villarino, J.J. 2006. Las setas, un recurso do monte gallego. *An. Assoc. Micol. Pantorra* 6: 133-140.
- Rincón, A., Álvarez, I.F. e Pera, J. 1999. Ectomycorrhizal fungi of *Pinus pinea* L. in northeastern Spain. *Mycorrhiza* 8: 271-276.
- Salerni, E. e Perini, C. 2004. Experimental study for increasing productivity of *Boletus edulis* s.l. in Italy. *For. Ecol. Manag.* 201:161-170.
- Sbrana, C., Agnolucci, M., Bedini, S., Lepera, A., Toffanin, A., Giovannetti, M., P. e Nuti, M.P. 2002. Diversity of culturable bacterial populations associated to *Tuber borchii* ectomycorrhizas and their activity on *T. borchii* mycelial growth. *FEMS Microbiology Letters* 211: 195-201.
- Sen, R. 2000. Budgeting for the wood-wide web. *New Phytol.* 145(2): 161-163.
- Smith, S.E. e Read, D.J. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. 2nd edition. London, UK. Academic Press.



8

**Valorização da castanha portuguesa
características tecnológicas e
nutricionais**

Jorge Ferreira-Cardoso

“... A importância económica e social do castanheiro justifica amplamente, se não impõe, o desenvolvimento de estudos que permitam substituir tantas das noções empíricas de hoje por conhecimentos exactos, apoiados numa base científica ...”

VIEIRA NATIVIDADE, J., 1945

8 - Valorização da castanha portuguesa

Características tecnológicas e nutricionais

Jorge Ferreira-Cardoso

O castanheiro europeu (*Castanea sativa* Mill.) ocupa vastas áreas de Trás-os-Montes, Beira Interior e Nordeste Alentejano (Serra de S. Mamede). Encontrando nesses locais as melhores condições edafoclimáticas e ecológicas, esta ancestral espécie frutícola origina laços de interdependência com as populações rurais traduzidos em relevância económico-social e na contribuição para o fornecimento de proteína e, principalmente, energia nas dietas tradicionais de regiões desfavorecidas.

Um certo regresso ao passado na descoberta dos valores tradicionais, associado a uma evolução da culinária e das formas de transformação da castanha, constituem elementos favoráveis a um novo aumento do consumo deste fruto, tanto em fresco, como em diversos transformados que asseguram a diversificação e a qualidade requeridas. Este progresso no consumo da castanha, assente na criação de adequadas unidades industriais, contribuirá para uma mais justa valorização da produção, permitindo um aumento dos rendimentos e a manutenção de uma população indispensável ao equilíbrio das regiões produtoras. Esta evolução deixa antever possibilidades para crescimento das nossas exportações de castanha, em fresco e transformada, exigindo-se porém produção baseada nas melhores variedades e uma melhoria sensível na qualidade da produção actual. A par desta actuação, e devido às exigências tecnológicas dos novos mercados e à diversificação de utilizações, é necessário apostar na produção de frutos de boa qualidade quanto à dimensão, monospermia, conservação, sabor e composição estrutural e bioquímica, o que implica a caracterização das diversas variedades existentes, de modo a permitir seleccionar as que produzem frutos mais adequados às diversas formas de utilização.

Assim, no sentido de caracterizar e seleccionar as melhores variedades para cada região e segundo os destinos da produção – consumo em fresco e transformação – temos realizado alguns estudos relacionados quer com as características comerciais e tecnológicas, quer com a composição química e valor nutritivo deste fruto, aspectos que, além da grande importância que representam para a agro-indústria (valorização mais adequada da castanha), produtores e consumidores, poderão juntamente com dados morfológicos, fisiológicos e genéticos contribuir para a referida caracterização/diferenciação e selecção de variedades.

A importância económica que a castanha representa actualmente para o nosso mercado justifica amplamente toda a informação técnico-científica que vise uma melhor apreciação e valorização deste importante recurso regional. Nessa perspectiva, apresentamos um conjunto de dados obtidos nas diversas acções já empreendidas, no âmbito de vários projectos de I&D, visando o desenvolvimento e a valorização da cultura do castanheiro, e cujos resultados têm vindo a ser divulgados em diversas reuniões técnicas e em algumas publicações científicas.

8.1-Principais características comerciais e tecnológicas

No que diz respeito à comercialização da castanha no nosso País, a situação actual caracteriza-se pela existência de três tipos de mercado:

(1) O mercado de frutos frescos, que permite o abastecimento directo dos consumidores para o consumo doméstico em fresco (crua, cozida ou assada), e também o consumo tradicional da castanha assada, vendida por assadores nas ruas das cidades;

(2) A exportação em fresco ou congelada, que apesar de um progressivo declínio no que toca aos mercados tradicionais (Brasil e Venezuela), tem vindo a acentuar-se cada vez mais para os países europeus (principalmente, França, Espanha, Itália e Suíça), dada a boa qualidade e aptidão tecnológica das castanhas portuguesas, e começa a ter igualmente uma maior representatividade no Canadá e E.U. América, mercados até agora dominados pela concorrência italiana;

(3) O mercado de transformação, praticamente inexistente, mas que urge implementar e apoiar, a fim de permitir o escoamento dos excedentes e o aproveitamento dos frutos de inferior qualidade, obtendo-se um produto valorizado e com grande aceitação no mercado consumidor.

A valorização das castanhas varia significativamente consoante o seu destino, o qual por sua vez depende da qualidade dos lotes oferecidos. Assim, cada destino e/ou tipo de fabrico necessita de qualidades mínimas bem determinadas. Segundo Bergougnoux *et al.*

(1978) e Pereira-Lorenzo (1994), as características que mais interessam em função do destino das castanhas são: a compartimentação ou polispermia, o rachado, a conservação, o período de maturação, a despela ou descasque, o calibre, a cor, as penetrações e o sabor.

Com base nos dados obtidos quer pela observação que temos vindo a efectuar ao longo de vários anos de estudo, quer através da consulta e diálogo estabelecido com técnicos e agricultores, analisaremos, em seguida, cada um destes aspectos, caracterizando sumariamente as variedades mais difundidas.

A compartimentação das castanhas diz respeito ao número de sementes (cotilédones) presentes no seu interior. O fruto com uma só semente (monospermico) denomina-se "marron", e quando a percentagem de frutos polispermicos é inferior a 12%, diz-se que a variedade apresenta a característica "marron" (Bergougnoux *et al.*, 1978). Esta distinção reveste-se de grande importância, uma vez que tem influência directa e de modo acentuado sobre o nível de valorização da produção. Na realidade, enquanto os frutos com a característica "castanha" (polispermia superior a 12%), dada a sua menor aptidão para o descasque mecânico, apenas são utilizados para o consumo em fresco e para o fabrico de cremes e purés, os que possuem a característica "marron", além de também poderem ser utilizados, com alguma vantagem, para o consumo em fresco, adaptam-se melhor à transformação industrial em diversos produtos de interesse, uma vez que apresentam menor dificuldade para o descasque.

Relativamente aos restantes critérios, a característica "marron" assume, hoje em dia, uma importância primordial, tendo conduzido à selecção exclusiva das variedades cujos frutos são "marrons" e com boa aptidão para o descasque. De um modo geral, a maior parte das variedades portuguesas possuem esta característica, o que as torna muito apreciadas e procuradas para a utilização industrial. Das variedades mais conhecidas, apenas a Judia poderá oferecer algumas dúvidas quanto à sua monospermia. Na verdade, apesar das nossas observações indicarem uma quantidade de frutos compartimentados superior às restantes, mas em todo o caso inferior a 12%, existe alguma bibliografia que aponta no sentido contrário (Fernandes, 1954; Gomes, 1982), o que a confirmar-se constitui um factor depreciativo para esta variedade.

O rachado é um factor com grande influência na conservação das castanhas, condicionando a sua venda em fresco. De acordo com Pereira-Lorenzo (1994), trata-se de uma característica varietal, mas intimamente relacionada com as condições pluviométricas, uma vez que é mais frequente quando as precipitações outonais se atrasam, devido ao facto de já se ter iniciado a dessecação tanto do tegumento ou episperma (casca interna) como do

epicarpo (casca externa). O posterior crescimento dos cotilédones provoca então a rotura quer do tegumento, quer do epicarpo, constituindo um grave defeito, cuja consequência principal é a repercussão na sua conservação. Esta é gravemente afectada, dado o rachado constituir porta de entrada para variados insectos parasitas (doenças de pós-colheita). No nosso País este problema não é muito grave, podendo verificar-se, no entanto, com maior ou menor importância, de acordo com a distribuição pluviométrica do ano considerado. As variedades que parecem mais sensíveis a este defeito são precisamente as mais precoces, principalmente, a Avelira e, em menor escala, a Bária, Lamela e Bebim.

O rachado determina pois a maior ou menor capacidade de conservação e, por sua vez, está quase sempre associada ao período de maturação. Normalmente, a época de colheita, na maior parte das nossas regiões produtoras, concentra-se entre meados de Outubro e meados de Novembro (castanha semi-tardia e tardia), podendo estender-se, no entanto, desde o final de Setembro ao final de Novembro. Neste aspecto, a Avelira destaca-se pela sua precocidade, atingindo a plena maturação entre o final de Setembro e meados de Outubro, sendo por isso muito bem paga. Contudo, apresenta um fraco poder de conservação, apodrecendo facilmente após a queda e atingindo rapidamente elevadas percentagens de frutos inutilizáveis. Outra variedade também bastante valorizada pela sua precocidade (meados a fim de Outubro), mas que enferma igualmente de alguns problemas de conservação, é a Bária, originária da região do Marvão (Portalegre). Regra geral, verifica-se que as variedades semi-tardias (Negral, Lamela, Bebim, Boaventura e Martaínha) e tardias (Judia, Longal, Lada, Trigueira, Rebolão e Benfeita) apresentam uma melhor aptidão para a conservação natural.

Contudo, além de variável consoante as variedades, a capacidade de conservação das castanhas depende igualmente das condições climáticas verificadas em cada ano. Um tratamento pós-colheita, de forma a eliminar os frutos deteriorados e a controlar a infestação de insectos parasitas e a contaminação por fungos, associado a óptimas condições de armazenagem, permitem preservar a qualidade para venda em fresco das castanhas durante períodos prolongados. Segundo Payne *et al.* (1983), as castanhas podem ser conservadas em bom estado durante 4-6 meses a 0 °C, e até 12 meses se o seu conteúdo de água for mantido perto dos 40%, o que se consegue em câmaras de refrigeração adequadas, com uma humidade relativa constante de 65-70%. Estes mesmos autores referem ser essencial anular a ocorrência de condensação nas castanhas armazenadas, para evitar o seu apodrecimento.

Outros aspectos igualmente importantes para a escolha e selecção de variedades, dizem respeito ao número de frutos bem formados existentes em cada ouriço, bem como à maior ou

menor facilidade de abertura (deiscência) dos ouriços na época de maturação. Regra geral, as nossas variedades apresentam uma boa deiscência dos ouriços, sendo a Judia a que possui o maior número de castanhas bem formadas por ouriço (em média três, mas podendo com alguma frequência atingir os seis).



Figura 8.1 - Aspecto da boa deiscência dos ouriços em plena época de maturação e número de castanhas bem formadas (4), típico da variedade Judia.

Quanto à facilidade de descasque ou despela, característica importante para a castanha destinada à indústria, é assinalável para a maioria das nossas variedades, destacando-se tradicionalmente a Longal e/ou Enxerta, facto que a torna muito procurada pelas unidades de transformação estrangeiras, sinónimo de uma acentuada valorização. Mas, apesar da boa aptidão tecnológica da maioria das nossas variedades, surgem algumas dificuldades para encontrar lotes homogéneos, devido em grande parte à elevada diversidade varietal. Outro problema é a actual tendência das nossas regiões produtoras se vocacionarem para variedades de castanha mais valorizadas para consumo em fresco, com dimensões, cor e brilho atractivos, relegando para segundo plano outras variedades muito mais adaptadas para a transformação industrial, como é o caso da Longal.

O tamanho dos frutos surge estritamente associado às diferentes formas de utilização, sendo melhor apreciado pelo calibre, que corresponde ao número de castanhas que perfazem 1 kg. Além de constituir uma intrínseca característica varietal, o calibre está bastante relacionado com as condições edafoclimáticas, bem como com os tratamentos culturais das árvores, de tal forma que um castanheiro envelhecido e com uma deficiente renovação da

copa renderá geralmente um mau calibre. As variedades que apresentam melhores calibres, entre 50 e 70 frutos/kg são a Judia, Martáinha, Lamela, Boaventura, Rebolão e Bebim. A Lada, Negral, Avelreira, Bária e Benfeita possuem igualmente calibres interessantes (70 a 90 frutos/kg), enquanto a Longal e Trigueira são as que apresentam um calibre inferior, cerca de 90-100 frutos/kg.



Figura 8.2 - Aspecto da semente (fruto sem cascas) de algumas das principais variedades existentes na região de Trás-os-Montes.

As penetrações também afectam o processo de descasque, uma vez que dificultam a separação do episperma ou tegumento (casca interna) dos cotilédones. Este aspecto reveste-se de grande importância para as castanhas destinadas à transformação industrial. As que apresentam cotilédones lisos ou penetrações com sulcos largos e abertos, podem ser facilmente descascadas. Pelo contrário, as que possuem pregas finas e profundas têm uma menor aptidão para a despela. A Judia, Lamela e Rebolão são as que apresentam uma percentagem maior de frutos com penetrações; à Benfeita, Trigueira e, sobretudo, Longal cabem-lhes os valores mais baixos; a Martáinha, Boaventura, Lada, Negral, Avelreira, Bária e Bebim apresentam níveis aceitáveis, surgindo numa posição intermédia.

O sabor das castanhas constitui um aspecto qualitativo muito importante, principalmente para o consumo em fresco. Apesar de variável, a maior parte das nossas

variedades possuem um sabor assinalável, destacando-se pela sua fama a Longal e/ou Enxerta, constituindo outro factor responsável pelo grande apreço que esta variedade goza, tanto a nível interno como no estrangeiro. A Trigueira, cujo sabor bem como as restantes características tecnológicas podem comparar-se às da Longal é, no entanto, muito menos conhecida e cultivada. Além do aspecto (forma, cor) e calibre muito favoráveis, a Judia, a Boaventura e a Martáinha possuem igualmente um sabor que muito as valoriza.

Estudos sobre polinização no castanheiro (Tanaka e Kotobuki, 1992; Sedgley e Griffin, 1989 *cit.* por Gomes *et al.*, 1997) revelaram que algumas características, como a precocidade produtiva dos gomos, o período de dormência da semente, o tamanho e forma dos frutos, a época de maturação e a facilidade de separação do tegumento da semente, podem ser afectadas pelo genótipo do pólen da variedade polinizadora, isto é, pelas características genéticas do progenitor masculino, traduzindo assim fenómenos de xenia e metaxenia. Todavia, Gomes *et al.* (1997) referem que o factor que mais determina o tamanho e forma do fruto, considerando o mesmo local e genótipo, é a pluviosidade e o modo como ela se distribui, principalmente, na época mais seca do ano, que coincide com o período de maior actividade vegetativa desta espécie.

8.2-Composição química e valor nutritivo

Um juízo mais preciso do valor alimentar da castanha, resulta inegavelmente da análise da sua composição química, a qual depende, essencialmente, do binómio genótipo (variedade) - ambiente (condições edafoclimáticas). Por outro lado, visto tratar-se de um fruto em que os seus diferentes constituintes - semente, tegumento e epicarpo - representam em média cerca de, respectivamente, 83,3%, 4,3% e 12,3% do total do peso fresco (equivalente a 77,9%, 6,9% e 15,2% em relação ao peso seco), segundo dados obtidos em variedades italianas por Bassi e Marangoni (1984), não será certamente indiferente considerar cada um ou o conjunto desses constituintes.

Neste capítulo pretende-se disponibilizar um conjunto de informações sobre o valor nutritivo da castanha e sua variação com as condições edafoclimáticas, que juntamente com outros conhecimentos no campo da morfologia, fisiologia e genética, poderão contribuir para a caracterização de variedades, permitindo seleccionar as que produzem frutos mais adequados às diversas formas de utilização. Por outro lado, a demonstração do importante papel que este fruto pode readquirir na alimentação, satisfazendo parte das crescentes necessidades nutricionais, em vastas áreas das regiões Norte e Centro do País (solar do

castanheiro), deficitárias noutros recursos alimentares, constitui igualmente um objectivo primordial.

8.2.1-Composição química básica

No Quadro 8.1 apresentam-se os resultados obtidos em amostras do fruto sem cascas (semente), colhidas durante quatro anos consecutivos, referentes aos teores de matéria seca (MS), fibra de detergente neutro (NDF), proteína bruta (PB), gordura bruta (GB) e cinzas totais das principais variedades de castanheiro existentes nas zonas de Carrzedo de Montenegro (Judia, Lada, Lamela, Longal, Negral e Rebolão), Vinhais (Judia, Longal, Lamela, Aveleira e Trigueira) e Campeã-Vila Real (Benfeita e Bebim), e ainda de algumas árvores bravias localizadas na UTAD (Quinta de Prados-Vila Real). O fraccionamento dos constituintes da parede celular, assim como o doseamento do teor de amido, não puderam ser efectuados no conjunto dos quatro anos, pelo que os dados dos teores de fibra de detergente ácido (ADF), lenhina de detergente ácido (ADL) e celulose dizem respeito a três anos, enquanto os relativos ao amido reportam-se apenas a dois anos de estudo.

A interacção significativa obtida na análise de variância com base nos factores ano e variedade, demonstra uma apreciável variação anual para a maioria dos parâmetros determinados e, por outro lado, o teste de comparação entre médias permite constatar diferenças significativas entre variedades para qualquer um desses parâmetros.

Atendendo a esta variabilidade existente entre as diversas variedades, o conhecimento preciso da composição química da castanha apresenta grande interesse sob o ponto de vista comercial e industrial, constituindo assim mais um valioso critério quantitativo para a caracterização de variedades, directamente associado às qualidades nutritivas e às diversas utilizações deste fruto. Assim, por exemplo, quando comparamos os valores extremos das médias ponderadas obtidas para as várias variedades, observam-se diferenças de cerca de 12 g 100g⁻¹ no conteúdo de MS, de 10 g 100g⁻¹ MS no teor de amido e até 7 g 100g⁻¹ MS no teor de NDF e de PB.

Quadro 8.1 - Composição química das amostras de castanha sem cascas (semente) de diversas variedades⁽¹⁾.

LOCAL	VARIEDADE	MS (g 100 g ⁻¹ Peso fresco)	NDF	ADF ⁽²⁾	ADL ⁽²⁾	Celulose ⁽²⁾ (g 100 g ⁻¹ MS)	Amido ⁽³⁾	PB	GB	Cinzas
Carrizado de Montenegro	JUDIA	44,75 def	23,35 ab	3,37	1,33	2,05	58,90 abc	6,41 abc	1,65 b	2,42 ab
	LADA	39,11 b	22,95 a	3,21	0,91	2,30	55,02 a	8,03 c	1,15 ab	2,93 c
	LAMELA	41,39 bc	22,00 a	3,31	0,89	2,42	61,43 abc	7,11 bc	0,87 a	2,56 abc
	LONGAL	42,34 cd	23,57 ab	3,13	0,94	2,20	62,46 abc	7,00 bc	1,34 ab	2,43 ab
	NEGRAL	44,21 de	20,72 a	2,86	0,64	2,23	64,56 bc	5,42 ab	1,62 b	2,63 bc
	REBOLÃO	42,43 cd	20,24 a	2,97	0,72	2,25	56,70 ab	6,12 abc	1,22 ab	2,47 ab
Vinhais	AVELEIRA	47,27 f	27,16 b	3,19	0,91	2,28	63,49 bc	4,66 a	1,43 ab	2,28 ab
	JUDIA	44,21 de	22,24 a	2,97	0,87	2,11	63,89 bc	6,11 abc	1,35 ab	2,44 ab
	LAMELA	46,12 ef	22,38 a	2,88	0,86	2,03	64,81 c	4,69 a	1,22 ab	2,28 ab
	LONGAL	44,22 de	21,92 a	3,33	1,06	2,27	63,80 bc	5,30 ab	1,04 ab	2,33 ab
	TRIGUEIRA	44,34 de	23,35 ab	2,84	0,55	2,30	59,79 abc	6,01 ab	1,15 ab	2,43 ab
	BEBIM	40,50 bc	22,20 a	3,28	1,06	2,22	60,24 abc	7,16 bc	1,32 ab	2,89 c
Ot Prados - Vila Real	BENFEITA	35,64 a	20,02 a	3,21	0,80	2,41	54,94 a	10,12 d	1,34 ab	2,93 c
	BRAVIAS	45,55 ef	22,22 a	3,11	0,85	2,25	64,92 c	6,07 abc	1,36 ab	2,15 a
	Média ± dp	42,81 ± 5,85	22,50 ± 5,53	3,14 ± 0,51	0,90 ± 0,56	2,24 ± 0,66	60,67 ± 5,26	6,61 ± 2,38	1,30 ± 0,54	2,52 ± 0,53
EPM	0,259	0,245	0,027	0,029	0,034	0,363	0,118	0,024	0,025	0,025
CV (%)	13,7	24,6	16,4	62,5	29,3	8,7	36,0	41,3	21,2	21,2

Os valores apresentados correspondem às médias ponderadas obtidas nas amostras colhidas em: ⁽¹⁾ 4 anos; ⁽²⁾ 3 anos; ⁽³⁾ 2 anos.

MS - Matéria Seca; NDF - Fibra de Detergente Neutro; ADF - Fibra de Detergente Ácido; ADL - Lenhina de Detergente Ácido; PB - Proteína Bruta; GB - Gordura Bruta.

Em cada coluna, os valores que não apresentam uma letra em comum são significativamente diferentes (P<0,05), de acordo com o teste de comparação entre médias de *Duncan New Multiple Range*.

Mas, apesar dos dados obtidos revelarem algumas diferenças entre variedades idênticas (Judia e Longal) localizadas em diferentes locais (Carrazedo de Montenegro e Vinhais), essas diferenças não são, no entanto, estatisticamente significativas, o que demonstra resultarem mais da variação das condições edafoclimáticas, do que propriamente de diferenças no património genético. O mesmo poderá não suceder com a variedade Lamela existente nas duas zonas atrás mencionadas, já que tanto os dados referentes à composição química (diferenças significativas no teor de MS e PB) como os seus caracteres morfológicos e fisiológicos (Pimentel-Pereira *et al.*, 1999), parecem indicar que se tratam na realidade de variedades distintas.

Analisamos de seguida os resultados obtidos para cada um dos parâmetros considerados, tentando apresentar, tanto quanto possível, dados recolhidos na bibliografia disponível, que permitam não só estabelecer algumas comparações entre variedades de *C. sativa* com origens mais ou menos distantes, e até mesmo entre espécies diferentes (*C. sativa*, *C. crenata*, *C. mollissima* e *C. dentata*), como também possibilitem um enriquecimento e complementaridade que valorizem esta publicação e contribuam para um conhecimento mais detalhado das características nutricionais deste fruto.

Matéria Seca

O conteúdo de MS depende do estado de maturação das castanhas, atingindo o maior valor com o máximo grau de maturação (Desmaison *et al.*, 1984), ocorrendo pois uma acentuada redução da concentração de água, desde o aparecimento do fruto até à sua completa maturação. Este decréscimo do teor de água, que se observa de forma contínua ao longo do período de maturação, torna-se a dada altura mais acentuado (durante o último mês antes da deiscência dos ouriços e queda da castanha), coincidindo com o momento de maior actividade biossintética dos constituintes orgânicos, isto é, com o período de transição entre a fase de crescimento e a de consolidação das castanhas.

Mas ao contrário da maior parte dos frutos secos, a castanha em completo estado de maturação contém um considerável teor de água (superior a 50%), responsável pela sua menor capacidade de conservação. Com efeito, esta elevada quantidade de água permite, mesmo sob a acção do frio, a manutenção de uma actividade enzimática durante as primeiras semanas após a colheita, a qual é responsável pela alteração da composição química, principalmente no que diz respeito ao conteúdo de hidratos de carbono e vitaminas (Desmaison e Adrian, 1986). Para Breisch (1993), é empiricamente perceptível que um

elevado conteúdo de água prejudica a conservação das castanhas, uma vez que promove a condensação e o crescimento de fungos, pelo que se torna conveniente proceder a uma leve secagem das castanhas quando colhidas em tempo húmido. Contudo, este mesmo autor assinala que o aspecto demasiado seco das castanhas com um teor de água inferior a 45%, reduz o seu valor comercial.

O teor de MS, ou por diferença a quantidade de água, variou significativamente entre as variedades estudadas, traduzindo uma relação visível não só com a variedade, mas igualmente com a própria árvore e as condições edafoclimáticas a que está sujeita. Este último factor, directamente associado aos anos em estudo, contribuiu em cerca de 36,5% para a variação total ocorrida neste parâmetro, enquanto ao factor variedade e à interacção ano x variedade coube uma contribuição para essa variação de 20,8% e 3,6%, respectivamente.

Importa assinalar que o anormalmente baixo valor do conteúdo de MS obtido para a generalidade das variedades num dos anos de estudo, traduz as péssimas condições atmosféricas observadas nesse ano em todas as regiões produtoras de castanha, com reflexos assinaláveis quer ao nível da produção e calibre dos frutos, quer em termos da sua composição nos diversos elementos nutritivos. Na realidade, as intensas e constantes condições de nebulosidade e precipitação ocorridas no referido ano, durante grande parte da última fase de maturação (Setembro e Outubro), constituíram factores impeditivos para a normal ocorrência do processo fotossintético, originando um deficiente crescimento e desenvolvimento das castanhas, as quais apresentaram, conseqüentemente, um reduzido tamanho e um excessivo teor de água. O mesmo não se observou em qualquer dos restantes três anos, já que os valores obtidos para o teor de MS, associados aos dados de produção e calibre, traduzem um normal crescimento das castanhas.

Considerando a média ponderada dos quatro anos (Quadro 8.1), a Benfeita (35,6 g 100g⁻¹) e a Avelira (47,3 g 100g⁻¹), apresentaram o menor e maior teor de MS, cifrando-se a média global, para a totalidade das variedades, em 42,8 g 100g⁻¹. Estes dados estão próximos dos indicados na bibliografia existente, tanto em relação a algumas variedades italianas (45-47 g 100g⁻¹, de acordo com McCarthy e Meredith, 1988, Künsch *et al.*, 1999 e Bounous *et al.*, 2000), como francesas (38,4 a 46,7 g 100g⁻¹, segundo Bergougnoux, 1978). Contudo, são ligeiramente inferiores aos indicados quer por Rotundo *et al.* (1988) e Anelli e Mencarelli (1992) para outras variedades italianas (48 a 50 g 100g⁻¹), quer por De la Montaña *et al.* (1997) para algumas variedades existentes na Galiza (40,7 a 57,2 g 100g⁻¹), e ainda consideravelmente menores do que os obtidos por McCarthy e Meredith (1988) em amostras, tanto de castanha americana (56,3 g 100g⁻¹) como chinesa (56,0 g 100g⁻¹).

Relativamente às variedades nacionais, os dados apresentados confirmam os que obtivemos em trabalhos anteriores (Ferreira-Cardoso *et al.*, 1989, 1992, 1999), e coincidem com os observados noutros estudos de autores portugueses (Oliveira e Maia, 1987, Choupina e Silva, 1992; Vieira, 1999). De referir ainda que, qualquer que seja o ano considerado, e provavelmente também por influência dos acentuados valores de humidade, tanto atmosférica como do solo, que se fazem sentir na sua zona de origem (Campeã-Vila Real), a variedade Benfeita é a que apresenta o menor teor de MS, apenas comparável, com base nos dados bibliográficos, com o híbrido Maraval (38,4 g 100g⁻¹, segundo Bergougnoux, 1978) e algumas variedades nativas da Suíça (38,6 g 100g⁻¹, de acordo com Künsch *et al.*, 1999).

Constituintes da parede celular (NDF, ADF, ADL e Celulose)

Dado que estes constituintes estruturais representam uma fracção importante de grande número de alimentos vegetais e, por outro lado, o facto de cada vez mais se lhes atribuir um papel fundamental em termos alimentares, constituindo objecto de numerosos estudos no domínio da nutrição e fisiologia, justificam plenamente a sua quantificação. Na realidade, existe uma vasta literatura no campo da medicina e da nutrição que evidencia os inúmeros e surpreendentes benefícios da fibra alimentar em termos de saúde e bem-estar, nomeadamente, uma diminuição da absorção de lípidos, lipoproteínas e esteróides, ao mesmo tempo que estimula a excreção de ácidos biliares pelas fezes, desempenhando assim uma importante função hipocolesterolémica que possibilita, consequentemente, uma redução da incidência de doenças cardiovasculares, um efeito protector contra alguns tipos de cancro (cólon e recto) e, ainda, uma evidente contribuição no controlo da obesidade e da diabetes (Gasull, 1979; Rubio e Falkeagh, 1979). Daí que para a apreciação do valor nutritivo de um alimento, tem todo o interesse a determinação do teor destes constituintes, bem como da sua utilização digestiva. Inicialmente, e de acordo com o método de Weende, procedia-se à digestão a quente da amostra desengordurada com soluções ácidas e básicas, resultando um resíduo designado fibra bruta. No entanto, dado o desajustamento entre a fracção fibra bruta e a totalidade dos constituintes estruturais, este método perdeu validade, pelo que se encontra praticamente em desuso.

Por sua vez, a importância crescente da fracção fibrosa na alimentação humana, tem levado a que se proceda à sua quantificação em relação, o mais directamente possível, com a digestibilidade no aparelho digestivo do Homem. Daí surgir o conceito de fibra alimentar ou dietética, aceite pelos organismos internacionais como a FAO e a OMS, e definida como a

soma da lenhina e dos polissacáridos não hidrolizados pelas enzimas do tracto digestivo humano, incluindo tanto os componentes solúveis como os insolúveis em água. Engloba assim, celulosas, hemicelulosas, lenhina, pectinas, gomas e mucinas (Southgate, 1976; Trowell *et al.*, 1985).

Outra tendência consistiu em dissociar o conceito de fibra do que ocorre no aparelho digestivo, definindo-a com base apenas em critérios químicos. Assim, surgiu a definição de fibra dietética como sendo os polissacáridos não-amiláceos, excluindo nalguns casos a lenhina por não ser um hidrato de carbono, ou incluindo-a dado estar directamente relacionada e modificar sensivelmente as propriedades e características do material fibroso, de acordo com a proporção em que exista (Cummings e Branch, 1979). Aliás, a determinação da lenhina tem sido considerada de grande importância, não só por ser uma substância geralmente tida como muito pouco digestível ou mesmo indigestível, mas também porque influencia a digestibilidade de outros nutrientes.

Simultaneamente, adquiriram grande aceitação os métodos das soluções detergentes de Van Soest, inicialmente aplicados à alimentação animal (Van Soest, 1966) e alargados posteriormente ao campo da nutrição humana (Robertson e Van Soest, 1981), os quais temos vindo a adoptar nos nossos estudos. No entanto, na bibliografia publicada sobre a composição química das diferentes espécies de castanha, apenas surgem alguns dados relativos à fracção fibra bruta (por vezes, designada celulose bruta ou, simplesmente, celulose), não existindo qualquer referência, para além de outros trabalhos da nossa autoria, com esta metodologia que adoptámos para a determinação dos vários constituintes fibrosos, o que obviamente dificulta a análise comparativa de resultados.

No Quadro 8.1 encontram-se os valores médios, obtidos para cada uma das variedades analisadas, respeitantes ao conteúdo total dos compostos da parede celular (fibra de detergente neutro - NDF), bem como às respectivas porções resultantes do seu fraccionamento, isto é, fibra de detergente ácido (ADF), lenhina de detergente ácido (ADL) e celulose. No conjunto dos quatro anos, os teores de NDF oscilaram entre 20 e 27,2 g 100g⁻¹ MS, correspondentes às variedades Benfeita e Avelheira, respectivamente, tendo a média global, para a totalidade das variedades, atingido o valor de 22,5 g 100g⁻¹ MS.

Os inferiores teores de NDF registados num dos anos analisados, poderão ser reflexo do menor conteúdo de MS, resultante das inadequadas condições climáticas ocorridas nesse ano. Por sua vez, os teores de ADF, ADL e celulose variaram directamente com o conteúdo de NDF. Esta variação está de acordo com o normal processo de desenvolvimento dos componentes das paredes celulares nos vegetais. Com efeito, o mecanismo de formação da

parede celular secundária, a partir do engrossamento da parede celular primária, implica um aumento concomitante da deposição de celulose e hemicelulose, bem como a incorporação de lenhina. Assim, quando a semente alcança o seu tamanho definitivo, as paredes celulares aumentam de espessura acumulando celulose e hemicelulose.

No entanto, este mecanismo é afectado pelas condições meteorológicas, que não sendo as mais adequadas para a realização da fotossíntese, tanto podem originar uma excessiva acumulação de constituintes fibrosos (mecanismo de defesa, face ao défice hídrico), como podem, pelo contrário, conduzir a uma redução no teor destes constituintes (associada a uma incompleta maturação dos frutos). Exemplo da primeira situação, foi a que ocorreu num ano com reduzidos níveis de precipitação e baixos teores de água no solo, enquanto noutra ano em que as condições de precipitação foram exageradamente elevadas e os níveis de luminosidade muito reduzidos na fase final da maturação, originaram menores teores de fibra.

Importa assinalar que os valores de ADF são consideravelmente menores do que os de NDF, sinal de que o conteúdo de hemiceluloses neste fruto é bastante superior ao dos restantes constituintes fibrosos. Com efeito, os dados obtidos indicam, em média, uma proporção hemicelulose:celulose:lenhina de 86:10:4, o que representa um elevado conteúdo de hemiceluloses e muito baixo de lenhina. Sob o ponto de vista nutricional, esta composição é muito adequada, uma vez que as hemiceluloses são amplamente degradadas, as celuloses são-no em menor proporção, enquanto a lenhina permanece praticamente indigestível. Nessa perspectiva, o baixo conteúdo de lenhina constituiu um factor muito positivo, dado implicar a ausência de limitações adicionais na digestibilidade de outros polissacáridos e restantes componentes em geral. Assim, a baixa razão lenhina/celulose registada (em média, cerca de 0,40), aponta para um bom aproveitamento alimentar deste fruto.

Os teores de celulose variaram inversamente com os de lenhina, isto é, à medida que aumentou o grau de lenhificação do miolo da castanha, menos celulose se encontrou depositada, o que parece indicar que a lenhina se formou à custa da celulose. O valor médio de celulose, para o conjunto das variedades e anos, foi de 2,24 g 100g⁻¹ MS, variando entre 2,03 g 100g⁻¹ MS para a Lamela de Vinhais e 2,42 g 100g⁻¹ MS para a Lamela de Carrazedo de Montenegro. Esta diferença constitui um exemplo elucidativo da variação entre estas duas variedades com a mesma designação. Tal variação não pode ser só explicada pelo efeito do local e, conseqüentemente, das condições edafoclimáticas, mas também por diferenças no genótipo, detectadas de forma significativa noutros importantes parâmetros da composição química (MS e PB), tudo indicando tratar-se, efectivamente, de variedades distintas.

Relativamente a estes constituintes, os dados existentes na bibliografia, além de

escassos, resultam de diferentes metodologias, o que dificulta, obviamente, a comparação de resultados. Em todo o caso, importa referir que McCarthy e Meredith (1988) encontraram diferenças significativas nos teores de fibra bruta em amostras de diferentes espécies: 1,91, 1,64 e 1,36 g 100g⁻¹ da parte edível de castanha americana, chinesa e europeia, respectivamente. Tabelas sobre a composição de alimentos da Ciba-Geigy (Geigy, 1972) e do INRA (Bourdon *et al.*, 1984), indicam valores de fibra na ordem de 1,3 g 100g⁻¹ da substância comestível, em amostras de castanha presumivelmente de origem francesa. Estes valores são da mesma ordem de grandeza dos indicados por Oliveira e Maia (1987) para algumas variedades portuguesas (entre 1,24% e 1,66% do peso fresco). Por sua vez, outros autores fazem referência a um teor de celulose bruta, determinado em variedades nacionais, variável entre 1,18 e 1,60 g 100g⁻¹ da polpa original (Fernandes, 1954; Gonçalves Ferreira e Graça, 1977; Choupina e Silva, 1992).

Com a designação fibra bruta ou celulose bruta, todos estes valores coincidem com os que obtivemos para a fracção ADF, e expressos em relação ao peso fresco ou polpa original (entre 1,26 e 1,51 g 100g⁻¹), o que parece indicar alguma correspondência entre o conteúdo de fibra bruta, determinado segundo o método clássico de Weende, e o teor de ADF obtido pelo processo de fraccionamento com soluções detergentes preconizado por Van Soest. No entanto, dados do conteúdo de fibra bruta, com base na MS, quer de variedades italianas (entre 3,23 e 4,85 g 100g⁻¹ MS, de acordo com Bounous *et al.*, 1989), quer principalmente de variedades galegas (entre 3,1 e 7,4 g 100g⁻¹ MS, segundo De la Montaña *et al.*, 1997), sobrepõem-se aos valores que obtivemos para a fracção ADF na maior parte das variedades estudadas. Por outro lado, Bounous *et al.* (2000) indicam, para variedades italianas de castanha na forma de farinha, valores de fibra alimentar na ordem dos 14 g 100g⁻¹, dos quais apenas 1% correspondem à fibra solúvel.

Amido

Como facilmente se nota quando comemos castanhas, tanto cruas como principalmente cozidas, assadas ou reduzidas a farinha, este fruto integra-se no grupo de alimentos fortemente amiláceos. Na realidade, a seguir à água, o componente presente em maior quantidade na castanha é o amido, cujo teor médio, para a totalidade das variedades analisadas no conjunto dos dois anos, foi da ordem dos 60% MS (Quadro 8.1). Por outro lado, importa ainda realçar a assinalável diferença entre variedades, que chegou a atingir dez unidades (54,9 g 100g⁻¹ MS para a Benfeita e 64,9 g 100g⁻¹ MS para as Bravias), embora

tenha sido, de entre todos os parâmetros determinados, o que apresentou os mais baixos coeficientes de variação (valor médio igual a 8,7%).

A análise de variância revelou precisamente que o conteúdo de amido está sujeito a variações quantitativamente importantes, em função da variedade (22,4%), do ano (16,4%) e da interacção entre estes dois factores (21,6%). Contudo, a maior variabilidade parece depender do factor genético correspondente à variedade.

Mas, ao contrário do que sucede na maior parte dos frutos secos e sementes de oleaginosas, onde a biossíntese de aminoácidos e, particularmente, de ácidos gordos é de extrema relevância, na castanha prevalece a formação de hidratos de carbono de cadeia complexa, quer de natureza estrutural (celuloses e hemiceluloses que integram a parede celular), quer principalmente com funções de reserva (amido).

Assim, à luz das actuais normas dietéticas, que recomendam um aumento do conteúdo de hidratos de carbono e de fibra na dieta da população em geral, a utilização tradicional da farinha de castanha como alimento base, em substituição parcial das farinhas mais refinadas de cereais, deverá ser reavaliada. De acordo com Martins (1983) *cit.* por Choupina e Silva (1992), o elevado teor de amido da castanha parece conferir-lhe uma apreciável acção anti-alérgica, podendo ser benéfico como factor preventivo da diabetes. Por outro lado, estes últimos autores encontraram no amido da castanha uma razão amilose/amilopectina (0,75), susceptível de conferir uma boa aptidão para utilização industrial. Com efeito, alguns ensaios desenvolvidos por Silva *et al.* (1993) sugerem que a farinha de castanha possui interessantes potencialidades como ingrediente para o fabrico de produtos alimentares obtidos por extrusão-cozedura, tecnologia utilizada, por exemplo, no fabrico de flocos de cereais, aperitivos tipo “snacks”, alimentos granulados para animais e proteínas texturizadas.

Embora escassos, os dados existentes na bibliografia indicam, regra geral, valores inferiores aos aqui apresentados. Num estudo desenvolvido com três variedades portuguesas, Cota, Judia e Longal, Fernandes (1954) obteve, respectivamente, os seguintes teores de amido: 49,5, 43,4 e 51,3 g 100g⁻¹ MS. Choupina e Silva (1992) referem concentrações de amido na ordem dos 50 g 100g⁻¹ MS. Já Bergougnoux (1978), relativamente a diversas variedades francesas, indica valores de amido superiores aos anteriores (entre 53,8 e 58,7 g 100g⁻¹ MS), mas em todo o caso ligeiramente inferiores aos que observámos na maioria das variedades analisadas.

Por outro lado, Bounous *et al.* (1989) registaram variações importantes no teor de amido entre variedades e, para a mesma variedade, entre diferentes origens (47,6 a 57,1 g 100g⁻¹ MS). Num outro estudo com duas importantes variedades italianas, Rotundo *et al.*

(1988) obtiveram teores de amido (67,6 e 64,7 g 100g⁻¹ MS para as variedades Montemarano e Verdole, respectivamente) bastante superiores aos indicados na totalidade da restante bibliografia consultada e, inclusivamente, aos que temos registado nas nossas variedades. Por sua vez, Bounous *et al.* (2000) apresentam teores na ordem dos 16,9%, 24,4%, 28,3%, 40% e 41,7% em amostras cozidas, frescas, assadas, secas e reduzidas a farinha, respectivamente, o que é bem demonstrativo que na castanha o teor de amido, bem como de todos os outros constituintes, depende em grande medida da forma de conservação e utilização adoptada.

De referir ainda que Künsch *et al.* (1999), ao compararem castanhas provenientes de cinco variedades nativas da Suíça com uma italiana, verificaram que, apesar de um significativo maior conteúdo de água das castanhas suíças (61,4% vs 54,1%), elas continham, em termos de MS, um maior teor de amido (62,2% vs 58% MS). O contrário parece ocorrer nas nossas variedades, uma vez que as mais ricas em água, como a Benfeita e a Lada, foram as que apresentaram um menor conteúdo de amido (54,9% e 55% MS, respectivamente), o que está de acordo com a correlação positiva altamente significativa observada entre os teores de amido e de MS.

Na realidade, comparando o conteúdo de amido com o dos restantes constituintes, no conjunto das diversas variedades, verificou-se que aquele varia directamente com a MS ($r = 0,613$, $P < 0,001$) e inversamente com o teor de PB ($r = -0,545$, $P < 0,001$) e cinzas ($r = -0,571$, $P < 0,001$), não existindo uma relação significativa com a GB nem com a fracção NDF. Assim, apesar da impossibilidade da sua determinação nos outros dois anos, esta correlação permite-nos deduzir que os teores de amido teriam sido substancialmente mais baixos no ano em que as condições climáticas foram pouco favoráveis para a completa maturação das castanhas, dada a maior concentração de PB e sais minerais, associada aos menores conteúdos de MS registados nesse ano.

Mas, para além destas variações inerentes ao genótipo, às condições edafoclimáticas e até mesmo ao próprio procedimento analítico utilizado na sua determinação, importa não esquecer que o teor deste constituinte varia também com as condições e o período de conservação, existindo uma tendência para a sua diminuição progressiva, à medida que se degrada em unidades mais simples.

A este propósito, Hadorn (1973) *cit.* por Desmaison e Adrian (1986) observou uma redução de 5% no teor de amido e de 23% no teor de sacarose, acompanhada de um aumento concomitante de 30% no conteúdo de açúcares redutores, em castanhas conservadas no frio (5 °C) durante quatro meses. Por sua vez, num estudo realizado com castanhas provenientes de cinco variedades japonesas, Nomura *et al.* (1995) detectaram um aumento do conteúdo de

sacarose, à medida que o teor de amido diminuiu, durante um prolongado período de conservação (superior a um mês) a baixa temperatura (1 °C). Para estes autores, o maior aumento no conteúdo de sacarose registou-se nas variedades mais precoces, as quais continham, *à priori*, teores mais baixos deste açúcar, comparativamente às semi-tardias e tardias.

Para Hadorn e Jungkunz (1952) *cit.* por Desmaison e Adrian (1986), a presença de dextrinas e açúcares redutores depende em grande parte dos mecanismos enzimáticos que ocorrem durante a conservação. No estudo anteriormente mencionado, Nomura *et al.* (1995) não observaram variações significativas na actividade quer da fosforilase, quer da invertase neutra e ácida, enquanto a actividade da amilase (no caso da castanha parece ser uma β -amilase) tende a aumentar gradualmente. No entanto, não foi detectada uma relação significativa entre a actividade desta enzima e os conteúdos tanto de amido como de sacarose, o que indica a possibilidade da degradação do amido ser controlada por outro tipo de enzimas. Torna-se, assim, necessário proceder a trabalhos de investigação, que permitam esclarecer o papel das amilases durante o período de conservação das castanhas.

Proteína bruta

A variação dos teores médios de proteína bruta (PB) foi considerável (Quadro 8.1), traduzindo-se numa amplitude de quase 5,5 g por cada 100 g de amostra seca (desde 4,7 g 100g⁻¹ MS para a Aveleira até 10,1 g 100g⁻¹ MS para a Benfeita). De acordo com a análise de variância, esta variação deve-se, em grande parte, tanto ao efeito do ano (23,5%) como do genótipo (29,5%), e em menor grau à interacção entre estes dois factores (14,3%). Aliás, de todos os parâmetros determinados, o conteúdo de PB, juntamente com o de amido, constituem os únicos em que o contributo do factor variedade para a variação observada é superior quer ao do ano, quer ao da interacção ano x variedade.

Esta aparente variabilidade genética, relativamente aos teores de proteína e amido, poderá facilitar a selecção ou mesmo a produção de variedades com maiores ou menores conteúdos de amido e proteína, respectivamente. Por outro lado, a relação inversa ($r = -0,545$, $P < 0,001$) que parece existir entre estes dois constituintes, poderá significar que a selecção para um maior teor de proteína, implicará uma redução da concentração de amido, e vice-versa.

A comparação entre estes dados respeitantes ao teor de PB e os encontrados na bibliografia, poderá não ser tão linear quanto o desejável, devido à falta de uniformidade no

procedimento analítico seguido e, principalmente, no factor utilizado (5,30 ou 6,25) para a conversão do Ntotal em PB. De qualquer forma, os dados existentes na bibliografia, obtidos a partir do mesmo factor de conversão que agora utilizámos (Ntotal x 5,30), aparentam ser, de um modo geral, da mesma ordem de grandeza dos registados nas variedades analisadas.

Assim, num estudo que abrangeu diferentes espécies de castanha, McCarthy e Meredith (1988) observaram diferenças significativas no teor de proteína, correspondendo o valor médio mais baixo (4,4% MS) às de origem europeia (Itália), o mais alto (8,6% MS) às americanas e o intermédio (7,5% MS) às chinesas. Künsch *et al.* (1999) obtiveram um teor proteico médio de 7,5% e 4,8% MS para cinco variedades autóctones da Suíça e uma variedade “marron” italiana, respectivamente. Num trabalho sobre caracterização físico-química da castanha de um grande número de variedades existentes na Turquia, Üstün *et al.* (1999) encontraram teores de PB variáveis entre 3,4% e 8,3% MS, chegando a um valor médio para a totalidade das amostras de 5,7% MS. Por outro lado, Bounous *et al.* (2000) referem, consoante a forma de utilização, valores de proteína que vão desde 2,5% no caso da castanha cozida a 6,1% para a consumida na forma de farinha.

Embora com naturais variações decorrentes das condições edafoclimáticas, o teor proteico significativamente superior da Benfeita tem sido obtido, sucessivamente, ao longo de já vários anos, o que constitui um bom indicador do seu potencial genético, relativamente a este importante elemento nutritivo. Obviamente, este facto confere-lhe um assinalável valor alimentar, susceptível de oferecer aliciantes perspectivas de transformação industrial e utilização com fins dietéticos para esta variedade.

Em todo o caso, e tal como sucede na maior parte das espécies vegetais, o teor de proteína observado para cada variedade parece ser muito influenciável pelo ambiente, quer no que diz respeito ao tipo de solo, quer quanto às condições climáticas do ano. Assim, a variação no teor proteico de cada variedade nos quatro anos considerados foi notória, registando-se o CV máximo (33,9%) e mínimo (13,3%) para as variedades Lada e Lamela (Vinhais), respectivamente. No entanto, considerando as médias obtidas para a totalidade das amostras, apenas se registaram diferenças significativas entre o valor respeitante ao ano em que ocorreram condições de excessiva nebulosidade no período de maturação das castanhas (9,2% MS) e o de cada um dos outros três anos (5,7%, 6,4% e 5,8% MS). Com efeito, à excepção da Avelreira e das Bravias, cuja época de maturação é mais precoce, todas as variedades apresentaram teores de PB significativamente superiores no ano em que o clima foi adverso, enquanto as diferenças registadas entre os restantes anos tiveram, de um modo geral, pouco significado.

Na realidade, as características relacionadas quer com a produção, quer com a qualidade comercial, tecnológica e nutricional da castanha, dependem muito das condições observadas nas épocas da polinização e da sua maturação. Daí chegar-se à seguinte explicação biológica para o conhecido ditado popular “o castanheiro quer em Julho ferver e em Agosto beber”. Regra geral, a polinização desta espécie ocorre em Julho, necessitando de tempo quente e seco para a fácil dispersão do pólen, enquanto em Agosto processa-se a acumulação de reservas no fruto, o que requer, para se atingir um bom calibre, condições adequadas à realização da fotossíntese, a qual depende da disponibilidade hídrica e da luminosidade (Gomes *et al.*, 1997).

Mas, ao contrário do que teoricamente se poderia supor, nem sempre um melhor calibre implica um maior teor proteico, verificando-se frequentemente a obtenção de níveis de PB mais elevados nos anos em que as castanhas apresentam pior calibre resultante de uma maturação deficiente. Aliás, este facto observa-se nos dados obtidos, que traduzem uma correlação negativa altamente significativa ($r = -0,829$, $P < 0,001$) entre o conteúdo de PB e a quantidade de MS das castanhas, a qual está, por sua vez, directamente relacionada com o calibre atingido. Na realidade, o clima excessivamente chuvoso, com intensas e prolongadas condições de nebulosidade e fraca luminosidade, que se fez sentir num dos anos estudados, durante a fase final da maturação (Setembro/Outubro), na maior parte das regiões produtoras, implicou uma considerável redução da actividade fotossintética, responsável quer pelo menor tamanho, quer pelo inferior conteúdo de MS das castanhas produzidas nesse ano. Todavia, o teor de PB não foi negativamente afectado, observando-se antes um acréscimo significativo desse constituinte na maior parte das variedades, com excepção da Avelreira e de algumas das árvores bravias, que por serem mais precoces não foram tão afectadas pelas mencionadas condições atmosféricas desfavoráveis, não se notando, nesses casos, o acréscimo da concentração de proteína.

Estes maiores valores de PB, associados a uma redução da MS e, por consequência, a um aumento da percentagem de água, não significam, contudo, que exista uma tão grande diferença no teor proteico, como uma análise mais sumária poderá induzir. Antes, resultam, provavelmente, do efeito de um aumento da concentração por diluição. Daí que, se os teores de PB forem expressos em relação ao peso fresco, as diferenças encontradas são bastante menos vincadas, passando os valores médios, para o conjunto das variedades analisadas, a ser de $3,24 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ no referido ano em que o clima foi menos favorável, e de $2,64$, $2,84$ e $2,61 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ nos restantes anos, traduzindo assim uma amplitude de apenas $0,6$ unidades, em lugar das $3,5$ unidades registadas quando os valores são expressos em relação à MS.

Por outro lado, tendo em conta que, face à metodologia utilizada, os teores de PB são obtidos a partir do Ntotal presente nas amostras, é provável que uma fracção desse N não faça, efectivamente, parte das proteínas, mas de outros compostos azotados não-proteicos, nomeadamente, aminoácidos na forma livre. Num estudo desenvolvido em sementes de *C. sativa*, Desmaison *et al.* (1984) observaram que a acumulação de N não-proteico, precede a deposição de proteínas de reserva, e que um aumento da concentração de aminoácidos livres está normalmente associado a um menor crescimento e conseqüente decréscimo da necessidade de compostos azotados para a síntese de proteínas. Isto poderá significar que, além dos valores apresentados não traduzirem, regra geral, a proteína efectivamente existente, grande parte do aumento verificado nos teores de PB quando as condições climáticas foram adversas, corresponde a uma maior concentração de aminoácidos livres, que não chegaram a constituir proteínas, dado o reduzido crescimento das castanhas nesse ano.

Além disso, este menor crescimento das castanhas e conseqüente menor deposição de MS, implica uma redução no teor dos compostos orgânicos e um aumento da concentração da matéria inorgânica, o que é confirmado pela correlação negativa ($r = -0,693$, $P < 0,001$) que obtivemos entre o conteúdo de MS e o de cinzas. Assim, perante situações desfavoráveis ao completo desenvolvimento e maturação das castanhas, parece existir uma deslocação preferencial dos principais sais minerais para o fruto, o que explica os teores significativamente superiores observados no ano em que essas condições ocorreram, para a maior parte das variedades, não só em relação ao N, mas também no caso do P, K, Mg e S.

Contudo, níveis superiores de N, traduzidos em valores de PB mais elevados, não equivalem forçosamente a um maior teor de proteínas. Com efeito, importa assinalar que a fracção PB é bastante heterogénea, integrando substâncias azotadas proteicas e não-proteicas. Estudos efectuados, genericamente, nas sementes das *Fagaceae* (Kasai *et al.*, 1978) e, em particular, na castanha (Desmaison *et al.*, 1977, 1984; Tixier e Desmaison, 1980; Desmaison e Tixier, 1984; Collada *et al.*, 1984, 1986), demonstraram a presença de níveis elevados de N não-proteico, os quais correspondem, em grande parte, a um assinalável conteúdo de aminoácidos livres. Para Tixier e Desmaison (1980), esta fracção representa em média, nas diversas espécies de castanha, cerca de 27% do Ntotal, enquanto Collada *et al.* (1986) encontraram valores de 26,9% e 43,1% do Ntotal, nas sementes de *C. sativa* e *C. crenata*, respectivamente. Daí que o factor clássico $N_{total} \times 6,25$, poderá implicar, no caso da castanha, uma sobrestimação do conteúdo real de proteína, tendo levado alguns autores (Jones, 1941 *cit.* por McCarthy e Meredith, 1988 a indicarem a necessidade de empregar, no caso deste fruto, o factor de conversão ($N_{total} \times 5,30$), o qual passamos também a adoptar.

Evidentemente, da utilização do factor de conversão 6,25, adoptado quer por nós próprios noutros trabalhos anteriormente publicados (Ferreira-Cardoso *et al.*, 1989, 1992, 2005), quer por vários outros autores, resultam níveis de proteína substancialmente superiores aos referidos anteriormente. Com efeito, Oliveira e Maia (1987), num estudo efectuado com algumas variedades das regiões de Bragança e Vinhais, obtiveram teores de PB variáveis entre 5,7 e 7,4 g 100g⁻¹ MS, enquanto Choupina e Silva (1992) indicam um valor médio de 7 g 100g⁻¹ MS. Também De la Montaña *et al.* (1997), em diversas variedades da região da Galiza, encontraram um teor médio de PB de 6,7% MS (com um mínimo de 5,8% para a Touro e um máximo de 9,1% para a Cristoba). Por sua vez, dados obtidos por Rotundo *et al.* (1988) apontam para valores extremamente baixos (3% e 3,2% MS para a Montemarano e a Verdole, respectivamente), enquanto Bounous *et al.* (1989) referem, para outras variedades italianas, valores mais elevados e idênticos aos mencionados para a maior parte das variedades portuguesas e espanholas. Já relativamente a diversas variedades francesas e alguns híbridos (*C. sativa* x *C. crenata*), os valores apresentados (Bergougnoux, 1978) são bem mais elevados (entre 10,3% MS para a Combale e 13,6% MS para a Soulages), e apenas comparáveis com os da Benfeita (cerca de 12% MS, em média, considerando o factor de conversão 6,25).

Gordura bruta

Relativamente à gordura bruta (GB), destacam-se os reduzidos teores obtidos na castanha, comparativamente com os existentes na maior parte dos frutos secos. Assim, o teor médio global, considerando a totalidade das variedades, é de apenas 1,33 g 100 g⁻¹ MS, representando a Lamela e a Judia de Carrazedo Montenegro, com cerca de 0,9 e 1,7 g 100 g⁻¹ MS, os valores mínimo e máximo, respectivamente (Quadro 8.1).

Ao contrário do que sucede na maioria dos frutos secos e nas sementes de oleaginosas (Saura-Calixto *et al.*, 1988), e até mesmo do já observado num outro estudo sobre a composição química de algumas variedades de castanha (Portela *et al.*, 1999), onde foi notória uma correlação negativa entre os conteúdos de proteína e gordura, não encontramos qualquer dependência entre estes dois parâmetros. Este facto parece indicar que neste caso, a formação de proteína e de gordura, a partir dos hidratos de carbono, durante o processo de maturação dos frutos, foi de certa forma independente, isto é, uma maior deposição de proteína não implicou, necessariamente, uma inferior acumulação de gordura, ou vice-versa.

Se em relação aos parâmetros já analisados, fizemos notar alguma dificuldade quanto à

comparação dos dados obtidos com os existentes na bibliografia, resultante não apenas de factores naturalmente variáveis, como as características genéticas e as condições edafoclimáticas, mas também de diferenças na metodologia analítica utilizada, esse problema assume tanta ou mais relevância no caso da gordura. Com efeito, o conteúdo de GB ou gordura extraída pelo método de Soxhlet, além de poder variar com o solvente utilizado e a temperatura de extracção, apenas representa os lípidos neutros (triglicéridos), sendo os fosfolípidos (lípidos polares) doseados só parcialmente (Maxwell *et al.*, 1980; Maxwell, 1984, 1987). Segundo estes autores, a extracção da gordura com éteres ou outros solventes não polares, remove principalmente as gorduras neutras, não englobando uma parte significativa dos fosfolípidos presentes. Daí, os valores obtidos através desta extracção não serem indicadores precisos do conteúdo de gordura total. No entanto, dado que a fracção não-polar constitui geralmente 90% do total dos lípidos existentes, este procedimento fornece um valor aproximado do conteúdo de gordura, informação muitas vezes considerada suficiente, mas em todo o caso incompleta para uma rigorosa caracterização do valor nutricional (Maxwell, 1987).

Os valores correspondentes à fracção GB ou extracto etéreo apresentados na bibliografia consultada são, de um modo geral, nitidamente superiores aos que temos vindo a obter. Desmaison e Adrian (1986) apontam um valor médio ($3,55 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ MS}$) quase três vezes superior, mas idêntico ao obtido por McCarthy e Meredith (1988) em *C. sativa*. Segundo estes investigadores, as castanhas europeias ($3,61 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ MS}$) são mais ricas em gordura do que as americanas ($2,34 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ MS}$), e estas mais do que as chinesas ($1,98 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ MS}$). No seu estudo sobre caracterização de variedades galegas, De la Montaña *et al.* (1997) referem valores médios de GB variáveis entre 1,65% MS (Calva) e 2,72% MS (Touro), enquanto Üstün *et al.* (1999), para um número significativo de variedades originárias da Turquia, obtiveram uma média de 1,89% MS, variando os valores mínimo e máximo entre 0,66% e 3,08% MS. Por sua vez, num trabalho sobre algumas variedades existentes na Calabria (Itália), Bounous *et al.* (1988) encontraram níveis de GB variáveis entre 2,21% e 3,42% MS, enquanto Rotundo *et al.* (1988) indicam valores médios, para as variedades Montemarano (1,2% MS) e Verdole (1,35% MS), mais de acordo com os que obtivemos.

Quanto às variedades nacionais e, particularmente, as originárias da região de Bragança, Oliveira e Maia (1987) apontam valores de GB variáveis entre 1,36% e 2,43% MS, enquanto Choupina e Silva (1992) referem um valor médio de 1,96% MS. Mas, se estes valores podem ser considerados próximos dos que obtivemos, o mesmo não sucede relativamente aos observados por Fernandes (1954) para as três variedades que estudou, Cota (3,76% MS),

Judia (3,18% MS) e Longal (2,63% MS).

Cinzas totais

Os valores médios do conteúdo de cinzas oscilam entre 2,15 g 100g⁻¹ MS para as Bravias e 2,93 g 100g⁻¹ MS para as variedades Benfeita e Lada (Quadro 8.1). Considerando a totalidade das variedades, obteve-se uma média global de aproximadamente 2,5 g 100g⁻¹ MS, valor suficientemente elevado para poder considerar a castanha, sob o ponto de vista nutricional, como uma interessante fonte de elementos minerais, que a colocam, como referem Desmaison e Adrian (1986), ao lado da batata e acima dos cereais (em grão ou farinha).

Apesar de todos os factores considerados contribuírem, de forma assinalável, para as diferenças significativas observadas entre as várias variedades, foram as condições climáticas associadas aos diversos anos, mais do que a variedade e a própria interacção entre estes dois factores, que mais determinaram essa variação ocorrida no conteúdo de cinzas. Na realidade, enquanto a contribuição dos factores variedade e interacção ano x variedade não ultrapassou, respectivamente, 13% e 10,5%, a influência do ano foi bem mais acentuada (37,4%), o que poderá significar que, dentro dos limites determinados pelo potencial genético, a concentração de cinzas está muito dependente dos factores ambientais, particularmente, dos relacionados com o clima e a fertilidade do solo.

O acentuado aumento no conteúdo de sais minerais verificado em todas as variedades, sem excepção, num dos anos de estudo, deveu-se essencialmente às condições climáticas ocorridas, que ao condicionarem negativamente a acumulação de MS, favoreceram a concentração da fracção inorgânica. Este facto é confirmado pela já assinalada correlação negativa registada entre os teores de MS e cinzas. Por outro lado, as condições desfavoráveis que originaram uma incompleta maturação das castanhas nesse ano, explicam igualmente as correlações negativas observadas entre os teores de cinzas e os de NDF e, principalmente, de amido. Com efeito, tal como acontece noutros frutos (Saura-Calixto *et al.*, 1988), é provável que durante o desenvolvimento e maturação das castanhas, muitos dos elementos minerais existentes ao nível do citoplasma das células possam ser substituídos por constituintes da parede celular e, sobretudo, por substâncias de reserva. É pois natural que, face à incompleta maturação das castanhas, o conteúdo de cinzas obtido no referido ano tenha sido consideravelmente superior.

Estes dados estão de acordo com a maioria dos encontrados na bibliografia. Assim, McCarthy e Meredith (1988) referem um teor médio de cinzas idêntico para as espécies europeia (3% MS) e chinesa (2,9% MS), mas ligeiramente inferior ao da espécie americana (3,4% MS). Üstün *et al.* (1999) obtiveram, para uma grande diversidade de variedades turcas, uma média de 2,8% MS, enquanto De la Montaña *et al.* (1997) indicam valores médios variáveis entre 1,93% e 2,6% MS, para algumas variedades originárias da Galiza. Num estudo com várias variedades francesas e alguns híbridos, Bergougnoux (1978) refere teores entre 2,52% MS (Marigoule) e 3,24% MS (Maraval). Por sua vez, Bounous *et al.* (1988) apresentam, para algumas variedades italianas, valores variáveis entre 2,24% e 2,57% MS, enquanto Rotundo *et al.* (1988) obtiveram teores médios, para as variedades Montemarano (1,05% MS) e Verdole (1,1% MS), significativamente inferiores aos normalmente indicados.

Relativamente às nossas variedades, Fernandes (1954) refere um conteúdo médio de cinzas entre 2,07% MS (Cota) e 2,44% MS (Judia), Oliveira e Maia (1987) registaram valores variáveis entre 1,93% MS (Longal normal) e 3,11% MS (Longal melhorada) e Choupina e Silva (1992) indicam um valor médio de 2,6% MS, dados que estão de acordo com os observados nas variedades que seleccionámos para este estudo.

8.2.2-Composição em sais minerais

No Quadro 8.2 apresentam-se, expressos em mg 100 g⁻¹ MS, os teores médios dos elementos minerais analisados no fruto sem cascas (semente) das diversas variedades em três anos consecutivos.

O somatório dos teores registados para os vários elementos minerais é inferior ao conteúdo de cinzas totais, representando uma proporção que varia entre 59,1% (Negral e Rebolão) e 67,4% (Trigueira). Esta diferença reside, fundamentalmente, no facto de não ter sido contabilizado o O₂, ao qual estes elementos estão normalmente associados nas cinzas obtidas por incineração. Presume-se que o teor dos restantes minerais não analisados será pouco relevante, sob o ponto de vista quantitativo, com excepção do Cl, para o qual Desmaison e Adrian (1986) e Bounous *et al.* (2000) referem um valor médio de 25,7 e 18,6 mg 100 g⁻¹ MS, respectivamente. Quanto ao N, apesar de em quantidade considerável, existe essencialmente como componente dos aminoácidos, não fazendo parte, por isso, dos constituintes inorgânicos, razão pela qual este elemento não consta nos resultados referentes aos sais minerais, mas surge implícito nos teores de PB.

Quadro 8.2 - Composição em Sais Minerais (mg 100 g⁻¹ MS) nas amostras de castanha sem cascas de diversas variedades⁽¹⁾.

LOCAL	VARIETADE	Ca	P	K	Mg	S	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
Carrizado de Montenegro	JUDIA	29,46 ab	173,94 abcde	1215,43 bc	55,81 a	77,33 ab	2,55	3,14 ab	0,53 a	1,01 ab	5,73 e
	LADA	35,26 abcd	231,00 de	1363,58 de	64,64 abc	115,08 bc	2,45	4,13 ab	0,63 abc	1,20 b	5,66 e
	LAMELA	26,44 a	185,94 abcde	1215,48 bc	55,39 a	73,48 ab	2,59	3,31 ab	0,62 abc	1,00 ab	5,37 de
	LONGAL	29,95 abc	166,09 abcd	1136,69 ab	59,01 a	89,39 abc	2,28	3,92 ab	0,65 abc	1,12 ab	3,76 abc
	NEGRAL	31,71 abcd	153,18 abc	1211,18 bc	59,11 a	86,12 abc	2,59	2,72 a	0,51 a	0,90 a	5,42 de
	REBOLÃO	37,60 abcd	152,29 abc	1109,98 ab	65,91 abc	81,76 abc	2,43	3,53 ab	0,54 a	1,01 ab	3,92 bcd
Vinhais	AVELEIRA	28,10 ab	129,86 a	1202,57 bc	61,75 ab	38,11 a	2,51	2,52 a	0,64 abc	1,05 ab	5,46 de
	JUDIA	36,18 abcd	138,94 ab	1178,55 bc	66,91 abcd	57,71 a	3,08	2,63 a	0,72 abc	1,12 ab	5,81 e
	LAMELA	34,38 abcd	145,62 abc	1164,32 bc	62,35 ab	51,65 a	2,88	2,85 a	0,83 c	1,09 ab	4,51 cde
	LONGAL	41,17 abcd	163,10 abcd	1108,30 ab	64,79 abc	62,43 ab	2,89	3,00 a	0,70 abc	1,08 ab	6,09 e
	TRIGUEIRA	45,28 cd	209,73 cde	1219,51 bc	80,50 d	66,97 ab	2,74	2,65 a	0,61 ab	1,07 ab	7,82 f
	Campeã - Vila Real	42,08 bcd	169,49 abcd	1475,67 e	74,51 bcd	70,30 ab	3,00	5,29 b	0,63 abc	1,16 b	2,23 a
Qt. Prados - Vila Real	BENFEITA	46,78 d	238,37 e	1315,25 cd	81,27 d	132,84 c	3,08	3,76 ab	0,77 bc	1,47 c	3,01 abc
	BRAVIAS	45,72 d	204,63 bcde	1016,50 a	77,64 cd	75,99 ab	2,54	2,81 a	0,64 abc	1,04 ab	2,46 ab
	Média ± dp	37,11 ± 14,08	181,63 ± 58,71	1202,74 ± 351,40	67,24 ± 14,82	80,16 ± 42,86	2,68 ± 0,78	3,28 ± 1,95	0,65 ± 0,19	1,11 ± 0,29	4,72 ± 2,13
EPM	1,199	4,998	29,913	1,261	3,649	0,066	0,166	0,016	0,024	0,181	
CV (%)	37,9	32,3	29,2	22,0	53,5	29,0	59,6	29,0	29,0	25,9	45,1

⁽¹⁾ Os valores apresentados correspondem às médias ponderadas obtidas nas amostras colhidas em 3 anos.

Ca - Cálcio; P - Fósforo; K - Potássio; Mg - Magnésio; S - Enxofre; Na - Sódio; Fe - Ferro; Cu - Cobre; Zn - Zinco; Mn - Manganês.

Em cada coluna, os valores que não apresentam uma letra em comum são significativamente diferentes ($P < 0,05$), de acordo com o teste de comparação entre médias de Duncan New Multiple Range.

Para além do N, os elementos pertencentes à classe dos macronutrientes encontram-se em quantidades importantes. Globalmente, o conteúdo destes elementos inorgânicos maioritários (Ca, P, K, Mg e S) ronda os 99% do total de sais minerais, dos quais cerca de 76% correspondem ao K.

Tendo em vista uma análise comparativa, apresentam-se no Quadro 8.3 alguns dados presentes na bibliografia consultada, relativos aos teores de sais minerais da semente de diversas variedades de *C. sativa*, originárias de França, Itália, Turquia e Portugal.

Quadro 8.3 - Dados bibliográficos sobre a composição em sais minerais (mg 100 g⁻¹ MS) da semente de *Castanea sativa* Mill.

	Geigy (1972)	Bergougnoux (1978) ¹	Desmaison e Adrian (1986) ²	Oliveira e Maia (1987) ³	McCarthy e Meredith (1988)	Bounous <i>et al.</i> (1989) ⁴	Üstün <i>et al.</i> (1999) ⁵	Portela <i>et al.</i> (1999) ⁶	Bounous <i>et al.</i> (2000) ⁷
Ca	57	63,3	64,8	63	51	66,6	87,9	33,3	50
P	170	90	168,7	157	110,8	130	133,7	146,7	164
Mg	-	64,2	86,2	63	70,9	-	105,9	53,3	74
K	875	991,7	1126,5	854	837,8	610	-	833,3	847
S	-	-	-	-	-	-	-	-	126
Na	4	-	13,3	35,2	6,7	9,6	-	-	11
Fe	3,3	-	2,5	3,2	1,6	1,8	6,7	2,3	3,2
Cu	-	-	-	1,2	0,5	-	0,7	2,3	0,6
Zn	-	3	-	0,9	1	-	7	2,9	0,3
Mn	-	4	-	8	1,3	-	-	7,6	1,3

¹ Média de 9 valores referentes a variedades francesas e alguns híbridos *C. sativa* x *C. crenata*.

² Média obtida a partir de dados indicados por vários autores (Gonçalves Ferreira, 1961; Leung e Flores 1961; Souci *et al.*, 1962; Watt e Merrill, 1963; Randoïn, 1976; Paul e Southgate, 1979).

³ Média obtida a partir de dados respeitantes a 5 variedades enxertadas e 1 bravia da região de Bragança.

⁴ Média dos valores relativos a 5 variedades provenientes de diferentes localidades da região da Calabria (Itália).

⁵ Média obtida para 55 diferentes variedades de castanhas originárias do distrito de Erfelek da região da Sinopia (Turquia).

⁶ Valor médio obtido a partir das médias referentes a 3 grupos de árvores Longal, existentes num souto pertencente à freguesia de Lamas de Podence (Bragança), com 3 graus de manifestação de carência de magnésio (sem sintomas, sintomas ligeiros, sintomas acentuados).

⁷ Média referente a amostras de variedades italianas na forma de farinha.

Em todas essas fontes bibliográficas, tal como nos estudos que temos realizado, o K surge sempre como o elemento predominante, não existindo qualquer excepção quer em relação a um conjunto de amostras de diferentes variedades, quer no caso particular de uma amostra ou variedade. O conteúdo médio deste elemento, para o conjunto das variedades que analisámos, é bastante mais elevado (entre cerca de 211 a 592 mg 100 g⁻¹ MS) do que os valores indicados na bibliografia, com excepção do referido por Desmaison e Adrian (1986), o qual está bem mais próximo (apenas 76 mg 100 g⁻¹ MS inferior) do obtido neste estudo.

O P é o segundo elemento quantitativamente mais importante, estando os valores que obtivemos também sempre acima dos encontrados na bibliografia. Apenas Geigy (1972),

Desmaison e Adrian (1986), Bounous *et al.* (2000) e Oliveira e Maia (1987) indicam teores médios de P próximos dos nossos, enquanto os restantes trabalhos, referidos no Quadro 8.3, apontam valores significativamente inferiores.

Por ordem decrescente, em termos quantitativos, surgem o S e o Mg, verificando-se em determinadas variedades que o conteúdo de S é superior ao de Mg, enquanto noutras ocorre precisamente o inverso. Com efeito, em todas as variedades originárias da zona de Carrazedo de Montenegro e na Benfeita da Campeã (Vila Real), o teor médio de S é significativamente superior ao de Mg, variando a diferença entre 51,6 (Benfeita) e 15,9 (Rebolão) unidades. Já nas variedades provenientes de Vinhais, na Bebim da Campeã e nas Bravias, o teor de Mg é superior ao de S, registando-se, contudo, uma variação menos acentuada, de um modo geral, entre esses dois elementos, com uma diferença máxima e mínima de 23,6 (Aveleira) e 1,7 (Bravias) unidades, respectivamente.

Este facto reflecte bem que a composição mineral da castanha depende, não apenas do genótipo e das condições climáticas, mas sobretudo do conteúdo de nutrientes do solo onde os castanheiros estão instalados. Essa fonte de variação poderá explicar porque as castanhas das variedades Judia e Longal de Carrazedo de Montenegro possuem teores de S superiores aos de Mg, enquanto as provenientes destas mesmas variedades instaladas na zona de Vinhais apresentam maior concentração de Mg do que de S. É pois possível, que esta variação patente no fruto, a qual foi bem mais acentuada para o S do que para o Mg, pressuponha uma idêntica variação da concentração destes dois macronutrientes ao nível do solo, sendo o de Carrazedo de Montenegro, provavelmente, mais rico em S do que o de Vinhais, o que não pôde ser, contudo, avaliado neste trabalho.

Apesar desta assinalável variabilidade registada para o S, este elemento parece estar presente nas nossas castanhas em quantidades consideráveis, não existindo, porém, dados bibliográficos, para além dos referidos por Bounous *et al.* (2000), que permitam estabelecer uma análise comparativa. Já quanto ao Mg, as concentrações médias para as diversas variedades coincidem com os valores indicados na maioria das fontes bibliográficas consultadas, à excepção de Üstün *et al.* (1999) que apontam um teor médio de Mg significativamente superior para as variedades turcas.

Para Portela *et al.* (1999, 2003), a deficiência em Mg característica dos solos ácidos originários de certos xistos e granitos de duas micas, constitui uma das principais causas do menor crescimento dos castanheiros, inferior produção de castanhas e redução no tamanho dos frutos (pior calibre), que se verifica em vastas áreas do nordeste transmontano. Contudo, a este menor crescimento dos frutos, geralmente associado a uma menor acumulação de

matéria seca, correspondem teores superiores não só de N, mas também de Mg (Portela *et al.*, 1999). Esta relação foi também observada no presente estudo, visto que, para a maioria das variedades analisadas, os maiores teores de Mg registaram-se no ano em que as castanhas apresentaram, por influência das péssimas condições climáticas já salientadas, pior calibre e menos MS, mas níveis de N superiores. Por outro lado, de acordo com os resultados de Portela *et al.* (1999), a castanha proveniente de árvores com acentuados sintomas de carência em Mg, possuem uma maior concentração deste mineral, o que pode dever-se ao facto dos frutos funcionarem como seus potentes receptores. Assim, em situações de grave deficiência do solo neste nutriente, é provável que ele seja praticamente todo canalizado para o fruto.

Relativamente ao Ca, constituiu apenas o quinto elemento quantitativamente mais importante, o que confirma a opinião de Fenaroli (1945), segundo a qual este mineral acumula-se preferencialmente, como um produto do catabolismo, nos órgãos caducos ou de resistência mecânica da planta, sobretudo ao nível da lâmina média das paredes celulares, sob a forma de pectatos de cálcio, contribuindo para a rigidez das mesmas. Esta pobreza em Ca observada na castanha sem cascas, associada aos elevados teores de potássio, ajudam a perceber, como referia Fenaroli (1945), o temperamento potassofilo e calcífugo do castanheiro. À excepção dos valores apresentados por Portela *et al.* (1999), a restante bibliografia indica teores de Ca bastante superiores aos que obtivemos nas diversas variedades, o que poderá traduzir, em certa medida, uma maior pobreza neste elemento, associada a um maior grau de acidez, da maioria dos nossos solos onde esta espécie é cultivada.

Entre os micronutrientes determinados, o Fe e o Mn são os que surgem em maior proporção, com um teor médio global de, respectivamente, 3,3 e 4,7 mg 100 g⁻¹ MS para o conjunto das variedades analisadas, enquanto o Na (2,7 mg 100 g⁻¹ MS), o Zn (1,1 mg 100 g⁻¹ MS) e o Cu (0,7 mg 100 g⁻¹ MS) estão presentes em baixas concentrações.

Os dados existentes na bibliografia relativamente a estes oligoelementos (Quadro 8.3), são díspares e, em certos casos, bem diferentes dos que obtivemos (Quadro 8.2). Assim, cabe destacar que no caso do Na todas as referências bibliográficas, mesmo as que dizem respeito a variedades portuguesas, indicam valores significativamente superiores aos que determinámos. Também o teor de Mn indicado noutros trabalhos com castanhas nacionais (Oliveira e Maia, 1987; Portela *et al.*, 1999) é bastante superior ao obtido neste estudo, o qual coincide, por sua vez, com o valor médio referido por Bergougnoux (1978), sendo mais elevado, no entanto, do que o encontrado por McCarthy e Meredith (1988). Estes últimos investigadores obtiveram teores de Cu e Zn idênticos aos deste trabalho, enquanto em relação

ao Fe essa semelhança já não se verificou, sendo o teor que determinámos da mesma ordem de grandeza do apresentado nos outros estudos com as nossas variedades, mas superior ao de algumas variedades italianas (McCarthy e Meredith, 1988; Bounous *et al.*, 1989) e francesas (Desmaison e Adrian, 1986), e bem mais baixo do registado para as variedades turcas (Üstün *et al.*, 1999).

De um modo geral, o maior coeficiente de variação registado em cada um dos elementos minerais, comparativamente ao observado no conteúdo de cinzas totais, para as diversas variedades analisadas, parece indicar que também existe nos frutos desta espécie uma tendência para contrabalançar a presença de algum elemento em quantidade elevada com uma menor acumulação de outros, e vice-versa, o que está de acordo com os estudos referidos por Russel (1974) em material vegetal de tipo herbáceo.

Por outro lado, a análise estatística permitiu detectar algumas diferenças significativas entre variedades para cada um dos elementos minerais analisados, à excepção do Na. Regra geral, essas diferenças resultaram da influência das condições climáticas (ano) e, em menor grau, do genótipo (variedade) e da interacção entre estes dois factores. Porém, face aos elevados valores obtidos para o resíduo, é previsível que o contributo mais determinante para a variação observada pertenceu a outros factores ambientais não avaliados, nomeadamente às propriedades e níveis de concentração dos nutrientes do solo.

Assim, parece evidente que, embora o seu efeito não possa ser menosprezado, a variedade não constitui, porém, o factor mais determinante do conteúdo de sais minerais deste fruto, o qual parece estar mais dependente das condições climáticas, características do solo e práticas culturais. No entanto, esta ilação só poderá ser confirmada mediante estudos a desenvolver com uma colecção de variedades o mais alargada possível, instalada num mesmo campo de ensaios com idênticas condições de solo e de cultivo.

Em todo o caso, independentemente da variedade e proveniência, foi possível constatar que a castanha, comparativamente a outros alimentos vegetais, apresenta um assinalável conteúdo de sais minerais, o que constitui mais um importante factor a considerar no valor deste fruto como fonte alimentar. Nessa perspectiva, e atendendo aos seus mais elevados teores do total de sais minerais e, principalmente, de macroatómos, destacaram-se as variedades Benfeita e Bebm da Campeã (Vila Real) e a Lada de Carrazedo de Montenegro, sendo também de assinalar o interessante conteúdo de grande parte dos minerais encontrado nas amostras provenientes das árvores bravias.

8.2.3-Composição em ácidos gordos

Os ácidos gordos, constituintes monocarboxílicos saturados e insaturados, com número par ou ímpar de átomos de carbono (variável entre 4 e 24) dispostos em cadeias lineares ou ramificadas (Partidário, 1998), desempenham pelo menos duas importantes funções: *i)* armazenados sob a forma de triglicéridos (lípidos de reserva de natureza apolar), representam uma das principais fontes de energia metabólica; *ii)* associados a compostos hidrofílicos, como hidratos de carbono (glicolípidos) ou grupos fosfato (fosfolípidos), constituem a parte hidrofóbica das membranas celulares (McGarry, 1992).

Por dessaturação progressiva do ácido oleico (C18:1 ω -9, *cis*-9), as plantas sintetizam com mais ou menos abundância os ácidos linoleico (C18:2 ω -6, *cis*-9,12) e linolénico (C18:3 ω -3, *cis*-9,12,15), os quais podem assim ser encontrados nos lípidos, tanto de reserva como membranares, da maior parte das células vegetais (Stymne e Appelqvist, 1978; Mazliak, 1980; Zubay, 1989).

Pelo contrário, os animais não são capazes de sintetizar estes ácidos gordos polinsaturados, o que lhes confere um carácter essencial, devendo ser, por isso, fornecidos na dieta. Na realidade, estes ácidos gordos essenciais são fundamentais para a manutenção da função e integridade da estrutura membranar, metabolismo e transporte de nutrientes e, ainda, síntese de prostaglandinas e leucotrienos (Chaney, 1992), substâncias de grande importância fisiológica que estimulam o crescimento, regulam o metabolismo do colesterol, controlam um grande número de infecções e contribuem para a boa manutenção da pele e do sistema reprodutor (Saura-Calixto *et al.*, 1988).

Além deste papel determinante, sob o ponto vista fisiológico e nutricional, estes constituintes parecem contribuir acentuadamente para as características sápidas, aromáticas e de conservação dos alimentos, associadas à maior ou menor insaturação da sua cadeia carbonada (Garcia *et al.*, 1992; Morgan *et al.*, 1992; Senter *et al.*, 1994; Partidário, 1998).

Com efeito, é hoje plenamente aceite que, apesar de conferirem uma maior estabilidade às gorduras e óleos alimentares, os ácidos gordos saturados estão associados a uma maior incidência de doenças cardiovasculares (Nicolosi *et al.*, 1990; Morgan *et al.*, 1992). Pelo contrário, a presença de mais do que uma dupla ligação na sua molécula, torna-os sensíveis à oxidação pelo oxigénio atmosférico e posterior formação de compostos modificados que originam rancidez (Garcia *et al.*, 1992). Porém, tem vindo a ser demonstrado que a ingestão de ácidos gordos polinsaturados (AGPI), quer os da série ω -6 (C18:2 e derivados, como o

C20:4), quer principalmente os ω -3 (C18:3 e derivados, como o C20:5 e C22:6, geralmente conhecidos por EPA e DHA), é fundamental para a prevenção das doenças cardiovasculares, dado o seu efeito na redução da concentração plasmática do colesterol e triglicéridos (Chaney, 1992; Morgan *et al.*, 1992; Connor, 1997; Charnock, 2000; Torres *et al.*, 2000), bem como para o desenvolvimento e normal funcionamento do cérebro e da retina (Neuringer *et al.*, 1988; Sanders, 1988; Connor, 1997; Lauritzen *et al.*, 2000), e ainda para a diminuição da incidência de úlceras pépticas, devido ao aumento da síntese de prostaglandinas e inibição do crescimento do *Helicobacter pylori* (Manjari e Das, 2000).

A composição ideal em ácidos gordos de qualquer alimento ou dieta, deve pois estar associada a uma limitada mas necessária quantidade de AGPI (Crawford, 1985), de forma a garantir, por um lado, a sua mais adequada estabilidade e conservação, e por outro, a satisfação das necessidades intrínsecas ao normal crescimento e manutenção do equilíbrio orgânico dos seus potenciais consumidores.

Assim, a identificação e quantificação dos ácidos gordos presentes nas diferentes fracções lipídicas da castanha, assume um interesse e actualidade cada vez mais reconhecidos, não só face aos importantes aspectos de natureza nutricional atrás referidos, mas também porque poderá constituir mais um critério válido para averiguar o grau de afinidade genética entre variedades criadas em idênticas condições ambientais e de cultivo.

Nessa perspectiva, procedemos à análise da composição em ácidos gordos dos lípidos totais de algumas amostras de diversas variedades colhidas num ano (Quadro 8.4), enquanto no ano seguinte, apesar de restringido a um menor número de variedades, este estudo foi complementado com a decomposição dos lípidos totais nas suas duas mais importantes fracções, lípidos neutros (triglicéridos) e polares (fosfolípidos), e respectiva determinação do seu perfil de ácidos gordos (Quadro 8.5). No entanto, dada a morosidade e, sobretudo, o elevado custo deste tipo de análises, optámos por reduzir quer o número de amostras por variedade, quer mesmo o número de variedades analisadas. Esta limitação, associada ainda ao facto dos dados obtidos corresponderem a apenas um ano de estudo, obriga a proceder à sua confirmação em futuros trabalhos. Em todo o caso, estes resultados, embora preliminares, não deixam de constituir mais uma informação de grande utilidade quanto às características da gordura deste fruto e à importância que poderá representar em termos alimentares.

Quadro 8.4 - Teor de Lípidos Totais (g 100 g⁻¹ de amostra seca) na castanha sem cascas de diversas variedades e respectiva proporção dos principais Ácidos Gordos (% do total de ésteres metílicos – FAME – identificados)⁽¹⁾.

LOCAL	VARIETADES	Lípidos Totais (g 100 g ⁻¹ amostra seca)	(% FAME)				AGI / AGS ⁽²⁾
			Palmitico (C16:0)	Oleico (C18:1)	Linoleico (C18:2)	Linolénico (C18:3)	
Carrizado de Montenegro	JUDIA	2,42 de	20,44 abc	21,33 ab	58,23 f	ND	3,90 abc
	LADA	2,20 ab	17,14 a	22,57 b	51,91 bcd	8,37 de	4,88 d
	LAMELA	2,42 bc	21,19 bc	22,47 b	56,34 ef	ND	3,72 a
	LONGAL	2,71 cde	18,80 abc	22,32 b	55,61 def	7,36 cde	4,39 abcd
	NEGRAL	2,80 de	19,03 abc	27,00 cde	53,98 cdef	ND	4,26 abcd
	REBOLÃO	2,83 de	18,23 ab	24,32 bcd	56,05 def	7,02 bcd	4,50 abcd
Vinhais	AVELEIRA	2,78 de	22,16 c	29,73 e	46,90 a	5,13 ab	3,79 ab
	BOAVENTURA	2,44 bc	17,12 a	28,59 e	48,64 ab	5,66 abc	4,86 d
	JUDIA	2,65 cde	20,06 abc	23,82 bc	50,05 abc	6,86 bcd	4,08 abcd
	LAMELA	2,97 e	18,23 ab	28,01 de	50,16 abc	6,00 abc	4,57 bcd
	LONGAL	2,64 cde	18,43 ab	28,25 e	50,21 abc	5,55 abc	4,61 cd
	TRIGUEIRA	2,91 e	20,35 abc	26,91 cde	51,26 abc	4,92 a	3,96 abc
Campeã - Vila Real	BEBIM	2,52 cd	21,15 bc	18,49 a	57,68 ef	8,05 de	3,78 ab
	BENFEITA	2,03 a	18,54 ab	22,37 b	53,45 cde	9,01 e	4,47 abcd
Média ± dp		2,65 ± 0,41	19,49 ± 3,30	25,65 ± 4,53	51,51 ± 4,77	6,61 ± 1,73	4,26 ± 0,76
EPM		0,029	0,250	0,340	0,358	0,182	0,057
CV (%)		15,6	17,1	17,7	9,3	26,1	17,9

⁽¹⁾ Os valores apresentados correspondem à média obtida em amostras de semente (fruto sem cascas) liofilizadas e moídas, e referentes a 1 ano de estudo.

⁽²⁾ AGI - ácidos gordos insaturados; AGS - ácidos gordos saturados.

ND - não detectado.

Em cada coluna, os valores que não apresentam uma letra em comum são significativamente diferentes (P<0,05), de acordo com o teste de comparação entre médias de *Duncan New Multiple Range*.

Lípidos totais

No Quadro 8.4 encontram-se os valores médios referentes ao conteúdo de lípidos totais obtido nas amostras secas por acção do frio (liofilizadas) e moídas, bem como o respectivo teor (expresso em percentagem do total de ésteres metílicos detectados) dos principais ácidos gordos presentes.

A fracção de lípidos totais (LT) obtida por extracção a frio com diclorometano-metanol (2:1), de acordo com o método de Folch *et al.* (1957), confirma os já assinalados baixos teores de gordura, o que significa que a castanha, ao contrário da maior parte dos frutos secos, sementes de oleaginosas e até mesmo da bolota (Almeida *et al.*, 1991), é pobre neste constituinte. Contudo, esses valores são significativamente superiores aos da GB obtida pelo método de Soxhlet (Quadro 8.1), atingindo a diferença, em grande parte das amostras, mais do dobro. Importa lembrar que tal variação poderá dever-se, em certa medida, à dificuldade na extracção dos fosfolípidos com o solvente apolar (éter de petróleo), normalmente utilizado neste último método (Maxwell *et al.*, 1980). Por outro lado, o facto da maior parte dos lípidos da castanha, tanto da fracção polar como da neutra, serem constituídos por C18:2, cuja cadeia polinsaturada, responsável pelo seu baixo ponto de fusão, é susceptível de ser transformada em compostos voláteis, devido à acção do calor a que as amostras estão sujeitas no processo de secagem e de extracção, poderá também justificar a tão acentuada diferença entre os valores obtidos por estes dois tipos de métodos.

O conteúdo de lípidos totais variou significativamente ($P < 0,001$) entre as variedades analisadas, correspondendo o valor mínimo à Benfeita ($2,03 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$) e o máximo à Lamela de Vinhais ($2,97 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$), registando-se uma média global de $2,65 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$. Este maior valor coincide com o obtido por Senter *et al.* (1994) para uma variedade italiana ($2,95 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$), enquanto o mais baixo está próximo do encontrado por estes autores ($2,17 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$) na espécie chinesa (*C. mollissima*). De assinalar ainda os teores bem mais elevados que registaram nas espécies americanas *C. pumila* ($4,01 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$) e, principalmente, *C. dentata* ($9,5 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$).

Relativamente à composição em ácidos gordos, apenas foi possível quantificar, na totalidade das amostras analisadas, os ácidos C16:0, C18:1, C18:2 e C18:3, embora tenham sido detectados vestígios dos ácidos C12:0, C14:0, C16:1 e C18:0. Dado encontrarem-se em quantidade insignificante e sem repetibilidade, estes últimos não foram considerados.

A análise estatística revelou existirem diferenças significativas entre variedades para todos os ácidos gordos detectados e para a razão AGI/AGS. A proporção dos insaturados

(C18:1, C18:2 e C18:3) foi bastante elevada (em média, 80,5% dos lípidos totais), situando-se entre os cerca de 83% obtidos por Senter *et al.* (1994) e os 75% indicados por Desmaison e Adrian (1986). Este elevado teor de AGI originou uma relação AGI/AGS variável entre 3,72 (Lamela de Carrazedo de Montenegro) e 4,88 (Lada), enquanto a média, para a totalidade das variedades, foi de 4,26, valor muito favorável, em termos de qualidade alimentar, dado os AGI serem nutricionalmente mais desejáveis do que os AGS.

Entre estes últimos, o C16:0 surge como predominante, ou mesmo único, em grande parte das amostras, com uma proporção média de 19,5% (isto é, cerca de 5,2 g kg⁻¹ MS), que o coloca, em termos quantitativos, na terceira posição, excepto no caso da Bebigim, onde a concentração deste ácido (21,2%) foi mesmo superior à do C18:1 (18,5%). Relativamente aos AGI, o C18:2 com um teor médio de 51,5% (cerca de 13,7 g kg⁻¹ MS), surge numa proporção bem superior a todos os restantes, seguindo-se o C18:1 (em média, 25,7% ou 6,8 g kg⁻¹ MS) e, por último, o C18:3 (valor médio de apenas 6,6%, equivalente a 1,8 g kg⁻¹ MS).

Apesar de variáveis em valor absoluto, os escassos dados bibliográficos confirmam a distribuição que obtivemos para os quatro principais ácidos gordos. Assim, com base nos resultados de vários autores, Desmaison e Adrian (1986) indicam a seguinte composição para os lípidos da castanha (em percentagem dos ácidos gordos totais): C18:2 - 42%; C18:1 - 26,1%; C16:0 - 17,3%; C18:3 - 4,5%; C18:0 - 2,5%; C16:1 - 1,1%. Também Senter *et al.* (1994) observaram em amostras de castanha europeia, provenientes de uma variedade italiana, uma predominância do C18:2 com um teor de 12,6 g kg⁻¹ MS (cerca de 45,3%), seguido do C18:1 (8,8 g kg⁻¹ MS ou 31,8%), C16:0 (4,3 g kg⁻¹ MS ou 15,6%), C18:3 (1,7 g kg⁻¹ MS ou 6%) e, por último, C18:0 (0,4 g kg⁻¹ MS ou 1,4%). Por sua vez, num estudo com castanha proveniente de cinco variedades suíças e uma italiana, Künsch *et al.* (1999) obtiveram uma composição em ácidos gordos muito próxima da obtida no presente trabalho, variando o valor médio, de acordo com a origem indicada, entre 55,9% e 57,9 % para o C18:2, 22,2% e 26,4% para o C18:1, 11,7% e 12% para o C16:0, 5% e 7,5 % para o C18:3 e, finalmente, entre 0,68% e 0,74% para o C18:0.

Esta maior proporção de C18:2 na castanha de origem europeia (*C. sativa*), parece não se verificar, contudo, nos frutos de outras espécies de castanheiro (*C. mollissima*, *C. pumila* e, sobretudo, *C. dentata*), nos quais o C18:1 surge em maior concentração do que o C18:2 (Senter *et al.*, 1994), tal como sucede também no caso da bolota (Almeida *et al.*, 1991). O decréscimo de C18:2 a favor do C18:1, contribui para uma maior estabilidade e conservação da gordura destes produtos, uma vez que, face à sua menor insaturação, é menos susceptível de sofrer fenómenos de oxidação, responsáveis pela formação de compostos causadores de

cheiros e sabores desagradáveis (ranço), com efeitos negativos na qualidade sensorial.

Provavelmente, estas diferenças na composição em ácidos gordos, quer entre variedades da mesma espécie, quer entre espécies diferentes, devem-se à actividade enzimática da oleilCoA-dessaturase, a qual é responsável pela biossíntese do C18:2, a partir do C18:1 (Styme e Appelqvist, 1978). Por outro lado, nos vegetais o teor lipídico e a proporção de ácidos gordos parece depender quer do controlo genético, quer de factores ambientais, como a temperatura (Fernandez-Martinez *et al.*, 1986). Daí que, regra geral, os frutos originários das regiões mais frias e que amadurecem a baixa temperatura, como é o caso da castanha europeia, são mais ricos em AGPI do que os que crescem com temperaturas mais elevadas, levando a supor, tal como refere Mazliak (1980), que a variação na fluidez das membranas celulares, em resposta às alterações da temperatura, tem um papel fundamental na regulação dos sistemas de dessaturação que permitem a formação do C18:2 e C18:3, a partir do C18:1.

Lípidos neutros e polares

Após preparação (descasque, liofilização e moenda) das amostras correspondentes a sete variedades originárias de três diferentes zonas geográficas (Lada, Longal e Negral de Carrzedo de Montenegro; Avelreira e Boaventura de Vinhais; Bebim e Benfeita da Campeã-Vila Real), procedeu-se à extracção e fraccionamento dos lípidos neutros (LN) e polares (LP), e à respectiva determinação, em cada uma destas fracções, dos ésteres metílicos dos ácidos gordos (FAME). Os valores médios obtidos para cada variedade encontram-se no Quadro 8.5.

Considerando a totalidade das amostras, a média correspondente aos AGI nas fracções polar e não polar foi de 72,2% e 76,9% FAME, respectivamente. Por ordem decrescente, o C18:2 (51,8%), C16:0 (26,7%), C18:1 (14,6%), C18:3 (5,3%), C18:0 (0,62%), C22:0 (0,32%) e C16:1 (0,29%), constituem os principais ácidos gordos detectados nos LP, enquanto os LN contêm, essencialmente, cerca de 40,8% de C18:2, 28,6% de C18:1, 22,4% de C16:0, 6,2% de C18:3, 1,3% de C16:1 e 0,61% de C18:0. Contudo, observaram-se algumas diferenças significativas entre variedades, quer quanto à proporção de LN e LP, quer em relação ao respectivo perfil de ácidos gordos.

Relativamente à composição lipídica da gordura total extraída, a proporção média obtida para as fracções neutra e polar foi de 67% e 33%, respectivamente. Estes dados estão de acordo com o indicado por Beaubatie (1979), excepto no caso da Boaventura, dado ter apresentado uma muito elevada proporção de LN (90,9%) e, conseqüentemente, o mais baixo valor de LP (9,1%). Entre todas as outras variedades analisadas, a percentagem de cada uma destas duas fracções lipídicas não diferiu significativamente.

Quadro 8.5 - Teor de Lípidos Neutros e Polares (% dos Lípidos Totais) na castanha sem cascas de diversas variedades e respectiva composição em Ácidos Gordos (% do total de ésteres metílicos – FAME – identificados em cada fracção)⁽¹⁾.

	Variedades									
	LADA (C)	LONGAL (C)	NEGRAL (C)	AVELEIRA (V)	BOAVENTURA (V)	LONGAL (V)	BEBIM (Cp)	BENFEITA (Cp)		
Lípidos Neutros (%LT)	59,77 a	63,50 ± 0,17 a	62,39 a	61,52 a	90,91 b	69,47 a	62,91 a	60,70 a		
Ácidos Gordos (%FAME)										
<i>Palmitico</i> (C16:0)	20,80 ab	24,06 ab	21,79 ab	20,17 ab	24,66 b	18,34 a	25,21 b	23,88 ab		
<i>Palmitoleico</i> (C16:1)	ND	0,63	ND	0,71	0,45	ND	0,62	ND		
<i>Estearico</i> (C18:0)	1,10 d	0,58 ab	0,93 cd	0,69 abc	0,47 a	0,73 bc	0,87 cd	ND		
<i>Oleico</i> (C18:1)	26,82 abc	28,84 abcd	26,12 abc	31,91 cd	31,60 bcd	35,09 d	22,66 a	23,80 ab		
<i>Linoleico</i> (C18:2)	43,30 b	40,34 b	43,09 b	41,27 b	38,73 ab	34,63 a	43,29 b	43,53 b		
<i>Linolénico</i> (C18:3)	7,38 b	5,56 ab	8,08 b	5,62 ab	4,09 a	4,22 a	7,36 b	7,91 b		
AGI / AGS ⁽²⁾	3,47 ab	3,08 ab	3,41 ab	3,80 ab	2,98 ab	4,71 b	2,84 a	3,21 ab		
Lípidos Polares (%LT)	40,23 b	36,50 b	37,61 b	38,48 b	9,09 a	30,53 b	37,09 b	39,30 b		
Ácidos Gordos (%FAME)										
<i>Palmitico</i> (C16:0)	28,10 ab	27,20 ab	25,09 ab	24,76 ab	20,89 a	30,59 b	29,07 ab	27,31 ab		
<i>Palmitoleico</i> (C16:1)	0,36	0,58	ND	0,61	ND	ND	0,35	0,66		
<i>Estearico</i> (C18:0)	0,85 ab	0,81 ab	0,69 ab	0,65 ab	ND	1,08 b	0,77 ab	0,57 a		
<i>Oleico</i> (C18:1)	10,50 a	10,94 a	13,55 a	16,36 a	30,81 b	16,42 a	8,57 a	8,11 a		
<i>Linoleico</i> (C18:2)	52,17	53,10	55,25	52,38	43,71	49,28	55,39	55,75		
<i>Linolénico</i> (C18:3)	7,58 c	4,13 ab	5,03 b	5,04 b	4,60 b	2,99 a	5,39 b	7,14 c		
<i>Beénico</i> (C22:0)	0,58 b	0,47 ab	0,41 a	0,43 a	ND	ND	0,48 ab	0,46 ab		
AGI / AGS ⁽²⁾	2,39 a	2,40 a	2,82 a	2,91 a	3,88 b	2,37 a	2,30 a	2,54 a		

⁽¹⁾ Os valores apresentados correspondem à média obtida em amostras de semente (fruto sem cascas) liofilizadas e moídas, e referentes a 1 ano de estudo.

⁽²⁾ AGI - ácidos gordos insaturados; AGS - ácidos gordos saturados.

C - Carrizado de Montenegro; V - Vinhais; Cp - Campeã (Vila Real).

ND - não detectado.

Em cada linha, os valores que não apresentam uma letra em comum são significativamente diferentes (P<0,05), de acordo com o teste de comparação entre médias de *Duncan New Multiple Range*.

Quanto ao perfil de ácidos gordos, observaram-se diferenças significativas entre variedades para a maior parte dos ácidos gordos detectados, variando a sua distribuição de acordo com a classe de lípidos. Contudo, todas as variedades apresentaram, tanto na fracção polar como principalmente na não polar, uma muito maior concentração de AGI. A Bebim foi a que apresentou, em ambas as fracções, o valor mais baixo de AGI/AGS (2,8 e 2,3, respectivamente, nos LN e LP), enquanto à Longal - Vinhais (4,7) no caso dos LN e à Boaventura (3,9) nos LP, correspondeu a maior relação AGI/AGS. O valor médio desta relação, para o conjunto das amostras, foi bastante mais elevado na fracção não polar (3,5 vs 2,7), contrariando o que tem sido indicado como regra geral, isto é, uma maior insaturação nos LP, comparativamente aos LN. Esta mais elevada relação AGI/AGS presente nos LN, ficou a dever-se aos maiores teores de C18:1 e menores de C16:0 encontrados nesta fracção, em praticamente todas as variedades analisadas.

Em ambas as fracções, o C16:0 foi o AGS predominante e o C18:0 surgiu em concentrações insignificantes. Os teores de C16:0 oscilaram entre 18,3% (Longal - Vinhais) e 25,2% (Bebim) no caso dos LN, enquanto nos LP os valores limite para este ácido gordo corresponderam à Boaventura e à Longal - Vinhais com 20,9% e 30,6%, respectivamente. Nesta última fracção, foram também detectadas, para a maioria das variedades, quantidades vestigiais de C22:0.

O principal ácido gordo monoinsaturado (AGMI) presente em qualquer uma das fracções lipídicas foi o C18:1, cujas percentagens variaram entre 22,7% (Bebim) e 35,1% (Longal - Vinhais) nos LN, enquanto nos LP observou-se uma variação bastante acentuada, tendo a Benfeita apresentado o valor mínimo (8,1%) e a Boaventura o valor máximo (30,8%). Outro AGMI encontrado em ambas as fracções, mas sempre com pouco significado e apenas em algumas variedades, foi o C16:1.

O C18:2 ocupou uma posição nitidamente predominante nos LP, com um valor médio de 51,8%, não tendo sido detectadas diferenças significativas entre variedades. Já em relação aos LN, apesar deste ácido gordo ser também dominante na maioria das variedades (excepto na Longal - Vinhais), a distância que o separa do C18:1 é bastante inferior. Nesta fracção, a concentração média do C18:2 foi de 40,8%, variando desde 34,6% (Longal - Vinhais) até 43,5% (Benfeita).

À excepção da Boaventura, o somatório dos ácidos C18:1 e C18:2 foi maior nos LN do que nos LP, registando-se valores muito próximos em qualquer uma das fracções, mas numa relação variável consoante as variedades. Por exemplo, nos LP a Benfeita e a Bebim possuem os valores mais baixos de C18:1 (8,1% e 8,6%) e os mais elevados de C18:2 (55,8% e

55,4%), enquanto à Boaventura corresponde a maior proporção de C18:1 (30,8%) e a menor de C18:2 (43,7%); nos LN, a Bebim surge também como a que contém menos C18:1 (22,6%) e uma das percentagens mais elevadas de C18:2 (43,3%), enquanto a Longal - Vinhais apresenta o maior conteúdo de C18:1 (35,1%) e o menor de C18:2 (34,6%). Este facto traduz a elevada correlação negativa observada entre estes dois ácidos gordos, tanto ao nível da fracção neutra ($r = -0,769$) como da polar ($r = -0,815$).

O C18:3 representa o terceiro mais importante AGI, com uma média de 6,2% nos LN (variável entre 4,1% na Boaventura e 8,1% na Negral) e 5,3% nos LP (variável entre 3,0% na Longal - Vinhais e 7,6% na Lada). Apesar da sua baixa concentração, este AGPI totalizou, em ambas as fracções lipídicas de algumas variedades, mais do que 7%. Na fracção polar da maioria das variedades, o somatório deste ácido gordo com o C18:2 atingiu cerca de 60% dos ácidos gordos totais. De referir ainda que, no caso dos LN a concentração de C18:3 variou negativamente com a do C18:1 ($r = -0,872$) e positivamente com a do C18:2 ($r = 0,865$), enquanto nos LP não existiu uma correlação significativa entre estes dois ácidos gordos e o C18:3.

Importa também assinalar que as duas variedades originárias da Campeã - Vila Real (Benfeita e Bebim), foram as que apresentaram um maior conteúdo de AGPI, quer quando considerámos os lípidos totais (62,5% e 65,7%), quer no caso dos LP (62,9% e 60,8%) e até mesmo nos LN (51,4% e 50,7%). O clima bastante mais húmido deste local e, principalmente, menos quente no período de Verão, comparativamente às outras duas zonas consideradas, parece confirmar, assim, o pressuposto anteriormente assinalado, segundo o qual temperaturas mais baixas no período de crescimento das castanhas, poderão favorecer uma maior insaturação da cadeia dos seus ácidos gordos (Mazliak, 1980; Fernandez-Martinez *et al.*, 1986).

Finalmente, é lícito afirmar que face à sua elevada proporção de AGPI, principalmente C18:2, as nossas variedades de castanha podem desempenhar um importante papel na satisfação das necessidades em ácidos gordos essenciais. Contudo, no sentido de confirmar estes resultados, bem como se as variações observadas entre variedades dependem também das condições ambientais e de cultivo, torna-se necessário prosseguir o trabalho de investigação nesta área.

8.2.4-Outros constituintes

Açúcares solúveis

De acordo com a bibliografia, a fracção correspondente aos açúcares solúveis, particularmente a sacarose, parece assumir quer em termos quantitativos, quer qualitativos, alguma importância neste fruto, sugerindo pois a necessidade de se proceder à sua determinação em futuros trabalhos. Na realidade, duas das principais características organolépticas da castanha – textura e doçura – estão directamente correlacionadas com o conteúdo de amido e açúcares solúveis, respectivamente (Saito *et al.*, 1993). No entanto, tal como para o amido, a composição em açúcares solúveis está sujeita a uma certa variação, em função da origem das castanhas (variedade, local, ano), do seu estado de conservação e da forma de utilização. Para Senter *et al.* (1994), uma vez que a perda de água está associada à conversão do amido em açúcares solúveis, é provável que as condições de processamento pós-colheita contribuam para as diferenças observadas no teor destes constituintes.

Em todo o caso, a sacarose parece representar a maior proporção (superior a 95%) do total de açúcares solúveis da castanha, enquanto a frutose, glucose, rafinose e pentosanas estão presentes em quantidades muito pouco significativas. O Quadro 8.6 indica alguns valores encontrados na bibliografia, relativamente aos teores de açúcares solúveis neste fruto.

Quadro 8.6 - Composição em açúcares solúveis (% MS) da castanha sem cascas (semente).

	Fernandes (1954)	Gonçalves Ferreira e Graça (1977)	Vidal- -Valverde (1979)*	Bergougnoux (1978)	Rotundo <i>et al.</i> (1988)	Senter <i>et al.</i> (1994)	Bounous <i>et al.</i> (2000)	Bernárdez <i>et al.</i> (2004)
Sacarose	16,6 - 24,1	17,5	19,7	7,6 - 16,7	8,6 - 9,0	8,1 - 10,3	21,0	6,6 - 19,5
Açúcares redutores	1,0 - 1,2	1,2		4,2 - 9,6				
Glucose			0,1		0,4 - 0,8	vt - 0,2	0,5	0,0 - 0,3
Frutose			0,2		1,3 - 1,4	vt - 0,3	0,6	0,04 - 0,31
Rafinose			0,4					
Maltose							0,3	
Pentosanas	3,5 - 3,9	2,1						

* Citado por Desmaison e Adrian, (1986); vt - quantidades vestigiais (<0,1).

Aminoácidos

Embora importantes passos tenham já sido concretizados com vista à determinação analítica do perfil de aminoácidos das nossas variedades de castanha, os resultados que obtivemos até ao momento são ainda insuficientes para os podermos apresentar. Contudo,

apesar de em número reduzido, existem alguns dados sobre a composição em aminoácidos da semente de diferentes espécies de castanheiro (europeu, japonês, chinês e americano), que constituem, de alguma forma, informação preciosa para averiguarmos a qualidade da proteína deste fruto (Quadro 8.7).

Com efeito, estudos desenvolvidos por Collada *et al.* (1984, 1986), mediante um processo de extracção sequencial, demonstraram que, tal como sucede nas leguminosas, as proteínas de reserva da castanha são, fundamentalmente, globulinas, ao contrário da maior parte das gramíneas, onde predominam as prolaminas. Quanto às albuminas, existem numa concentração assinalável (20-25%), tanto na *C. sativa* como na *C. crenata* (Collada *et al.*, 1986). Porém, não podem ser consideradas como verdadeiras proteínas de reserva, uma vez que existem ainda em quantidades significativas, várias semanas após a germinação das sementes. Ainda de acordo com estes autores, a composição em aminoácidos das três fracções (globulinas, albuminas e glutelinas) de proteínas da castanha é idêntica, sendo caracterizada por níveis elevados de aspartato, glutamato e aminoácidos básicos e um baixo conteúdo de metionina. Esta surge, assim, como o aminoácido essencial limitante, à semelhança do que ocorre na maioria das sementes de leguminosas. Aliás, o perfil de aminoácidos das globulinas da castanha é semelhante ao das globulinas do tipo 11S presente nas leguminosas (Collada *et al.*, 1986).

Também Desmanson e Adrian (1986) referem a existência na castanha de quantidades consideráveis dos constituintes dicarboxílicos, ácidos aspártico e glutâmico, cuja soma representa 1/3 dos aminoácidos totais. Para estes autores, apesar do seu modesto teor proteico, a castanha oferece um interessante "apport" de lisina (5,85% das proteínas), embora seja bastante deficitária em metionina e, de um modo geral, em aminoácidos sulfurados (-65%).

Já McCarthy e Meredith (1988) obtiveram um elevado valor biológico (cerca de 53%), muito semelhante nas três espécies que estudaram (europeia, chinesa e americana), e com o mesmo aminoácido limitante - a isoleucina. Segundo estes investigadores, os valores dos aminoácidos sulfurados apresentados noutros estudos podem estar subestimados, uma vez que para o total doseamento destes aminoácidos, torna-se necessário proceder a uma oxidação com ácido perfórmico, previamente à hidrólise ácida. Com efeito, Meredith *et al.* (1988) demonstraram que a oxidação em ácido perfórmico, juntamente com a hidrólise ácida, permitem uma mais correcta determinação dos aminoácidos sulfurados, constituindo o único método capaz de fornecer dados reais, relativamente a estes compostos, nas amostras que contêm elevadas concentrações de hidratos de carbono, como é o caso da castanha.

Quadro 8.7 - Composição em aminoácidos da semente de diferentes espécies de castanheiro.

	Collada <i>et al.</i> (1986)		McCarthy e Meredith (1988)		
	(mol 100 mol ⁻¹ aminoácidos)		(g 100 g ⁻¹ Azoto)		
	<i>C. sativa</i>	<i>C. crenata</i>	<i>C. sativa</i>	<i>C. mollissima</i>	<i>C. dentata</i>
Alanina	9,3	7,3	0,369	0,254	0,271
Arginina	4,4	7,6	0,388	0,557	0,418
Aspartato	16,7	24,8	0,904	1,076	0,886
Cisteína	2,9	2,1	0,168	0,139	0,118
Fenilalanina	3,1	3,1	0,225	0,275	0,231
Glicina	8,2	7,2	0,286	0,232	0,249
Glutamato	13,2	12,0	0,684	0,681	0,681
Histidina	1,9	1,9	0,148	0,160	0,135
Isoleucina	3,9	2,8	0,209	0,205	0,212
Leucina	6,3	5,4	0,306	0,341	0,329
Lisina	5,6	4,6	0,318	0,292	0,295
Metionina	0,9	0,7	0,125	0,128	0,098
Prolina	5,3	4,4	0,270	0,206	0,235
Serina	5,8	4,7	0,260	0,231	0,228
Tirosina	2,0	1,8	0,152	0,194	0,174
Treonina	4,7	4,2	0,195	0,228	0,209
Triptófano	-	-	0,059	0,062	0,059
Valina	5,8	5,3	0,289	0,282	0,285

Porém, importa realçar que a par da sua fracção proteica, as castanhas apresentam uma quantidade importante de aminoácidos livres, o que explica a diferença entre a composição de aminoácidos obtida na análise directa da farinha de castanha desengordurada, da avaliada a partir da composição das suas fracções proteicas (Collada *et al.*, 1986). Entre os aminoácidos presentes na forma livre, em concentrações variáveis com a espécie, destacam-se os ácidos aspártico e glutâmico, a arginina e, sobretudo, o ácido γ -aminobutírico (GABA) e a asparagina (Quadro 8.8).

Enquanto as sementes de *C. crenata* acumulam preferencialmente asparagina que, actuando como fornecedor de azoto para a síntese proteica, desempenha um importante papel na sua germinação, as sementes de *C. sativa* são as mais ricas em GABA, composto que nas células vegetais surge, normalmente, no período de dormência, isto é, quando se encontram em anóxia com paragem da síntese proteica e do crescimento (Desmaison e Tixier, 1984). Por outro lado, Desmaison *et al.* (1984) encontraram níveis elevados de GABA no “pool” de

aminoácidos livres da semente de *C. sativa* em vários estados de maturação. Assim, apesar da função do GABA na maturação das castanhas, não estar ainda perfeitamente compreendida, o facto deste composto se encontrar presente em concentrações elevadas, tanto no período de maturação como no de germinação, pode ser interpretado não apenas como uma resposta à anóxia e como indicativo da paragem de crescimento e inibição da síntese proteica, mas também como tendo uma função importante no desenvolvimento destes frutos (Desmaison *et al.*, 1984).

Quadro 8.8 - Repartição dos principais aminoácidos livres na castanha de diferentes espécies (Desmaison e Adrian, 1986).

	<i>C. sativa</i>		<i>C. crenata</i>	<i>C. mollissima</i>
	Desmaison <i>et al.</i> (1977)	Desmaison <i>et al.</i> (1984)	Desmaison <i>et al.</i> (1984)	Desmaison <i>et al.</i> (1984)
Aminoácidos Livres (g 100g ⁻¹ peso fresco)	-	0,42	0,74	0,46
Asparagina (%)	21,25	24,35	33,65	20,7
Ác. Aspártico (%)	7,45	8,6	9,45	9,6
Glutamina (%)	1,3	-	-	-
Ác. Glutâmico (%)	10,9	7,3	11,5	25,0
Ác. γ -aminobutírico (%)	15,1	15,75	3,55	4,55
Arginina (%)	4,8	4,6	9,0	8,75
Alanina (%)	11,55	11,1	9,35	10,45

Também num outro estudo sobre a composição proteica do fruto de *C. sativa*, Desmaison e Tixier (1979) encontraram teores consideráveis de GABA e arginina, correspondendo a sua soma a cerca de 20% do total de aminoácidos livres. Segundo estes investigadores, existe na castanha uma relação metabólica entre estes dois compostos, facto que pode ser considerado como uma possível via de utilização da arginina como dador de grupos amino e fornecedor de energia, por intermédio da degradação do GABA no ciclo de Krebs. Além dos já referidos, Kasai *et al.* (1978) detectaram ainda nas sementes de *C. sativa* a presença de outros dois aminoácidos livres, o ácido pipecólico, produto da desaminação da lisina, e o ácido arginosuccínico.

Um outro aspecto que assume alguma relevância neste fruto, face ao seu elevado conteúdo de água susceptível de favorecer a actuação de fungos patogénicos, é naturalmente a

provável presença nos seus tecidos de reserva de determinadas enzimas (quitinases) com função de defesa. Na realidade, Collada *et al.* (1992, 1993) conseguiram isolar dos cotilédones quer de *C. sativa*, quer de *C. crenata*, abundantes quantidades de proteínas com actividade endoquitinase, que favorecem a sua capacidade de conservação. Este facto, poderá explicar porque é que uma grande proporção de sementes de castanha, apesar de conterem elevadas quantidades de água e estarem sujeitas a condições altamente favoráveis ao ataque de fungos, conseguem permanecer no solo sem serem afectadas, durante semanas ou até meses, antes de germinarem. Além disso, dados obtidos por estes mesmos investigadores parecem indicar, igualmente, a presença de β -1,3-glucanases nas sementes de *C. sativa*, o que sugere a existência de um sistema de proteínas de defesa, com uma função semelhante à do sistema indutor de patogenia relacionado com proteínas.

Do exposto, é possível admitir que, apesar dos relativamente baixos teores de proteína doseados na castanha, o seu valor biológico determinado em alguns estudos já realizados, confere-lhe uma qualidade interessante, não sendo de menosprezar, por isso, o papel deste fruto como fonte de aminoácidos.

Por outro lado, a presença na castanha de uma quantidade considerável de GABA (50 a 236 mg 100g⁻¹ MS no caso da *C. sativa*, segundo Tixier e Desmaison, 1980), adquire uma importância assinalável, sob o ponto de vista nutricional, uma vez que este composto, actuando como neurotransmissor, participa na regulação da actividade cerebral dos mamíferos, em particular, do Homem, o que constitui mais um indicador positivo quanto ao papel deste fruto na nossa alimentação.

Na realidade, o GABA é uma substância de origem endógena, sintetizada no cérebro e hipotálamo por descarboxilação do ácido glutâmico. O fosfato de piridoxal (vitamina B₆) é a coenzima desta descarboxilase localizada, exclusivamente, na substância cinzenta do cérebro (Desmaison e Adrian, 1986). De acordo com estes investigadores, a função do GABA evidencia-se, por exemplo, nas convulsões observadas nas crianças, devido a uma carência em vitamina B₆ e, por consequência, a uma deficiente síntese de GABA. Administrando fosfato de piridoxal, o qual permite o reinício da actividade da glutamina descarboxilase, ou o próprio GABA, tais distúrbios convulsivos desaparecem.

Estudos mais recentes confirmam que o GABA é o mais importante neurotransmissor inibitório do SNC. Considerado, por isso, um calmante natural, tem sido utilizado com sucesso no tratamento de estados de insónia, ansiedade, depressão, epilepsia e esquizofrenia (Petty, 1995; Petty *et al.*, 1995; Petroff *et al.*, 1996; Shiah e Yatham, 1998; Sanacora *et al.*, 2002; Krystal *et al.*, 2002). Assim, a confirmar-se a sua riqueza em GABA, não será

descabido admitir que o consumo regular de castanha pode contribuir para o acréscimo dos níveis plasmáticos deste neuromediador, prevenindo um deficiente funcionamento do sistema nervoso.

Vitaminas

À semelhança do que sucede no caso dos aminoácidos, estamos a desenvolver alguns trabalhos com vista à determinação da composição em vitaminas das principais variedades de origem nacional. Contudo, a fase preliminar em que se encontram esses trabalhos impede-nos de apresentar, neste momento, quaisquer resultados referentes a estes importantes constituintes, lacuna que julgamos vir a ultrapassar muito em breve.

Em todo o caso, recorrendo às fontes bibliográficas disponíveis, sempre com o propósito de fornecer a maior quantidade de informação possível, podemos adiantar que a castanha apresenta, de acordo com alguns estudos (Quadro 8.9), níveis apreciáveis de vitamina E (principalmente γ -tocoferol), ácido ascórbico e factores vitamínicos do grupo B, assemelhando-se pois a outros órgãos de reserva como os tubérculos.

Quadro 8.9 - Composição em vitaminas (mg 100 g⁻¹ MS) da semente de *Castanea sativa* Mill (adaptado de Desmaison e Adrian, 1986).

	Paul e Southgate (1979)	Geigy (1972)	Chatfield (1964)	Leung e Flores (1961)	Watt e Merrill (1963)	Souci <i>et al.</i> (1962)	Gonçalves Ferreira (1961)	Lambertsen <i>et al.</i> (1962)
Vitaminas complexo B								
Tiamina (B ₁)	0,41	0,46	0,50	0,49	0,46	0,40	0,43	-
Riboflavina (B ₂)	0,45	0,44	0,42	0,47	0,46	0,42	0,23	-
Piridoxina (B ₆)	0,68	0,58	-	-	-	-	-	-
Niacina (PP)	0,41	1,00	0,97	1,07	1,26	1,75	3,85	-
Ác. Pantoténico	0,98	0,60	-	-	-	-	-	-
Biotina (μ g)	2,7	2,6	-	-	-	-	-	-
Vitamina E								
α Tocoferol	-	-	-	-	-	-	-	0,5
γ Tocoferol	-	-	-	-	-	-	-	7,0
Vitamina C (Ác. Ascórbico)	-	-	55	-	-	54	98	-

De referir que no momento da colheita, o teor de ácido ascórbico nas castanhas pode atingir, segundo Desmaison e Adrian (1986), 100 mg 100g⁻¹ peso fresco, sendo pois, à semelhança dos citrinos, uma notável fonte de vitamina C. Contudo, o ácido ascórbico é parcialmente degradado durante a conservação, o que explica o facto de certos autores considerarem a castanha pobre em vitamina C. Por outro lado, a concentração desta vitamina

parece variar com a altitude. Com efeito, de acordo com Zadorozhnil (1974) *cit.* por Desmaison e Adrian (1986), nos frutos provenientes de castanheiros situados abaixo dos 200 m, o teor de vitamina C oscila entre 60 e 70 mg, enquanto as castanhas colhidas de castanheiros localizados entre 500 e 600 m contêm de 69 a 76 mg.

8.2.5-Conclusões

As conclusões que se podem extrair dos dados apresentados, permitem responder aos objectivos inicialmente traçados, ainda que de forma parcial face aos condicionalismos surgidos no decurso dos estudos efectuados. Todavia, a realização de outros ensaios, abrangendo um número mais representativo de amostras e uma maior diversidade de meios e condições de estudo, torna-se essencial para a confirmação de algumas tendências detectadas e sugestões apresentadas, bem como para o devido esclarecimento de dúvidas e questões com que fomos entretanto confrontados. Tais ensaios deverão ser suportados por um maior envolvimento pluridisciplinar, com recurso a um adequado delineamento experimental e a metodologias analíticas mais avançadas. Por outro lado, importa também referir a necessidade de avaliar e quantificar, em futuros trabalhos experimentais, as variações observadas na composição química e valor nutritivo deste fruto, consoante as formas de preparação e confecção adoptadas.

Em todo o caso, dos estudos que temos vindo a desenvolver, cujos resultados estão em parte apresentados nesta publicação, é possível inferir algumas ilações a seguir indicadas.

↳ A maior parte dos parâmetros respeitantes à composição química e mineral da castanha sem cascas diferiram significativamente entre variedades e, dentro de cada variedade, assistiu-se a uma variação significativa entre os anos de colheita. Assim, qualquer um destes factores, bem como a sua interacção (ano x variedade), contribuíram significativamente para as diferenças detectadas entre as diversas variedades nos anos de estudo considerados.

↳ A seguir ao resíduo, o factor ano, mais do que a variedade e a própria interacção (ano x variedade), foi o que exerceu maior influência na variação da maioria dos parâmetros estudados. De facto, apenas nos teores de amido, PB, P e Mn, a contribuição do factor variedade foi superior à do ano e da interacção. No caso do ADF, ADL, celulose, GB, S e Na prevaleceu a influência da interacção, enquanto nos restantes parâmetros o efeito do ano foi bastante evidente e nitidamente superior quer ao da variedade, quer ao da interacção.

↳ Embora as características qualitativas e tecnológicas da castanha, bem como o seu conteúdo de elementos nutritivos, possam variar com o clima inerente a cada ano e local (e

dentro do mesmo local com a natureza do solo, altitude, exposição, etc.), e em ambos os casos com o potencial genético, técnicas de cultivo, implantação e manutenção do souto e, ainda, com o vigor e idade das árvores, certo é que este fruto constitui um alimento saudável, capaz de satisfazer uma boa parte das necessidades nutricionais da população.

↳ A sua particular riqueza em hidratos de carbono facilmente digestíveis (principalmente, sob a forma de amido), os quais constituem mais de metade da MS total, traduz-se num importante valor calórico, que faz deste fruto uma excelente fonte energética, ideal para prevenir situações de desgaste físico e intelectual. Por outro lado, a composição em açúcares da castanha, embora represente uma característica fortemente limitante no caso dos diabéticos, coloca-a numa posição favorável como alimento alternativo para crianças alérgicas ao leite de vaca ou à lactose, bem como para indivíduos com intolerância aos cereais.

↳ Adicionalmente, entre outras propriedades que fazem da castanha um alimento equilibrado e de qualidade, podem citar-se:

- baixo conteúdo de gordura, completamente isenta de colesterol, mas rica em AGI (C18:1, C18:3 e, principalmente, C18:2), contribuindo assim para diminuir o risco de doenças cardiovasculares;

- concentração favorável de fibra, a qual assume, em termos de saúde alimentar, cada vez maior importância, face ao papel que desempenha na manutenção da actividade dos intestinos e da sua microflora, acelerando o trânsito intestinal e permitindo, por consequência, uma mais rápida eliminação dos resíduos alimentares, o que pode contribuir também para a redução dos níveis plasmáticos de colesterol e das doenças que lhes estão associadas, bem como para o controlo da obesidade e prevenção do cancro do cólon e recto;

- nível proteico que, embora quantitativamente reduzido, não deixa de ter um assinalável valor biológico, graças à sua equilibrada composição em aminoácidos, entre os quais assume particular interesse o ácido γ -aminobutírico (GABA), dado o seu importante contributo para o normal funcionamento do sistema nervoso;

- conteúdo de sódio desejavelmente baixo, face às recomendações médicas com vista à redução da pressão arterial;

- elevado teor de potássio, capaz de favorecer as trocas através da membrana citoplasmática e a transmissão dos impulsos nervosos, bem como promover a contracção muscular e o batimento cardíaco.

↳ Assim, sob o ponto de vista nutricional, a castanha pode considerar-se semelhante à batata, arroz ou trigo, o que justifica os adágios populares comuns em determinadas regiões, que classificam este fruto como “o grão que cresce na árvore” ou “o pão que a árvore dá”. Por outro lado, face ao seu valor como produto biológico e às mencionadas características dietéticas, a castanha tem vindo a recuperar, a pouco e pouco, o seu lugar nos hábitos alimentares quotidianos, livre da conotação de pobreza a que esteve associada durante séculos, e indo ao encontro da actual tendência dos consumidores na procura de alimentos naturais, essenciais para uma alimentação saudável, satisfazendo ao mesmo tempo o desejo, cada vez mais presente, de restaurar os valores tradicionais.

8.3-Formas de utilização e transformação - destino preferencial das principais variedades

Um dos objectivos desta componente da presente publicação é contribuir para que todos os agentes ligados à produção e comercialização da castanha, desde produtores e técnicos às unidades de transformação, tenham acesso a mais alguns conhecimentos sobre as características das diversas variedades, de modo a poderem actuar, em conjunto, para uma efectiva valorização da nossa produção.

Nessa perspectiva, e com base quer nas características qualitativas e tecnológicas, quer nos dados referentes à composição química e valor nutritivo, indicamos a seguir, de forma sucinta, quais as variedades, entre as mais conhecidas e com maior expressão, que em nossa opinião, e mediante as propriedades/qualidades exigidas, melhor se adaptam a cada um dos diversos tipos de utilização e/ou transformação, fazendo igualmente uma breve referência às técnicas de preparação ou processos de fabrico.

8.3.1-Consumo em fresco

Todas as variedades se adaptam ao consumo em fresco, mas são mais ou menos apreciadas em função da sua precocidade, calibre e gosto. Assim, para este tipo de mercado podem utilizar-se tanto os frutos com a característica "castanha" como os "marron" (isto é, com uma percentagem de frutos polispérmicos superior ou inferior a 12%, respectivamente), sem preferência marcada nem imposição de determinado calibre. No entanto, as castanhas ditas "marron" são, cada vez mais, preferidas pelo consumidor, o que favorece a maior parte

das nossas variedades, dado o seu carácter predominantemente monospérmico ("marron"), e constitui mais uma razão para a implantação preferencial das variedades produtoras deste tipo de frutos.

Por outro lado, é conveniente a utilização de variedades cujo calibre não ultrapasse os 100 frutos/kg, acentuando-se uma crescente preferência para as de melhor calibre, já que se comercializam a um melhor preço. As castanhas de pequeno tamanho só se vendem bem, quando precoces.

Para satisfazer o consumidor são necessários lotes de castanhas saborosas e, sobretudo, completamente sãs e com bom aspecto, o que implica importantes cuidados e melhoramentos no que diz respeito à selecção de variedades, métodos de condução do souto, colheita e procedimentos de conservação (limpeza, desinfecção e refrigeração).

Modo de preparação

Como refere Bergougnoux (1978), antes de serem colocadas no mercado as castanhas devem passar por um certo número de tratamentos:

- CALIBRAÇÃO - Permite não só separar os lotes para os diferentes destinos (venda em fresco e transformação), como propor aos consumidores diferentes categorias correspondentes aos calibres apresentados.
- TRIAGEM - Efectua-se quer manualmente, quer mecanicamente (por insuflação ou pré-imersão). Uma desinfecção por fumigação assegura um eventual tratamento complementar.
- EMBALAGEM - Geralmente em sacos de rede de capacidade variável com as exigências do mercado (1, 5 ou 10 kg e 20 ou 50 kg para venda a granel).

Variedades melhor adaptadas

As variedades Judia (região Norte) e Martainha (região Centro) são as que melhor se adaptam a este tipo de utilização. Na realidade, o seu bom calibre, sabor, conservação, forma arredondada e aspecto (bastante apreciado pela cor vermelho vivo do seu pericarpo, principalmente no caso da Judia), contribuem para que estas variedades sejam as que apresentam, por excelência, os melhores resultados para consumo em fresco, possuindo um elevado valor como produto de exportação.

Tendo em conta o calibre e sabor, as variedades Lamela, Rebolão e Bevim apresentam geralmente grande aceitação para o consumo em fresco. No entanto, a sua inferior capacidade

de conservação constitui um factor de desvalorização. Já a variedade Boaventura, além do seu bom sabor e calibre, apresenta uma notável aptidão para a conservação natural o que a torna bastante procurada, embora o seu grau de implantação seja ainda bastante reduzido. Aliás, face ao seu potencial, não apenas em termos de produção, mas também no que diz respeito às suas características qualitativas, julgamos que esta variedade é merecedora de uma maior aposta. Dado o seu carácter precoce, a Aveleira pode atingir igualmente preços favoráveis. Porém, o facto de apresentar, frequentemente, elevadas percentagens de frutos rachados, bem como o seu menor poder de conservação, constituem factores limitativos para este tipo de utilização. As restantes variedades, apesar de poderem ser consumidas em fresco, possuem características que lhes conferem uma assinalável aptidão tecnológica, pelo que poderão atingir uma melhor valorização quando transformadas nos vários produtos que indicamos a seguir.

8.3.2-Castanhas inteiras ao natural (conservas)

Este tipo de fabrico, com grande implantação em França, Itália e mais recentemente em Espanha, tem tido uma constante progressão nestes países, e acreditamos que possa ter, igualmente, uma boa aceitação entre nós.

Permite a preparação de castanhas, sem cascas e não partidas, acondicionadas numa calda em latas ou frascos (Figura 8.3), congeladas em sacos de plástico (Figura 8.4) ou esterilizadas em embalagens de plástico ou alumínio. Destinam-se a ser consumidas, essencialmente, como legume para acompanhar vários pratos de carne (principalmente, assados de porco, vitela, coelho, frango, peru, pato ou ganso), como ornamento de acepipes ou como ingrediente de saladas e entradas.

Características exigidas

De acordo com Bergougnoux (1978), as castanhas destinadas a esta forma de transformação devem obedecer às características a seguir indicadas.

- Bom estado sanitário após conservação; percentagem de frutos bichados ou podres inferior a 8%.
- Boa capacidade de conservação, permitindo alargar o período de fabrico (de Outubro a Março).

• Fácil descasque, de modo a assegurar um bom rendimento. Esta operação será tanto mais fácil quanto:

- menor for a percentagem de frutos compartimentados;
- mais maduros estiverem os frutos (no início da estação o descasque é quase sempre mais difícil).

• Frutos bem enxutos. O grau de secagem ideal constitui um aspecto muito importante que é necessário definir. Castanhas demasiado húmidas resultam, geralmente, num deficiente descasque e mau comportamento, e quando demasiado secas, verifica-se que permanecem muito fechadas, mesmo após a cozedura, o que dificulta a penetração da calda açucarada.

• Frutos com diâmetro regular e calibre compreendido entre 80-90 frutos/kg, de modo a obter-se um aspecto homogéneo.

• Frutos que apresentem um bom comportamento face a este processo de fabrico, isto é, que permaneçam inteiros algumas horas após a transformação, o que implica a escolha de variedades que produzam frutos resistentes aos choques térmicos e mecânicos inerentes aos processos de descasque, conservação e fabrico. De referir que a congelação dos frutos melhora nitidamente o seu comportamento.

• Bom sabor. As castanhas destinadas a esta transformação devem ser moles e com boas qualidades organolépticas. Esta característica não é tão importante no caso das castanhas enlatadas, uma vez que a calda açucarada reduz, em grande parte, a diferença existente entre as diversas variedades, o que não acontece com os outros tipos de fabrico.



Figura 8.3 - Embalagens de diferentes formatos e capacidades com castanhas em conserva (castanhas inteiras ao natural), produzidas pela firma José Posada com sede em Ourense (Galiza - Espanha).

Breve descrição dos processos de fabrico

Entre as principais formas deste tipo de produto destacam-se (Bergougnoux, 1978):

• CASTANHAS ENLATADAS

- Colocar os frutos em latas;
- Adicionar, a quente, uma calda que não deverá conter teores de sal e açúcar superiores a 2% e 5%, respectivamente;
- Fechar as latas;
- Esterilizar a 116 °C, durante 30 a 35 minutos.

• CASTANHAS EM FRASCOS

- Encher os frascos, sem calda;
- Colocar as tampas, sob vácuo;
- Esterilizar a 116 °C, durante 35 a 40 minutos.

Este tipo de fabrico permite um bom comportamento dos frutos. No entanto, o facto da cor das castanhas se alterar rapidamente, como resultado da sua oxidação por influência da luz, constitui um aspecto negativo que limita de certa forma a sua prática.

• CASTANHAS CONGELADAS

Este modo de transformação permite conservar as qualidades organolépticas e favorece o comportamento das castanhas sujeitas a cozedura. Esta congelação pode efectuar-se basicamente de duas formas:

- Rápida congelação num túnel a -40 °C, durante 15 a 20 minutos (Figura 8.4). Os frutos são despejados sobre um tapete que penetra numa câmara de congelação. À saída desta podem, eventualmente, ser calibrados e depois acondicionados em sacos de plástico, os quais, antes de serem comercializados, devem ser armazenados numa câmara de conservação a -20 °C. O elevado custo do túnel de congelação dificulta, em larga medida, o uso desta técnica.

- O outro procedimento consiste em colocar as castanhas, bem enxutas, em tabuleiros de reduzida espessura, durante 12 horas à temperatura de -35 °C. Em seguida, são embaladas em sacos de plástico e conservadas a -20 °C.

• CASTANHAS ESTERELIZADAS

Entre as várias formas e modalidades experimentadas por investigadores franceses (diferentes atmosferas: em azoto, vácuo parcial, vácuo total; diferentes acondicionamentos:

transparentes ou opacos; diferentes tempos de esterilização), parece que o fabrico em vácuo total com esterilização em embalagens de alumínio fornece os melhores resultados.

• *Modo de fabrico*

- Colocar as castanhas (frescas, congeladas ou parcialmente descongeladas) nas embalagens, sem calda.

- Retirar todo o ar através de vácuo e fechar as embalagens.

- Esterilizar a 116 °C, durante 30 a 35 minutos.

• *Vantagens*

- Bom comportamento para todas as variedades (o que interessa tanto aos produtores, como aos industriais e consumidores).

- Melhor gosto.

- Boa conservação, que se estenderá por um período maior no caso de se utilizarem embalagens de alumínio (pelo menos 12 meses), comparativamente às de plástico.

- O seu processo de fabrico (a seco), principalmente nas embalagens de alumínio, conserva perfeitamente o aroma das castanhas. Este facto permite que este produto seja particularmente apreciado, prestando-se a uma maior gama de utilizações, como por exemplo, aperitivos e sobremesas (castanhas cobertas com chocolate, caramelo ou doce).



Figura 8.4 - Diferentes etapas da linha de congelação de castanhas existente na empresa Sortegel - Produtos Congelados, S. A. (Sortes - Bragança).

Variedades melhor adaptadas

Nos países com maior produção, as castanhas inteiras ao natural, nas suas mais variadas formas, têm uma grande procura. Aliás, grande parte da castanha portuguesa exportada para França é utilizada na confecção deste tipo de produto.

Assim, tendo em conta, por um lado, as excelentes qualidades das nossas castanhas e, por outro lado, as vantagens económicas na venda deste produto, pensamos ser recomendável que as nossas unidades industriais se dediquem a esta transformação. É previsível a obtenção de uma maior rentabilidade com a exportação do produto transformado, do que com a comercialização da castanha em fresco a preços pouco favoráveis, como acontece actualmente, cabendo apenas a outros países o papel da transformação.

Por outro lado, apesar de pouco divulgados entre nós, parece-nos que a venda destes produtos, assente num adequado trabalho de marketing, poderá ter, igualmente, grande incremento no nosso País, permitindo assim uma valorização acrescida da castanha.

É certo que o desenvolvimento deste tipo de fabrico exigirá, além das condições estritamente ligadas às unidades de transformação (aquisição de equipamento e formação técnica adequada), um esforço por parte dos produtores, no sentido de melhorar o nível de conservação das suas castanhas e a homogeneidade dos lotes, indispensável para uma boa utilização industrial.

Entre as variedades estudadas, a Judia parece-nos a menos indicada para esta transformação, uma vez que apresenta, frequentemente, mais do que uma semente, bem como penetrações profundas e em grande número. A maioria das restantes variedades satisfaz as qualidades tecnológicas exigidas, pelo que a nossa escolha baseia-se na relação destino/composição química.

Assim, tendo em conta a utilização que normalmente é dada a este produto, devem ser considerados, essencialmente, três parâmetros nutricionais: fibra, proteína e sais minerais. Deste modo, as variedades Benfeita, Lada e Bebin são as eleitas, uma vez que possuem os maiores teores de PB (10,1%, 8,0% e 7,2% MS, respectivamente) e sais minerais (cerca de 2,9% MS), ocupando uma posição intermédia relativamente à fibra - NDF (entre 20% e 23% MS). Com base, exclusivamente, neste último parâmetro, os maiores valores dizem respeito às variedades Aveleira (27,2% MS), Longal (21,9% a 23,6% MS) e Trigueira (23,4% MS), pelo que a sua transformação neste tipo de produto apresenta algumas vantagens. Contudo, o fraco poder de conservação da Aveleira pode limitar esta utilização, enquanto em relação à

Longal e à Trigueira, apresentam qualidades tecnológicas (aptidão para o descasque, conservação e sabor) que lhes conferem bons resultados quando transformadas desta forma.

Não fora a sua menor aptidão para o descasque, e também a Lamela (Carrazedo de Montenegro), a Judia e a Rebolão teriam algum interesse para esta transformação, dado os seus teores quer em termos de proteína (7,0%, 6,1-6,4% e 6,1% MS) e cinzas (2,6%, 2,4% e 2,5% MS), quer em NDF (22%, 22,2-23,4% e 20,2% MS).

8.3.3-Castanhas para doçaria

Actualmente, nos países onde a indústria de transformação da castanha está mais evoluída, os frutos destinados a este tipo de fabrico são os mais valorizados.

Características exigidas

Segundo Bergougnoux (1978), esta forma de transformação exige lotes de castanhas com as seguintes características qualitativas:

- Bom estado sanitário após conservação (menos de 8% de frutos podres ou bichados).
- Carácter "marron" (menos de 12% de frutos compartimentados).
- Bom comportamento, ou seja, que apresentem uma textura bastante resistente, de modo a evitar que se quebrem durante o fabrico. Para uma dada variedade, os frutos maiores partem-se mais facilmente e, por outro lado, os que possuem penetrações muito profundas ou uma cavidade interna acentuada, são quase sempre mais frágeis. Este comportamento constitui um critério muito importante, essencialmente ligado às características varietais, mas também às técnicas de processamento e fabrico.
 - Calibre compreendido entre 40 e 65 frutos/Kg.
 - Forma dos frutos. Geralmente, escolhem-se as castanhas com forma globular e ligeiramente triangular, enquanto as demasiado achatadas (médias), situadas no centro de um ouriço com três frutos, são eliminadas.
 - Lotes homogéneos quer quanto ao calibre e forma, quer quanto à origem (amadurecidos e colhidos nas mesmas condições), de modo a apresentarem um comportamento idêntico no processo de fabrico.
 - Fácil descasque. As castanhas devem ser particularmente bem descascadas, sem vestígios de queimado nem de casca interna. Um cuidadoso acabamento manual é quase sempre indispensável.

- Grau de secagem. Para um bom descasque, as castanhas não devem encontrar-se demasiado húmidas, e por outro lado, não devem estar demasiado enxutas para que ocorra uma perfeita penetração da solução açucarada.

Breve referência aos processos de fabrico

As principais formas deste tipo de fabrico são (Bergougnoux, 1978):

- Castanhas cobertas com uma solução açucarada (confeito de castanha);
- "Marrons glacés";
- Castanhas em álcool.



Figura 8.5 - Vasto leque de produtos de doçaria fabricados com castanha pela unidade de transformação de José Posada (Ourense, Galiza - Espanha).

• CASTANHAS COBERTAS COM UMA SOLUÇÃO AÇUCARADA

Este processo consiste numa lenta impregnação dos tecidos da castanha por soluções com concentrações crescentes de açúcar, obedecendo às leis da pressão osmótica e da capilaridade. A técnica utilizada para as castanhas é muito semelhante à que se emprega para outros frutos. A principal diferença deriva da natureza das células da castanha, cujas reservas são constituídas essencialmente por grãos de amido, em vez de sucos celulares. Estes grãos de amido apresentam uma grande resistência à dilatação e à gelatinização; as castanhas necessitam assim de um período de cozedura bastante longo, o que as torna mais frágeis,

enquanto a gelatinização deve ser apenas a suficiente para permitir uma impregnação completa e profunda.

- *Princípios da técnica*

Antes da impregnação, as castanhas são cozidas à temperatura de 105 °C, em condições de pressão e tempos variáveis (10 a 15 minutos sob pressão ou durante um período mais longo à pressão atmosférica). O nível óptimo da pré-cozedura é importante e pode verificar-se com a técnica do palito. Se a cozedura for demorada, os frutos desfazem-se, e quando insuficiente, a penetração da solução açucarada não é perfeita. Daí a necessidade de adaptar o período e as modalidades da pré-cozedura às diferentes variedades.

A técnica propriamente dita, consiste na substituição da água contida nas células das castanhas por uma solução de açúcar, resultando um produto final com 75 a 80% de matéria seca, o que diminui os possíveis riscos de deterioração microbiológica. Deve efectuar-se a 65 °C, temperatura que permite diminuir a viscosidade da solução, aumentando assim a velocidade da impregnação. Por outro lado, assegura uma pasteurização, que evita possíveis contaminações durante o processo.

A diferença entre a concentração de açúcar da solução utilizada e a das castanhas, deve ser reduzida, caso contrário exercem-se pressões consideráveis em ambos os lados das membranas celulares, destruindo-as. Geralmente, as soluções contêm sacarose e glucose em concentrações calculadas para evitar a possibilidade de recristalização à temperatura ambiente. Estas soluções de açúcar devem ser estáveis e límpidas.

As castanhas comercializadas sob esta forma são conservadas na própria solução açucarada e acondicionadas em frascos ou sacos protegidos por uma embalagem metálica. Podem utilizar-se na preparação de apetitosas sobremesas e gelados.

- **CASTANHAS EM ÁLCOOL**

As castanhas são previamente sujeitas ao processo anterior, e em seguida acondicionadas em frascos com bebidas alcoólicas (aguardente, “cognac”, etc.). Ao fim de alguns meses de conservação (6 a 12 meses), o álcool foi substituído por uma solução alcoólica açucarada, em consequência das trocas com o açúcar da cobertura das castanhas. É um produto muito apreciado como digestivo.

No nosso País, pensamos que se devia apostar nas castanhas em vinho do Porto, existindo já algumas tentativas que, infelizmente, não tiveram continuidade, mas revelaram

tratar-se de um produto com grande potencial. Juntando, assim, dois importantes recursos naturais de Trás-os-Montes e Alto Douro, obter-se-ia um produto genuíno, certamente com grande aceitação entre nós e no estrangeiro, e cujo valor comercial constituiria um excelente promotor do desenvolvimento desta região.

- **"MARRONS GLACÉS"**

As castanhas impregnadas com a solução açucarada, são recobertas com uma solução de glucose, e deixa-se em repouso, de modo a eliminar as bolhas de ar. Em seguida, as castanhas são colocadas num forno à temperatura de 300 °C, durante 1 a 2 minutos, tempo suficiente para que o açúcar cristalize e adquira um aspecto brilhante.



Figura 8.6 - Diferentes formas de “marrons-glacés” elaboradas na unidade industrial de José Posada (Ourense, Galiza - Espanha).

À temperatura ambiente, o período de conservação deste produto é curto, mas pode ser aumentado utilizando temperaturas baixas. Constitui um produto muito apreciado e com grande procura, principalmente, em França, Itália, Espanha e Suíça.

Variedades melhor adaptadas

Considerando, por um lado, as suas excelentes qualidades tecnológicas e, por outro lado, o seu elevado teor de amido, a variedade Longal apresenta-se como uma das que melhores resultados oferece para este tipo de utilização. No entanto, o seu menor calibre pode constituir um aspecto negativo. O mesmo não sucede com a Lamela (Vinhais) e a

Boaventura, visto serem não só ricas em amido (63,8% e 64,4% MS, respectivamente), como satisfazem todas as exigências tecnológicas para esta transformação.

Dada a natureza do produto e processo de fabrico, além do conteúdo de amido, toma particular importância o teor de celulose, uma vez que associada a esta substância, encontra-se a pectina, a qual desempenha um papel fundamental no processo de gelatinização. Deste modo, a Martáinha surge também numa posição privilegiada para esta transformação, não só porque possui as características tecnológicas necessárias (principalmente um bom calibre e sabor), como também é a que apresenta os teores de celulose mais elevados (3,2% MS).

Apesar do seu calibre um pouco inferior, a Lada possui outras importantes qualidades tecnológicas (poder de conservação, facilidade de descasque e sabor), bem como adequados teores de amido e celulose, que lhe conferem igualmente uma boa aptidão para este tipo de produto. Outras variedades, cujos teores nestes elementos podem constituir critérios de escolha, são a Negral, Bebim e Rebolão. Contudo, apesar do seu adequado calibre e forma dos frutos, apresentam uma menor aptidão para o descasque, devido à presença de sulcos profundos e uma acentuada aderência entre o tegumento (casca interna) e a parte edível (semente).

Tal como no caso das castanhas ao natural, a Judia e a Avelreira são as menos aconselhadas para este tipo de produto. A primeira, dado poder apresentar um número substancial de frutos polispérmicos, além da superfície muito enrugada e com sulcos pronunciados, típico da semente desta variedade; a segunda, devido principalmente ao seu menor poder de conservação.

8.3.4-Creme e puré

Para o fabrico de creme e puré de castanha, utilizam-se geralmente os frutos de qualidade inferior (pequeno calibre, polispérmicos, partidos), sem especificação do nome da variedade, mas completamente sãos.

Esta transformação poderá constituir uma importante forma de valorização destes frutos inadequados para as outras formas de utilização, e que são, muitas vezes, desperdiçados ou nem sequer colhidos. Assim, tendo em conta que uma boa parte da nossa produção é constituída por este tipo de frutos, pensamos ser recomendável o desenvolvimento de acções que possam evitar esta situação e melhorar a valorização destes produtos. Isso implica a implantação, por parte dos industriais, de linhas de fabrico específicas, bem como o

pagamento da matéria-prima a preços compensadores e, por outro lado, uma melhor qualidade dos lotes oferecidos pelos produtores.

- *Princípios de fabrico*

De acordo com Bergougnoux (1978), as castanhas são mergulhadas em água fria, numa expurgadora que permite, por flutuação, eliminar os frutos danificados e bichados. Em seguida, procede-se a uma cozedura durante 15 a 20 minutos. As cascas podem ser eliminadas por um descascador ou através da passagem, primeiro num triturador-esmagador, e depois num crivo que permite separar a polpa do pericarpo. Segundo aquele investigador, esta polpa depois de misturada com água (12%) e peneirada, pode ser utilizada na confecção de:

- Puré - adiciona-se 1% de sal e 2% de açúcar, de modo a obter um produto final com 12% de açúcar. A seguir, acondiciona-se, a quente, em embalagens e esteriliza-se durante cerca de 1h 15m.

- Creme - efectua-se uma crivagem mais fina e adiciona-se até 60% de açúcar, juntamente com baunilha; acondiciona-se e esteriliza-se de maneira idêntica ao puré. Pode ser consumido simples ou servir como ingrediente de diversas sobremesas e petiscos. Na Córsega, por exemplo, é muito apreciado o creme de castanhas acompanhado com vários tipos de queijo e fumeiro.

No fabrico destes dois produtos, podem utilizar-se as castanhas de inferior qualidade de qualquer uma das variedades consideradas. No entanto, o puré de castanhas Benfeita e Lada é nutricionalmente mais rico, devido aos seus mais elevados teores de proteína e sais minerais. Quanto ao creme, as variedades mais ricas em amido, caso da Negral, Bebim, Lamela (Vinhais), Boaventura e Longal, são as preferidas, particularmente esta última, dado o seu excelente sabor.

8.3.5-Outros produtos/utilizações

Entre os produtos que ultimamente têm tido uma procura crescente, sobretudo em certas regiões de França e Itália, constituindo soluções interessantes para a valorização dos frutos de menor qualidade, podem contar-se:

- **FARINHA DE CASTANHA**

Utilizada tradicionalmente para o fabrico de pão, pode servir também para confeitaria (bolos, folhados) e outras preparações culinárias, que atraem um número crescente de consumidores.

No primeiro caso (panificação), deve-se atender, preferencialmente, aos teores de fibra. Daí, damos preferência às variedades mais ricas neste constituinte (Aveleira e Trigueira). Quando empregue em produtos de confeitaria, o amido constitui a base de escolha, o que leva a indicar, em primeiro lugar, as variedades Negral, Bebim, Lamela, Boaventura e Longal.



Figura 8.7 - Alguns exemplos de produtos confeccionados com farinha de castanha (composição a partir de fotografias da autoria de Elvio Bellini, 2002).

• CASTANHAS TORRADAS

Após descascadas, as castanhas são esterilizadas e embaladas em pacotes de alumínio. Ficam prontas a ser consumidas, como aperitivo, tanto aquecidas (coloca-se a embalagem em água quente, durante 5 minutos), como frias (Bergounoux, 1978).

Dado possuírem os maiores teores de gordura (entre 1,4% e 1,8% MS), as variedades Aveleira, Negral, Judia e Martáinha são as mais adequadas para este tipo de utilização.

• PRODUTOS DIVERSOS

Quer para aproveitamento das castanhas de fraca qualidade, quer mesmo como alternativa inovadora às transformações consideradas, indicam-se alguns produtos onde as castanhas (descascadas e moídas) podem figurar como ingrediente:

• Sopas, Iogurtes, Farinhas lácteas e Pastas de frutos

Recomendamos as variedades Lada, Bebim, Lamela (Carrazedo de Montenegro) e, por excelência, a Benfeita, face à sua maior riqueza em proteínas e sais minerais, nutrientes essenciais para este tipo de produtos.

• **Flocos de cereais e frutos**

Neste caso, aconselhamos as variedades Aveleira, Longal, Trigueira, Judia e Lada, dado possuírem mais fibra.

• **Produtos de salsicharia e Bebidas (licores)**

Damos preferência às variedades Longal, Boaventura, Lamela, Negral e Bebim, visto serem mais ricas em amido.



Figura 8.8 - Diversidade de outros produtos elaborados com castanha, desde castanhas torradas às quais se pode adicionar sal, pimenta ou canela, constituindo em qualquer dos casos um excelente aperitivo, à sopa, iogurte, queijo, licor e cerveja (composição a partir de fotografias da autoria de Elvio Bellini, 2002).

• **ALIMENTAÇÃO ANIMAL**

É inegável que, face ao preço que a castanha tem atingido ultimamente, o destino preferencial deste fruto assentará nos diversos tipos de produtos que acabámos de enumerar, a não ser que situações excepcionais modifiquem o quadro actual (por exemplo, a ocorrência de fortes quebras na exportação e/ou aumento de áreas de cultivo por reconversão). Mas, para além do papel que pode desempenhar na alimentação humana, será lícito indagar sobre as potencialidades da utilização da castanha na alimentação animal, obviamente da que não é aproveitada para os chamados fins nobres (isto é, a de inferior qualidade, com pequeno calibre, partida ou bichada), bem como da resultante de eventuais excedentes e ainda da proveniente das árvores bravias.

Nesta perspectiva e com base nos dados que temos vindo a obter pode concluir-se que, fornecendo em média 2600 a 3000 kcal kg⁻¹ MS de energia metabolizável (no caso dos suínos), este fruto fica próximo dos cereais (em geral doseiam entre 3200 e 3500 kcal kg⁻¹

MS), embora o teor médio de proteína se situe um pouco aquém; nos cereais são de esperar teores de PB entre 10% (milho) e 13% (aveia, cevada). Em termos meramente quantitativos, e unicamente quanto à energia e proteína, a castanha (semente) identifica-se com a polpa de beterraba (2800 kcal kg⁻¹ MS e 9,7% PB). Porém, apresentando teores de fibra mais baixos, situa-se perto do grupo dos concentrados, e sendo as percentagens de incorporação na dieta unicamente ditadas pelos valores totais de energia/proteína, poder-se-á pensar na utilização deste fruto em dietas para animais com percentagens de incorporação na ordem dos 30-40%.

Atendendo a estas premissas, pensamos pois que o lugar deste fruto na alimentação animal não deve ser esquecido, nomeadamente no caso do porco do “monte” ou do porco caseiro, que com os seus produtos de salsicharia tradicional, fornece um valor acrescentado que permitirá à castanha competir de igual com outras fontes alimentares. Aliás, esta prática outrora muito usual, sobretudo na fase da engorda destes animais, nas regiões produtoras de enchidos e presuntos de reconhecida qualidade ou, pelo menos, fama (Vinhais, Chaves, Lamego), e ainda corrente em certas regiões de França e Itália, poderá oferecer alguma vantagem, uma vez que parece conferir uma melhor qualidade organoléptica à carne e produtos transformados. Este aspecto, cada vez mais valorizado por uma significativa franja de consumidores, constitui, igualmente, tema de outros estudos que temos vindo a desenvolver (Ferreira-Cardoso, 2002).

Referências Bibliográficas

- Almeida, J. A. A., Marinho, A. A. M. e Batista, M. E. S. 1991. Bolota de azinho e sobre: 1 - Caracterização morfológica e química. In: Proceedings Congresso Internaonal de Zootecnia, Évora, 3-6 Abril.
- Anelli, G. e Mencarelli, F. 1992. Aspetti innovativi dei trattamenti conservativi delle castagne. *Atti del Convegno Nazionale sulla Castanicoltura da frutto*. Avellino, Italia.
- Bassi, D. e Marangoni, B. 1984. Contributo allo studio varietale del castagno da frutto (*C. sativa* Mill.): caratteri biometrici e analisi chimico-fisiche dei frutti. *Rivista di Frutticoltura*, 46 (6/7): 43-46.
- Bassi, R. e Pellegrino, S. 1991. Comportamento agronomico di alcune cultivar di castagno europee ed eurogiapponesi in provincia di Cuneo. *Rivista di Frutticoltura*, 53 (12): 33-40.
- Beaubatie, L. 1979. Etude des lipides du fruit de *Castanea sativa*. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 118: 109-114.
- Bellini, E. 2002. Il Castagno e le sue Risorse - Immagini e Considerazioni. Accademia dei Georgofili. Edizioni Polistampa.
- Bergougnoux, F. 1978. Conservation transformation et utilisation des châtaignes et marrons. INVUFLEC, Paris.
- Bergougnoux, F., Verlhac, A., Breisch, H. e Chapa, J. 1978. Le châtaignier - production et culture. INVUFLEC, Paris.
- Bernárdez, M. M., Miguélez, J. M. e Queijeiro, J. G. 2004. HPLC determination of sugars in varieties of chestnut fruits from Galicia (Spain). *J. Food Comp. Anal.*, 17: 63-67.
- Bounous, G., Agnisetta, N., Baldizzone, M. C., Gioffré, D., Paglietta, R. e Zappia, R. 1988. Indagine sulle caratteristiche bioagronomiche di 10 cultivar di castagno piemontesi. *L'Informatore Agrario*, 49: 51-57.
- Bounous, G., Barone, E., Gioffré, D., Inglese, P., Zappia, R. e Peano, C. 1989. Primi risultati dell'indagine sulle cultivar di castagno da frutto diffuse in Calabria. *L'Informatore Agrario*, 45: 53-57.
- Bounous, G., Botta, R. e Beccaro, G. 2000. The chestnut: the ultimate energy source nutritional value and alimentary benefits. *FAO-CIHEAM, Nucis-Newsletter*, 9: 44-50.
- Bourdon, D., Fevrier, C., Pérez, J. M., Lebas, F., Leclercq, B., Lessire, M. e Sauveur, B. 1984. Tablas de composición de las materias primas. In: *Alimentation de los animales monogástricos: cerdo, conejo, aves*. INRA. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Breisch, H. 1991. Le verger de châtaignier. *Infos-Ctifl Techniques* (INRA), 76: 43-46.
- Breisch, H. 1993. Harvesting, storage and processing of chestnuts in France and Italy. In: *Proceedings of International Congress on Chestnut*. Comunità Montana Monti Martani e Serano e Istituto di Coltivazioni Arboree - Università di Perugia, Spoleto - Italy, pp. 429-436.
- Chaney, S. G. 1992. Principles of nutrition I: macronutrients. In: *Textbook of Biochemistry with Clinical Correlations*. Third Edition. Ed. Thomas M. Devlin. Wiley-Liss, Inc., New York. pp. 1093-1113.
- Charnock, J. S. 2000. Gamma-linolenic acid provides additional protection against ventricular fibrillation in aged rats fed linoleic acid rich diets. *Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 62 (2): 129-134.
- Choupina, A. e Silva, F. 1992. A importância alimentar da castanha. *Revista Portuguesa de Nutrição*, Vol. IV, Nº 3: 31-35.
- Collada, C., Caballero, R. G., Casado, R. e Aragoncillo, C. 1988. Different types of major storage seed proteins in Fagaceae species. *J. Exp. Bot.*, 39: 1751-1758.
- Collada, C., Caballero, R. G., Casado, R. e Aragoncillo, C. 1991. Seed storage proteins in Fagaceae: similarity between *Castanea* globulins and *Quercus* glutelins. *Plant Science*, 75: 145-154.
- Collada, C., Casado, R. e Aragoncillo, C. 1993. Endochitinases from *Castanea crenata* cotyledons. *J. Agric. Food Chem.*, 41: 1716-1718.
- Collada, C., Casado, R., Barber, D., Caleyá, R. F. e Aragoncillo, C. 1984. Extracción y fraccionamiento de las proteínas de castaña. In: *Congreso Internacional sobre el Castaño*. Departamento de Investigación Florestal de Lourizan – Pontevedra, pp. 417-428.
- Collada, C., Casado, R., Barber, D., Caleyá, R. F. e Aragoncillo, C. 1986. Characterization of seed protein fractions from *Castanea* spp. *J. Exp. Bot.*, 37: 1872-1878.
- Collada, C., Casado, R., Fraile, A. e Aragoncillo, C. 1992. Basic endochitinases are major proteins in *Castanea sativa* cotyledons. *Plant Physiol.*, 100: 778-783.
- Connor, W. E. 1997. The beneficial effects of omega-3 fatty acids: cardiovascular disease and neuro-development. *Current Opinion in Lipidology*, 8: 1-3.

- Crawford, A. G. 1985. The balance between - linolenic and linoleic acid. In: *The role of fats in human nutrition*. Ed. F. B. Padley and J. Podmore. Ellis Harwood, Chichester, England, p. 62.
- Cummings, F. e Branch, W. J. 1979. Fibra dietética. Definición química. Sustancias asociadas. Propiedades físicas. *I Simposium Internacional sobre Obesidade y Fibra Dietética*. Barcelona.
- De La Montaña, J., García, J. M. e Miguez, M. 1997. Composición nutricional de determinadas variedades de castañas en la comarca de Monterrei (SE Orense). *Alimentaria*, Enero-Febrero: 19-22.
- Desmaison, A. M. e Adrian, J. 1986. La place de la châtaigne en alimentation. *Méd. Nut.*, 22 (3): 174-180.
- Desmaison, A. M. e Tixier, M. 1979. Importance de l'arginine et de l'acide aminobutyrique dans le fruit de *Castanea*; relation métabolique entre ces acides aminés. *Comptes rendus des séances de la Société de Biologie*, 173 (3): 608-612.
- Desmaison, A. M. e Tixier, M. 1984. Acides aminés libres de châtaigne provenant de *Castanea sativa* Mill., *Castanea crenata* Sieb. et Zucc., *Castanea molissima* Blume et d'hybrides: *Castanea crenata* x *sativa*. *Ann. Pharm. Franç.*, 42 (4): 353-357.
- Desmaison, A. M. e Tixier, M. 1986. Amino acids content in germinating seeds and seedlings from *Castanea sativa* L.. *Plant Physiol.*, 81: 692-695.
- Desmaison, A. M., Le Roux, M. T. e Tixier, M. 1977. Etude des aminoacides libres du fruit de *Castanea sativa*. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 116: 65-74.
- Desmaison, A. M., Marcher, M. H. e Tixier, M. 1984. Changes in the free and total amino acid composition of ripening chestnut seeds. *Phytochemistry*, 23 (11): 2453-2456.
- Fenaroli, L. 1945. Il castagno. Ramo Editorial degli Agricoltori, Roma.
- Fernandes, C. T. 1954. A castanha, sua importância económica e valor alimentar. *Publ. da Dir. Ger. dos Serv. Florestais e Aquícolas*, 21 (2): 37-53.
- Fernandez-Martinez, J., Jimenez-Ramirez, A., Dominguez-Gimenez, J. e Alcantara, A., 1986. Temperature effect on the oleic and linoleic acid of three genotypes in sunflower. *Grasas y aceites*, 37: 326-331.
- Ferreira-Cardoso, J. V. 2002. Caracterização e valorização do fruto de *Castanea sativa* Mill. - Composição química, valor nutritivo e efeito da sua utilização na engorda de porcos Duroc. Tese de Doutoramento. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Ferreira-Cardoso, J. V., Fontainhas-Fernandes, A. A. e Torres-Pereira, J. M. G. 1989. Aspectos do valor nutritivo do fruto em *Castanea sativa* Mill. - I. Estudo comparativo de cultivares. *Anais UTAD*, 3: 153-162, Vila Real.
- Ferreira-Cardoso, J. V., Fontainhas-Fernandes, A. A., Torres-de-Castro, L. F., Sequeira, C. A. e Torres-Pereira, J. M. G. 1992. Estudo sobre a composição química e valor nutritivo da castanha, visando a sua transformação agro-industrial. *Relatório final de actividades*. Programa 5 - Missões de Produtividade, PEDIP. UTAD, Vila Real.
- Ferreira-Cardoso, J. V., Fontainhas-Fernandes, A. A. e Torres-Pereira, J. M. G. 1993. Nutritive value and technological characteristics of *Castanea sativa* Mill. Fruits - Comparative study of some Northeastern Portugal cultivars. In: *Proceedings of International Congress on Chestnut*. Comunità Montana Monti Martani e Serano e Istituto di Coltivazioni Arboree - Università di Perugia, Spoleto - Italy, pp. 445-449.
- Ferreira-Cardoso, J. V., Rodrigues, L., Gomes, E. F., Sequeira, C. A. e Torres-Pereira, J. M. G. 1999. Lipid composition of *Castanea sativa* Mill. fruits of some native Portuguese cultivars. *Acta Horticulturae*, 494: 133-138.
- Ferreira-Cardoso, J. V., Sequeira, C. A. e Torres-Pereira, J. M. G. 2005. Effect of Year and Cultivar on Chemical Composition of Chestnuts from Northeastern Portugal. *Acta Horticulturae*, 693: 271-277.
- Folch, J., Lees, M. e Sloane-Stanley, G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226: 497-509.
- Garcia, J. M., Agar, I. T. e Streif, J. 1992. Fat content and fatty acid composition in individual seeds of pistachio varieties grown in Turkey. *Gartenbauwissenschaft*, 57 (3): 130-133.
- Gasull, M. A. 1979. Fibra dietética y diabetes del adulto. *I Simposium Internacional sobre Obesidade y Fibra Dietética*. Barcelona.
- Geigy, J. R. 1972. Documenta Geigy – Tables Scientifiques. 7ª Edição. Ciba-Geigy, S.A., Bâle, Suisse, p. 823.
- Gomes, A. L. 1982. Revisão crítica sobre a cultura do castanheiro em Portugal. Instituto Universitário de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Gomes, A. L., Abreu, C. G. e Castro, L. T. 1997. COLUTAD. Um clone de castanheiro com resistência à

- doença da tinta. NATO/SFS Programme III Po-chestnut. Universidade de Trás-os- Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Gonçalves Ferreira, F. A. e Graça, M. E. S. 1977. Tabela da composição dos alimentos portugueses (reimpressão). Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, Lisboa.
- Kasai, T., Larsen, P. O. e Sørensen, H. 1978. Free amino acids and γ -glutamyl peptides in Fagaceae. *Phytochemistry*, 17: 1911-1915.
- Krystal, J. H., Sanacora, G., Blumberg, H., Anand, A., Charney, D. S., Marek, G., Epperson, C. N., Goddard, A. e Mason, G. F. 2002. Glutamate and GABA systems as targets for novel antidepressant and mood-stabilizing treatments. *Mol. Psychiatry*, 7 Suppl. 1: S71-80.
- Künsch, U., Schärer, H., Patrian, B., Hurter, J., Conedera, M., Sassella, A., Jermini, M. e Jelmini, G. 1999. Quality assessment of chestnut fruits. *Acta Horticulturae*, 494: 119-127.
- Lauritzen, I., Blondeau, N., Heurteaux, C., Widmann, C., Romey, G. e Lazdunski, M. 2000. Polyunsaturated fatty acids are potent neuroprotectores. *Embo Journal*, 19 (8): 1784-1793.
- Manjari, V. e Das, U. N. 2000. Effect of polyunsaturated fatty acids on dexamethasone-induced gastric mucosal damage. *Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 62 (2): 85-96.
- Maxwell, R. J. 1984. Simple, rapid method for determination of total extractable fat in canned pet foods. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 67 (5): 878-879.
- Maxwell, R. J. 1987. Determination of total lipid and lipid subclasses in meat and meat products. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 70 (1): 74-77.
- Maxwell, R. J., Marmer, W. N., Zubillaga, M. P. e Dalickas, G. A. 1980. Determination of total fat in meat and meat products by a rapid, dry column method. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 63 (3): 600-603.
- Mazliak, P. 1980. Formation des acides gras polyinsaturés dans le règne végétal. *Ann. Nutr. Alim.*, 34: 189-206.
- Mccarthy, M. A. e Meredith, F. I., 1988. Nutrient data on chestnuts consumed in the United States. *Economic Botany*, 42 (1): 29-36.
- Mcgarry, J. D. 1992. Lipid metabolism I. Utilization and storage of energy in lipid form. In: *Textbook of Biochemistry with Clinical Correlations*. Third Edition. Ed. Thomas M. Devlin. Wiley-Liss, Inc., New York, pp. 387-422.
- Morgan, C. A., Noble, R. C, Cocchi, M. e McCartney, R. 1992. Manipulation of the fatty acid composition of pig meat lipids by dietary means. *J. Sci. Food Agric.*, 58: 357-368.
- Neuringer, M., Anderson, G. J. e Connor, W. E. 1988. The essentiality of n-3 fatty acids for the development and function of the retina and brain. *Ann. Rev. Nutr.*, 8: 517-541.
- Nicolosi, R. J., Stucchi, A. F., Kewal, M. C., Hennesig, L. K., Hegstel, P. M. e Scherefer, E. J. 1990. Effect of dietary fat saturation and cholesterol on LDL composition and metabolism. *Arteriosclerosis*, 10: 119-128.
- Nomura, K., Ogasawara, Y., Uemukai, H. e Yoshida, M. 1995. Change of sugar content in chestnut during low temperature storage. In: *Proceedings of International Horticultural Congress. Acta Horticulturae*, pp. 265-276.
- Oliveira, A. L. F. e Maia, M. L. M. 1987. Valor nutritivo das variedades mais significativas de castanha do Nordeste Transmontano. *Encontro sobre Soutos e Castiçais*. Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais, Castelo de Vide.
- Partidário, A. M. 1998. Queijo Serra da Estrela: Avaliação de Características Químicas e Sensoriais. Estudo da Fração Lipídica. Tese de Doutoramento. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
- Payne, J. A., Jaynes, R. A. e Kays, S. K. 1983. Chinese chestnut production in the United States: practice, problems, and possible solutions. *Economic Botany*, 37 (2): 187-200.
- Pereira-Lorenzo, S. 1994. Los principales cultivares tradicionales gallegos de *Castanea sativa* Mill. para la producción de fruto. In: *Una Economía Ecológica - Los Aprovechamientos del Castaño como Instrumento de Desarrollo Local Sostenible*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, pp. 135-146.
- Petroff, O. A., Rothman, D. L., Behar, K. L. e Mattson, R. H. 1996. Low brain GABA level is associated with poor seizure control. *Ann. Neurol.*, 40 (6): 908-911.
- Petty, F. 1995. GABA and mood disorders: a brief review and hypothesis. *J. Affect. Disord.*, 34 (4): 275-281.
- Petty, F., Kramer, G. L., Fulton, M., Davis, L. e Rush, A. J. 1995. Stability of plasma GABA at four-year follow-up in patients with primary unipolar depression. *Biol. Psychiatry*, 37 (11): 806-810.
- Portela, E., Ferreira-Cardoso, J. V., Reboredo, M. e Pimentel-Pereira, M. J. 1999. Influence of magnesium

- deficiency on chestnut (*Castanea sativa* Mill.) yield and nut quality. In *Improved Crop Quality by Nutrient Management*. Ed. D. Anac e P. Martin-Prével. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (The Netherlands), pp. 153-157.
- Portela, E., Reboredo, M. e Louzada, J. 2003. Assessment and description of magnesium deficiencies in chestnuts groves. *J. of Plant Nutrition*, 26: 503-523.
- Robertson, J. B. e Van Soest, P. J. 1981. The detergent system of analysis and its application to human foods. In *The Analysis of Dietary Fiber in Food*. Ed. W. P. T. James e O. Theander, Marcell Dekker, New York, pp. 123-158.
- Rotundo, A., Rotundo, S. e Gherardi, S. 1988. "Montemarano" e "Verdole": due cultivar interessanti per la castanicoltura meridionale. *L'Informatore Agrario*, 49: 79-88.
- Rubio, M. A. e Falkeagh, S. I. 1979. *Dietary fibers: chemistry and nutrition*. Academic Press, New York.
- Russel, E. J. 1974. *Soil conditions of plants growth*. Ed. Longmans, London.
- Saito, T., Kotobuki, Y., Sato, Y. e Abe, K. 1993. Near infrared analysis of sugar and starch content in chestnut. In: *Proceedings of International Congress on Chestnut*. Comunità Montana Monti Martani e Serano e Istituto di Coltivazioni Arboree - Università di Perugia, Spoleto - Italy, pp. 437-440.
- Sanacora, G., Mason, G. F., Rothman, D. L. e Krystal, J. H. 2002. Increased occipital cortex GABA concentrations in depressed patients after therapy with selective serotonin reuptake inhibitors. *Am. J. Psychiatry*, 159: 663-665.
- Sanders, T. A. B. 1988. Essential and trans-fatty acids in nutrition. *Nutr. Res. Rev.*, 1: 57-78.
- Saura-Calixto, F., Cañellas, J. e Soler, L. 1988. La Almendra: composición, variedades, desarrollo y maduración. INIA, Madrid.
- Senter, S. D., Payne, J. A., Miller, G. e Anagnostakis, S. L., 1994. Comparison of total lipids, fatty acids, sugars and nonvolatile organic acids in nuts from four *Castanea* species. *J. Sci. Food Agric.*, 65: 223-227.
- Shiah, I. S. e Yatham, L. N. 1998. GABA function in mood disorders: an update and critical review. *Life Sci.*, 63 (15): 1289-1303.
- Silva, F., Choupina, A. e Costa, L. B. 1993. Utilização de farinha de castanha na produção de extrudidos. *Revista Floresta e Ambiente*, Out/Dez: 19-21.
- Southgate, D. A. T. 1976. *The analysis of dietary fibre*. Plenum Press, New York.
- Stymne, S. e Appelqvist, L. A. 1978. The biosynthesis of linoleat from oleoyl-CoA via oleoyl-phosphatidylcholine in microsomes of developing safflower seeds. *Eur. J. Biochem.*, 90: 223-231.
- Tanaka, K. e Kotobuki, K. 1992. Comparative ease of pellicle removal among Japanese chestnut (*Castanea crenata* Sieb. et Zucc.) and chinese chestnut (*C. mollissima* Blume) and their hybrids. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, 60 (4): 811-819.
- Tixier, M. e Desmaison, A. M. 1980. Relation metabolique entre l'arginine et l'acide γ -aminobutyrique dans le fruit de *Castanea sativa*. *Phytochemistry*, 19: 1643-1646.
- Torres, I. C., Mira, L., Ornelas, C. P. e Melim, A. 2000. Study of the effects of dietary fish intake on serum lipids and lipoproteins in two populations with different dietary habits. *British Journal of Nutrition*, 83 (4): 371-379.
- Trowell, H., Burkitt, D. e Heaton, K. 1985. *Dietary fibre, fibre-depleted foods and disease*. Academic Press, London.
- Üstün, N., Tosun, Y. e Serdar, Ü. 1999. Technological properties of chestnut varieties grown in Erfelek district of Sinop city. *Acta Horticulturae*, 494: 107-110.
- Van Soest, P. J. 1966. Non nutritive residues: A system of analysis for the replacement of crude fiber. *Journal of the A.O.A.C.*, 49: 546-551.
- Vieira Natividade, J. 1945. Em defesa do castanheiro. O plano de reconstituição dos soutos portugueses. Boletim da Junta Nacional das Frutas, Ano V, Nº IV: 3-14.
- Vieira, N. M. V. 1999. Efeito de uma carência de magnésio num souto de Trás-os-Montes: avaliação de parâmetros do fruto. Relatório Final de Estágio. UTAD, Vila Real.
- Zubay, G. L. 1989. *Biochemistry*. Second Edition. Macmillan Publishing Company, New York.

9

Fichas varietais





AVELEIRA

CARACTERÍSTICAS GERAIS

PROVENIÊNCIA DOS CLONES	VIGOR	PORTE	INÍCIO DA ACTIVIDADE MITÓTICA	PERÍODO DO ABROLHAMENTO	PERÍODO DE FLORAÇÃO MASCULINA	AMENTILHO MASCULINO	
Vinhais	Médio	Aberto	24 de Março a 15 de Abril	18 de Abril a 5 de Maio	12 de Junho a 23 de Julho	Braquistaminado ou mesoestaminado	Comprimento 15,91 cm

CARACTERÍSTICAS DA FOLHA

HISTOLOGIA FOLIAR

LIMBO FOLIAR		COMPRIMENTO DO PECÍOLO	RECORTE MARGINAL		PARÊNQUIMA: PALIÇADA /LACUNOSO	ESPESSURA TOTAL
Comprimento 15,94 cm	Largura 5,7 cm	2,28 cm	Nervuras da semi-folha: 40	Dentes da semi-folha: 32	1,21	185,6 µm

PRODUTIVIDADE FOTOSSINTÉTICA (médias no período vegetativo)

POTENCIAL HÍDRICO (MPa)	TAXA FOTOSSINTÉTICA (µmol.CO ₂ .m ⁻² .s ⁻¹)	TRANSPIRAÇÃO (mmol.H ₂ O.m ⁻² .s ⁻¹)	TEMPERATURA PARA 100% FOTOSSÍNTESE	TEMPERATURA QUE REDUZ A FOTOSSÍNTESE PARA 50%	RADIAÇÃO PARA 90% FOTOSSÍNTESE	RADIAÇÃO PARA 50% FOTOSSÍNTESE
-1,81	5,3	4,1	38,0 °C	24,5 °C	1480 µmol.m ⁻² .s ⁻¹	290 µmol.m ⁻² .s ⁻¹

OURIÇO

COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	PEDÚNCULO		BRÁCTEAS	VALVAS NA DEISCÊNCIA	NÚMERO DE FRUTOS POR OURIÇO		FRUTOS NORMAIS
5,1 cm	4,7 cm	4,3 cm	Comprimento 1,3 cm	Espessura 0,59 cm	Comprimento 2,11 cm	2-3-4	Normais 2	Abortados 1	68,54 %

FRUTO (CASTANHAS LATERAIS)

MATURAÇÃO	CALIBRE	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO /LARGURA	PESO	FORMA	COMPARTIMENTAÇÃO
Precoce Boa deiscência dos ouriços	Médio	Comprido 3,3 cm	Médio 3,1 cm	Médio 2,0 cm	1,08	11,5 g	Globosa	Reduzida Poucas penetrações

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (g/100g de matéria seca)

MATÉRIA SECA	FIBRA (NDF)	AMIDO	PROTEÍNA BRUTA	GORDURA BRUTA	LÍPIDOS TOTAIS					
47,3 g/100g peso fresco	27,2	63,5	4,7	1,4	2,8					
ÁCIDOS GORDOS (% do total de ácidos gordos)										
Palmitico (C16:0) 2,2	Oleico (C18:1) 9,7	Linoleico (C18:2) 6,9	Linolénico (C18:3) 5,1	Insaturados/Saturados 3,8						
SAIS MINERAIS (mg/100g de matéria seca)					VALOR ENERGÉTICO					
Ca 28,1	P 129,9	K 1202,6	Mg 61,8	S 38,1	Na 2,51	Fe 2,52	Cu 0,64	Zn 1,05	Mn 5,46	423,0 kcal/100g de matéria seca

COMPORTAMENTO FACE ÀS DIFERENTES TRANSFORMAÇÕES

CONSERVAÇÃO NATURAL	APTIDÃO PARA O DESCASQUE	CONSERVAS	DOÇARIA	UTILIZAÇÃO PREFERENCIAL
Deficiente Elevada percentagem de frutos rachados	Boa	Bom comportamento Bom sabor	Bom	Consumo em fresco Conservas, farinha para padaria, flocos e aperitivos



BEBIM
(Campeã - Vila Real)



BEBIM
(Campeã - Vila Real)



BEBIM
(Campeã - Vila Real)



BEBIM
(Campeã - Vila Real)

BEBIM

CARACTERÍSTICAS GERAIS

PROVENIÊNCIA DOS CLONES	VIGOR	PORTE	INÍCIO DA ACTIVIDADE MITÓTICA	PERÍODO DO ABROLHAMENTO	PERÍODO DE FLORAÇÃO MASCULINA	AMENTILHO MASCULINO	
Vila Real (Campeã)	Vigorosa	Aberto	24 de Março a 11 de Abril	24 de Abril a de Maio	6 a 30 de Julho	Mesoestaminado	Comprimento 18,18 cm

CARACTERÍSTICAS DA FOLHA

HISTOLOGIA FOLIAR

LIMBO FOLIAR		COMPRIMENTO DO PECÍOLO	RECORTE MARGINAL		PARÊNQUIMA: PALIÇADA /LACUNOSO	ESPESSURA TOTAL
Comprimento 16,37 cm	Largura 6,34 cm	2,11 cm	Nervuras da semi-folha: 19	Dentes da semi-folha: 17	<i>Não determinado</i>	<i>Não determinado</i>

PRODUTIVIDADE FOTOSSINTÉTICA (médias no período vegetativo)

POTENCIAL HÍDRICO (MPa)	TAXA FOTOSSINTÉTICA ($\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	TRANSPIRAÇÃO ($\text{mmol} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	TEMPERATURA PARA 100% FOTOSSÍNTESE	TEMPERATURA QUE REDUZ A FOTOSSÍNTESE PARA 50%	RADIAÇÃO PARA 90% FOTOSSÍNTESE	RADIAÇÃO PARA 50% FOTOSSÍNTESE
<i>Não determinado</i>	<i>Não determinado</i>	<i>Não determinado</i>	<i>Não determinado</i>	<i>Não determinado</i>	<i>Não determinado</i> ¹	<i>Não determinado</i>

OURIÇO

COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	PEDÚNCULO		BRÁCTEAS	VALVAS NA DEISCÊNCIA	NÚMERO DE FRUTOS POR OURIÇO		FRUTOS NORMAIS
6,0 cm	5,0 cm	5,0 cm	Comprimento 1,0 cm	Espessura 0,68 cm	Comprimento 1,79 cm	2-3-4	Normais 3	Abortados 0	84,43 %

FRUTO (CASTANHAS LATERAIS)

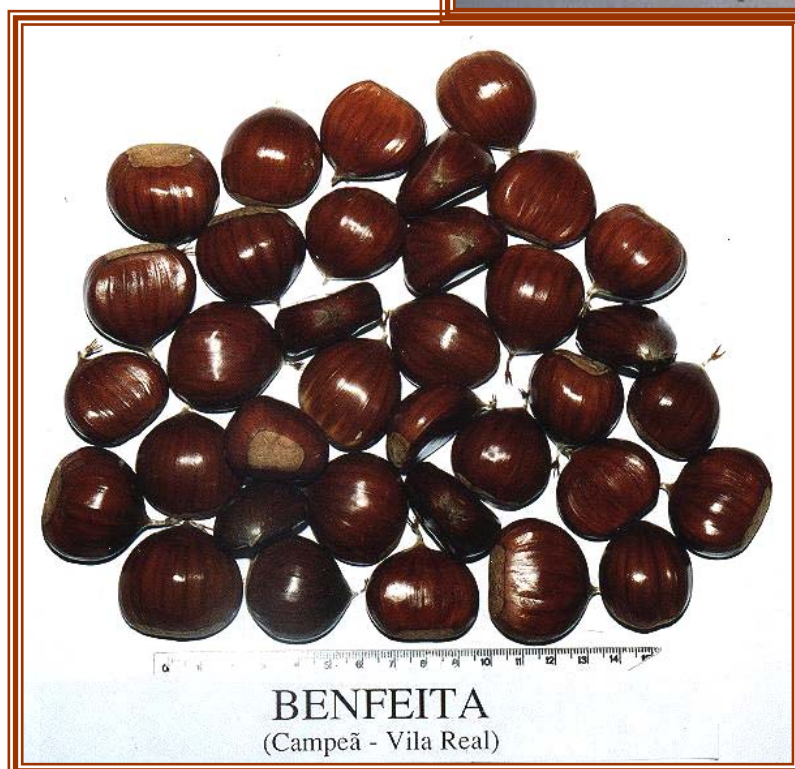
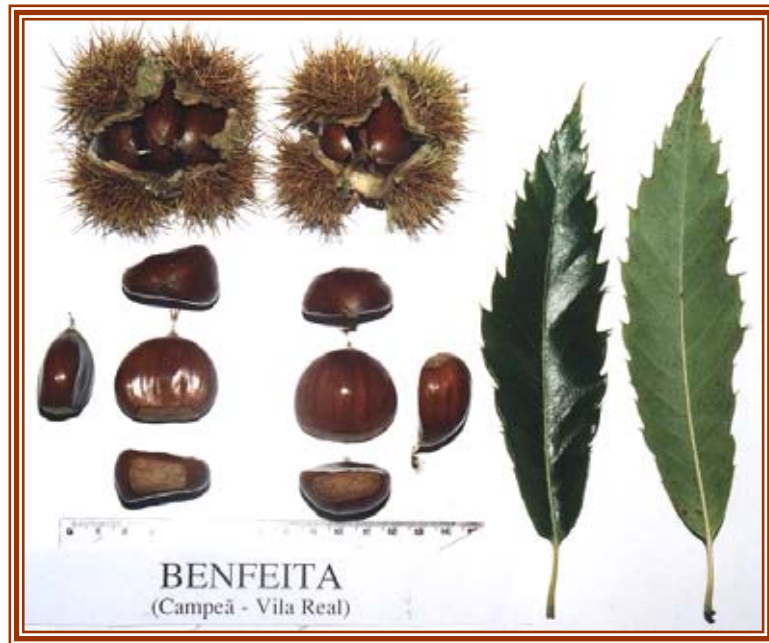
MATURAÇÃO	CALIBRE	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO /LARGURA	PESO	FORMA	COMPARTIMENTAÇÃO
Semi-tardia Boa deiscência dos ouriços	Grande a muito grande	Comprido 3,3 cm	Médio 3,4 cm	Médio 2,0 cm	0,97	13,8g	Ovóide larga a elipsóide transversa	Alguma Elevado número de penetrações

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (g/100g de matéria seca)

MATÉRIA SECA	FIBRA (NDF)	AMIDO	PROTEÍNA BRUTA	GORDURA BRUTA	LÍPIDOS TOTAIS					
40,5 g/100g peso fresco	22,2	60,2	8,5	1,3	2,5					
ÁCIDOS GORDOS (% do total de ácidos gordos)										
Palmitico (C16:0) 21,2	Oleico (C18:1) 18,5	Linoleico (C18:2) 57,7	Linolénico (C18:3) 8,1	Insaturados/Saturados 3,8						
SAIS MINERAIS (mg/100g de matéria seca)					VALOR ENERGÉTICO					
Ca 42,1	P 169,5	K 1475,7	Mg 74,5	S 70,3	Na 3,00	Fe 5,29	Cu 0,63	Zn 1,16	Mn 2,23	405,0 kcal/100g de matéria seca

COMPORTEAMENTO FACE ÀS DIFERENTES TRANSFORMAÇÕES

CONSERVAÇÃO NATURAL	APTIDÃO PARA O DESCASQUE	CONSERVAS	DOÇARIA	UTILIZAÇÃO PREFERENCIAL
Relativamente boa	Média a boa	Bom comportamento Bom sabor	Bom	Consumo em fresco Conservas, doçaria, creme, farinha para confeitaria, licores, sopas e iogurtes



BENFEITA

CARACTERÍSTICAS GERAIS

PROVENIÊNCIA DOS CLONES	VIGOR	PORTE	INÍCIO DA ATIVIDADE MITÓTICA	PERÍODO DO ABROLHAMENTO	PERÍODO DE FLORAÇÃO MASCULINA	AMENTILHO MASCULINO	
Vila Real (Campeã)	Médio	Semi erecto	31 de Março a 29 de Abril	4 a 15 de Maio	28 de Junho a 20 de Julho	Astaminado ou braquistaminado	Comprimento 12,46 cm

CARACTERÍSTICAS DA FOLHA

HISTOLOGIA FOLIAR

LIMBO FOLIAR		COMPRIMENTO DO PECÍOLO	RECORTE MARGINAL		PARÊNQUIMA: PALIÇADA /LACUNOSO	ESPESSURA TOTAL
Comprimento 16,09 cm	Largura 5,53 cm	2,14cm	Nervuras da semi-folha: 19	Dentes da semi-folha: 15	1,38	186,7 µm

PRODUTIVIDADE FOTOSSINTÉTICA (médias no período vegetativo)

POTENCIAL HÍDRICO (MPa)	TAXA FOTOSSINTÉTICA (µmol.CO ₂ .m ⁻² .s ⁻¹)	TRANSPIRAÇÃO (mmol.H ₂ O.m ⁻² .s ⁻¹)	TEMPERATURA PARA 100% FOTOSSÍNTESE	TEMPERATURA QUE REDUZ A FOTOSSÍNTESE PARA 50%	RADIAÇÃO PARA 90% FOTOSSÍNTESE	RADIAÇÃO PARA 50% FOTOSSÍNTESE
-1,28	6,7	3,6	23,5 °C	37,0 °C	1430 µmol.m ⁻² .s ⁻¹	360 µmol.m ⁻² .s ⁻¹

OURIÇO

COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	PEDÚNCULO		BRÁCTEAS	VALVAS NA DEISCÊNCIA	NÚMERO DE FRUTOS POR OURIÇO		FRUTOS NORMAIS
4,4 cm	4,1 cm	4,4 cm	Comprimento 1,5 cm	Espessura 0,56 cm	Comprimento 2,9 cm	2-3	Normais 2	Abortados 1	65,09 %

FRUTO (CASTANHAS LATERAIS)

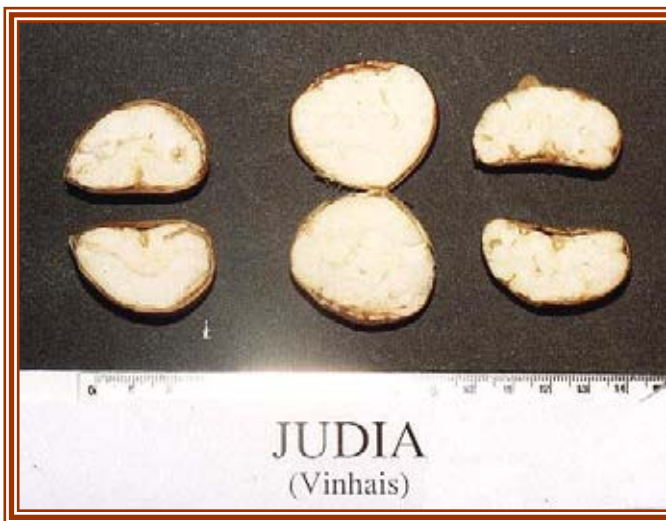
MATURAÇÃO	CALIBRE	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO /LARGURA	PESO	FORMA	COMPARTIMENTAÇÃO
Muito tardia Boa deiscência dos ouriços	Médio	Comprido 3,4 cm	Estreito 3,0 cm	Baixo 1,7 cm	1,16	9,1 g	Ovóide	Reduzida Poucas penetrações

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (g/100g de matéria seca)

MATÉRIA SECA	FIBRA (NDF)	AMIDO	PROTEÍNA BRUTA	GORDURA BRUTA	LÍPIDOS TOTAIS					
35,6 g/100g peso fresco	20,0	54,9	10,1	1,3	2,0					
ÁCIDOS GORDOS (% do total de ácidos gordos)										
Palmítico (C16:0) 18,5	Oleico (C18:1) 22,4	Linoleico (C18:2) 53,5	Linolénico (C18:3) 9,0	Insaturados/Saturados 4,5						
SAIS MINERAIS (mg/100g de matéria seca)					VALOR ENERGÉTICO					
Ca 46,8	P 238,4	K 1315,3	Mg 81,3	S 132,8	Na 3,08	Fe 3,76	Cu 0,77	Zn 1,47	Mn 3,01	393,5 kcal/100g de matéria seca

COMPORTAMENTO FACE ÀS DIFERENTES TRANSFORMAÇÕES

CONSERVAÇÃO NATURAL	APTIDÃO PARA O DESCASQUE	CONSERVAS	DOÇARIA	UTILIZAÇÃO PREFERENCIAL
Muito boa	Muito boa	Bom comportamento Bom sabor	Bom	Consumo em fresco Conservas, conservas, puré, sopas, iogurtes, flocos e farinhas lácteas.



JUDIA

CARACTERÍSTICAS GERAIS

PROVENIÊNCIA DOS CLONES	VIGOR	PORTE	INÍCIO DA ACTIVIDADE MITÓTICA	PERÍODO DO ABROLHAMENTO	PERÍODO DE FLORAÇÃO MASCULINA	AMENTILHO MASCULINO	
Carrazedo de Montenegro e Vinhais	Vigorosa	Semi erecto	30 de Março a 19 de Abril	25 de Abril a 10 de Maio	1 a 23 de Julho	Braquistaminado ou mesoestaminado	Comprimento 21,26 cm

CARACTERÍSTICAS DA FOLHA

HISTOLOGIA FOLIAR

LIMBO FOLIAR		COMPRIMENTO DO PECÍOLO	RECORTE MARGINAL		PARÊNQUIMA: PALIÇADA /LACUNOSO	ESPESSURA TOTAL
Comprimento 18,54 cm	Largura 6,53 cm	2,56 cm	Nervuras da semi-folha: 21	Dentes da semi-folha: 17	1,29	261,6 µm

PRODUTIVIDADE FOTOSSINTÉTICA (médias no período vegetativo)

POTENCIAL HÍDRICO (MPa)	TAXA FOTOSSINTÉTICA ($\mu\text{mol.CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	TRANSPIRAÇÃO ($\text{mmol.H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	TEMPERATURA PARA 100% FOTOSSÍNTESE	TEMPERATURA QUE REDUZ A FOTOSSÍNTESE PARA 50%	RADIAÇÃO PARA 90% FOTOSSÍNTESE	RADIAÇÃO PARA 50% FOTOSSÍNTESE
-1,35	6,3	3,9	24,5 °C	35,0 °C	1280 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	290 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$

OURIÇO

COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	PEDÚNCULO		BRÁCTEAS	VALVAS NA DEISCÊNCIA	NÚMERO DE FRUTOS POR OURIÇO		FRUTOS NORMAIS
5,9 cm	4,9 cm	4,7 cm	Comprimento 2,0 cm	Espessura 0,64 cm	Comprimento 2,59 cm	2-3	Normais 2	Abortados 1	63,95 %

FRUTO (CASTANHAS LATERAIS)

MATURAÇÃO	CALIBRE	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO /LARGURA	PESO	FORMA	COMPARTIMENTAÇÃO
Tardia Boa deiscência dos ouriços	Grande a Muito grande	Comprido 3,7 cm	Largo 3,8 cm	Alto 2,2 cm	0,97	16,57 g	Globosa a Elipsóide	Elevada Muitas penetrações

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (g/100g de matéria seca)

MATÉRIA SECA		FIBRA (NDF)	AMIDO	PROTEÍNA BRUTA	GORDURA BRUTA	LÍPIDOS TOTAIS				
44,8 g/100g peso fresco		23,4	58,9	6,4	1,7	2,4				
ÁCIDOS GORDOS (% do total de ácidos gordos)										
Palmítico (C16:0) 20,4		Oleico (C18:1) 21,3	Linoleico (C18:2) 58,2	Linolénico (C18:3) não detectado		Insaturados/Saturados 3,9				
SAIS MINERAIS (mg/100g de matéria seca)						VALOR ENERGÉTICO				
Ca 29,5	P 173,9	K 1215,4	Mg 55,8	S 77,3	Na 2,55	Fe 3,14	Cu 0,58	Zn 1,01	Mn 5,73	402,2 kcal/100g de matéria seca

COMPORTAMENTO FACE ÀS DIFERENTES TRANSFORMAÇÕES

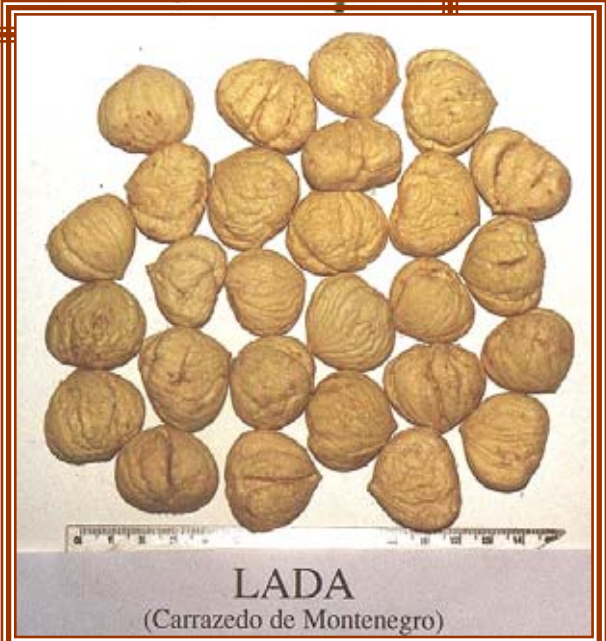
CONSERVAÇÃO NATURAL	APTIDÃO PARA O DESCASQUE	CONSERVAS	DOÇARIA	UTILIZAÇÃO PREFERENCIAL
Boa	Média a boa	Bom comportamento Bom sabor	Bom	Consumo em fresco



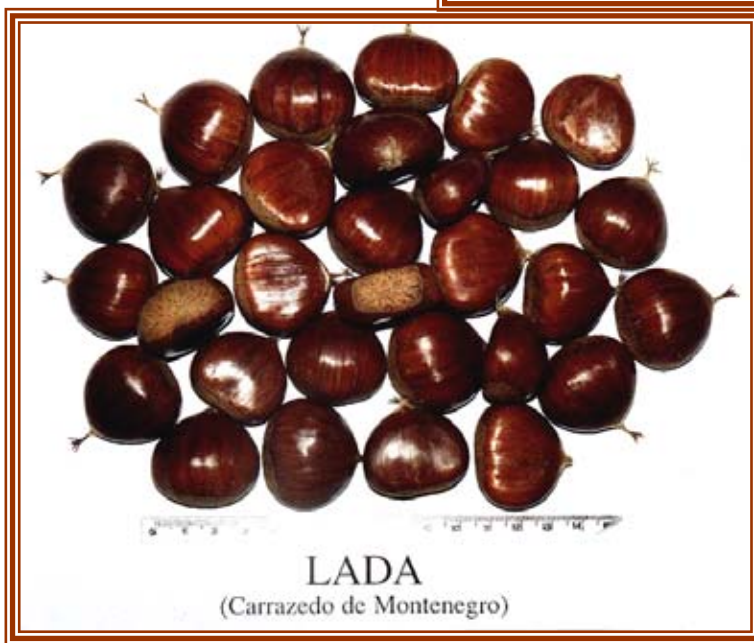
LADA
(Carrazedo de Montenegro)



LADA
(Carrazedo de Montenegro)



LADA
(Carrazedo de Montenegro)



LADA
(Carrazedo de Montenegro)

CARACTERÍSTICAS GERAIS

PROVENIÊNCIA DOS CLONES	VIGOR	PORTE	INÍCIO DA ACTIVIDADE MITÓTICA	PERÍODO DO ABROLHAMENTO	PERÍODO DE FLORAÇÃO MASCULINA	AMENTILHO MASCULINO	
Carrazedo de Montenegro	Médio	Aberto	24 de Março a 15 de Abril	30 de Abril a 10 de Maio	28 de Junho a 25 de Julho	Mesoestaminado	Comprimento 10,8 cm

CARACTERÍSTICAS DA FOLHA

HISTOLOGIA FOLIAR

LIMBO FOLIAR		COMPRIMENTO DO PECÍOLO	RECORTE MARGINAL		PARÊNQUIMA: PALIÇADA /LACUNOSO	ESPESSURA TOTAL
Comprimento 15,7 cm	Largura 5,88 cm	1,5 cm	Nervuras da semi-folha: 19	Dentes da semi-folha: 13	1,38	172,2 µm

PRODUTIVIDADE FOTOSSINTÉTICA (médias no período vegetativo)

POTENCIAL HÍDRICO (MPa)	TAXA FOTOSSINTÉTICA ($\mu\text{mol.CO}_2\text{.m}^{-2}\text{.s}^{-1}$)	TRANSPIRAÇÃO ($\text{mmol.H}_2\text{O.m}^{-2}\text{.s}^{-1}$)	TEMPERATURA PARA 100% FOTOSSÍNTESE	TEMPERATURA QUE REDUZ A FOTOSSÍNTESE PARA 50%	RADIAÇÃO PARA 90% FOTOSSÍNTESE	RADIAÇÃO PARA 50% FOTOSSÍNTESE
-1,54	6,3	3,9	22,0 °C	36,5 °C	1340 $\mu\text{mol.m}^{-2}\text{.s}^{-1}$	345 $\mu\text{mol.m}^{-2}\text{.s}^{-1}$

OURIÇO

COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	PEDÚNCULO		BRÁCTEAS	VALVAS NA DEISCÊNCIA	NÚMERO DE FRUTOS POR OURIÇO		FRUTOS NORMAIS
5,9 cm	4,7 cm	4,8 cm	Comprimento 2,2 cm	Espessura 0,67 cm	Comprimento 2,63 cm	2-3-4	Normais 2	Abortados 1	79,0 %

FRUTO (CASTANHAS LATERAIS)

MATURAÇÃO	CALIBRE	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO /LARGURA	PESO	FORMA	COMPARTIMENTAÇÃO
Tardia Boa deiscência dos ouriços	Médio	Comprido 3,6cm	Médio 3,4 cm	Médio 2,0 cm	1,07	12,7 g	Ovóide larga a globosa	Reduzida Poucas penetrações

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (g/100g de matéria seca)

MATÉRIA SECA	FIBRA (NDF)	AMIDO	PROTEÍNA BRUTA	GORDURA BRUTA	LÍPIDOS TOTAIS					
39,1 g/100g peso fresco	23,0	55,0	8,0	1,2	2,2					
ÁCIDOS GORDOS (% do total de ácidos gordos)										
Palmitico (C16:0) 17,1	Oleico (C18:1) 22,6	Linoleico (C18:2) 51,9	Linolénico (C18:3) 8,4	Insaturados/Saturados 4,9						
SAIS MINERAIS (mg/100g de matéria seca)										
Ca 35,3	P 231,0	K 1363,6	Mg 64,6	S 115,1	Na 2,45	Fe 4,13	Cu 0,63	Zn 1,20	Mn 5,66	VALOR ENERGÉTICO 390,3 kcal/100g de matéria seca

COMPORTAMENTO FACE ÀS DIFERENTES TRANSFORMAÇÕES

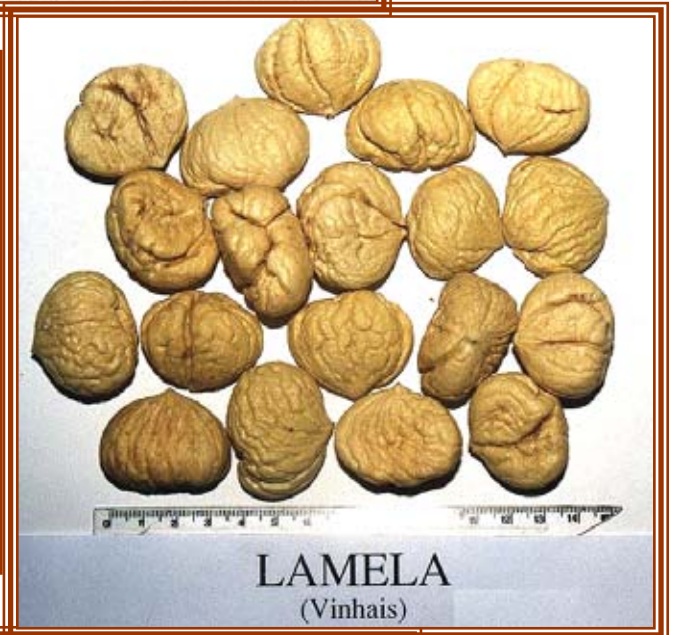
CONSERVAÇÃO NATURAL	APTIDÃO PARA O DESCASQUE	CONSERVAS	DOÇARIA	UTILIZAÇÃO PREFERENCIAL
Boa	Boa	Bom comportamento Bom sabor	Bom	Consumo em fresco, conservas, doçaria, puré, sopas, iogurtes e flocos



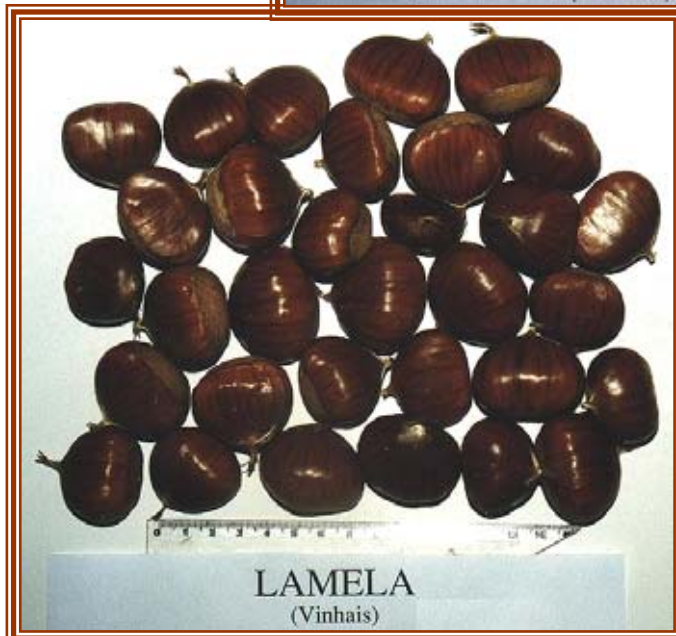
LAMELA
(Vinhais)



LAMELA
(Vinhais)



LAMELA
(Vinhais)



LAMELA
(Vinhais)

LAMELA DE VINHAIS

CARACTERÍSTICAS GERAIS

PROVENIÊNCIA DOS CLONES	VIGOR	PORTE	INÍCIO DA ACTIVIDADE MITÓTICA	PERÍODO DO ABROLHAMENTO	PERÍODO DE FLORAÇÃO MASCULINA	AMENTILHO MASCULINO	
Vinhais	Médio	Aberto	30 de Março a 15 de Abril	26 de Abril a 5 de Maio	2 a 23 de Julho	Braquiestaminado	Comprimento 16,55 cm

CARACTERÍSTICAS DA FOLHA

HISTOLOGIA FOLIAR

LIMBO FOLIAR		COMPRIMENTO DO PECÍOLO	RECORTE MARGINAL		PARÊNQUIMA: PALIÇADA /LACUNOSO	ESPESSURA TOTAL
Comprimento 15,57 cm	Largura 6,18 cm	1,57 cm	Nervuras da semi-folha: 20	Dentes da semi-folha: 16	1,79	174,4 µm

PRODUTIVIDADE FOTOSSINTÉTICA (médias no período vegetativo)

POTENCIAL HÍDRICO (MPa)	TAXA FOTOSSINTÉTICA (µmol.CO ₂ .m ⁻² .s ⁻¹)	TRANSPIRAÇÃO (mmol.H ₂ O.m ⁻² .s ⁻¹)	TEMPERATURA PARA 100% FOTOSSÍNTESE	TEMPERATURA QUE REDUZ A FOTOSSÍNTESE PARA 50%	RADIAÇÃO PARA 90% FOTOSSÍNTESE	RADIAÇÃO PARA 50% FOTOSSÍNTESE
-1,76	6,2	4,1	23,5 °C	35,5 °C	1440 µmol.m ⁻² .s ⁻¹	280 µmol.m ⁻² .s ⁻¹

OURIÇO

COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	PEDÚNCULO		BRÁCTEAS	VALVAS NA DEISCÊNCIA	NÚMERO DE FRUTOS POR OURIÇO		FRUTOS NORMAIS
6,2 cm	5,4 cm	4,5 cm	Comprimento 1,7 cm	Espessura 0,68 cm	Comprimento 1,83 cm	2-3	Normais 2	Abortados 1	74,5 %

FRUTO (CASTANHAS LATERAIS)

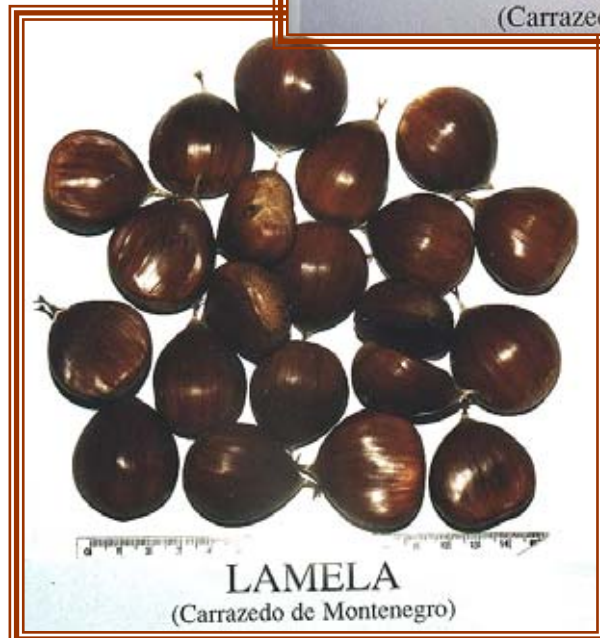
MATURAÇÃO	CALIBRE	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO /LARGURA	PESO	FORMA	COMPARTIMENTAÇÃO
Semi-tardia Boa deiscência dos ouriços	Grande	Comprido 3,3 cm	Médio 3,6 cm	Médio 2,0 cm	0,92	13,1 g	Elipsoidal transversa a globosa	Reduzida Algumas penetrações

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (g/100g de matéria seca)

MATÉRIA SECA	FIBRA (NDF)	AMIDO	PROTEÍNA BRUTA	GORDURA BRUTA	LÍPIDOS TOTAIS					
46,1g/100g peso fresco	22,4	64,8	4,7	1,2	3,0					
ÁCIDOS GORDOS (% do total de ácidos gordos)										
Palmitico (C16:0) 18,2	Oleico (C18:1) 28,0	Linoleico (C18:2) 50,2	Linolénico (C18:3) 6,0	Insaturados/Saturados 4,6						
SAIS MINERAIS (mg/100g de matéria seca)										
Ca 34,4	P 145,6	K 1164,3	Mg 62,4	S 51,7	Na 2,88	Fe 2,85	Cu 0,83	Zn 1,09	Mn 4,51	VALOR ENERGÉTICO
407,4 kcal/100g de matéria seca										

COMPORTEAMENTO FACE ÀS DIFERENTES TRANSFORMAÇÕES

CONSERVAÇÃO NATURAL	APTIDÃO PARA O DESCASQUE	CONSERVAS	DOÇARIA	UTILIZAÇÃO PREFERENCIAL
Relativamente boa	Média a boa	Bom comportamento Bom sabor	Muito bom	Consumo em fresco, doçaria, creme, farinha para confeitaria e licores



LAMELA DE CARRAZADO DE MONTENEGRO

CARACTERÍSTICAS GERAIS

PROVENIÊNCIA DOS CLONES	VIGOR	PORTE	INÍCIO DA ACTIVIDADE MITÓTICA	PERÍODO DO ABROLHAMENTO	PERÍODO DE FLORAÇÃO MASCULINA	AMENTILHO MASCULINO	
Carrizado de Montenegro	Médio	Aberto	23 de Março a 15 de Abril	29 de Abril a 11 de Maio	28 de Junho a 15 de Julho	Braquistaminado ou mesoestaminado	Comprimento 8,82 cm

CARACTERÍSTICAS DA FOLHA

HISTOLOGIA FOLIAR

LIMBO FOLIAR		COMPRIMENTO DO PECÍOLO	RECORTE MARGINAL		PARÊNQUIMA: PALIÇADA /LACUNOSO	ESPESSURA TOTAL
Comprimento 15,47 cm	Largura 5,59 cm	2,11 cm	Nervuras da semi-folha: 16	Dentes da semi-folha: 12	<i>Não determinado</i>	<i>Não determinado</i>

PRODUTIVIDADE FOTOSSINTÉTICA (médias no período vegetativo)

POTENCIAL HÍDRICO (MPa)	TAXA FOTOSSINTÉTICA ($\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	TRANSPIRAÇÃO ($\text{mmol} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	TEMPERATURA PARA 100% FOTOSSÍNTESE	TEMPERATURA QUE REDUZ A FOTOSSÍNTESE PARA 50%	RADIAÇÃO PARA 90% FOTOSSÍNTESE	RADIAÇÃO PARA 50% FOTOSSÍNTESE
<i>Não determinado</i>	<i>Não determinado</i>	<i>Não determinado</i>	<i>Não determinado</i>	<i>Não determinado</i>	<i>Não determinado</i>	<i>Não determinado</i>

OURIÇO

COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	PEDÚNCULO		BRÁCTEAS	VALVAS NA DEISCÊNCIA	NÚMERO DE FRUTOS POR OURIÇO		FRUTOS NORMAIS
5,1 cm	4,5 cm	4,8 cm	Comprimento 2,2 cm	Espessura 0,68 cm	Comprimento 2,49 cm	2-3-4	Normais 2	Abortados 1	58,7 %

FRUTO (CASTANHAS LATERAIS)

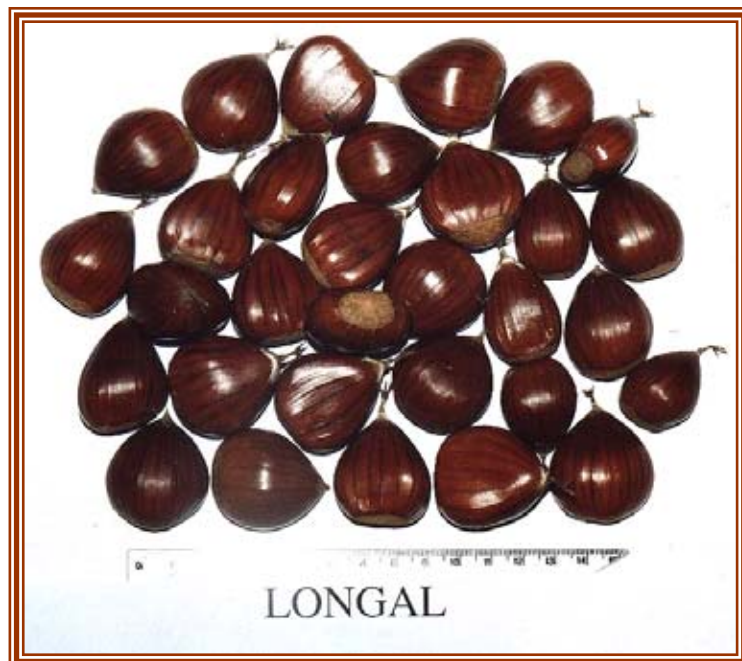
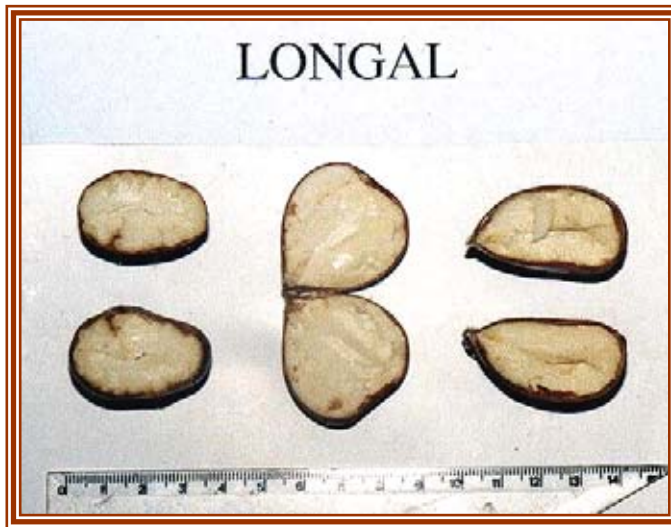
MATURACÃO	CALIBRE	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO /LARGURA	PESO	FORMA	COMPARTIMENTAÇÃO
Semi-tardia Boa deiscência dos ouriços	Grande	Comprido 4,0 cm	Médio 3,3 cm	Médio 2,0 cm	1,20	14,5 g	Ovóide a globosa	Reduzida Muitas penetrações

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (g/100g de matéria seca)

MATÉRIA SECA	FIBRA (NDF)	AMIDO	PROTEÍNA BRUTA	GORDURA BRUTA	LÍPIDOS TOTAIS					
41,4 g/100g peso fresco	22,0	61,4	8,4	0,9	2,4					
ÁCIDOS GORDOS (% do total de ácidos gordos)										
Palmítico (C16:0) 21,2	Oleico (C18:1) 22,5	Linoleico (C18:2) 56,3	Linolénico (C18:3) Não detectado	Insaturados/Saturados 3,7						
SAIS MINERAIS (mg/100g de matéria seca)										
Ca 26,4	P 185,9	K 1215,5	Mg 55,4	S 73,5	Na 2,59	Fe 3,31	Cu 0,62	Zn 1,00	Mn 5,37	VALOR ENERGÉTICO
404,4 kcal/100g de matéria seca										

COMPORTAMENTO FACE ÀS DIFERENTES TRANSFORMAÇÕES

CONSERVAÇÃO NATURAL	APTIDÃO PARA O DESCASQUE	CONSERVAS	DOÇARIA	UTILIZAÇÃO PREFERENCIAL
Relativamente boa	Média	Bom comportamento Bom sabor	Muito bom	Consumo em fresco, conservas, sopas e flocos



LONGAL

CARACTERÍSTICAS GERAIS

PROVENIÊNCIA DOS CLONES	VIGOR	PORTE	INÍCIO DA ACTIVIDADE MITÓTICA	PERÍODO DO ABRILHAMENTO	PERÍODO DE FLORAÇÃO MASCULINA	AMENTILHO MASCULINO	
Carrizado de Montenegro e Vinhais	Vigorosa	Erecto	30 de Março a 15 de Abril	25 de Abril a 5 de Maio	1 a 22 de Julho	Astaminado ou braquiestaminado	Comprimento 14,56 cm

CARACTERÍSTICAS DA FOLHA

HISTOLOGIA FOLIAR

LIMBO FOLIAR		COMPRIMENTO DO PECÍOLO	RECORTE MARGINAL		PARÊNQUIMA: PALIÇADA /LACUNOSO	ESPESSURA TOTAL
Comprimento 16,23 cm	Largura 6,19 cm	2,2cm	Nervuras da semi-folha: 18	Dentes da semi-folha: 14	1,31	196,4 µm

PRODUTIVIDADE FOTOSSINTÉTICA (médias no período vegetativo)

POTENCIAL HÍDRICO (MPa)	TAXA FOTOSSINTÉTICA ($\mu\text{mol.CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	TRANSPIRAÇÃO ($\text{mmol.H}_2\text{O}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	TEMPERATURA PARA 100% FOTOSSÍNTESE	TEMPERATURA QUE REDUZ A FOTOSSÍNTESE PARA 50%	RADIAÇÃO PARA 90% FOTOSSÍNTESE	RADIAÇÃO PARA 50% FOTOSSÍNTESE
-1,58	5,5	3,4	22,5 °C	35,5 °C	1370 $\mu\text{mol}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	360 $\mu\text{mol}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$

OURIÇO

COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	PEDÚNCULO		BRÁCTEAS	VALVAS NA DEISCÊNCIA	NÚMERO DE FRUTOS POR OURIÇO		FRUTOS NORMAIS
5,0 cm	4,3 cm	4,9 cm	Comprimento 1,8 cm	Espessura 0,57 cm	Comprimento 2,54 cm	2-3	Normais 2	Abortados 1	58,39 %

FRUTO (CASTANHAS LATERAIS)

MATURAÇÃO	CALIBRE	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO /LARGURA	PESO	FORMA	COMPARTIMENTAÇÃO
Tardia Boa deiscência dos ouriços	Pequeno a médio	Comprido 3,6 cm	Estreito 2,91 cm	Baixo 1,7 cm	1,2	9,7 g	Ovóide	Muito reduzida Poucas penetrações

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (g/100g de matéria seca)

MATÉRIA SECA		FIBRA (NDF)	AMIDO	PROTEÍNA BRUTA	GORDURA BRUTA	LÍPIDOS TOTAIS				
42,3 g/100g peso fresco		23,6	62,5	7,0	1,3	2,65				
ÁCIDOS GORDOS (% do total de ácidos gordos)										
Palmítico (C16:0) 18,8		Oleico (C18:1) 22,3	Linoleico (C18:2) 55,6	Linolénico (C18:3) 7,4		Insaturados/Saturados 4,4				
SAIS MINERAIS (mg/100g de matéria seca)						VALOR ENERGÉTICO				
Ca 30,0	P 166,1	K 1136,7	Mg 59,0	S 89,4	Na 2,28	Fe 3,92	Cu 0,65	Zn 1,12	Mn 3,76	418,6 kcal/100g de matéria seca

COMPORTAMENTO FACE ÀS DIFERENTES TRANSFORMAÇÕES

CONSERVAÇÃO NATURAL	APTIDÃO PARA O DESCASQUE	CONSERVAS	DOÇARIA	UTILIZAÇÃO PREFERENCIAL
Muito boa	Muito boa	Bom comportamento Excelente sabor	Bom	Consumo em fresco, conservas, doçaria, creme, farinha para confeitaria, flocos e licores



MARTAÍNHA

CARACTERÍSTICAS GERAIS

PROVENIÊNCIA DOS CLONES	VIGOR	PORTE	INÍCIO DA ACTIVIDADE MITÓTICA	PERÍODO DO ABROLHAMENTO	PERÍODO DE FLORAÇÃO MASCULINA	AMENTILHO MASCULINO	
Penedono	Vigorosa	Aberto	21 de Março a 7 de Abril	15 de Abril a 2 de Maio	13 de Junho a 15 de Julho	Braquiestaminado	Comprimento 16,6 cm

CARACTERÍSTICAS DA FOLHA

HISTOLOGIA FOLIAR

LIMBO FOLIAR		COMPRIMENTO DO PECÍOLO	RECORTE MARGINAL		PARÊNQUIMA: PALIÇADA /LACUNOSO	ESPESSURA TOTAL
Comprimento 16,27 cm	Largura 5,7 cm	2,38 cm	Nervuras da semi-folha: 17	Dentes da semi-folha: 15	1,33	264,6 µm

PRODUTIVIDADE FOTOSSINTÉTICA (médias no período vegetativo)

POTENCIAL HÍDRICO (MPa)	TAXA FOTOSSINTÉTICA (µmol.CO ₂ .m ⁻² .s ⁻¹)	TRANSPIRAÇÃO (mmol.H ₂ O.m ⁻² .s ⁻¹)	TEMPERATURA PARA 100% FOTOSSÍNTESE	TEMPERATURA QUE REDUZ A FOTOSSÍNTESE PARA 50%	RADIAÇÃO PARA 90% FOTOSSÍNTESE	RADIAÇÃO QUE REDUZ A FOTOSSÍNTESE EM 50%
<i>Não determinado</i>	<i>Não determinado</i>	<i>Não determinado</i>	<i>Não determinado</i>	<i>Não determinado</i>	<i>Não determinado</i>	<i>Não determinado</i>

OURIÇO

COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	PEDÚNCULO		BRÁCTEAS	VALVAS NA DEISCÊNCIA	NÚMERO DE FRUTOS POR OURIÇO		FRUTOS NORMAIS
5,6 cm	4,8 cm	5,0 cm	Comprimento 2,4 cm	Espessura 0,67 cm	Comprimento 2,27 cm	2-3-4	Normais 3	Abortados 1	80,25 %

FRUTO (CASTANHAS LATERAIS)

MATURAÇÃO	CALIBRE	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO /LARGURA	PESO	FORMA	COMPARTIMENTAÇÃO
Tardia Boa deiscência dos ouriços	Grande a muito grande	Comprido 3,4 cm	Estreito 3,0 cm	Médio 1,9 cm	1,10	13,8 g	Ovóide larga a globosa	Alguma Poucas penetrações

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (g/100g de matéria seca)

MATÉRIA SECA	FIBRA (NDF)	AMIDO	PROTEÍNA BRUTA	GORDURA BRUTA	LÍPIDOS TOTAIS					
44,2 g/100g peso fresco	21,0	50,5	5,0	1,8	Não determinado					
ÁCIDOS GORDOS (% do total de ácidos gordos)										
Palmitico (C16:0) <i>Não determinado</i>	Oleico (C18:1) <i>Não determinado</i>	Linoleico (C18:2) <i>Não determinado</i>	Linolénico (C18:3) <i>Não determinado</i>	Insaturados/Saturados <i>Não determinado</i>						
SAIS MINERAIS (mg/100g de matéria seca)					VALOR ENERGÉTICO					
Ca 28,3	P 154,5	K 1064,7	Mg 66,6	S 212,2	Na 3,90	Fe 3,85	Cu 0,55	Zn 1,23	Mn 3,95	354,2 kcal/100g de matéria seca

COMPORTAMENTO FACE ÀS DIFERENTES TRANSFORMAÇÕES

CONSERVAÇÃO NATURAL	APTIDÃO PARA O DESCASQUE	CONSERVAS	DOÇARIA	UTILIZAÇÃO PREFERENCIAL
Boa	Média a boa	Bom comportamento Bom sabor	Muito bom	Consumo em fresco, doçaria e aperitivos



NEGRAL

CARACTERÍSTICAS GERAIS

PROVENIÊNCIA DOS CLONES	VIGOR	PORTE	INÍCIO DA ACTIVIDADE MITÓTICA	PERÍODO DO ABROLHAMENTO	PERÍODO DE FLORAÇÃO MASCULINA	AMENTILHO MASCULINO	
Carrazedo de Montenegro	Médio	Semi-erecto	24 de Março a 12 de Abril	26 de Abril a 5 de Maio	30 de Junho a 20 de Julho	Braquistaminado ou mesoestaminado	Comprimento 18,25 cm

CARACTERÍSTICAS DA FOLHA

HISTOLOGIA FOLIAR

LIMBO FOLIAR		COMPRIMENTO DO PECÍOLO	RECORTE MARGINAL		PARÊNQUIMA: PALIÇADA /LACUNOSO	ESPESSURA TOTAL
Comprimento 14,92 cm	Largura 5,08 cm	1,84 cm	Nervuras da semi-folha: 17	Dentes da semi-folha: 14	1,72	193,3µm

PRODUTIVIDADE FOTOSSINTÉTICA (médias no período vegetativo)

POTENCIAL HÍDRICO (MPa)	TAXA FOTOSSINTÉTICA ($\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	TRANSPIRAÇÃO ($\text{mmol} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	TEMPERATURA PARA 100% FOTOSSÍNTESE	TEMPERATURA QUE REDUZ A FOTOSSÍNTESE PARA 50%	RADIAÇÃO PARA 90% FOTOSSÍNTESE	RADIAÇÃO PARA 50% FOTOSSÍNTESE
-1,34	6,6	4,2	24,0 °C	35,0 °C	1440 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	270 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

OURIÇO

COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	PEDÚNCULO		BRÁCTEAS	VALVAS NA DEISCÊNCIA	NÚMERO DE FRUTOS POR OURIÇO		FRUTOS NORMAIS
5,8 cm	5,2 cm	4,9 cm	Comprimento 1,1 cm	Espessura 0,64 cm	Comprimento 1,99 cm	2-3	Normais 2	Abortados 1	72,67 %

FRUTO (CASTANHAS LATERAIS)

MATURAÇÃO	CALIBRE	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO /LARGURA	PESO	FORMA	COMPARTIMENTAÇÃO
Tardia Boa deiscência dos ouriços	Médio	Comprido 3,1 cm	Estreito 2,8 cm	Baixo 1,7 cm	1,09	10,3 g	Globosa	Reduzida Poucas penetrações

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (g/100g de matéria seca)

MATÉRIA SECA	FIBRA (NDF)	AMIDO	PROTEÍNA BRUTA	GORDURA BRUTA	LÍPIDOS TOTAIS
44,2 g/100g peso fresco	20,7	64,6	5,4	1,6	2,8
ÁCIDOS GORDOS (% do total de ácidos gordos)					
Palmítico (C16:0) 19,0	Oleico (C18:1) 27,0	Linoleico (C18:2) 54,0	Linolénico (C18:3) Não detectado	Insaturados/Saturados 4,3	
SAIS MINERAIS (mg/100g de matéria seca)					
Ca 31,7	P 153,2	K 1211,2	Mg 59,1	S 86,1	Na 2,59
			Fe 2,72	Cu 0,51	Zn 0,90
				Mn 5,42	
					VALOR ENERGÉTICO
					408,0 kcal/100g de matéria seca

COMPORTAMENTO FACE ÀS DIFERENTES TRANSFORMAÇÕES

CONSERVAÇÃO NATURAL	APTIDÃO PARA O DESCASQUE	CONSERVAS	DOÇARIA	UTILIZAÇÃO PREFERENCIAL
Relativamente boa	Boa	Bom comportamento Bom sabor	Bom	Consumo em fresco, doçaria, creme, farinha para confeitaria, licores e aperitivos



REBOLÃO/REBOLONA

CARACTERÍSTICAS GERAIS

PROVENIÊNCIA DOS CLONES	VIGOR	PORTE	INÍCIO DA ACTIVIDADE MITÓTICA	PERÍODO DO ABROLHAMENTO	PERÍODO DE FLORAÇÃO MASCULINA	AMENTILHO MASCULINO	
Carrazedo de Montenegro	Vigorosa	Aberto	23 de Março a 12 de Abril	19 de Abril a 4 de Maio	5 a 25 de Julho	Braquistaminado ou mesoestaminado	Comprimento 18,8 cm

CARACTERÍSTICAS DA FOLHA

HISTOLOGIA FOLIAR

LIMBO FOLIAR		COMPRIMENTO DO PECÍOLO	RECORTE MARGINAL		PARÊNQUIMA: PALIÇADA /LACUNOSO	ESPESSURA TOTAL
Comprimento 15,21cm	Largura 4,83 cm	2,43 cm	Nervuras da semi-folha: 19	Dentes da semi-folha: 16	1,28	193,3 µm

PRODUTIVIDADE FOTOSSINTÉTICA (médias no período vegetativo)

POTENCIAL HÍDRICO (MPa)	TAXA FOTOSSINTÉTICA (µmol.CO ₂ .m ⁻² .s ⁻¹)	TRANSPIRAÇÃO (mmol.H ₂ O.m ⁻² .s ⁻¹)	TEMPERATURA PARA 100% FOTOSSÍNTESE	TEMPERATURA QUE REDUZ A FOTOSSÍNTESE PARA 50%	RADIAÇÃO PARA 90% FOTOSSÍNTESE	RADIAÇÃO PARA 50% FOTOSSÍNTESE
-0,96	7,2	4,3	22,5 °C	38,0 °C	1440 µmol.m ⁻² .s ⁻¹	360 µmol.m ⁻² .s ⁻¹

OURIÇO

COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	PEDÚNCULO		BRÁCTEAS	VALVAS NA DEISCÊNCIA	NÚMERO DE FRUTOS POR OURIÇO		FRUTOS NORMAIS
5,1cm	4,4 cm	5,0 cm	Comprimento 1,8 cm	Espessura 0,61 cm	Comprimento 2,32 cm	2-3	Normais 2	Abortados 1	62,8 %

FRUTO (CASTANHAS LATERAIS)

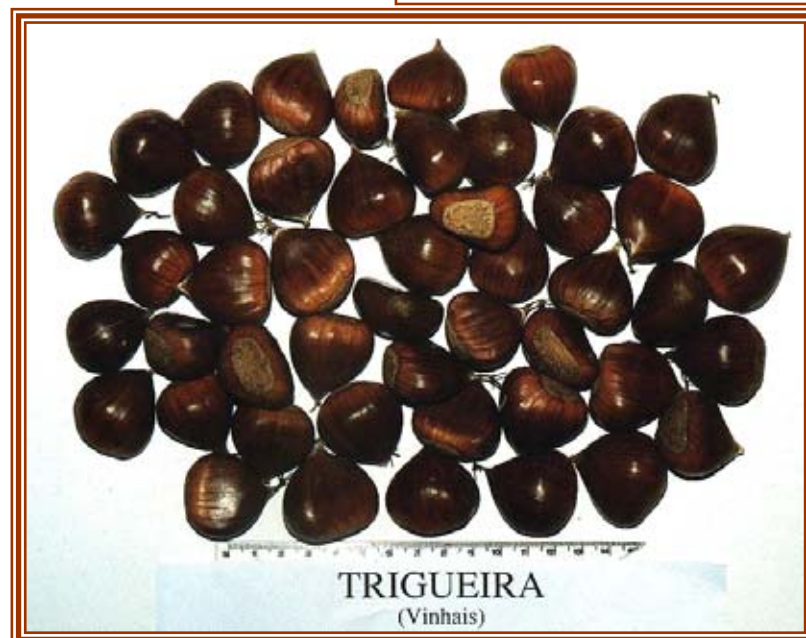
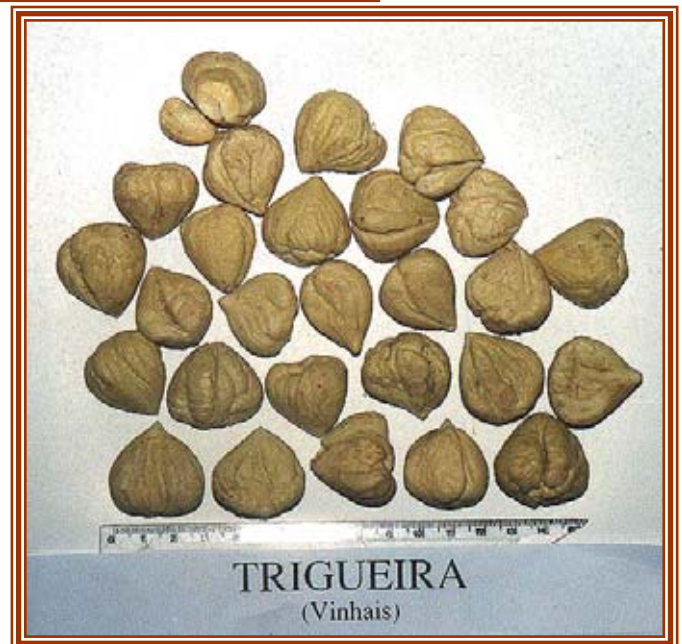
MATURACÃO	CALIBRE	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO /LARGURA	PESO	FORMA	COMPARTIMENTAÇÃO
Muito tardia Boa deiscência dos ouriços	Grande	Comprido 3,3 cm	Estreito 3,0 cm	Médio 2,0 cm	1,15	12,5 g	Ovóide a globosa	Reduzida Muitas penetrações

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (g/100g de matéria seca)

MATÉRIA SECA	FIBRA (NDF)	AMIDO	PROTEÍNA BRUTA	GORDURA BRUTA	LÍPIDOS TOTAIS					
42,4 g/100g peso fresco	20,2	56,7	6,1	1,2	2,8					
ÁCIDOS GORDOS (% do total de ácidos gordos)										
Palmitico (C16:0) 18,2	Oleico (C18:1) 24,3	Linoleico (C18:2) 56,1	Linolénico (C18:3) 7,0	Insaturados/Saturados 4,5						
SAIS MINERAIS (mg/100g de matéria seca)										
Ca 37,6	P 152,3	K 1110,0	Mg 65,9	S 81,8	Na 2,43	Fe 3,53	Cu 0,54	Zn 1,01	Mn 3,92	VALOR ENERGÉTICO
374,1 kcal/100g de matéria seca										

COMPORTAMENTO FACE ÀS DIFERENTES TRANSFORMAÇÕES

CONSERVAÇÃO NATURAL	APTIDÃO PARA O DESCASQUE	CONSERVAS	DOÇARIA	UTILIZAÇÃO PREFERENCIAL
Média	Média	Bom comportamento Bom sabor	Bom	Consumo em fresco, conservas, doçaria, creme, flocos, farinha para padaria e confeitaria



TRIGUEIRA

CARACTERÍSTICAS GERAIS

PROVENIÊNCIA DOS CLONES	VIGOR	PORTE	INÍCIO DA ACTIVIDADE MITÓTICA	PERÍODO DO ABROLHAMENTO	PERÍODO DE FLORAÇÃO MASCULINA	AMENTILHO MASCULINO	
Vinhais	Médio	Aberto	30 de Março a 15 de Abril	22 de Abril a 3 de Maio	20 de Junho a 30 de Julho	Braquiestaminado	Comprimento 13,88 cm

CARACTERÍSTICAS DA FOLHA

HISTOLOGIA FOLIAR

LIMBO FOLIAR		COMPRIMENTO DO PECÍOLO	RECORTE MARGINAL		PARÊNQUIMA: PALIÇADA /LACUNOSO	ESPESSURA TOTAL
Comprimento 14,62 cm	Largura 5,15 cm	2,23 cm	Nervuras da semi-folha: 17	Dentes da semi-folha: 13	1,38	177,8 µm

PRODUTIVIDADE FOTOSSINTÉTICA (médias no período vegetativo em folhas com exposição Sul)

POTENCIAL HÍDRICO (MPa)	TAXA FOTOSSINTÉTICA ($\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	TRANSPIRAÇÃO ($\text{mmol} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	TEMPERATURA PARA 100% FOTOSSÍNTESE	TEMPERATURA QUE REDUZ A FOTOSSÍNTESE PARA 50%	RADIAÇÃO PARA 90% FOTOSSÍNTESE	RADIAÇÃO PARA 50% FOTOSSÍNTESE
Não determinado	7,6	Não determinado	26,5 °C	36,0 °C	1610 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	345 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

OURIÇO

COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	PEDÚNCULO		BRÂCTEAS	VALVAS NA DEISCÊNCIA	NÚMERO DE FRUTOS POR OURIÇO		FRUTOS NORMAIS
5,0 cm	4,1 cm	4,2 cm	Comprimento 1,5 cm	Espessura 0,61 cm	Comprimento 2,22 cm	2-3	Normais 2	Abortados 1	72,13 %

FRUTO (castanhas laterais)

MATURAÇÃO	CALIBRE	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO /LARGURA	PESO	FORMA	COMPARTIMENTAÇÃO
Tardia Boa deiscência dos ouriços	Pequeno a médio	Comprido 3,0 cm	Estreito 2,8 cm	Baixo 1,8 cm	1,09	10,8 g	Ovóide larga a elipsóide transversa	Alguma Poucas penetrações

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (g/100g de matéria seca)

MATÉRIA SECA		FIBRA (NDF)	AMIDO	PROTEÍNA BRUTA	GORDURA BRUTA	LÍPIDOS TOTAIS				
44,3 g/100g peso fresco		23,6	59,8	6,0	1,2	2,9				
ÁCIDOS GORDOS (% do total de ácidos gordos)										
Palmítico (C16:0) 20,4		Oleico (C18:1) 26,9	Linoleico (C18:2) 51,3	Linolénico (C18:3) 4,9	Insaturados/Saturados 4,0					
SAIS MINERAIS (mg/100g de matéria seca)						VALOR ENERGÉTICO				
Ca 45,3	P 209,7	K 1219,5	Mg 80,5	S 67,0	Na 2,74	Fe 2,65	Cu 0,61	Zn 1,07	Mn 7,82	398,6 kcal/100g de matéria seca

COMPORTAMENTO FACE ÀS DIFERENTES TRANSFORMAÇÕES

CONSERVAÇÃO NATURAL	APTIDÃO PARA O DESCASQUE	CONSERVAS	DOÇARIA	UTILIZAÇÃO PREFERENCIAL
Muito boa	Muito boa	Bom comportamento Bom sabor	Bom	Consumo em fresco, conservas, farinha para padaria e flocos

Índice

1 - Introdução prefaciada	9
2 - Origem e dispersão do castanheiro pelo mundo	15
3 - O castanheiro de fruto em Portugal	23
3.1 Distribuição Geográfica e Variedades	24
3.2 Produção e Importância Económica da Castanha	34
4 - Taxonomia do castanheiro	43
4.1 - Enquadramento taxonómico	44
4.1.1- Caracterização taxonómica do género <i>Castanea</i>	46
4.1.2 - O castanheiro japonês (<i>Castanea crenata</i> Sieb et Zucc.)	49
4.1.3- O castanheiro chinês (<i>Castanea mollissima</i> Blume).....	52
4.1.4- O castanheiro americano (<i>Castanea dentata</i> Borkh. (Marshall)).....	55
4.1.5 <i>Castanea pumila</i> (L.) Mill.	57
4.1.6- <i>Castanea seguinii</i> Dode.....	60
4.1.7- <i>Castanea Henryi</i> (Skan) Redher e Wilson	60
4.1.8- O castanheiro europeu (<i>Castanea sativa</i> Mill.)	61
4.2- Caracterização biológica: folha, caule, raiz, flor e fruto.....	63
4.2.1 - Folha	65
4.2.2 - Caule	74
4.2.3 - Raiz	79
4.2.4 - Flor.....	83
4.2.4.1- Estádios fenológicos do castanheiro	87
4.2.5- Fruto.....	89
4.3- Análise dos caracteres morfométricos de variedades portuguesas.....	95
4.3.1- Análise biométrica do fruto	96
4.3.2- Análise biométrica da folha	100
4.3.4- Análise biométrica das inflorescências masculinas	102
4.3.5- Análise do grau de proximidade entre variedades e populações intravarietais	105
4.4 - Ecologia do castanheiro (<i>C. Sativa</i> Mill.).....	109
4.4.1- Enquadramento climático do castanheiro em Portugal	111
4.4.2- Análise da influência da radiação na produtividade fotossintética.....	115
4.4.3- Análise da influência da temperatura na produtividade fotossintética	127
4.4.4- Necessidades hídricas do castanheiro	137
4.4.5- Análise das taxas de transpiração	145
4.4.6- Análise de proximidade das variedades através das suas características fisiológicas	146
4.5- Caracterização de castanheiros, por compostos fenólicos	151
4.6- O Banco de Germoplasma de castanheiro da UTAD	159
5 - Os desafios bióticos à sobrevivência do castanheiro: doença da tinta e cancro americano	163
Doença da tinta	165
Parasitas associados à doença da tinta	166
Disseminação de <i>Phytophthora cinnamomi</i>	168
Plantas hospedeiras	169
Estratégias de sobrevivência e propagação de <i>P. Cinnamomi</i>	171
Processos de infecção de <i>P. Cinnamomi</i>	173
Sintomatologia da doença da tinta do castanheiro	175
Folhas, flores e frutos	176
Tronco e ramos	177
Colo e raiz	178
Meios de protecção.....	179
Luta química	180
Luta genética	181
Luta cultural	183
Solos supressivos.....	183
Microrganismos antagonistas	186
Fungos micorrízicos	188
Cancro americano.....	189
Sintomatologia	191

Luta Genética	193
Hipovirulência	193
Outros meios de protecção	196
6- Práticas culturais no souto: o manejo do solo	207
6.1 Os solos dos soutos de Trás-os-Montes: características e limitações	208
6.2 Manejo do solo e os seus efeitos no comportamento do ecossistema	210
6.2.1 A mobilização convencional versus outras alternativas	211
6.2.1.1 Efeitos nas propriedades físicas do solo	215
6.2.1.2 Efeitos nas propriedades químicas do solo	217
6.2.1.3 Efeitos nas propriedades biológicas	219
6.2.1.4 Efeitos no regime hídrico do solo e nas relações hídricas solo-planta	223
6.2.2 O manejo do solo e a produção de fruto	228
6.2.3 Conclusões e recomendações	229
6.3 Gestão da fertilidade do solo	230
6.3.1 Balanço de nutrientes	231
6.3.1.1 Entradas e saídas de nutrientes através da precipitação	231
6.3.1.2 Exportação de nutrientes através da saída de castanha e da lenha da poda	233
6.3.2 Reciclagem de nutrientes no souto	238
6.3.2.1 Produção de folhada, devolução e exportação de nutrientes	238
6.3.2.2 Ritmo de decomposição da folhada	243
6.3.3 Estado nutritivo dos soutos em Trás-os-Montes	245
6.3.3.1 Análise foliar	246
6.3.3.2 Análise da terra	254
6.3.4. Conclusões e recomendações	258
7- As micorrizas e os cogumelos no souto	265
7.1- A associação micorrízica	266
7.2 - O aproveitamento de cogumelos no souto	271
8 - Valorização da castanha portuguesa - características tecnológicas e nutricionais	281
8.1. Principais Características Comerciais e Tecnológicas	283
8.2. Composição Química e Valor Nutritivo	288
8.2.1. Composição Química Básica	289
• Matéria Seca	291
• Constituintes da Parede Celular (NDF, ADF, ADL e Celulose)	293
• Amido	296
• Proteína Bruta	299
• Gordura Bruta	303
• Cinzas Totais	305
8.2.2. Composição em Sais Minerais	306
8.2.3. Composição em Ácidos Gordos	312
• Lípidos Totais	315
• Lípidos Neutros e Polares	317
8.2.4. Outros Constituintes	321
• Açúcares Solúveis	321
• Aminoácidos	321
• Vitaminas	326
8.2.5. Conclusões	327
8.3. Formas de Utilização e Transformação - Destino Preferencial das Principais Variedades	329
8.3.1. Consumo em Fresco	329
8.3.2. Castanhas Inteiras ao Natural (conservas)	331
8.3.3. Castanhas para Doçaria	336
8.3.4. Creme e Puré	340
8.3.5. Outros Produtos/Utilizações	341
9. Fichas varietais	349

