

Os carvalhos mediterrânicos, e o sobreiro em particular, desenvolveram mecanismos fisiológicos e estruturais para se adaptarem à seca sazonal e à grande variabilidade inter-anual que caracterizam o clima mediterrânico. Contudo, as tendências de aquecimento e as secas mais intensas e frequentes previstas num contexto de alterações climáticas deverão intensificar a aridez na região mediterrânica com impactos negativos na sobrevivência e crescimento das árvores. Atualmente, um dos principais objetivos da gestão florestal é minimizar os impactos dessas mudanças, sendo fundamental entender as respostas fisiológicas das árvores à seca e avaliar a sua vulnerabilidade, a fim de potenciar a sua resistência e resiliência.

Estratégias fisiológicas do sobreiro para fazer frente à seca

Minimização das perdas de água

- **Controle estomático:** dentro das respostas de curto prazo para reduzir as perdas de água, a regulação estomática desempenha um papel crucial. Os estomas ajustam a sua abertura em resposta a diversos fatores ambientais, controlando a transpiração e, assim, influenciando a taxa de depleção da água no solo. Sinais hidráulicos e bioquímicos estão envolvidos no controle estomático. Numa situação de déficit hídrico, os estomas fecham para evitar a formação de embolias no xilema. Os estomas podem ser considerados como reguladores de pressão, ajudando a atenuar a diminuição do potencial hídrico do xilema e, assim, reduzindo o risco de uma embolia maciça e uma falha hidráulica catastrófica.

- **Queda de folhas:** além do controlo estomático, a diminuição da área foliar é também um ajustamento eficaz à seca. A queda de folhas no verão é um mecanismo adicional para reduzir a transpiração. Numa situação de stress hídrico severo, é provável a ocorrência de embolias, que se iniciam preferencialmente no xilema mais vulnerável das folhas e das pequenas raízes. Assim, as folhas atuam como fusíveis hidráulicos, órgãos que as árvores podem descartar para preservar a integridade de tecidos mais dispendiosos em termos de investimento em carbono e mais difíceis de substituir ou regenerar.

- **Aumento de ceras:** a cutícula das folhas atua como uma barreira protetora contra a perda excessiva de água, ataques de microrganismos, danos mecânicos e outros stresses ambientais. No sobreiro, foram observadas variações sazonais na composição da cutícula, que visam otimizar a proteção contra a desidratação, como

o aumento da densidade e da cobertura das ceras cuticulares durante os meses de verão.

- **Adaptações anatómicas e morfológicas**

das folhas: As folhas de sobreiro são geralmente pequenas, possuindo uma cutícula espessa e cerosa. Uma área foliar específica baixa (relação entre a área da folha e o seu peso seco) oferece vantagens para o crescimento em anos secos. A área foliar específica é um atributo funcional que varia conforme as alterações na disponibilidade de água.



Maximizar a absorção de água

- **Vulnerabilidade do xilema à embolia induzida pela seca - eficiência e segurança do transporte no xilema:**

A capacidade das árvores em sobreviver e recuperar após períodos de seca severa, associada à resistência do xilema à embolia, é determinada pela sua estrutura. Um xilema menos suscetível é geralmente caracterizado por vasos de menor diâmetro, vasos solitários e com poucas comunicações entre elementos adjacentes. Para a maioria das angiospérmicas, como é o caso do sobreiro e da azinheira, uma perda percentual da condutividade hidráulica acima de 88% (medida em ramos) pode levar a uma situação irreversível de embolismo catastrófico.

- **Eficiência e segurança do transporte no xilema:** no sobreiro, o transporte de água é setorizado, com os ramos principais a funcionar como “mini-árvores” individuais, conectadas a setores específicos do tronco. Isto oferece algumas vantagens, como a possibilidade de isolar danos causados por agentes bióticos e abióticos, ou até más práticas de gestão (ex.: podas severas e mal executadas), no entanto, a esta setorização está associada um crescimento mais lento da árvore e um maior investimento em carbono. Também na raiz principal, o transporte de água, é setorizado em profundidade, com camadas a diferentes profundidades ligadas a setores específicos do tronco e copa. A segurança do transporte de água, também está associado, como já referido, à estrutura do xilema com vasos individuais solitários que limitam possíveis embolismos.

- **Sistema radicular:** além de reduzir as perdas de água pelas folhas, as árvores adaptadas à seca investem em sistemas radiculares extensos e profundos. As raízes profundas possibilitam a maximização da absorção de água, permitindo o acesso a reservatórios subterrâneos de água maiores e mais profundos. Esta estratégia é essencial para garantir a sobrevivência durante a estação seca. Na região Mediterrânica, onde os solos são frequentemente pouco profundos e com baixa capacidade de retenção de água, o acesso das raízes às águas subterrâneas pode ser decisivo para a sobrevivência e o crescimento das árvores. O sobreiro possui um sistema radicular dimórfico, caracterizado por uma rede de raízes superficiais, extensa e densa, nos primeiros 40 cm de profundidade do solo, que se estende para além do limite de projeção da copa (Fig. 1), com um funcionamento predominantemente integrado e ligadas a raízes profundantes, e uma raiz principal, em contacto direto com o lençol freático (profundidade > 4-5 m) (Fig. 1).

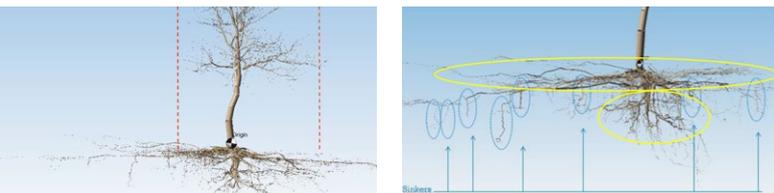


Figura 1: À esquerda, representação 3D de um sobreiro. A tracejado vermelho a linha de projeção da copa que se estende muito para além da sua área de projeção. À direita, modelo da raiz de um sobreiro, a azul estão representadas as raízes profundantes e a amarelo o sistema dimórfico. Fonte: Dinis, 2014.

Segundo um modelo conceptual, durante o dia na estação seca, o fluxo de água provém das águas subterrâneas através das raízes profundas, que estão ligadas às raízes mais superficiais. A captação de água por essas raízes é responsável pela ascensão hidráulica durante a noite. Durante o dia na estação húmida, o fluxo predominante tem origem no solo húmido, que alimenta as raízes superficiais e as profundantes. Neste caso, a contribuição das águas subterrâneas é menor. Durante a noite, os fluxos das raízes superficiais e das raízes profundas convergem para a produção da descida hidráulica.

Algumas recomendações de gestão

- Em novas plantações determinar quais as áreas com melhor aptidão para o sobreiro.
- Em montados já estabelecidos, as práticas de gestão não devem danificar ou destruir as raízes, a fim de evitar a desconexão das árvores das fontes de água e nutrientes. Isto é especialmente relevante nos montados, onde um estrato arbóreo de baixa densidade coexiste com pastagens. A mobilização do solo deve ser sempre que possível evitada.
- As práticas de conservação do solo que promovam a infiltração superficial e uma elevada capacidade de retenção de água são fundamentais, especialmente nos sistemas de montado, onde os solos são geralmente pobres em matéria orgânica.
- A invasão por arbustos, como é o caso da esteva (com características competitivas), pode contribuir para aumentar a competição pela água, especialmente em anos secos. A gestão do estrato arbustivo deve ter em conta o custo a ele associado e também a importância ecológica do estrato arbustivo no teor de matéria orgânica do solo, como habitat para a fauna e eventual efeito facilitador na regeneração natural.
- A manutenção de uma elevada diversidade genética nas populações naturais de sobreiro é fundamental para maximizar o seu potencial de resistência a perturbações.



REFERÊNCIAS

David TS, Pinto CA, Nadezhdina N, e David JS (2016). Water and forests in the Mediterranean hot climate zone: a review based on a hydraulic interpretation of tree functioning. *Forest Systems*, 25(2), eR02.

David TS, Pinto, CA, Nadezhdina N, Kurz-Besson C; Henriques MO, Quilhó T, Cermak J, et al. (2013). Root functioning, tree water use and hydraulic redistribution in *Quercus suber* trees: A modeling approach based on root sap flow. *Forest Ecology and Management* 307: 136-146.

Dinis C (2014). Cork oak 3D architecture (aerial and root system). Tese apresentada à Universidade de Évora para a obtenção do Grau de Doutor em Gestão Interdisciplinar da Paisagem.

Pinto CA, David JS, Cochard H, Caldeira MC, Henriques MO, Quilhó T, Paço TA, Pereira JS, David TS (2012). Drought-induced embolism in current-year shoots of two Mediterranean evergreen oaks. *Forest Ecology and Management* 285: 1-10.

FICHA TÉCNICA

Edição: UNAC – União da Floresta Mediterrânica
Design Gráfico, Paginação e Preparação Gráfica: Whitespace
Impressão e Acabamento: Whitespace
Tiragem: 200 exemplares
Lisboa, dezembro 2024
PDR2020-20.2.4-FEADER-080369