

I&D

INDÚSTRIA 4.0

FLORESTA

INOVACÃO

SUSTENTABILIDADE

ECONOMIA

CIRCULAR

# Ler nas entrelinhas<sup>(\*)</sup>: A composição isotópica dos anéis de crescimento da cortiça

Augusta Costa

Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P.

**“As diferenças no tamanho das células e na espessura das membranas celulares entre a produção suberosa de Outono e a da Primavera permitem delimitar os anéis anualmente formados.”**

(Natividade, 1950)

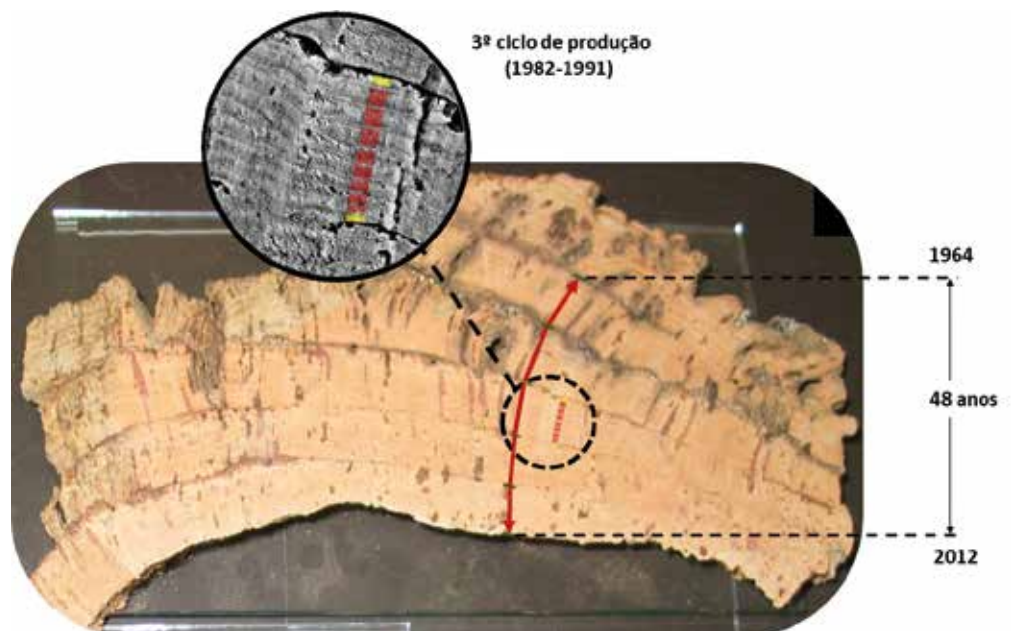
Os anéis de crescimento da cortiça são perfeitamente visíveis à vista desarmada num corte transversal da prancha de cortiça. Num ciclo vegetativo anual do sobreiro, durante a primavera, as células de cortiça produzidas chamadas de princípio de estação ou de *Primavera*, são mais numerosas, maiores e de paredes mais finas enquanto durante o outono, as células de cortiça produzidas chamadas de fim de estação ou de *Outono*, são menos numerosas, mais pequenas e de paredes muito espessas. A alternância entre as sucessivas camadas de células de Primavera, mais largas e de tonalidades mais claras e camadas de células de Outono, muito mais estreitas e de cor escura permi-

tem delimitar os sucessivos anéis de crescimento da cortiça.

Até agora, estudos feitos nos anéis de crescimento da cortiça de sobreiros descortiçados permitiram caracterizar quanto cresce a cortiça, pela análise da variação da largura do anel de crescimento, que é maioritariamente uma variação da largura do crescimento das células de princípio de estação ou de *Primavera* e; como cresce a cortiça, pela análise da variação da deposição com suberina nas paredes das células de cortiça, que é maioritariamente uma variação na densidade máxima das células de fim de estação ou de *Outono*. A caracterização destes dois parâmetros, crescimento e den-

sidade da cortiça, é muito importante porque estes são determinantes da qualidade tecnológica da cortiça e porque apresentam uma grande sensibilidade às condições ambientais e, especificamente, às condições climáticas. De um modo geral, o crescimento anual da cortiça depende direta e positivamente da precipitação que ocorre no Inverno anterior ao ano de crescimento (entre novembro e fevereiro) e; a densidade máxima da cortiça depende direta e positivamente da temperatura média do ar no fim da Primavera, princípio do Verão (junho). No entanto, a caracterização da cortiça só com base nestes dois parâmetros não nos permite inferir sobre a influência das (mesmas)

**Figura 1.** Secção radial de uma amostra de cortiça com seis descortiçamentos consecutivos e em que se estudaram os últimos cinco ciclos de produção de cortiça, entre 1964 e 2012. Em grande plano (em preto e branco) está representado um ciclo de produção de nove anos, entre 1982 (meio ano de crescimento de Outono) e 1991 (meio-ano de crescimento de Primavera), a amarelo, e que inclui oito anos completos, a vermelho. A largura dos anéis de cortiça decresce de 1983 para 1990, numa curva típica de crescimento anual da cortiça durante um ciclo de produção. (Adaptado de Costa *et al.*, 2022)



<sup>(\*)</sup> Na indústria da cortiça, as classes comerciais de calibre para a prancha de cortiça podem ser expressas em milímetros ou em “linhas” (fator de conversão: 1 linha  $\cong$  2,256 mm), medidas com o pé-de-linhas. Classes de meia-marca (12 a 14 linhas) e marca (14 a 18 linhas) são as classes rolháveis (ISO 1216:2017).

condições ambientais e climáticas nos processos fisiológicos e dinâmicas de crescimento da árvore, sobreiro, e nem nas suas estratégias de adaptação à grande diversidade ambiental marcada pela sazonalidade e escassez de água. Que outros parâmetros da cortiça poderiam ajudar para este objetivo?

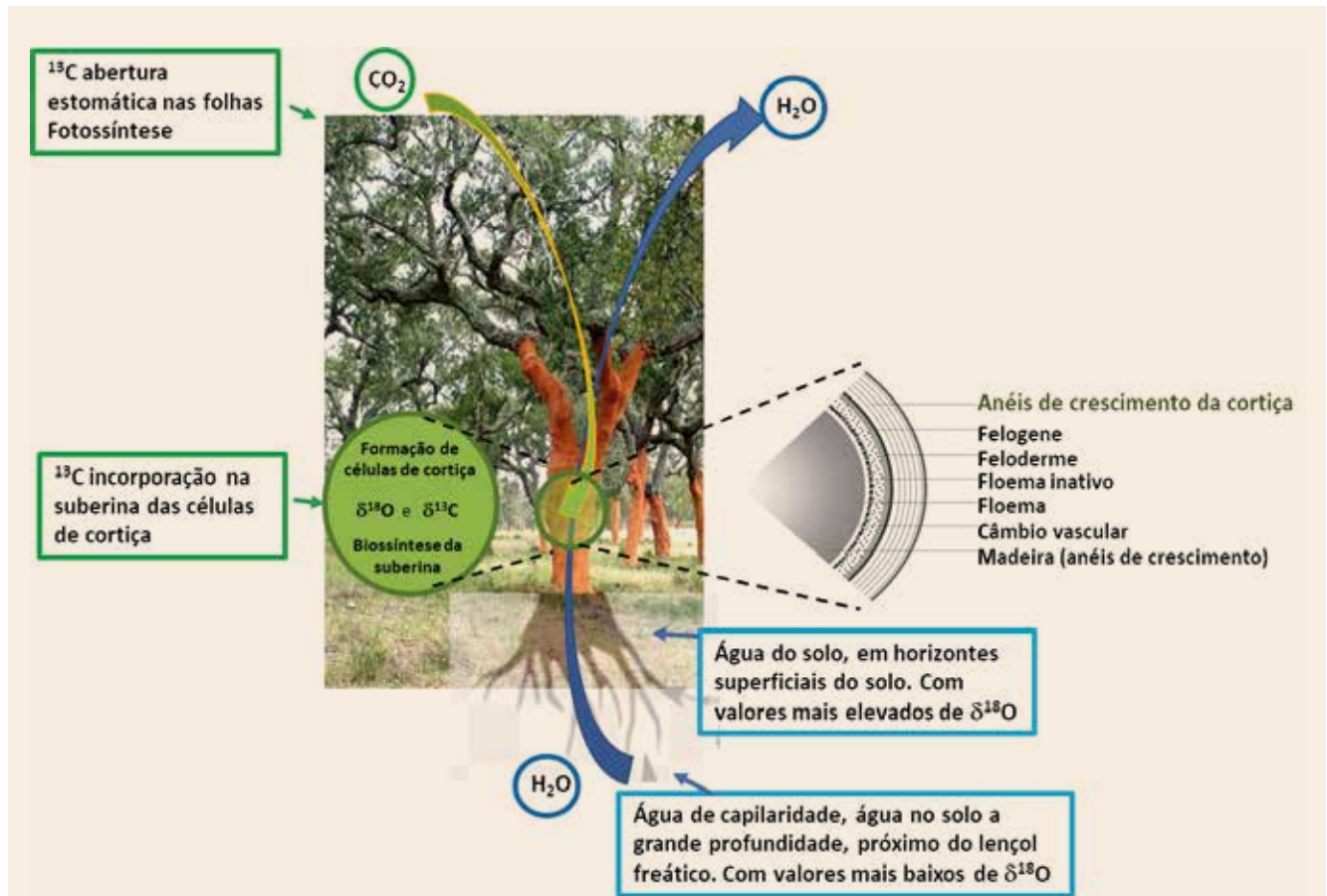
Uma vez que, em anéis de madeira das árvores, os isótopos estáveis de carbono são já muito utilizados para elucidar vias fotossintéticas e processos fisiológicos e de biossíntese de celulose e, os isótopos estáveis de oxigénio ajudam a identificar a fonte de água do solo usada pela árvore, a equipa de investigação do projeto IsoCork (*Climate effects on cork growth assessed by isotope fingerprinting*) propôs-se a determi-

nar pela primeira vez a ocorrência dos isótopos estáveis de carbono ( $^{13}\text{C}$ ) e de oxigénio ( $^{18}\text{O}$ ) nos anéis de cortiça. Em teoria, o uso de  $^{13}\text{C}$  na cortiça deve permitir determinar as condições ambientais que limitam ou alteram a abertura estomática nas folhas do sobreiro, e que afetam os processos fisiológicos como a fotossíntese, ciclos da carboxilação para a produção de foto-assimilados e a biossíntese de suberina. Por outro lado, o uso de  $^{18}\text{O}$  na cortiça deve permitir identificar a fonte de água preferencial usada pelo sobreiro para o crescimento da cortiça: a água do solo, de várias profundidades ou mesmo a água a grande profundidade, do lençol freático. Em árvores de duas regiões suberícolas completamente distintas, Benavente e (Serra de) Grândo-



la, recolheram-se amostras de cortiça com mais de 50 anéis de crescimento repartidos por cinco ciclos consecutivos de produção (Figura 1) e determinou-se pela

primeira vez, para além das variações anuais da largura e densidade máxima, a composição isotópica de carbono  $^{13}\text{C}$  e de oxigénio  $^{18}\text{O}$  dos anéis de cortiça.



**Figura 2.** Esquema muito simplificado da teoria da presença e abundância de isótopos  $^{13}\text{C}$  e  $^{18}\text{O}$  em anéis de cortiça. A variação da composição isotópica é ainda muito aproximada. Estes valores podem variar com o local, com as condições ambientais e com a árvore (por ex: se é descortificada ou não). A variação dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  nos anéis de cortiça foi entre  $-27,3\text{‰}$  e  $-26,8\text{‰}$  e de  $\delta^{18}\text{O}$ , entre  $20,9\text{‰}$  e  $21,3\text{‰}$ .



Os objetivos do projeto foram determinar a, até agora desconhecida, amplitude de variação dos dois novos parâmetros nos anéis de cortiça: abundância do isótopo estável do carbono,  $^{13}\text{C}$ , expressa pela razão entre  $^{13}\text{CO}_2/^{12}\text{CO}_2$  ( $\delta^{13}\text{C}$ , ‰) e abundância do isótopo estável do oxigénio,  $^{18}\text{O}_2$ , expressa pela razão entre  $^{18}\text{O}_2/^{16}\text{O}_2$  ( $\delta^{18}\text{O}$ , ‰) e; expressar as relações entre a variabilidade destes novos parâmetros e os já conhecidos, crescimento e densidade, para perceber quais as diferenças nas respostas fisiológicas do sobreiro que se refletem nas respostas de crescimento da cortiça, especificamente em condições distintas de stress hídrico, principalmente no Verão.

Os sobreiros ao longo da sua vida e dos descortiçamentos consecutivos armazenam e registam sequencialmente, nos sucessivos anéis de crescimento da cortiça, o carbono do ar e o oxigénio da água no solo que usou para produzir as células de cortiça e, particularmente, para produzir a suberina, componente estrutural das paredes das células de cortiça (Figura 2) que podem variar com as condições ambientais, climáticas e mesmo com a árvore.

Neste projeto pode-se observar que, embora a abundância de isótopos estáveis de carbono ( $^{13}\text{C}$ ) e de oxigénio ( $^{18}\text{O}$ ) nos anéis de cortiça não indique diretamente quanto e como cresce a cortiça em cada período de crescimento anual, pode efetivamente indicar, respetivamente, as condições em que as árvores executaram os seus processos fisiológicos e quais as condições de acesso a água do solo pelo sistema radicular (Figura 2).

Assim, as principais conclusões deste projeto mostraram que a assinatura do isótopo de carbono  $^{13}\text{C}$  nos anéis de cortiça pode expressar a condutância estomática e está diretamente relacionado com os processos de fotossíntese e ciclos metabólicos de biossíntese de suberina para a produção de células de cortiça. Em condições de reduzida disponibilidade hídrica principalmente durante o período seco de Verão, como na Serra de Grândola, onde as árvores estão em estado de stress hídrico e usam um forte controle estomático, é possível observar uma maior abundância de  $^{13}\text{C}$  (valores de  $\delta^{13}\text{C}$  menos negativos) nos anéis de crescimento da cortiça formados e principalmente

nos anos imediatos a seguir ao descortiçamento.

Outra importante conclusão foi a de que a assinatura do isótopo de oxigénio  $^{18}\text{O}$  nos anéis de cortiça expressa a profundidade da água no solo usada preferencialmente pela árvore nos ciclos metabólicos de biossíntese de suberina para a produção de células de cortiça. O sistema radicular dimórfico do sobreiro apresenta raízes profundantes que permitem aceder a água em horizontes do solo mais profundos e a raízes mais superficiais. Em locais onde as árvores acedem à água de capilaridade (água dos horizontes do solo mais profundos) para conseguir crescer, é possível observar uma menor abundância

de  $^{18}\text{O}$  nos anéis de crescimento da cortiça (menores valores de  $\delta^{18}\text{O}$ ) (Figura 2).

Em geral, podemos afirmar que as diferenças na abundância de isótopos estáveis do carbono ( $^{13}\text{C}$ ) e do oxigénio ( $^{18}\text{O}$ ) nos anéis de cortiça permitem inferir, respetivamente, do estado de stress hídrico das árvores e da profundidade preferencial de acesso do sistema radicular à água no solo. Este foi um estudo exploratório e estudos mais aprofundados e detalhados são agora necessários para se explorar mais e melhor a utilização desta técnica de deteção de isótopos naturais na cortiça na caracterização do funcionamento dos ecossistemas florestais mediterrânicos com sobreiro. ●



#### Referências

Natividade, J. Vieira (1950). Subericultura. Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação, Direcção-Geral das Florestas, Lisboa.

Costa, A. et al. (2022). Beyond width and density: stable carbon and oxygen isotopes in cork-rings provide insights of physiological responses to water stress in *Quercus suber* L. *PeerJ*, 10:e14270. (<https://doi.org/10.7717/peerj.14270>)

#### Nota:

Este é um resumo elaborado a partir de um artigo científico publicado recentemente (Costa et al., 2022) (<https://doi.org/10.7717/peerj.14270>), no âmbito do projeto de investigação ISOCORK - Climate effects on cork growth assessed by isotope fingerprinting (EXPL/AGR-FOR/1220/2012), financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT).