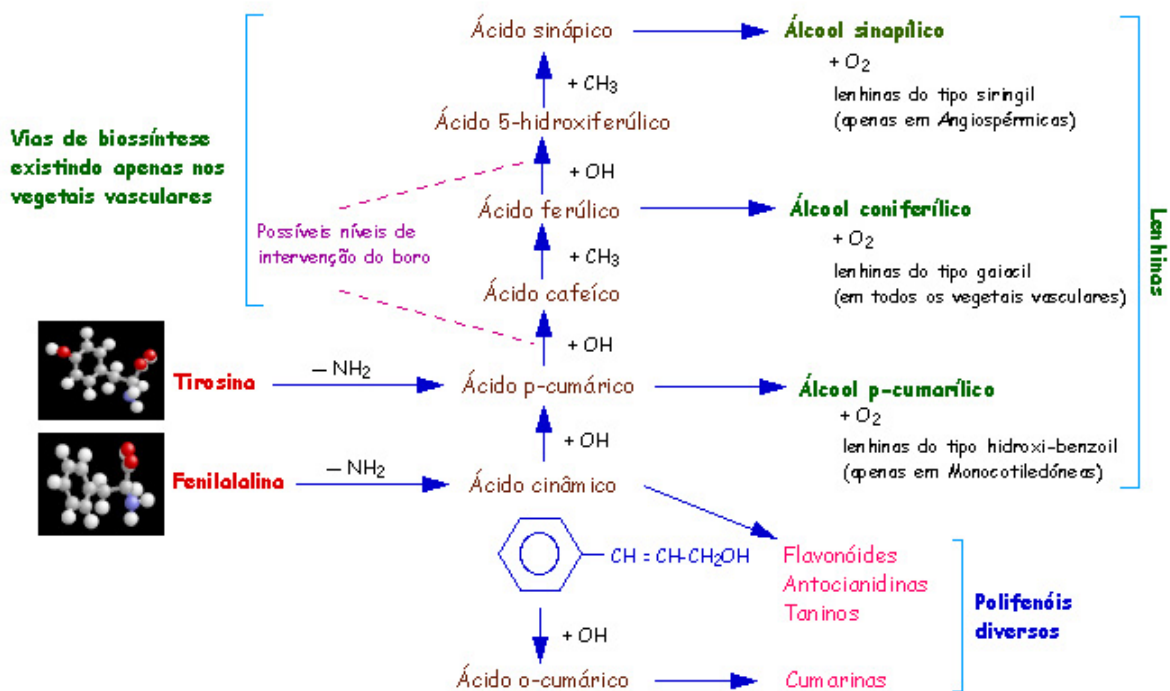


## A estratégia evolutiva de ocupação do meio aéreo e o aparecimento de novas vias bioquímicas

**Francisco Carrapiço**

Departamento de Biologia Vegetal, Secção de Biologia Celular e Biotecnologia Vegetal

A passagem dos vegetais do meio aquático para o meio aéreo foi acompanhada por modificações, não apenas a nível morfológico e reprodutor, como, de igual modo, a nível bioquímico. Estas novas vias bioquímicas desenvolveram-se a partir de aminoácidos aromáticos, cuja síntese é comum quer aos microorganismos, quer às plantas. No entanto, apenas alguns grupos vegetais foram capazes de desenvolver etapas bioquímicas ulteriores que, através da desaminação da fenilalanina e da tirosina, possibilitam a síntese de compostos em C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>, os fenilpropanos, e os seus polímeros, os polifenóis. Os ácidos cinâmico e o p-cumárico, obtidos respectivamente a partir da fenilalanina e da tirosina, constituem o ponto de partida de duas importantes vias de síntese nos vegetais: a dos **polifenóis** e a das **lenhinas**.



Derivação da via de biossíntese das lenhinas a partir do tronco comum conduzindo aos polifenóis

### A. Via dos polifenóis

Uma grande variedade de reacções bioquímicas permite a síntese de compostos polifenólicos, desde as cumarinas em C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>, até aos taninos de alto grau de

polimerização. Estes diversos compostos estão presentes em diversos grupos de organismos, que vão desde os cogumelos até aos cormófitos, passando pelas algas da divisão Charophyta. Estes compostos, de natureza polimérica, são baseados em unidades de fenilpropano, e intervêm em diversos níveis das relações entre um vegetal e o seu ambiente biótico ou abiótico, desempenhando papel muito importante nos diversos mecanismos relacionados com a defesa dos vegetais. Assim, estes compostos estão envolvidos nos seguintes processos biológicos:

**1- Contra os ataques parasitários.** Um certo número destas substâncias são bacteriostáticas ou fungistáticas, impedindo assim o crescimento de bactérias ou fungos.

**2- Contra a acção de animais herbívoros.** A digestibilidade das forragens, por exemplo, varia na razão inversa do seu conteúdo em compostos fenólicos.

**3- Contra o efeito dos raios ultra-violetas (U.V.) sobre os constituintes celulares.** As plantas existentes nas montanhas apresentam, frequentemente, quantidades superiores de polifenóis vacuolares nas células da epiderme, do que as plantas que vivem nas regiões de baixa altitude. Neste contexto, a aquisição de uma protecção contra os U.V., através da presença de polifenóis, teria eventualmente facilitado a conquista do habitat terrestre pelas plantas. No entanto, esse papel é discutível, já que a formação da camada de ozono na alta atmosfera foi essencial na protecção dos organismos contra os U.V. de alta energia, tendo surgido muito antes do aparecimento dos vegetais terrestres.

**4- Em processos de comunicação biológica,** nomeadamente entre células, entre vegetais ou entre vegetais e animais, através da presença de polifenóis solúveis. No caso das simbioses Leguminosas-*Rhizobium*, verificou-se que a secreção de flavonóides pela planta induzia na bactéria a sequência das reacções necessárias ao estabelecimento da simbiose. Os flavonóides parecem igualmente estar relacionados com o estabelecimento de micorrizas nos vegetais terrestres. De igual modo, a presença de

flavonóides em pétalas de flores, desempenha um papel-chave na atracção dos insectos no processo de polinização das angiospérmicas.

## **B. Via das lenhinas**

Os vegetais vasculares caracterizam-se pelo aparecimento de uma via síntese formada a partir dos ácidos cinâmico e p-cumárico, que conduziu à formação dos ácidos ferúlico e sinápico e os respectivos alcóois. A abertura desta via de síntese permitiu a conquista do meio terrestre e duma parte do espaço aéreo. Com efeito, o ácido ferúlico e os seus derivados intervêm na constituição das lenhinas, da suberina e em menor grau na da cutina. Quer a cutina, quer a suberina, têm um papel essencial na protecção dos órgãos aéreos da dessiccação. Por outro lado, a lenhina intervém e é indispensável em diversos processos biológicos dos quais os mais importantes são:

- **assegurar a existência de vias rápidas de circulação da água e dos sais minerais.**
- **conferir a regidez necessária à construção de eixos erectos superiores a vários centímetros de altura.**

As lenhinas do tipo G estão presentes em todos os vegetais e são consideradas as mais primitivas. Nas angiospérmicas são as que se depositam primeiro e constituem

a quase totalidade dos polifenóis parietais dos vasos xilémicos, sendo mais abundantes no xilema primário que no secundário. As lenhinas do tipo S estão presentes em maior quantidade nas paredes das fibras e do parênquima, enquanto que as lenhinas do tipo H parecem ter surgido secundariamente apenas nas monocotiledóneas. A diversificação anatômica do xilema corresponde, assim, a uma diversificação química das unidades monoméricas das lenhinas.

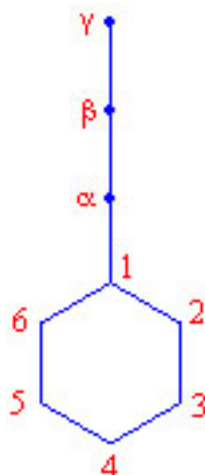
A polimerização dos alcóois cinâmicos em lenhina, exige a presença de oxigénio. A hipótese segundo a qual o aparecimento dos vegetais teria sido favorecida pelo aumento sensível do teor em oxigénio na atmosfera dos períodos Ordovícico e Silúrico (o mais antigo vegetal vascular conhecido pertencia ao género *Cooksonia* e surgiu no Silúrico superior) levanta actualmente alguma controvérsia. De facto, o aumento da concentração em oxigénio na atmosfera parece ter surgido muito mais cedo.

O boro, elemento indispensável às plantas vasculares, intervém a nível da biossíntese dos ácidos cafeico e hidroferúlico. Este elemento poderia desempenhar um papel decisivo na orientação das vias de biossíntese seja segundo os derivados fenólicos, seja segundo os outros polifenóis. Verifica-se que o boro é complexado pelos polióis e seus derivados que são as formas de transporte dos açúcares nos fungos e na maioria das algas. Pelo contrário, este elemento apresenta uma fraca afinidade para a sacarose que é a forma principal de circulação dos açúcares nas Chlorophyta. Nestas circunstâncias, o boro estaria livre para desempenhar um papel regulador nesses vegetais. Fenóis e boro intervêm, igualmente, na reprodução das fanerogâmicas em meio aéreo. A esporopolenina que constitui o invólucro externo, muito resistente, dos grãos de pólen e esporos, contém fenóis, sendo o boro um elemento indispensável à germinação destas estruturas reprodutoras. Assim, a associação entre estes dois compostos químicos seria essencial para a conquista e expansão do meio terrestre dos vegetais vasculares.

## Lenhinas

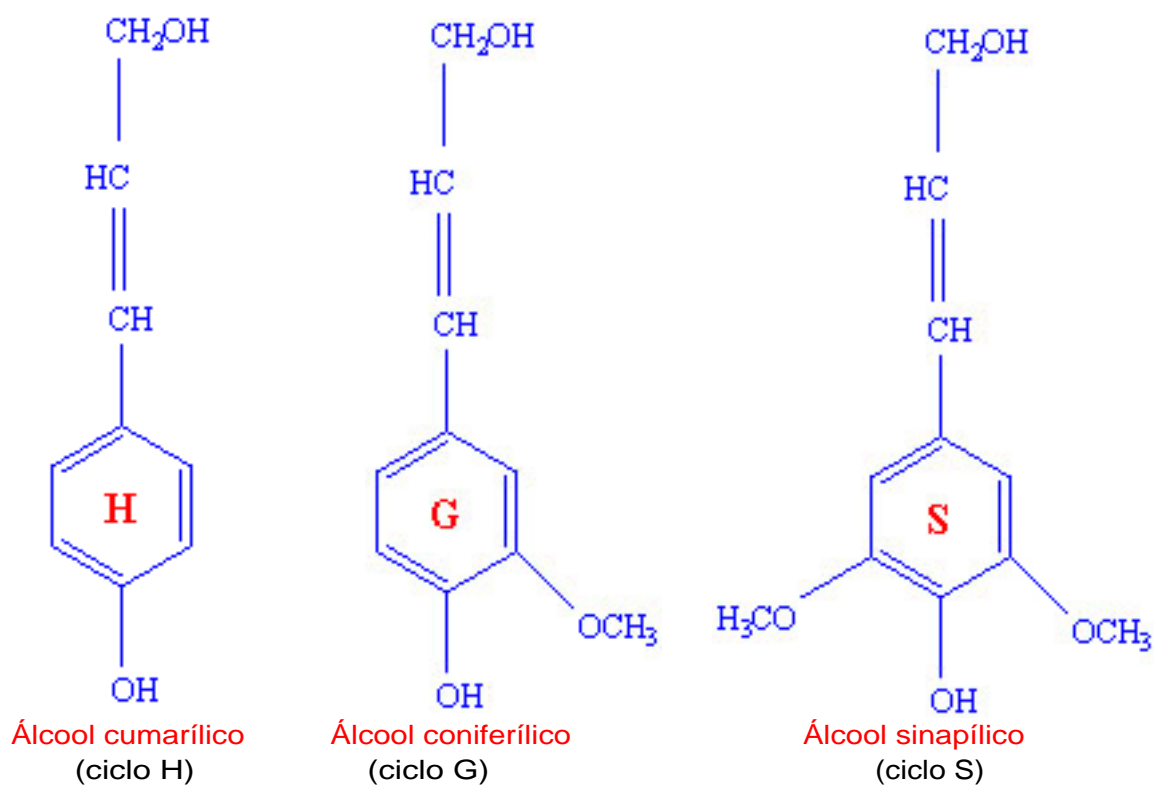
As lenhinas são polifenóis, constituídos por unidades de fenilpropano (um núcleo benzênico contendo uma função fenol e uma cadeia de 3 carbonos).

Fenilpropano (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>)



As unidades C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub> formam uma rede que interpenetra a matriz glucídica e glicoproteica existente, modificando as suas propriedades, em particular aumentando a sua resistência e a sua hidrofobia.

### Unidades constituintes das lenhinas:



## Formação e importância

As lenhinas resultam da co-polimerização dos 3 monómeros (álcool cumarílico, álcool coniferílico e álcool sinapílico).

- O **álcool cumarílico** existe em baixa percentagem (5 a 10%), apesar de ser um importante componente nas monocotiledóneas.
- O **álcool coniferílico** existe em percentagem elevada nas plantas vasculares relativamente primitivas (pteridófitos e gimnospérmicas) – 80 a 90 %.
- O **álcool sinapílico** existe sobretudo nas angiospérmicas (cerca de 50%).

**A capacidade de elaborar paredes lenhificadas apareceu no decurso da Era Primária, há cerca de 400 a 500 milhões de anos. Está associada ao desenvolvimento do hábito erecto nos vegetais, tendo sido determinante na conquista do meio terrestre.**

## Técnicas de coloração e visualização das lenhinas

### • Dupla coloração:

- 1) verde iodo – carmim aluminado
- 2) vermelho de ruténio – azul de metileno

(Métodos fáceis e rápidos, embora a especificidade e sensibilidade sejam relativamente fracas).

### • Técnicas específicas

- 1) Técnica de Wiesner – método em que se utiliza o **floroglucinol**. Este composto reage com o **álcool coniferílico** dando uma coloração purpúrea em meio clorídrico.
- 2) Reacção de Maule - método em que se utiliza o permanganato de K – amoníaco. É específico para o núcleo siringil (lenhina S) e reage apenas com as lenhinas das angiospérmicas.

### • Outras técnicas

As lenhinas absorvem os U.V. nos comprimentos de onda compreendidos entre os 250 e 280 nm. Estes compostos são, assim, **autofluorescentes**.

## Referências bibliográficas

RAVEN, P.H, EVERT, R.F. e EICHHORN, S.E. , 1999 - "Biology of Plants". W.H. Freeman and Company/Worth Publishers (ed.), New York.

ROBERT, D. e ROLAND, J.-C., 1989 - "Biologie végétale. Caractéristiques et stratégie évolutive des plantes - Organization cellulaire", vol. I, Doin Éditeurs, Paris.