

PLANTAS AROMÁTICAS E MEDICINAIS. Factores que afectam a produção*

A. C. Figueiredo, J. G. Barroso e L. G. Pedro

Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências de Lisboa, DBV, Centro de Biotecnologia Vegetal, C2, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal

Além de nos fornecerem oxigénio, alimento, roupa, perfumes e materiais de base para inúmeros processos químicos, as plantas são uma fonte de grande diversidade de compostos de aplicação medicinal e farmacêutica. Nas últimas décadas tem havido um ressurgimento do interesse na medicina popular e de como esta prática se pode conjugar com a medicina tradicional. A mesma busca do que é natural é igualmente observada nas indústrias alimentares e de aromas.

A procura de substâncias naturais, biologicamente activas, tem encorajado a utilização, entre outros, dos óleos essenciais como agentes antimicrobianos e antioxidantes em alimentos. Para tal, contribuiu o facto de os óleos essenciais aliarem o seu papel aromatizante a: 1) serem produtos naturais e biodegradáveis, 2) apresentarem baixa toxicidade para os mamíferos, 3) poderem desempenhar, simultaneamente, as funções de mais do que um dos seus equivalentes sintéticos. Além destas propriedades, os óleos essenciais podem ainda ser utilizados na protecção de culturas agrícolas, contra doenças e pragas, com a vantagem de não se acumularem no ambiente e terem um largo espectro de acção, o que diminui o risco de desenvolvimento de estirpes patogénicas resistentes.

Muitos destas substâncias naturais são extraídas das plantas sob a forma de extractos mais ou menos complexos. Mais raramente as substâncias isoladas são utilizadas na síntese ou semi-síntese de outros compostos. Muitas vezes um mesmo principio activo pode ser extraído de diferentes plantas. A escolha é feita, tendo em mente, entre outros, o ciclo de vida da planta, o rendimento de extracção, a natureza dos compostos, o custo da planta, o custo de manutenção e a ausência de compostos tóxicos.

Os óleos essenciais, aroma ou essência, são os princípios odoríferos voláteis, produzidos pelas plantas, e utilizados desde a antiguidade, não só pelas suas propriedades medicinais mas também pela sua importância na indústria de perfumes e sabores. Os óleos essenciais, que podem ser isolados por destilação, pressão ou extracção por solventes, mantêm-se, normalmente, líquidos à temperatura ambiente, não são miscíveis com a água, mas miscíveis com solventes orgânicos. Os óleos essenciais são, regra geral, uma mistura de compostos com características físico-químicas próprias que, combinados, conferem ao óleo um odor particular. O diferente aroma dos óleos deve-se, fundamentalmente, às variações de volatilidade e da concentração relativa dos seus constituintes. Os óleos essenciais, maioritariamente constituídos por substâncias de natureza terpénica (mono-, sequi- e diterpenos), estão entre os compostos mais valiosos produzidos pelas plantas, Tabela 1, a par dos alcalóides e das substâncias fenólicas, algumas das quais fazem igualmente parte dos óleos essenciais (fenilpropanóides), Fig. 1.

A Flora Portuguesa é, neste contexto, particularmente importante pela sua riqueza em espécies aromáticas e medicinais. Na realidade, das cerca de 3800 espécies que compõem a cobertura vegetal do Continente, Açores e Madeira, cerca de 500 são aromáticas e/ou medicinais, podendo, parte delas, constituir uma alternativa para sistemas agrícolas sustentáveis ou para a rentabilização de terrenos marginais para a agricultura. Estas espécies distribuem-se maioritariamente pelas famílias Apiaceae, Asteraceae, Lamiaceae, Mirtaceae, Oleaceae, Liliaceae, Rosaceae, Leguminosae, Rutaceae, Hipericaeae, Pinaceae, Cupressaceae, Lauraceae e Malvaceae. Acresce que algumas destas espécies constituem endemismos, por vezes com nichos ecológicos muito vulneráveis. A conservação desta diversidade biológica, actualmente indissociável da sua utilização sustentada, contribuiria para a fixação das populações no seu

* In: Figueiredo AC, JG Barroso, LG Pedro (Eds), 2007, *Potencialidades e Aplicações das Plantas Aromáticas e Medicinais. Curso Teórico-Prático*, pp. 1-18, 3ª Ed., Edição da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa - Centro de Biotecnologia Vegetal, Lisboa, Portugal.

"habitat" tradicional, única forma de sustentar a tendência actual de agravamento de um dos fenómenos mais preocupantes que afectam o território nacional continental, a desertificação.

O reconhecimento de espécies potencialmente utilizáveis pelos produtores pode contribuir para uma gestão mais equilibrada do espaço rural, incentivando a conservação do património florestal e potenciando a sua influência ambiental, em particular no que respeita à protecção de recursos hídricos, à limitação de fenómenos de erosão e à salvaguarda da biodiversidade.

Tabela 1. Exemplos de substâncias, derivadas das plantas, com interesse comercial.

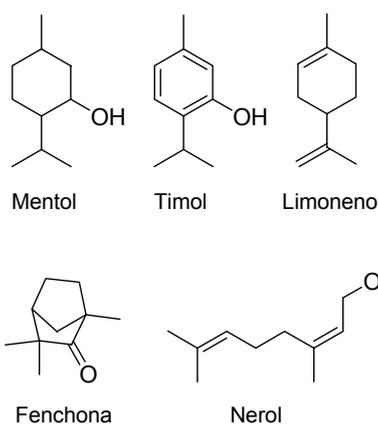
Grupo Químico	Composto	Espécie	Utilização Industrial
Alcalóides	Codeína	<i>Papaver somniferum</i>	Analgésico
	Lobelina	<i>Lobelia inflata</i>	Estimulante respiratório
	Quinino	<i>Cinchona ledgeriana</i>	Antimalária, agentes amargos
	Atropina	<i>Atropa belladonna</i>	Dilatação da pupila e outros usos oftálmicos
	Hiosciamina	<i>Datura stramonium</i>	Anticolinérgico
	Escopolamina	<i>Datura stramonium</i> <i>Duboisia myoporoides</i>	Antihipertensor, tratamento de doenças motoras
	Vincristina, Vinblastina	<i>Catharanthus roseus</i>	Antileucémico
Terpenos	Diosgenina	<i>Dioscorea deltoidea</i>	Contraceptivos
	Digoxina	<i>Digitalis lanata</i>	Cardiotónico
	Saponinas	<i>Panax ginseng</i>	Tónico
	Isoprenóides	<i>Hevea brasiliensis</i>	Borracha
	Jasmonatos	<i>Jasminum sp.</i>	Perfume
	Piretrinas	<i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i>	Insecticida
	Valepotriatos	<i>Valeriana officinalis</i>	Carminativo, anti-espasmódico
Carotenóides		<i>Daucus carota, Crocus sativus, Capsicum annum, Bixa orellana, Lycopersicum sp.</i>	Pigmentos
Fenóis	Betacianina, Betaxantina	<i>Beta vulgaris</i>	Pigmentos
	Antocianinas	<i>Hibiscus sp.</i>	Pigmentos
	Xiconina	<i>Lithospermum erythrorhizon</i>	Pigmento anti-inflamatório
	Taumatina	<i>Thaumatococcus danielli</i>	Edulcorante
Polissacáridos	Goma e mucilagens	<i>Acacia sp., Astragalus sp., Sterculia sp.</i>	Gomas
	Amidos	<i>Zea mays, Oryza sativa, Triticum aestivum, Solanum tuberosum</i>	Uso farmacêutico
	Fibras	<i>Gossypium sp., Corchorus sp., Linum usitatissimum, Cannabis sativa</i>	Fibras para vestuário e uso medicinal
	Fructanas	<i>Inula helenium, Helianthus tuberosus, Cichorium intibus</i>	Inulina
Lípidos	Óleos e gorduras	<i>Prunus amygdalus, Arachis hypogaea</i>	Uso farmacêutico, óleos alimentares
Proteínas	Papaína	<i>Carica papaya</i>	Proteases

FACTORES QUE AFECTAM A PRODUÇÃO

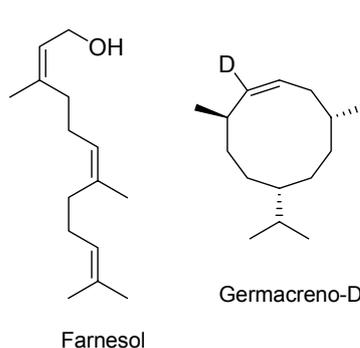
Os aromatizantes sempre tiveram um papel diversificado e sofisticado: a maceração de absinto na aromatização dos vinhos Hebreus; ou a utilização de figos e rosas nos vinhos Persas e Assírios; o desenvolvimento do comércio das especiarias pelos Gregos e Romanos. Para lá das virtudes odoríferas está o seu valor litúrgico: as carnes grelhadas fumadas eram consideradas a cozinha dos Deuses. Conhecido desde o Neolítico, o mel é um dos aromatizantes que mantém

ainda hoje toda a sua importância, em particular nas civilizações orientais. De igual modo o lúpulo tem acompanhado o fabrico da cerveja, até aos nossos dias. Várias espécies de milefólio têm sido igualmente utilizadas no fabrico de licores. Desde há muito que se reconhece às especiarias, para além das suas propriedades organolépticas, a actividade preservante dos alimentos. O cravo-da-índia, a canela, o alho, o tomilho, os orégãos, o aníz e a segurelha estão entre algumas das especiarias que retardam, reduzem ou inibem o crescimento de diversos fungos e impedem a produção de aflatoxinas ou outras micotoxinas.

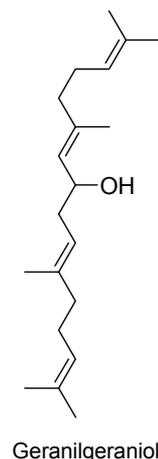
❖ Monoterpenos



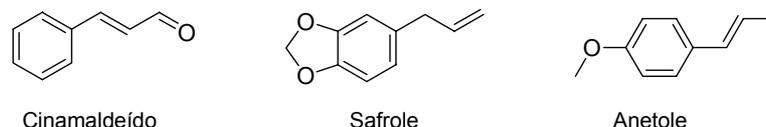
❖ Sesquiterpenos



❖ Diterpenos



❖ Fenilpropanóides



❖ Poliacetilenos

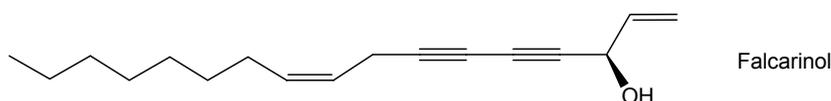


Fig. 1. Exemplos de constituintes dos óleos essenciais.

Na natureza existem, contudo, vários factores que limitam uma produção homogénea e continuada de metabolitos de origem vegetal, Tabela 2, e que fazem com que a indústria procure vias alternativas de obter os mesmos compostos.

VARIAÇÕES FISIOLÓGICAS

O estágio de desenvolvimento do órgão (ontogenia foliar, floral e do fruto) é, muitas vezes, determinante no rendimento e na composição do óleo essencial (para exemplos vários *vide* Figueiredo *et al.* 1997, Badalamenti 2004). Em muitos casos ocorre um aumento do rendimento em óleo da fase de botão floral para a flor madura, em simultâneo com uma alteração da composição química do óleo, sendo que alguns componentes podem variar de vestigiais a 10% nas fases iniciais, a 50-70% quando o órgão está completamente desenvolvido. Noutros casos, o óleo acumula-se muito antes da completa expansão foliar ou do completo desenvolvimento do órgão. Em *Ocimum* verificou-se que a concentração relativa de eugenol e metileugenol diminuiu com o desenvolvimento das folhas, o que, segundo os autores, podia ser explicado pela utilização destes compostos na síntese de lenhina (Dey e Choudhuri 1983). Segundo Máñez *et al.* (1991) a alteração da composição do óleo essencial com a maturação do órgão está intimamente

relacionada com as vias biossintéticas conducentes a uma maior ciclização e desidratação dos componentes do óleo.

As variações diurnas da composição e/ou rendimento em óleo essencial, bem como a alteração da sua composição com o desenvolvimento do órgão, ou da planta, têm sido consideradas por vários autores como um processo normal do catabolismo terpénico. Enquanto no caso das variações diurnas o catabolismo terpénico depende da fotossíntese e da utilização dos seus produtos, nas variações associadas ao desenvolvimento, o conteúdo de monoterpenos diminui, como resultado da utilização de substâncias acumuladas. A análise de dois sistemas modelo (*Mentha piperita* e *Salvia officinalis*) revelou que o catabolismo dos terpenos passa pela formação de derivados glicosilados que são transportados para as raízes onde são utilizados na biossíntese de lípidos (Croteau 1987).

Tabela 2: Factores que afectam a produção e a composição de metabolitos de origem vegetal (adaptado de Figueiredo *et al.* 1997).

❖ Variações fisiológicas
Desenvolvimento do órgão
Ciclo de actividade do polinizador
Tipo de material (folhas, flores, etc.)
Tipo de estrutura secretora
Variação sazonal
Estímulo mecânico ou químico
❖ Condições ambientais
Clima
Pestes
Armazenamento
Factores edáficos
Stress hídrico e método de irrigação
❖ Variações geográficas
❖ Factores genéticos e evolução
❖ Condições político / sociais
❖ Quantidade de material / Necessidade de espaço e mão-de-obra

Os óleos essenciais isolados, durante as diferentes fases do seu desenvolvimento, das flores de *Achillea millefolium*, colhidas no Jardim Canecão de Almada, Fig. 2, possuíam uma coloração diferente consoante a fase de desenvolvimento das mesmas: azul nas flores fechadas (FF), azul-esverdeado nas flores jovens (FJ), castanho-amarelado nas flores abertas (FA) e amarelo-claro-acastanhado nas flores secas (FS). Esta variação de coloração reflecte um decréscimo da percentagem relativa de camazuleno no óleo essencial, com a maturação da flor, Fig. 3. No que diz respeito aos componentes dominantes dos óleos, as concentrações relativas de cânfora e de 1,8-cineole aumentaram com a maturação das flores, observando-se o comportamento inverso para o β -pineno, Fig. 3, (Figueiredo *et al.* 1992a).

À excepção das flores ornitófilas, a maioria das flores apresenta algum tipo de odor. Além do estímulo visual, os odores são a forma mais importante de atracção e orientação de polinizadores, em particular dos insectos nocturnos. O tipo de odor permite discriminar as flores e desencadear o processo polinizador, sendo que a emissão de voláteis atinge, muitas vezes, o seu máximo aquando da maturação do pólen, isto é, quando a flor está pronta para a polinização. Neste aspecto, as orquídeas constituem um dos exemplos de sistemas altamente especializados em que há produção de feromonas. Elas crescem predominantemente na zona mediterrânica, e os seus polinizadores são sobretudo abelhas. O 1,8-cineole, constituinte de 60 % dos odores de algumas orquídeas, revelou ser o composto que mais espécies de abelhas polinizadoras atraía (70 %) (Dodson *et al.* 1969). Comparativamente, compostos como o eugenol, salicilato de metilo e cinamato de metilo atraíam menor número de espécies. Combinações destes compostos nas proporções encontradas na fragrância das orquídeas atraíam o mesmo tipo de abelhas que o odor natural. Outros exemplos em que as feromonas e os voláteis das flores afectam o comportamento dos insectos, são os de *Cassia fistulosa* (Leguminosae) e de *Zieria smithii* (Rutaceae). Tem sido

proposta a utilização destas plantas como armadilhas em programas de luta biológica, pois elas produzem grandes quantidades de metileugenol, composto que atrai a mosca da fruta (*Daucus dorsalis*), praga muito frequente em pomares (referências in Figueiredo *et al.* 1997).



Fig. 2. (1-4): Aspecto dos diferentes estádios de desenvolvimento das inflorescências de *A. millefolium* utilizados no isolamento dos óleos essenciais. 1: Flores fechadas (FF); 2: Flores jovens (FJ); 3: Flores abertas (FA); 4: Flores secas (FS). (5-6): Coloração dos óleos essenciais isolados das inflorescências colhidas no Jardim Canecão de Almada (JCA) (5) e no Jardim Botânico de Lisboa (JBL) (6), em diferentes estádios de desenvolvimento (Figueiredo 1992).

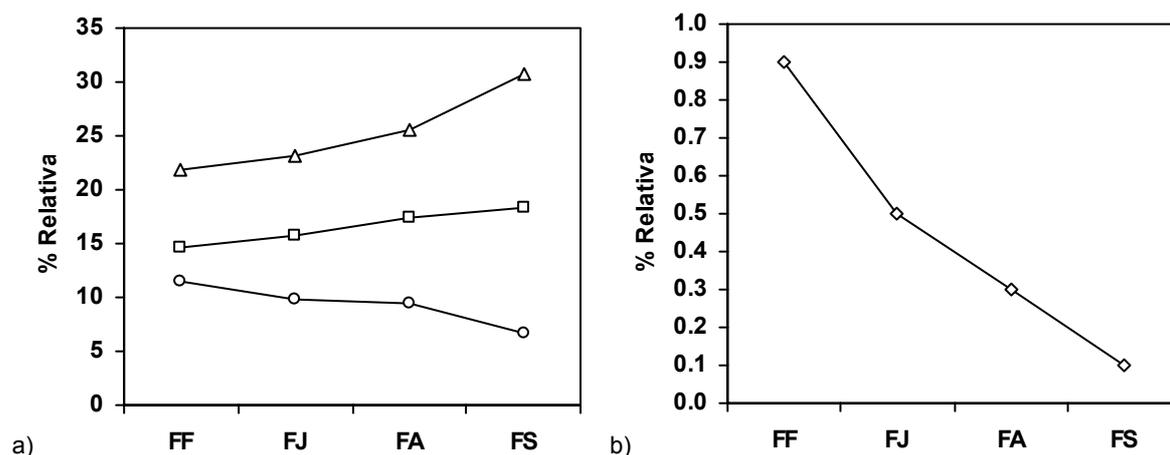


Fig. 3. a) Variação da concentração do β -pineno (—○—), do 1,8-cineole (—□—) e da cânfora (—△—) e b) camazuleno (—◇—) durante o desenvolvimento das flores de *A. millefolium*, colhidas no Jardim Canecão de Almada (adaptado de Figueiredo *et al.* 1992).

As flores de algumas espécies de Orquídeas mimetizam as fêmeas receptoras de, normalmente, apenas uma espécie de polinizador (mimetismo de Pouyanne), Fig. 4. Os machos são atraídos pela forma e pelo odor da flor e transferem as polinídias durante a chamada pseudo-cópula com a flor. A título de exemplo, refira-se que a *Ophrys sphegodes* produz os mesmos

compostos, e na mesma proporção relativa, que se encontram nas feromonas sexuais do seu polinizador, a abelha *Andrena nigroaenea*, Tabela 3. Estas flores emitem quantidades mínimas de voláteis. Esta orquídea é conhecida como orquídea aranha e distribui-se no Mediterrâneo e Europa Central. A inflorescência possui 2 a 6 flores e é polinizada especificamente por machos de *Andrena nigroaenea*. Interessante é também o facto de o odor mudar após a polinização, com uma diminuição do rendimento e da composição dos voláteis emitidos. Mais ainda, aumenta a produção de um composto, vestigial até então, (farnesil hexanoato) que se sabe inibir a cópula quando presente em grande quantidade na cutícula da fêmea. Como outras alterações morfológicas que ocorrem na pós-polinização, a cessação da emissão de voláteis serve duas funções básicas. Primeiro, poupam-se recursos, já que a síntese de voláteis é um processo em que se consome muita energia. Segundo, se a planta possui mais de uma flor, reduzir a atracção para as flores já polinizadas direcciona os polinizadores para as flores não polinizadas, o que aumenta o sucesso da polinização (Schiestl *et al.* 1999, 2000).



Fig. 4. *Ophrys sphegodes*.

Tabela 3. Comparação da composição dos voláteis emitidos pela orquídea *Ophrys sphegodes* e as feromonas sexuais do seu polinizador, a abelha *Andrena nigroaenea* (adaptado de Schiestl *et al.* 1999 e Schiestl *et al.* 2000).

Composto (%)	<i>Ophrys</i>	<i>Andrena</i> ♀
Tricosano	31	29
Pentacosano	20	35
11 + 12-Heptacoseno	6	1
9-Heptacoseno	8	5
Heptacosano	12	11
12 + 11-Nonacoseno	7	4
9-Nonacoseno	9	7

Um outro exemplo da adaptação da emissão de voláteis com o ciclo de vida do polinizador é o observado com a madressilva (*Lonicera japonica*), Fig. 5, conhecida pelo seu aroma semelhante a jasmim e a flores de laranjeira, mais intenso ao fim do dia. Ikeda *et al.* (1994) demonstraram a variação da composição de voláteis da madressilva, durante o dia, sendo o odor mais acentuado emitido entre as 19.30h e as 7.30h, com o máximo entre as 23.30h e as 3.30h da manhã, Fig. 6.



Fig. 5. a) *Lonicera japonica* e b) polinizador ao fim-do-dia (20h).

Ainda que muitas espécies mostrem uma componente volátil semelhante nos seus diferentes órgãos, a composição do óleo essencial pode ser igualmente dependente do tipo de material colhido: flores, partes verdes (folhas e caules), frutos, sementes ou raízes (para referências *vide*

Figueiredo *et al.* 1997, Olawore *et al.* 2005, Novak *et al.* 2005). A existência desta variação pode ser particularmente evidente em flores entomófilas, em que os voláteis emitidos pelas flores funcionam como pista atractiva para o insecto. Nesse caso, o aroma emitido pelas flores, ou pelas partes aéreas florais, pode ser muito diferente do dos outros órgãos da planta. Kuroпка *et al.* (1991) verificaram que em *Achillea ptarmica* os monoterpenos eram praticamente inexistentes nos óleos obtidos das partes verdes e das raízes, ao contrário do que acontecia com as flores. Resultados idênticos são referidos por Máñez *et al.* (1991) na análise da componente volátil de *Sideritis mugronensis*. Segundo estes autores a presença de maiores quantidades de monoterpenos, em particular α -felandreno, limoneno e fenchona, nos óleos florais está intimamente relacionada com a atracção de polinizadores. De igual modo, a análise da componente floral volátil de *Lavandula pinnata* (Figueiredo *et al.* 1995) mostrou diferenças relativamente à extraída das folhas e caules, quer em fase floral quer em fase vegetativa, Tabela 4.

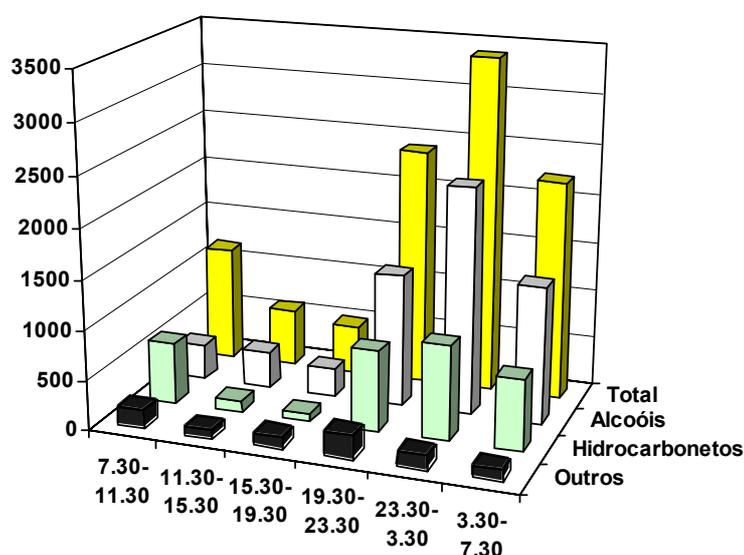


Fig. 6. Variação da composição de voláteis da madressilva, durante o dia (adaptado de Ikeda *et al.* 1994).

Tabela 4. Variação da composição percentual relativa dos componentes dominantes do óleo essencial de *Lavandula pinnata* colhida em diferentes fases de desenvolvimento (adaptado de Figueiredo *et al.* 1995).

Componentes	<i>Lavandula pinnata</i>		
	Fase Floral		Fase Vegetativa
	Flores	Folhas e caules	Folhas e caules
α -Pineno	6.5	3.5	3.7
Sabineno	5.7	4.0	3.1
Octen-3-ol	0.7	6.0	3.9
α-Felandreno	15.9	6.3	10.8
Fenilacetaldéido	1.3	5.9	9.2
β-Felandreno	31.7	12.2	19.5
<i>cis</i> - β -Ocimeno	8.9	4.2	6.5
Terpineno-4-ol	1.2	0.8	
β -Cariofileno	10.5	11.4	11.0
Monoterpenos	82.0	39.2	57.8
Sesquiterpenos	13.0	21.8	13.6
Outros	3.0	17.5	16.1

As diferenças encontradas na composição do óleo essencial entre diferentes órgãos pode ser parcialmente explicada pela existência de diferentes estruturas secretoras distribuídas de forma heterogénea pela planta. Com efeito, ainda que os óleos essenciais sejam produzidos em

estruturas secretoras especializadas, e apesar do tipo e a localização destas estruturas ser, regra geral, característico da família, Tabela 5, há vários exemplos de plantas com mais de um tipo diferente de estrutura secretora (tricomas e canais, por exemplo). Além disso, as estruturas secretoras nem sempre se desenvolvem de maneira síncrona, nem sempre secretam o mesmo tipo de substâncias e podem apresentar diferentes formas de secreção.

Em *Leonotis leonurus* (Ascensão *et al.* 1995) os tricomas capitados e peltados diferem no processo secretor. Enquanto nos tricomas peltados a secreção permanece acumulada no espaço subcuticular, a não ser que um factor externo rompa a cutícula, nos tricomas capitados a secreção é, provavelmente, libertada por microporos. Nesta espécie verifica-se ainda que os tricomas peltados são abundantes tanto nas folhas como nas flores, enquanto os capitados são numerosos nas folhas, mas raros, ou ausentes, nas flores.

Tabela 5. Diferentes tipos de estruturas secretoras que ocorrem em algumas famílias de plantas (adaptado de Figueiredo *et al.* 1997).

Estruturas secretoras	Famílias
Estruturas secretoras externas	
Tricomas	Asteraceae, Lamiaceae, Rutaceae, Geraniaceae, Solanaceae e Cannabinaceae
Osmóforos	Piperaceae, Orchidaceae e Araceae
Estruturas secretoras internas	
Idioblastos	Lauraceae, Magnoliaceae, Piperaceae, Araceae, Aristolochiaceae, Calycanthaceae e Saururaceae
Bolsas	Rutaceae, Myrtaceae, Myoporaceae, Hypericaceae e Leguminosae
Canais	Apiaceae, Asteraceae, Pinaceae, Myrtaceae, Hypericaceae, Leguminosae e Anacardiaceae

Histoquímica- e/ou ultrastructuralmente é igualmente possível demonstrar a diferenciação secretora dos diversos tipos de tricomas presentes numa mesma planta. Pedro *et al.* (1990) demonstraram histoquimicamente que os tricomas glandulares uniseriados dos Tipos I, II e III produzem substâncias de natureza química distinta. Também em *Plectranthus ornatus* (Ascensão *et al.* 1999) e *P. madagascariensis* (Ascensão *et al.* 1998) há uma distribuição heterogénea dos tricomas peltados e capitados nos órgãos vegetativos e reprodutores. Ao contrário dos restantes tricomas incolores, nesta última espécie existe apenas um tipo de tricomas peltados, particularmente abundantes entre as nervuras das folhas, com uma coloração laranja vivo, observável a olho nu, Fig. 7. O componente dominante dos óleos de *P. madagascariensis* é a 6,7-dehidroroileanona, um diterpeno isolado sob a forma de cristais vermelho-alaranjados.

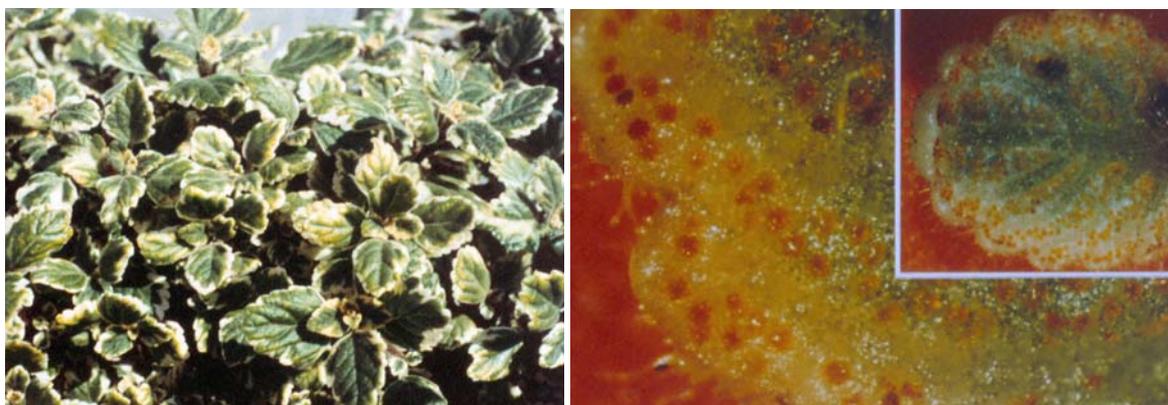


Fig. 7. Aspecto de *Plectranthus madagascariensis* e detalhe da página inferior da folha com os tricomas peltados de cor laranja vivo.

A composição dos óleos essenciais varia também com a época do ano e a decisão do

momento adequado de colheita é importante do ponto de vista agronómico e económico. Em *Crithmum maritimum*, Barroso *et al.* (1992), verificaram que o sabineno era o componente dominante durante a fase de floração, enquanto o γ -terpineno era o componente maioritário durante o resto do ano, Fig. 8. Em *Achillea millefolium* verificou-se que, durante a fase vegetativa, os hidrocarbonetos sesquiterpénicos constituíam a componente dominante do óleo das folhas, enquanto na fase floral este óleo era dominado pelos hidrocarbonetos monoterpénicos (Figueiredo *et al.* 1992b). No caso de *Mentha piperita* o óleo de qualidade contém uma percentagem relativa de álcoois e mentol >50%, mentofurano <4% e pulegona <2%. Dependendo da temperatura, velocidade do vento, humidade do solo, entre outros, a irrigação é cortada um a cinco dias antes da colheita, para que o vigor da colheita e a qualidade do óleo não sejam afectados. Em plantações de um ano, ainda que o rendimento tenda a aumentar quando a floração atinge valores $\geq 50\%$ (meio a fim de Agosto) a percentagem relativa de mentofurano também aumenta. Com a sobre-maturação (Setembro a Outubro) os níveis de mentol aproximam-se dos 60%, o mentofurano diminui, mas o rendimento do óleo decai drasticamente, o que torna a sua produção demasiado dispendiosa (Morris 2005).

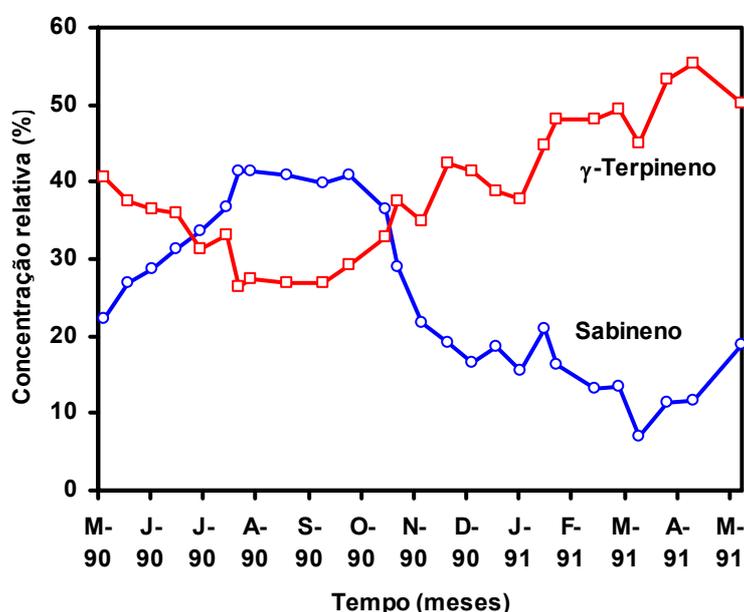


Fig. 8. Variação sazonal da concentração relativa de γ -terpineno (—○—) e de sabineno (—□—) no óleo essencial de *Crithmum maritimum* (adaptado de Barroso *et al.* 1992).

Para além das variações mensais e anuais, ou consoante se trata da fase floral ou vegetativa da planta, há ainda a considerar as flutuações ao longo do dia, que parecem estar directamente ligadas ao ciclo de actividade do polinizador, como referido anteriormente. Com efeito, verifica-se que em plantas com polinização diurna a emissão de voláteis é máxima durante o dia, observando-se o inverso para as plantas que têm polinizadores nocturnos. Noutros casos as variações da composição do óleo, ou a alteração do seu rendimento, foram correlacionadas com herbivoria, com parâmetros climáticos (temperatura, humidade, duração do dia) ou com ataques fúngicos, em particular nos meses mais chuvosos (para referências *vide* Figueiredo *et al.* 1997). Em qualquer um dos casos é sempre necessário determinar, para cada espécie, qual a melhor altura para a colheita do material, de acordo com aquele que é o componente comercialmente mais importante e o rendimento mais favorável.

A emissão de voláteis não tem apenas um papel estimulante e/ou atractivo, mas funciona igualmente como forma defensiva directa ou indirecta. O efeito dos estímulos traumáticos mecânicos ou químicos (perfuração, infestação por predadores, utilização de herbicidas, entre outros) sobre a composição e o rendimento dos óleos essenciais tem sido pouco estudado. As plantas produzem, em condições normais, ditas saudáveis, um conjunto de metabolitos secundários, considerados, no seu todo, produção constitutiva. Quando sujeitas a um qualquer estímulo traumático, pode haver uma produção *de novo*, isto é, serem sintetizados compostos que

não estavam presentes na planta até então, considerada uma produção induzida. A diferença entre produção constitutiva e induzida é ambígua, já que, por exemplo, a maioria dos voláteis normalmente libertados por plantas saudáveis se tornam induzidos após um qualquer tipo de dano. Na maioria dos casos os compostos são, então, produzidos em maior quantidade e/ou numa proporção diferente. Para alguns autores a resposta induzida é não só dependente da espécie mas também função do desenvolvimento da mesma, da disponibilidade de água e da quantidade de luz (para referências *vide* Figueiredo *et al.* 1997).

O efeito da perfuração, ou da infestação por predadores, é particularmente importante em plantas produtoras de resina, que acumulam o secretado em estruturas secretoras internas, como canais e bolsas. Em *Pinus pinaster* verificou-se que a perfuração induzia um aumento de duas vezes e meia do rendimento em óleo, enquanto a infecção com micélio de *Verticicladiella* sp. aumentava sessenta vezes o rendimento do mesmo óleo. Por outro lado, o efeito do estímulo era mais duradouro na infecção com o micélio do que no caso da perfuração. A concentração relativa dos componentes do óleo não foi no entanto muito afectada em qualquer dos casos. A aplicação foliar de diferentes tipos de herbicidas e fitorreguladores em *Salvia officinalis* mostrou alterações significativas na composição e rendimento em óleo essencial obtido, sem, no entanto, ter sido possível estabelecer qualquer relação entre os resultados encontrados (para referências *vide* Figueiredo *et al.* 1997). Do mesmo modo, Stahl e Wollensah (1986) estudaram o efeito de onze herbicidas sobre o desenvolvimento dos tricomas e produção de proazuleno em *A. millefolium*. Muitos destes herbicidas causavam não só um atraso no desenvolvimento glandular, mas também gigantismo dos tricomas que passavam a apresentar entre o dobro e triplo do número de células. A produção de proazuleno foi também negativamente afectada, em particular nos casos de aplicação de 2,4-D, Dicamba, Triazin, Chlorpropham e Brompyrazon.

As coníferas produzem resinas de interesse industrial e importância ecológica. Na composição das resinas entram, em quantidades aproximadamente iguais, mono- e diterpenos, e menor quantidade de sesquiterpenos. Estes terpenos acumulam-se em estruturas secretoras especializadas que podem ir de simples dilatações (bolhas) como as de espécies de *Abies* (abeto branco) ou estruturas mais complexas como canais em *Picea* e *Pinus*, que se interligam num sistema tridimensional reticulado. Em *Picea* a resina acumula-se constitutivamente em canais distribuídos no córtex e em canais traumáticos que aparecem a nível do xilema, após dano mecânico, por insecto ou por fungo. Utilizando um método não invasivo (Martin *et al.* 2002), observaram alterações morfológicas significativas 6 a 9 dias após adição de metiljasmonato (MeJA) em spray. Células do xilema, adjacentes ao câmbio, apresentavam citoplasma mais denso e paredes finas, dando origem às células epidérmicas dos novos canais. Ao fim de 15 dias, o lúmen destes canais era perfeitamente visível, formando um anel na porção mais jovem do xilema. A partir deste momento o lúmen do canais começou a encher-se com resina. Para além das alterações morfológicas, o tratamento com MeJA induziu um aumento da quantidade de mono- e diterpenos, mas a quantidade de sesquiterpenos permaneceu inalterável. Já a quantidade constitutiva destes compostos não revelou alterações significativas.

CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Como refere Reeve (2005), apesar dos avanços tecnológicos, existe um elemento que continua para além do controlo do Homem – o clima. A produção de óleos essenciais, e de metabolitos secundários no geral, parece extremamente dependente de factores climáticos. Furacões, ciclones, inundações e/ou a seca são algumas das condicionantes ambientais que tiveram, ou podem ter, consequências mais ou menos severas na indústria de aromas. Segundo Reeve (2005) os furacões que, em 2004, assolaram a Flórida causaram uma quebra de 25% na colheita de laranjas e de 63% na de toranjas. O mesmo autor refere ainda outros exemplos, como o efeito dos ciclones anuais de Madagáscar sobre a produção de baunilha e a sua consequente repercussão nos preços praticados no mercado, ou ainda o efeito negativo das inundações na China e na Argentina, sobre a produção de gerânio e de limão, respectivamente. A Europa também não escapa aos efeitos climáticos, sendo que, quer as inundações, quer as temperaturas

anormalmente elevadas de Verão tiveram um efeito dramático na plantação de coentro da Europa de Leste. Em anos considerados normais, a produção Tunisina de óleo de *Rosmarinus officinalis* oscila entre 60 a 70 toneladas, enquanto, devido à seca, a produção baixou para valores <20 toneladas em 2002 e 2003 (Ouahada 2004).

Outros exemplos mostram que igualmente em décadas anteriores as condições ambientais afectaram negativamente a produção de plantas aromáticas e medicinais. Cite-se a título de exemplo que na Indonésia ocorreu uma quebra de 2/3 da produção de pimenta em consequência da seca, factor que, de igual modo, afectou negativamente a produção mundial, Fig. 9.

Durante os meses mais frios e com menor número de horas de luz, há, muitas vezes, um nítido decréscimo na produção de óleo essencial. Em *Pinus elliotii*, o aumento de temperatura, entre 20 °C e 46 °C, induziu um aumento exponencial na emissão de α - e β -pineno, mirceno, limoneno e β -felandreno (Tingey *et al.* 1980). Os mesmos autores não observaram, no entanto, influência da luz no rendimento de emissão destes compostos. Segundo Badoc e Lamarti (1991), os climas tropicais favorecem a formação de compostos oxidados nos óleos. Em condições induzidas de seca, Turtola *et al.* (2003) mostraram que a concentração de monoterpenos aumentou consideravelmente, ao mesmo tempo que o crescimento de *Pinus sylvestris* e *Picea abies* diminuiu. A análise do óleo essencial de 14 populações de *Rosmarinus officinalis* da Tunísia, pertencentes a 3 áreas ecológicas distintas (sub-húmida, semi-árida e árida-superior) mostrou diferenças na proporção e natureza dos constituintes de acordo com a área ecológica a que pertenciam. Segundo os autores (Zaouali *et al.* 2005) as variações encontradas podem resultar de factores ambientais como pluviosidade, temperatura, tamanho da população e tipo de solo, a par com a diversidade genética destas populações.

Também diversos tipos de pestes podem causar danos importantes na estabilidade de uma produção. Trinta a 40% de uma plantação de pimenta pode ser perdida em consequência do ataque do insecto *Longitarsus nigripennis* e cerca de 50% com o ataque de *Laspeyresia hemidoxa* (Weiss 1997). Nos Estados Unidos o fungo do solo *Verticillium dahliae* é considerado um dos principais factores limitantes da produção de *Mentha piperita*, por causar o emurchecimento das plantas, embora na Argentina exista maior susceptibilidade desta planta ao afídeo das raízes. Na Índia esta cultura é anual, pelo que o problema destas pestes é menor (Morris 2005).

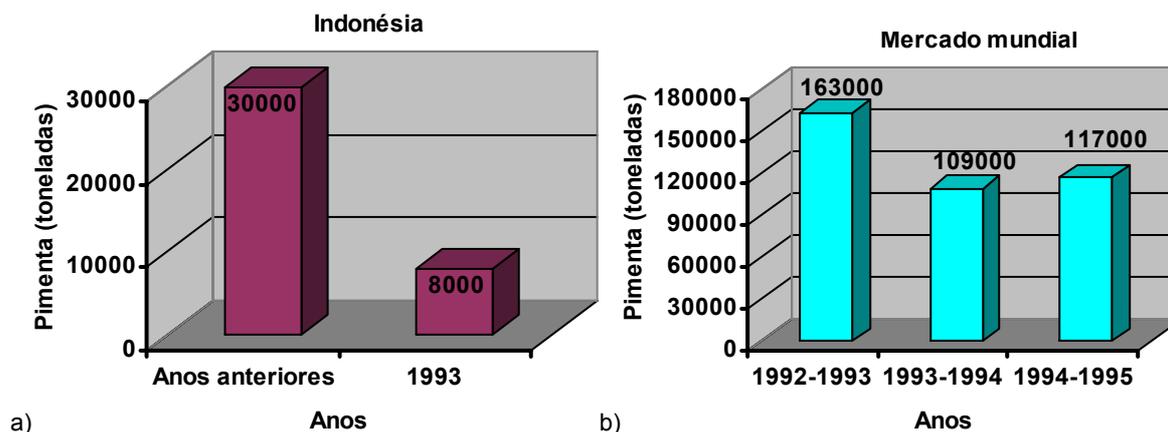


Fig. 9. Consequência da seca na produção de pimenta (adaptado de Weiss 1997).

A percentagem de metabolitos secundários é igualmente afectada pelo método de armazenamento utilizado. Factores como a luz, humidade, evaporação, temperatura, idade do material, tipo de estrutura secretora, ocorrência de contaminação, oxidação, resinificação, entre outros, condicionam maiores ou menores alterações na concentração de metabolitos secundários, em geral, e da componente volátil, em particular. A *Cananga odorata*, *Ocimum basilicum*, *Sassafras albidum*, *Carum carvi*, *Zingiber officinale*, *Narcissus poeticus*, *Jasminum grandiflorum*, *Anethum graveolens* e *Chamomila recutita* são algumas das espécies em que o rendimento ou a

produção de metabolitos secundários é reduzida sob armazenamento ou secagem. Para outras espécies, contudo, o processo de secagem é indispensável para aquisição do aroma, como o exemplo das vagens de *Vanilla planifolia*. Neste caso, as glicosil hidrolases (entre as quais a β -glucosidase) e os substratos (como a glucovanilina e outros precursores) estão espacialmente separados, sendo as primeiras abundantes na zona clorofilina externa e os segundos dominantes a nível da zona não clorofilina do endosperma que rodeia as sementes. O processo de cura permite o contacto entre os precursores e as enzimas que catalizam a hidrólise destes compostos a produtos aromáticos como a baunilha, entre outros (Havkin-Frenkel *et al.* 2005).

A natureza e composição do solo tem sido apontada, por alguns autores, como um dos factores condicionantes da produção de metabolitos secundários, Tabela 6, e da composição do óleo essencial, em particular, podendo explicar algumas das diferenças encontradas em óleos da mesma espécie. De um modo geral, solos alagados são inadequados quer em termos de desenvolvimento de biomassa, quer em termos do rendimento e composição do óleo. Segundo Hornok (1988) a suplementação do solo, com os três elementos nutritivos mais importantes (N, P e K), mostrou, dum modo geral, um aumento do rendimento em óleos, ainda que a adição de cada um destes elementos às plantas estudadas tivesse um efeito diferente no rendimento e composição do óleo essencial das mesmas. Vários autores verificaram, no entanto, que, ao contrário do que se registava com o rendimento, a composição do óleo não era influenciada pela concentração de azoto no solo (para referências *vide* Figueiredo *et al.* 1997). Baixas concentrações de Ca^{2+} conduzem à formação de solos ácidos que reduzem o crescimento e o reduzido espaçamento entre plantas pode diminuir o crescimento por efeito alelopático ou mútuo ensombramento. Dada a elevada variabilidade química apresentada pelos óleos isolados de quatro populações de *Thymus caespitius* colhidas numa distância de cerca de 200m na mesma vertente do Pico Verde (Açores), e a ausência de diferenças morfológicas, Pereira *et al.* (2000) referem factores genéticos e edáficos como prováveis determinantes destas diferenças.

O "stress" hídrico parece estar associado ao aumento da produção do óleo essencial em algumas espécies. Nos climas mediterrâneos, em que as plantas estão normalmente sujeitas a "stress" hídrico, cerca de 38% das plantas são produtoras de óleos essenciais, enquanto nos climas temperados esse número decresce para 11%. O efeito do "stress" hídrico é variável consoante a espécie. Enquanto que para *Ocimum basilicum*, *Anethum graveolens* e *Artemisia dracunculus* o aumento do "stress" hídrico é acompanhado do correspondente aumento do rendimento e alteração da composição do óleo, noutras espécies aromáticas, como o caso de *Coriandrum sativum*, o rendimento em óleo é aumentado pela maior irrigação. O método de irrigação, bem como a fase do desenvolvimento da planta em que esta é mais abundante, parece ser igualmente importante no rendimento em óleo obtido (para referências *vide* Figueiredo *et al.* 1997).

Tabela 6. Exemplo da influência de factores edáficos na produção de metabolitos secundários. + aumento; - diminuição; x sem alteração aparente (adaptado de Larcher 2003).

Tipo de metabolito secundário	Azoto		Deficiência			Défice de água
	Adubado	Deficiente	P	K	S	
Terpenóides: Ervas		X	+	X		+
Árvores		-				-
Derivados fenólicos		+	+	+	+	X
Alcalóides	+	-	X	+		+
Glucosinolatos		+			-	+
Glicósidos cianogénicos		-				+

VARIAÇÕES GEOGRÁFICAS

São inúmeros os exemplos do efeito das variações geográficas na composição e rendimento dos óleos essenciais, definindo, para muitas espécies, a existência de quimiotipos distintos. A título de exemplo refira-se a variação da composição de *Zingiber officinale* de diferentes origens,

Tabela 7. Outros exemplos incluem os óleos essenciais de *Crithmum maritimum* (Pateira *et al.* 1999, Santos *et al.* 2002), *Thymus carnosus* (Miguel *et al.* 2005) e *T. caespititius* (Santos *et al.* 2005 e referências aí citadas).

O estudo de várias populações de *C. maritimum* colhido em Portugal continental (Pateira *et al.* 1999) definiu dois quimiotipos: quimiotipo 1 (15-47% dilapiole; 17-35% γ -terpineno; 10-18% metiltimol; 7-22% sabineno e quimiotipo 2 (25-44% γ -terpineno; 17-34% sabineno; 10-18% metiltimol; não detectado-6% dilapiole). A ocorrência de percentagens relativas mais elevadas de γ -terpineno, conjuntamente com percentagens inferiores de sabineno, dilapiole e metiltimol, sugerem um quimiotipo distinto para as plantas colhidas nas ilhas dos Açores (Santos *et al.* 2002).

No caso de *T. caespititius*, enquanto os óleos essenciais obtidos de populações colhidas em Portugal Continental e na Madeira são caracterizadas pela dominância de α -terpineol, os obtidos de populações colhidas nas nove ilhas dos Açores mostram uma marcada variabilidade química, com carvacrol, timol ou α -terpineol como compostos dominantes (Santos *et al.* 2005 e referências aí citadas).

Tabela 7. Variação da composição do óleo essencial de *Zingiber officinale* de diferentes origens (adaptado de Pellerin 1994 e Weiss 1997).

Componentes	Concentração (%)		
	Austrália	Índia	Sri Lanka
Canfeno	t-14	t	1-14
β-Bisaboleno + β-farneseno	2-9	0.2-12	21-61
<i>ar</i> -Curcumeno	6-10	19	6-27
β -Sesquifelandreno	3-11	12	t-0.3
Zingiberenos	4-28	7-36	0.4-2
Linalol	2	1	1-5
Nerolidol	1	2	1
β -Sesquifelandrol	2	2	0.2-1
Geranial	3-20	1	1-15
Neral	4	1	3-10
1,8-Cineole	8	0.3	2-12

Importa referir que, na maioria dos casos, as variações geográficas observadas na composição dos óleos essenciais são um reflexo directo das variações ambientais referidas anteriormente, a que não é alheia, igualmente, a diversidade genética inerente a cada espécie.

FACTORES GENÉTICOS E EVOLUÇÃO

Estudos genéticos e de hibridação têm mostrado que a composição do óleo essencial é regulada geneticamente. O estudo dos óleos essenciais de várias espécies de *Mentha* mostrou que os genótipos CC ou Cc promoviam a conversão de α -terpineol em limoneno, e a oxidação deste para formar carvona. Por outro lado, o genótipo cc formava um mentadieno que era convertido em pulegona e mentol. Também em espécies de *Pinus*, *Abies*, *Salvia* e *Juniperus* se verificou que a composição do óleo essencial era determinada geneticamente. Nas espécies de *Achillea* parece existir uma relação entre o grau de ploidia e a presença de proazulenos (para referências *vide* Figueiredo *et al.* 1997 e Nemeth 2005).

A própria selecção natural tem vindo a determinar alterações na produção e na composição dos óleos essenciais. A título de exemplo refira-se o da *Pinus ponderosa* que é uma árvore da América do Norte, rica em terpenos voláteis, nomeadamente em α -pineno, mirceno e limoneno. A oleoresina produzida por esta planta atrai o *Dendroctonus brevicomis*, que aí se instala durante o seu ciclo reprodutor. Este insecto utiliza o α -pineno e o mirceno da oleoresina para sintetizar as suas próprias feromonas, que vão actuar ao longo do ciclo reprodutor do insecto quer como atraentes, quer como repelentes. Estudos da composição do óleo essencial de várias populações mostram que tem vindo a ocorrer uma selecção natural no sentido de prevalecerem as árvores em

que o componente dominante da resina é o limoneno, que é tóxico para o insecto em concentrações elevadas (Harborne 1994).

Os mecanismos que levam à evolução da produção de voláteis nas plantas incluem fenómenos de a) duplicação e divergência de genes, retendo, pelo primeiro processo, a função enzimática original, enquanto uma nova função decorre da enzima codificada pelo gene duplicado, b) evolução convergente, em que novas funções aparecem múltiplas vezes independentemente, c) alteração evolutiva da expressão génica, que conduz a uma nova função enzimática com a concomitante perda da actividade original e d) desaparecimento da actividade enzimática causada por diversos factores, tais como hibridação acompanhada de rearranjos cromossómicos ou mutações (Gang 2005). Em qualquer um dos casos estes processos são seguidos de alteração da especificidade enzimática. Se a produção de novos metabolitos confere uma vantagem adaptativa para a planta, então a sua produção é mantida e/ou aumentada. As alterações da expressão de uma proteína não conduzem necessariamente ao desaparecimento da actividade enzimática, mas podem, por exemplo, determinar a sua produção numa célula, tecido ou órgão diferente.

CONDIÇÕES POLÍTICO/SOCIAIS

Cerca de 30000t de óleos essenciais, isto é, cerca de 65% da produção mundial, derivam de plantas lenhosas perenes (árvores e arbustos), facto por si só determinante da reduzida elasticidade do mercado abastecedor. Os restantes 35% da produção mundial vêm de plantas herbáceas, na sua maioria cultivadas. Nos casos em que a matéria prima, para a extracção dos óleos essenciais, é obtida de árvores espontâneas, o abastecimento depende, essencialmente, da abundância da espécie e dos custos da colheita. Por outro lado, a produção a partir de espécies cultivadas acarreta investimentos consideráveis nas plantações e uma baixa capacidade de resposta às flutuações de mercado. Acresce que, tanto o rendimento, como os custos, variam com a área geográfica (dependendo de factores locais: clima e grau de mecanização), com o clima económico e com o nível de produtividade. O cultivo de algumas espécies aromáticas, como a lavandula e a hortelã-pimenta, restringe-se por razões edáfo-climáticas, a determinadas zonas do globo. Outras espécies há, mais cosmopolitas e, como tal, de distribuição mais vasta. Os países do Terceiro Mundo detêm 55% da produção mundial de óleos essenciais, Fig. 10.

A riqueza da sua Flora natural, aliada ao baixo custo de mão-de-obra, tem permitido, a muitos destes países, constituírem-se como fornecedores importantes de matéria prima para a extracção de óleos essenciais. Contudo, a instabilidade política e a reduzida capacidade de investimento, quer na produção, quer na qualidade, são factores limitantes do abastecimento estável requerido pelas empresas dos países consumidores, Tabela 8. Entre outras, uma das consequências destas variações é a diferença de preço da matéria prima originária de diferentes locais: enquanto o preço das flores de jasmim adquiridas no Egipto, Índia ou em Marrocos rondavam, em 1994, 1€/kg, o mesmo material originário de Grasse ascendia a 27€/kg (Basset 1994).

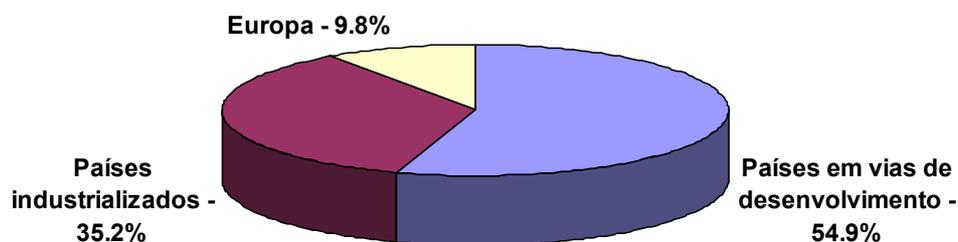


Fig. 10. Distribuição da produção de óleos essenciais (adaptado de Verlet 1993).

Outra das consequências da limitação a um único país como fonte de material é a ocorrência de condicionantes ambientais e/ou políticas que restrinjam o acesso a esses materiais. Durante as primeiras quatro décadas do século XX, a produção de safrole assentava na extracção de

Cinnamomum camphora de origem Chinesa. Com a Segunda Guerra Mundial a indústria Europeia de perfumes viu-se confrontada com a impossibilidade de importar produtos Asiáticos, e a solução foi recorrer a materiais alternativos, nomeadamente a *Ocotea cymbarum* de origem Brasileira. Depois de 35 anos de exploração a produção decaiu drasticamente em consequência da extracção desregrada e ausência de políticas de reflorestação. Este processo culminou com um Decreto do Governo Brasileiro em 1991, que proibiu o abate de árvores, a sua comercialização e produção de derivados químicos. Em resposta, as empresas Brasileiras começaram a importar óleo essencial de *Cinnamomum camphora* da China e Vietname, mas também estes países se tornaram vítimas da exploração desordenada desta espécie. Por conseguinte, nos últimos anos têm-se elaborado vários estudos para encontrar fontes alternativas que produzam um óleo essencial com $\geq 80\%$ de safrole, em particular *Piper hispidinervium* (Santos *et al.* 2005).

Tabela 8. Factores que afectam a produção em países em vias de desenvolvimento.

Vantagens	Desvantagens
Condições climáticas favoráveis ao cultivo	Instabilidade política
Baixa interferência por parte de espécies competidoras	Reduzida capacidade de investimento na produção e qualidade
Baixo custo de mão-de-obra	Controlo de qualidade inadequado ou inexistente
	Extracção desregrada sem políticas de reflorestação
	Embargo às exportações

As estratégias de mercado são também importantes em termos dos dois principais objectivos industriais: disponibilidade e estabilidade (de qualidade e preço). A indústria da baunilha natural perdeu 25-40% do mercado nos últimos três a quatro anos, em consequência dos preços excessivos das vagens de baunilha o que levou a uma substituição do aroma natural dispendioso, por substitutos sintéticos mais baratos. Actualmente, o mercado da baunilha enfrenta o problema da necessidade de estimular o consumo de baunilha natural (Havkin-Frenkel *et al.* 2005, Brownell *et al.* 2005).

QUANTIDADE DE MATERIAL/NECESSIDADE DE ESPAÇO E MÃO-DE-OBRA

Ainda que não afectando directamente a produção do óleo essencial, mas com implicações directas na sua comercialização estão a quantidade de material necessário à obtenção do óleo e, bem assim, a enorme necessidade de espaço para o seu cultivo e a mão-de-obra a ela associada, Tabela 9. Por exemplo, 1kg de flores de jasmim correspondem a 10000 flores que implicam 2h de trabalho de um bom colector (Basset 1994). De igual modo, antes da mecanização praticada actualmente, isto é, até aos finais de 1960, a colheita de *Narcissus poeticus* em França era feita manualmente num período de 10 dias a duas semanas, durante a floração, em Maio. Embora os dados possam variar muito consoante a fonte, um bom dia de colheita poderia render até um máximo de 30Kg/pessoa/dia. Hoje em dia, a colheita é semi-mecanizada, sendo menos laboriosa e mais rentável, rondando os 300kg/dia. No entanto, a colheita é menos “limpa” do que a manual, já que são igualmente colhidas folhas e caules em maior quantidade do que com a colheita manual. Neste caso, 450Kg de flores fornecem 1Kg de concreto¹ e 350g de absoluto² (Harris

¹ *Concreto*: Goma ou exsudado natural, mais cristalino que as oleoresinas, que é, à semelhança destas últimas, extraído com solventes. Ao contrário das tinturas, o solvente é removido no caso dos concretos e oleoresinas. Exemplos de concretos e oleoresinas: benjoim (*Styrax benzoin*), mirra (*Commiphora myrrha*), olíbano (*Boswellia carteri* ou *B. thurifera*) e bálsamo de copaia (*Copaifera officinalis* ou *C. reticulata*).

Oleoresinas: Ocorrem naturalmente como gomas ou exsudados. São extraídos com solventes, embora só sejam parcialmente solúveis.

Tintura: Extracto alcoólico (álcool, etanol, propan-2-ol), em que o álcool fica a fazer parte do produto final.

² *Absoluto*: Extracto solúvel em álcool que constitui o “coração” do aroma. Pode ser preparado por 1) extracção do material com álcool e sua ulterior evaporação, 2) extracção da oleoresina com um solvente apropriado, evaporação do solvente e nova extracção com álcool ou 3) extraído com CO₂.

2005).

Tabela 9. Quantidade de material vegetal necessário para produzir 1kg de essência e/ou absoluto (adaptado de Flora Perpétua).

Planta	País	Tipo de Extracção	Material	Quantidade (Kg)
<i>Citrus aurantium</i> (bergamota)	Itália	Pressão	Casca	200
<i>Citrus limon</i> (limão)	Brasil	Pressão	Casca	60-70
<i>Citrus mandurensis</i> (tangerina)	Espanha	Pressão	Casca	50
<i>Citrus decumana</i> , <i>Citrus paradisi</i> (lima)	USA	Pressão	Casca	100
<i>Citrus aurantium dulcis</i> (laranja)	USA	Pressão	Casca	50
<i>Citrus aurantium amara</i> (petigrain)	Paraguai	Hidrodestilação	Folhas/Pecíolos	100
<i>Cinnamomum ceylanicum</i>	SriLanka	Hidrodestilação	Ritidoma	80
<i>Mentha piperita</i>	China	Hidrodestilação	Folhas	50
<i>Eucalyptus globulus</i>	China	Hidrodestilação	Folhas	50
<i>Salvia sclarea</i>	GUS	Hidrodestilação	Flores/Folhas	1000
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Tunisia	Hidrodestilação	Parte aérea	50
<i>Lavandula angustifolia</i>	França	Hidrodestilação	Flores	100
<i>Pelargonium odorantissimum</i>	China	Hidrodestilação	Folhas	500
<i>Cymbopogon citratus</i>	China	Hidrodestilação	Folhas	30
<i>Pogostemon patchouli</i>	Indonésia	Hidrodestilação	Folhas	35
<i>Cananga odorata</i> (ylang-ylang)	Indonésia	Hidrodestilação	Flores	50
<i>Aniba rosae odora</i>	Brasil	Hidrodestilação	Madeira	100
<i>Vetiveria zizanoides</i>	Indonésia	Hidrodestilação	Raíz	50
<i>Juniperus virginiana</i>	USA	Hidrodestilação	Madeira	30
<i>Santalum album</i>	Índia	Hidrodestilação	Madeira	20
<i>Jasminum officinalis</i>	Marrocos	Extracção c. álcool	Flores	1000
<i>Rosa canina</i> (rosa Turca)	Turquia	Hidrodestilação	Flores	5000
<i>Citrus Bigaradia aurantium</i> (Neroli)	Guiné	Hidrodestilação	Flores	1000
<i>Boswellia thururifera</i>	Somália	Hidrodestilação	Resina	15
<i>Ocimum basilicum</i>	Uganda	Hidrodestilação	Parte aérea	500-800
<i>Pinus mugo - Turra</i> var. <i>pumilio</i>	Canadá	Hidrodestilação	Acículas	200
<i>Vanilla planifolia</i>	Java / Madagáscar	Extracção c. álcool	Vagens	35

O futuro das plantas aromáticas e medicinais está intimamente ligado à elevada competição global e às pressões daí decorrentes. As plantas aromáticas e medicinais são produtos naturais e, como tal, os derivados delas obtidos são de composição variável. De um lado as condições fisiológicas, ambientais, climáticas e geopolíticas tornam o fornecimento e o preço instáveis. Esta instabilidade leva à procura de formulações alternativas que recorrem a produtos sintéticos cuja implicação secundária é, em muitos casos, desconhecida. Por outro lado, os consumidores continuam a preferir os compostos naturais, o que, aliado à diversificação das aplicações, pode constituir uma razão acrescida para o seu uso. Contudo, a procura do que é natural não deve recorrer à extracção desregulada da Flora local e obriga igualmente à aposta na qualidade, à inovação agrícola e ao trabalho conjunto de agricultores, indústria e ciência na selecção dos melhores locais de cultivo, de variedades melhoradas, da altura adequada para colheita, no controlo de pestes e na gestão adequada de stocks.

REFERÊNCIAS

- Ascensão L, AC Figueiredo, JG Barroso, LG Pedro, J Schripsema, SG Deans, JJC Scheffer (1998) *Plectranthus madagascariensis*: Morphology of the glandular trichomes, essential oil composition and its biological activity. *Int. J. Plant Sci.* 159: 31-38.
- Ascensão L, L Mota, MdeM Castro (1999) Glandular trichomes on the leaves and flowers of *Plectranthus ornatus*: Morphology, distribution and histochemistry. *Ann. of Bot.* 84: 437-447.
- Badalamenti F (2004) Changes in lemon oil composition during fruit ripening. In: *Proceedings of the IFEAT*

- International Conference 2004 – The essential oils of the Mediterranean region*. Green C (Ed.). pp. 77-97. IFEAT, UK.
- Badoc A, A Lamarti (1991) A chemotaxonomic evaluation of *Anethum graveolens* L. (Dill) of various origins. *J. Essent. Oil Res.* 3: 269-278.
- Barroso JG, LG Pedro, AC Figueiredo, MSS Pais, JJC Scheffer (1992) Seasonal variation in the composition of the essential oil of *Crithmum maritimum* L. *Flavour Fragr. J.* 7: 147-150.
- Basset F (1994) Journées de Digne: Le jasmim, la "fleur", le "roi". *Parfums Cosmétiques Arômes* 119: 58-64.
- Brownell R, D Havkin-Frenkel, O Nembach, S Poppelsdorf, A RAnadive, K Tsurumaki (2005) Crucial raw materials. The state of vanilla. *Perfumer & Flavorist* 30 (8): 36-39.
- Croteau R (1987) Biosynthesis and catabolism of monoterpenoids. *Chem. Rev.* 87: 929-954.
- Dey BB, MA Choudhuri (1983) Effect of leaf development stage on changes in the essential oil of *Ocimum sanctum* L. *Biochem. Physiol. Pflanz.* 13: 331-335.
- Dodson CH, RL Dressler, HG Hills, RM Adams, NH Williams (1969) Biologically active compounds in orchid fragrances. *Science* 164: 1243-1249.
- Figueiredo AC (1992) *Achillea millefolium* L. *millefolium*: Produção de metabolitos secundários *in vivo* e *in vitro*, Tese de Doutorado, Faculdade de Ciências de Lisboa.
- Figueiredo AC, JG Barroso, LG Pedro, I Sevinat-Pinto, T Antunes, SS Fontinha, A Looman, JJC Scheffer (1995) Composition of the essential oil of *Lavandula pinnata* L. fil. var. *pinnata* grown on Madeira. *Flavour Fragr. J.* 10: 93-96.
- Figueiredo AC, JG Barroso, LG Pedro, JJC Scheffer (1997) Physiological aspects of essential oil production. In: *Essential Oils: Basic and Applied Research*, Ch Franz, Á Máthé, G Buchbauer (Eds), pp. 95-107, *Proceedings of the 27th International Symposium on Essential Oils*, Allured Publishing Corp., Carol Stream, IL.
- Figueiredo AC, JG Barroso, MS Pais, JJC Scheffer (1992a) Composition of the essential oils from two populations of *Achillea millefolium* L. ssp. *millefolium*. *J. Chromatogr. Sci.* 30: 392-395.
- Figueiredo AC, JG Barroso, MS Pais, JJC Scheffer (1992b) Composition of the essential oils from leaves and flowers of *Achillea millefolium* L. ssp. *millefolium*. *Flavour Fragr. J.* 7: 219-222.
- Flora Perpétua (-) Ätherische Öle. Flora Perpetua Produktions. Germany.
- Gang DR (2005) Evolution of flavors and scents. *Annu. Rev. Plant Biol.* 56: 301-325.
- Harborne JB (1994) *Introduction to ecological biochemistry*, Academic Press.
- Harris R (2005) Narcissus poeticus. The heart note. *Perfumer & Flavorist* 30 (2): 46-53.
- Havkin-Frenkel D, J French, F Pak, C Frenkel (2005) Inside vanilla. *Perfumer & Flavorist* 30 (3): 36-55.
- Hornok L (1988) Effect of environmental factors on the production of some essential oil plants. In: Lawrence BM, BD Mookherjee, BJ Willis (eds.) *Flavors and Fragrances: A World Perspective*, Elsevier, Amsterdam.
- Ikeda N, M Ishihara, T Tsuneya, M Kawakita, M Yoshihara, Y Suzuki, R Komaki, M Inui (1994) Volatile components of honeysuckle (*Lonicera japonica* Thunb.) flowers. *Flavour Fragr. J.* 9: 325-331.
- Kuroпка G, M Neugebauer, K-W Glombitza (1991) Essential oils of *Achillea ptarmica*. *Planta Med.* 57: 492-494.
- Máñez S, A Jiménez, A Villar (1991) Volatiles of *Sideritis mugronensis* flower and leaf. *J. Essent. Oil Res.* 3: 395-397.
- Martin D, D Tholl, J Gershenzon, J Bohlmann (2002) Methyl jasmonate induces traumatic resin ducts, terpenoid resin biosynthesis and terpenoid accumulation in developing xylem of Norway spruce stems. *Plant Physiol.* 129: 1003-1018.
- Miguel MG, J Duarte, AC Figueiredo, JG Barroso, LG Pedro (2005) *Thymus carnosus* Boiss.: effect of harvesting period, collection site and type of plant material on essential oil composition. *J. Essent. Oil Res.* 17: 422-426.
- Morris M (2005) Mint landscape. From field to flavor. *Perfumer & Flavorist* 30 (4): 46-51.
- Nemeth E (2005) Essential oil composition of species in the genus *Achillea*. *J. Essent. Oil Res.* 17: 501-512.
- Novak J, L Draxler, I Göhler, CM Franz (2005) Essential oil composition of *Vitex agnus-castus* – comparison of accessions and different plant organs. *Flavour and Fragrance Journal* 20: 186-192.
- Olawore NO, IA Ogunwande, O Ekundayo, K Adeleke (2005) Chemical composition of the leaf and fruit essential oils of *Murraya paniculata* (L.) Jack. (Syn. *Murraya exotica* Linn). *Flavour and Fragrance Journal* 20: 54-56.
- Ouahada A (2004) The essential oils industry in Tunisia. In: *Proceedings of the IFEAT International Conference 2004 – The essential oils of the Mediterranean region*. Green C (Ed.). pp. 53-57. IFEAT, UK.
- Pateira L, T Nogueira, A Antunes, F Venâncio, R Tavares, J Capelo (1999) Two chemotypes of *Crithmum maritimum* L. from Portugal. *Flavour and Fragrance Journal* 14: 333-343.
- Pedro LG, P Campos, MSS Pais (1990) Morphology, ontogeny and histochemistry of secretory trichomes of *Geranium robertianum* (Geraniaceae). *Nord. J. Bot.* 10: 501-509.

- Pellerin P (1994) Le gingembre: production et analyse. *Parfums Cosmétiques Arômes* 117: 70-73.
- Pereira SI, PAG Santos, JG Barroso, AC Figueiredo, LG Pedro, LR Salgueiro, SG Deans, JJC Scheffer (2000) Chemical polymorphism of the essential oils from populations of *Thymus caespititius* grown on the island S. Jorge (Azores). *Phytochemistry* 55: 241-246.
- Reeve D (2005) Global outlook. Controlling the uncontrollable. *Perfumer & Flavorist* 30 (1): 32-34.
- Santos A, AMS Antunes, LA d'Avila (2005) Global sustainability. Safrole. *Perfumer & Flavorist* 30 (2): 62-64.
- Santos PAG, AC Figueiredo, JG Barroso, LG Pedro, SG Deans, JJC Scheffer (2002) Composition of the essential oils from populations of *Crithmum maritimum* L. grown on four Azorean islands. In: Rauter AP, FB Palma, J Justino, ME Araújo, SP Santos (Eds), *Natural Products in the New Millennium: Prospects and Industrial Application*, Vol. 47, pp. 135-141. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Santos PAG, JG Barroso, AC Figueiredo, LG Pedro, LR Salgueiro, SS Fontinha, SG Deans, JJC Scheffer (2005) Chemical polymorphism of populations of *Thymus caespititius* grown on the islands Corvo, Flores, São Miguel and Terceira (Azores) and on Madeira assessed by analysis of their essential oils. *Plant Science* 169: 1112-1117.
- Schiestl FP, M Ayasse, HF Paulus, C Löfstedt, B Hansson, F Ibarra, W Francke (1999) Orchid pollination by sexual swindle. *Nature* 399: 421-422.
- Schiestl FP, M Ayasse, HF Paulus, C Löfstedt, BS Hansson, F Ibarra, W Francke (2000) Sex pheromone mimicry in the early spider orchid (*Ophrys sphegodes*): patterns of hydrocarbons as the key mechanism for pollination by sexual deception. *J. Comp. Physiol. A* 186: 567-574.
- Stahl E, A Wollensah (1986) Observations on the function of the glandular hairs of yarrow, 3. report: effects of selective herbicides on the glandular hairs and tissue of the florets. *J. Plant Physiol.* 122: 93-96.
- Tingey DT, M Manning, LC Grothaus, WF Burns (1980) Influence of light and temperature on monoterpene emission rates from slash pine. *Plant Physiol.* 65: 797-801.
- Turtola S, A-M Manninen, R Rikala, P Kainulainen (2003) Drought stress alters the concentration of wood terpenoids in scots pine and Norway spruce seedlings. *J. Chem. Ecol.* 29: 1981-1995.
- Verlet N (1993) Commercial aspects. In: Hay KM, G Waterman (Eds) *Volatile oil crops: their biology, biochemistry and production*, pp. 137-174. Longman Scientific & Technical, UK.
- Weiss EA (1997) Essential oil crops. CAB International. UK.
- Zaouali Y, C Messaoud, A Ben Salah, M Boussaïd (2005) Oil composition variability among populations in relationship with their ecological areas in Tunisian *Rosmarinus officinalis* L.. *Flavour and Fragrance Journal* 20: 512-520.
-