
Separar para conhecer.

Cromatografia, um processo físico-químico de separação de moléculas.

CATEGORIA

Artigo

CITAÇÃO

Braga, M. E. M., Matos, P. (2026)
Separar para conhecer,
Rev. Ciência Elem., V14(01):003.
doi.org/10.24927/rce2026.003

EDITOR

João Nuno Tavares
Universidade do Porto

EDITORES CONVIDADOS

Paulo Ribeiro-Claro, Mariela M. Nolasco
Universidade de Aveiro

RECEBIDO EM

23 de janeiro de 2026

ACEITE EM

24 de fevereiro de 2026

PUBLICADO EM

15 de março de 2026

COPYRIGHT

© Casa das Ciências 2026.
Este artigo é de acesso livre,
distribuído sob licença Creative
Commons com a designação
[CC-BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), que permite
a utilização e a partilha para fins
não comerciais, desde que citado
o autor e a fonte original do artigo.

rce.casadasciencias.org



Mara E. M. Braga, Patrícia Matos

DEQ/ CERES/ FCTUC/ U. Coimbra

A cromatografia é uma técnica que permite separar os diferentes componentes de uma mistura complexa, funcionando como um “filtro seletivo” que distingue moléculas com base nas suas propriedades físico-químicas. Este artigo apresenta uma introdução clara aos conceitos de fase móvel e estacionária, clarifica as diferentes tipologias de cromatografia segundo a sua geometria e mecanismo, e explica a interpretação de perfis de separação (cromatogramas). Finalmente, demonstra-se a utilidade prática da técnica na indústria alimentar, recorrendo a exemplos reais como a caracterização aromática de vinhos e a monitorização de contaminantes, essenciais para garantir a segurança do consumidor.

A origem da cromatografia remonta ao início do século XX, sendo atribuída ao botânico Mikhael Tswett, que utilizou a técnica para separar pigmentos vegetais, como as clorofilas¹.

Desde então, evoluiu de um método simples de laboratório para uma das ferramentas analíticas mais poderosas da ciência moderna. Através dela, é possível identificar (análise qualitativa) e medir (análise quantitativa) substâncias em concentrações extremamente baixas, sendo indispensável em áreas que vão da medicina forense ao controlo de qualidade industrial.

Princípios básicos: o jogo das duas fases.

Para compreender a cromatografia, deve-se imaginar um sistema composto por duas fases:

Fase estacionária: um material que permanece fixo (pode ser um sólido ou um líquido retido num suporte).

Fase móvel: um fluido (líquido ou gás) que transporta a mistura a separar através da fase estacionária².

A separação ocorre porque cada componente da mistura interage de forma diferente com estas duas fases³. As moléculas que têm maior “afinidade” pela fase estacionária movem-se mais lentamente, enquanto as que preferem a fase móvel avançam mais depressa⁴. Esta diferença de velocidade é o que permite a separação física dos componentes ao longo do tempo ou do espaço.

A FIGURA 1 representa o processo de forma simplificada: 1.º, a mistura é inserida no sistema; 2.º, a fase móvel transporta as moléculas que estabelecem um equilíbrio com a fase estacionária; 3.º e 4.º, sucessivas etapas de equilíbrio separam as moléculas consoante a sua afinidade; 5.º, o gráfico (cromatograma) mostra o sinal do detetor com a sequência de saída das moléculas.

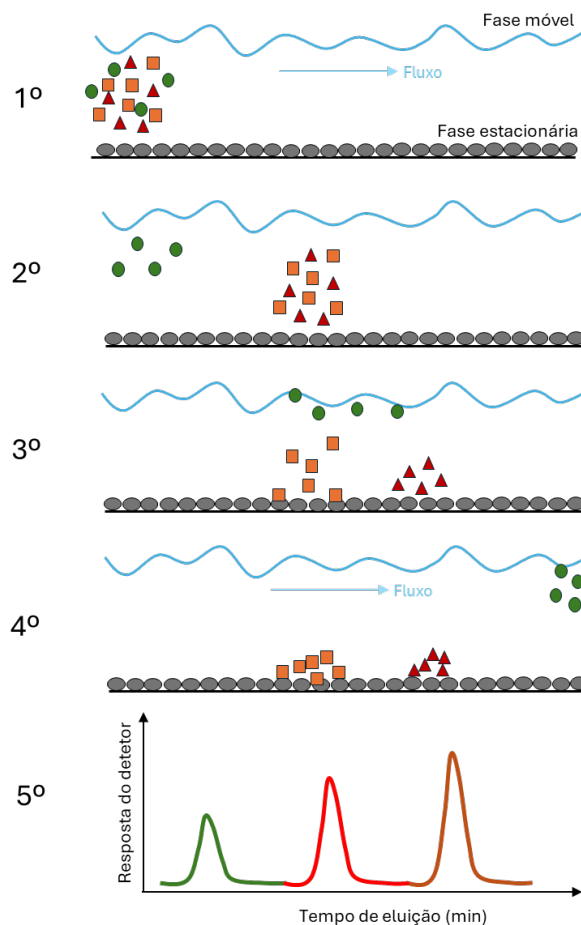


FIGURA 1. Separação de três moléculas numa coluna cromatográfica.

Classificação e mecanismos (clarificação técnica).

Para evitar confusões comuns, é importante distinguir a geometria do sistema do mecanismo químico de interação⁵:

Quanto à geometria e fase móvel (TABELA 1):

TABELA 1. Classificação da cromatografia segundo a fase móvel e a geometria do sistema.

Critério	Tipo de Cromatografia	Fase Móvel	Aplicação Comum
Geometria Planar	Em Camada Fina (TLC*)	Líquida	Testes rápidos, pureza de síntese.
Geometria de Coluna	Gasosa (GC)	Gás Inerte	Compostos voláteis, aromas, gases.
	Líquida de Alta Resolução (HPLC*)	Líquida (Solventes)	Proteínas, vitaminas, fármacos.

*TLC – do inglês Thin Layer Chromatography; HPLC – do inglês High Pressure Liquid Chromatography.

Cromatografia planar: realizada em superfícies planas, como papel ou placas de sílica (Cromatografia em Camada Fina).

Cromatografia em coluna: a fase estacionária está contida dentro de um tubo (coluna). Dependendo da fase móvel, divide-se em:

Cromatografia líquida (LC, do inglês Liquid Chromatography): usa solventes líquidos.

Cromatografia gasosa (GC, do inglês Gas Chromatography): usa gases inertes (ideal para substâncias voláteis).

A FIGURA 2 apresenta exemplos visuais dos materiais usados para as geometrias usadas.

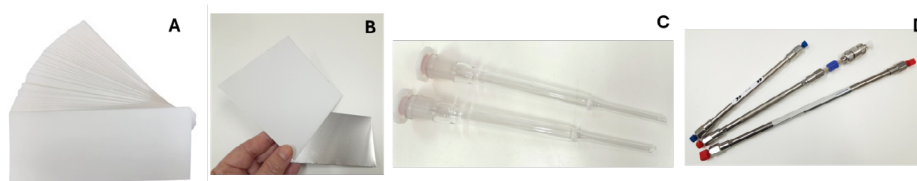


FIGURA 2. Material utilizado em cromatografia planar, como papel (A) e placa revestida de sílica (B), ou tubular, como coluna aberta de vidro (C) e coluna metálica (D).

Quanto ao mecanismo de separação (o processo molecular), independentemente de ser em coluna ou planar, a separação pode ocorrer por:

Afinidade: baseada em interações biológicas específicas (ex: anticorpo-antígeno).

Adsorção: o analito adere à superfície da fase estacionária sólida^{4,5,6}.

Exclusão molecular: as moléculas são separadas pelo seu tamanho, como um peneiro.

Troca iônica: baseada na atração entre cargas elétricas opostas.

Partição: o analito distribui-se entre a fase móvel e uma película líquida na fase estacionária (baseado na solubilidade)^{5,6}.

A FIGURA 3 apresenta essa classificação de forma simplificada.

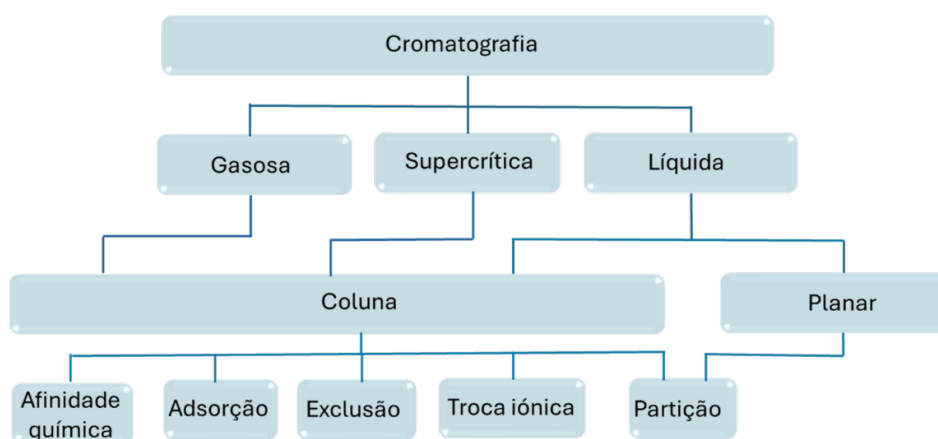


FIGURA 3. Classificação dos tipos de cromatografia em função do solvente, da geometria e composição da fase estacionária.

Tempo de retenção (t_R): o tempo que uma molécula demora a atravessar o sistema (correr pela coluna ou pela placa). É característico de cada substância (identidade).

Área do pico ou da mancha: é proporcional à quantidade de substância presente (quantidade).

Resolução (R_s): mede quão bem dois picos ou manchas estão separados. Uma boa resolução é crítica para garantir que um contaminante não está “escondido” sob o pico ou mancha de outro componente.

A FIGURA 4 apresenta um cromatograma feito em coluna, com picos bem separados e em destaque um pico com a área em azul para exemplificar. Também apresenta uma imagem de TLC, com manchas sobrepostas à esquerda, amarela e azul, e as arroxeadas – uma separada e outras que se arrastam com grande afinidade com a placa, e a última alaranjada com boa resolução.

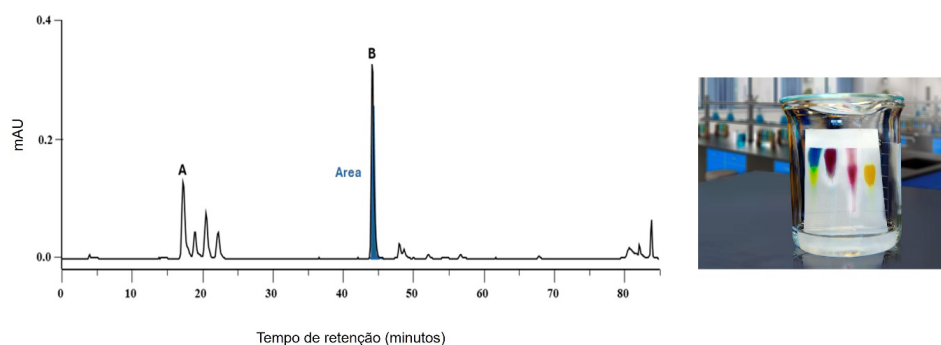


FIGURA 4. Exemplo de um cromatograma com a separação de várias moléculas, exemplificado pelas moléculas A e B, obtido por HPLC (esquerda) e TLC (direita). Os picos do cromatograma são analisados por tempo de retenção (tR, minutos), área e resolução (Rs) em azul.

Aplicações práticas e dados reais.

Autenticidade e aroma em vinhos.

Na vitivinicultura, a cromatografia é usada para definir o perfil sensorial⁷.

Estudos reais com vinhos da casta Aragonez utilizam a cromatografia gasosa (GC) para identificar picos de moléculas como a β -damascenona (aroma floral/frutado)⁸. Além disso, a técnica de HPLC permite identificar até 20 antocianinas diferentes⁹. Um cromatograma real de um vinho autêntico funciona como uma "impressão digital" (FIGURA 5); qualquer alteração nestes picos pode indicar a fraude por mistura com uvas de menor qualidade¹⁰.

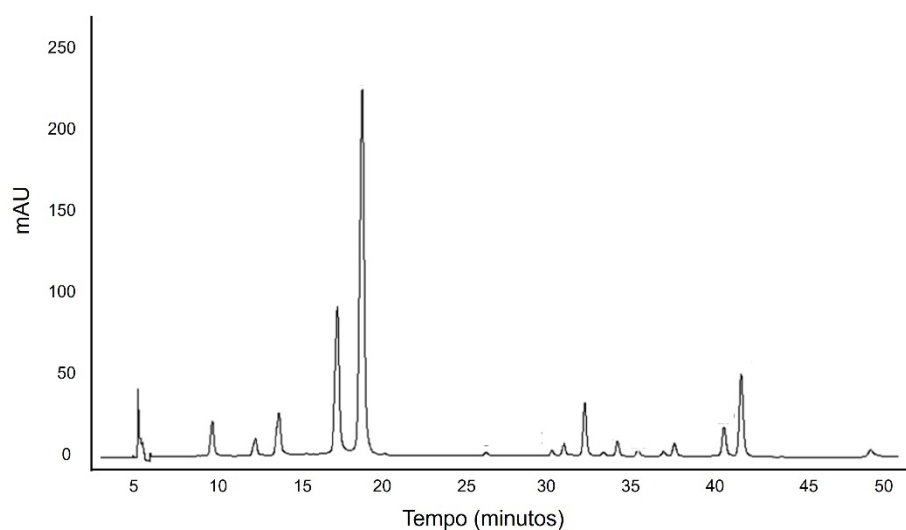


FIGURA 5. Perfil de antocianinas utilizado como "impressão digital" para garantir a autenticidade varietal e detetar fraudes. Adaptado de Garcia-Beneytez e colaboradores (2003).

Segurança alimentar: contaminantes e toxinas.

A legislação da União Europeia (UE) é rigorosa quanto a contaminantes¹¹. A monitorização de segurança alimentar assenta na capacidade da cromatografia de detetar “vestígios” (quantidades ínfimas). Exemplos reais incluem:

PFAS (poluentes eternos): a cromatografia líquida permite detetar estes compostos químicos em águas e alimentos.

Alcaloides pirrolizidínicos: toxinas naturais em chás ou mel¹⁰. No cromatograma, a precisão da área do pico garante que estes níveis estão abaixo dos limites legais impostos pela União Europeia, protegendo a saúde pública.

Conclusão.

A cromatografia é muito mais do que um processo físico-químico; é o “sentido da visão” da química moderna sobre misturas invisíveis a olho nu. Ao clarificar os seus mecanismos e aplicar a sua precisão em contextos reais como a segurança alimentar e a vitivinicultura, transformamos a teoria numa ferramenta de proteção e conhecimento. Separar é, de facto, o primeiro passo para conhecer a fundo o mundo que nos rodeia.

Agradecimentos.

Este trabalho foi realizado no âmbito do projeto INSTREAM (<https://doi.org/10.54499/2023.13656.PEX>) e do financiamento estratégico e programático para o centro de investigação Centro de Engenharia Química e Recursos Renováveis para a Sustentabilidade (CERES) (<https://doi.org/10.54499/UID/00102/2025>; <https://doi.org/10.54499/UID/PRR/00102/2025>) concedido pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, em Portugal.

REFERÊNCIAS

- ¹ ETTRE, L. S. M. S., *Tswett and the Invention of Chromatography. Milestones in Chromatography*, LCGC North America, 21, 458-467. 2003.
- ² CARRILHO, E. et al., *Fluidos Supercríticos em Química Analítica. I. Cromatografia Com Fluido Supercrítico: Conceitos Termodinâmicos*, Quim. Nova, Vol. 24, No. 4, 509-515. 2001.
- ³ IUPAC, *Compendium of Chemical Terminology, 5th ed. International Union of Pure and Applied Chemistry*, Online version 5.0.0. 2025.
- ⁴ GINGER, L. M. & JASON D. M., *Measurement of Biological Materials*, Chapter 5 in *Clinical and Translational Science Principles of Human Research*, 69-86. 2009.
- ⁵ MEYER, V. R., *Practical High-Performance Liquid Chromatography*, John Wiley & Sons, ISBN:9780470682180. 2010.
- ⁶ PREMATH, S. M. & ZUBAIR, M., *Chromatography In: StatPearls [Internet]*, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. 2025.
- ⁷ FANALI, M. U. et al., *Flavors and odors analysis. In Chemical Analysis of Food - Techniques and Applications*, Ed. Y. Pico, 2nd Edition, Academic Press. 2020.
- ⁸ BOTELHO, I. et al., *Evaluation of two quantitative gas chromatography-olfactometry methods for clonal red wines differentiation*, *Flavour and Fragrance Journal*, 22: 414-420. 2007.
- ⁹ GARCIA-BENEYTES, F. L. & CABELLO, E., *Revilla. Analysis of Grape and Wine Anthocyanins by HPLC-MS*, *J. Agric. Food Chem.*, 51, 5622-5629. 2003.
- ¹⁰ KAROUJ, R., *Food authenticity and fraud. In Chemical Analysis of Food - Techniques and Applications*, Ed. Y. Pico, 2nd Edition, Academic Press. 2020.
- ¹¹ CAMPO, J. & PICÓ, Y., *Emerging contaminants and toxins. In Chemical Analysis of Food - Techniques and Applications*, Ed. Y. Pico, 2nd Edition, Academic Press. 2020.