

## “MANDEI VIR OS ÁCIDOS, AS BASES E OS SAIS...” APLICAÇÕES DA MICROSCOPIA QUÍMICA

CLEMENTINA TEIXEIRA\*

*Para um leitor atento que costume folhear o Boletim da Sociedade Portuguesa de Química, este artigo é mais do que oportuno: constitui a continuação do anteriormente publicado, em homenagem ao Professor Alberto Romão Dias, falecido a 15 de Julho de 2007, e intitulado “Água quase tudo...e cloreto de sódio, purificação do cloreto de sódio”. Logo no início desse artigo foi apresentada uma página reunindo diversas fotomicrografias, instantâneos ou snapshots obtidos a partir de reacções químicas filmadas com uma lupa estereoscópica de baixo poder de ampliação (até 63x) e uma série muito vasta de outros motivos. Como nessa altura não foram legendadas, pretende-se agora dar mais alguma informação ao leitor para que possa repetir este tipo de experiências e penetrar no mundo fascinante da Microscopia Química. Para os Portugueses, os títulos desta publicação e da anteriormente mencionada não são novidade e representam também uma homenagem a alguém que lhes é muito querido, António Gedeão, ou seja, Rómulo de Carvalho, na sua obra “Lágrima de Preta”. É costume guardar minutos de silêncio em memória dos que partiram. Como não o posso aqui fazer, serei parca nas palavras que acompanham este trabalho.*

**Palavras chave:** Microscopia química, fotografia científica, química e arte, ciência e arte, fotomicrografia, microfotografia  
**Key words:** Chemical microscopy, photomicrographs, micrographs, chemical patterns for industry

### INTRODUÇÃO

A Microscopia Química esteve sempre associada ao crescimento de cristais [1,2], à sua caracterização e praticamente a todos os domínios da Cristalografia. Observar pacientemente o crescimento de um cristal a partir de algumas gotas da sua solução supersaturada, numa lamela de vidro, era o meio mais utilizado para determinar a sua velocidade de crescimento. Media-se, então, a velocidade de propagação de um determinado tipo de faces (indicado pelo respectivo índice de Miller) na sua direcção perpendicular e recorrendo a papel milimétrico para medir a distância. Quase todos os trabalhos de cristalização antigos recorriam a este método.

Desde que iniciei o trabalho de crescimento de cristais “On the Rocks” [3] sempre utilizei a lupa estereoscópica e em quase todas as minhas publicações sob este tema, ela é recomendada como método complementar de observação [1-6]. Esta perspectiva tem um lado fortemente lúdico (e porque não?) mas é muito mais abrangente,

quer em termos do ensino, quer nas suas potenciais aplicações práticas e industriais.

Mas a Microscopia Química foi e ainda é um método excepcional de análise química para identificação de substâncias a partir de pequenas quantidades. E. M. Chamot e C.W. Mason são os nomes dos pioneiros que ficaram ligados a este tema para a posteridade, nomes esses muito populares no domínio da Química Analítica. A Microscopia Química permite, como o nome indica, reduzir drasticamente a quantidade de reagentes a utilizar, minimizando riscos, desperdícios, poluentes, contribuindo para aquilo que hoje se designa por Química Verde e Microquímica, a tal Química mais Sustentável. As aplicações no domínio da Química Forense têm-se desenvolvido muito, embora não explorem o lado espectacular das fotografias obtidas: o desfrutar da beleza que se vê requer mais tempo, maior sensibilidade estética e se os técnicos desta área o fizessem, os assassinos e os ladrões teriam tempo para fugir. Como método de análise, a Microscopia Química foi praticamente abandonada, sendo preterida a favor do teste específico em tubo de ensaio e de métodos instrumentais.

Com a fotografia digital e a sua disseminação multimédia, a Microscopia Química apresenta um enorme potencial de aplicação, como se pretende aqui começar a demonstrar [5,6]. Basta dispor de um microscópio de baixa capacidade de ampliação, que entre nós se designa por lupa, uma câmara digital e ambas de boa qualidade e pronto, mesmo sem grandes sofisticções técnicas, mesmo sem sistema de aquisição de dados, fica-nos uma imagem ou filme bem satisfatórios, para não falar do prazer que é ver toda essa química viva sob os nossos olhos. Normalmente, uma ampliação até 15x é o suficiente, de forma a permitir identificar aquilo que se vê. A partir daí, cai-se na abstracção, ou no que poderá ser ainda um método científico, mas apenas acessível aos entendidos na matéria.

Muitas das fotografias podem ser montadas de forma a desenvolver padrões susceptíveis de terem aplicação industrial como motivos decorativos. Vejamos o que me ocorre: papel de embrulho e de parede com motivos mais *soft*; plásticos, plásticos para cortinas de casa de banho; cortinas comuns, almofadas, *edredons*; lenços, *écharpes*, gravatas, *T-shirts*; aventais, pegas para a loiça, panos de cozinha; saquetas de algodão, toda

\* Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química e Biológica, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa  
clementina@ist.utl.pt

a espécie de têxteis; posters, gravuras, quadros; motivos para cerâmica, azulejos, bases de copos; almofadas para ratos, *screen savers*; capas de dossiers, calendários, marca-livros, cartas de jogar, etc.

Seguem-se alguns exemplos pretendendo-se, posteriormente, desenvolver a sua aplicação ao ensino da Química: puxar mesmo pela Química das soluções aquosas, pela Química dos Elementos, pelos métodos de cálculo com equilíbrios múltiplos, com todos os tipos de reacções ácido-base, complexação, redox, precipitação e também as mudanças de fases, as cristalizações e mantendo-as sempre debaixo de olho, aferindo as várias imagens ao tipo de cálculo efectuado. E, sobretudo, a Química ela própria opera por si: os motivos e micropaisagens [5,6] mudam de forma imprevisível e espantosa – ao fim de um certo tempo os reagentes podem conduzir a novas reacções, misturando-se entre si; a evaporação de soluções pode levar à cristalização. Será toda uma química rica em cambiantes, com um enorme potencial em termos de motivação e aplicação em múltiplos sectores.

Como atrás se disse, alguns trabalhos foram já publicados e utilizados numa gravura da publicação anterior [5-7] e aqui permitir-se-á ao leitor identificar uma parte das imagens.

Alguns destes temas foram apresentados publicamente e em espectáculo ao vivo num dos Fóruns do Programa Ciência Viva, Parque das Nações [8], bem como noutras exposições [9,10]. Igualmente, na forma impressa, no decurso das XX Jornadas de Engenharia Química do DEQB em Maio de 2007 no IST. Numa altura em que nos rodeiam tantas hipóteses de empreendedorismo e de inovação, cabe-nos a nós, membros da comunidade científica, motivar as pessoas para estarem atentas e cultivarem o seu sentido de observação, aproveitando ao máximo estas exposições. Se o fizerem, encontrarão muitas ideias para encetarem novos negócios.

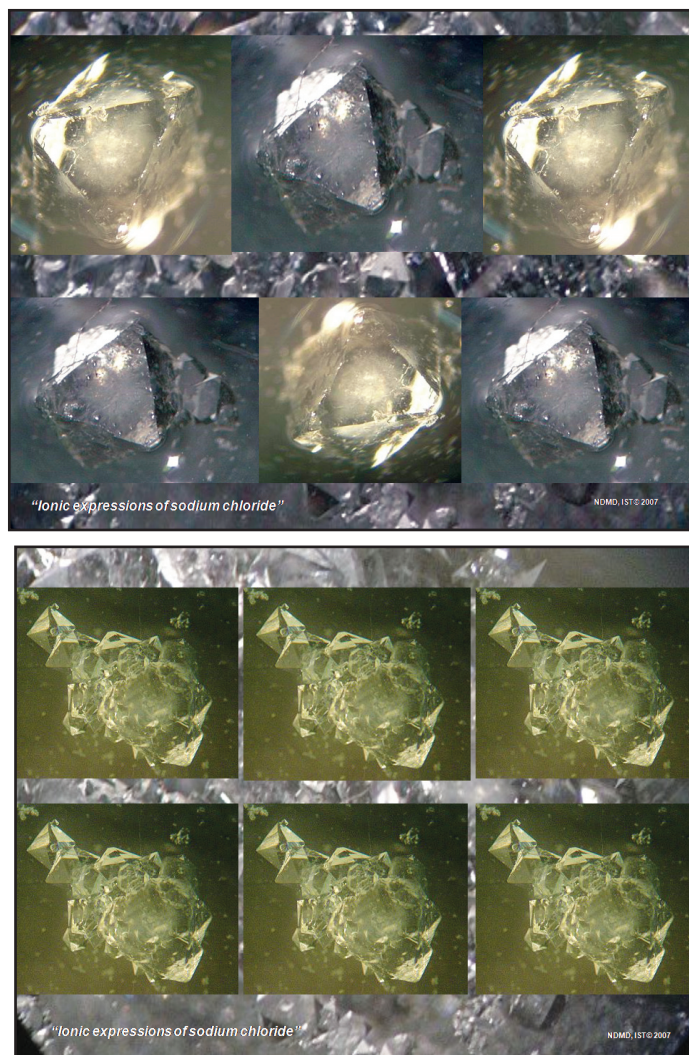
Espero contribuir fortemente nesse sentido!

## APLICAÇÕES DA MICROSCOPIA QUÍMICA ALGUNS EXEMPLOS

### COLECÇÃO NaCl

As imagens que se seguem mostram um condimento essencial a qualquer tipo de gastronomia, seja ela a requintada gastronomia molecular ou o petisco comum: a sua presença, por defeito ou por excesso, pode por si só arruinar a confecção do mais laborioso prato. Deve, pois, ser criteriosamente utilizado: concentrado, nas salmouras, para preservar; com parcimónia, nas dietas de hipertensos e outras. Como tudo na vida, na medida certa: com muito sal para uns, com menos sal para outros, cada um devendo saber de antemão a quantidade de sal que merece, e podendo ela variar ao longo da vida. Por ironia, não é um condimento molecular, mas sim iónico: o NaCl.

Enquanto espera pela sua refeição, entretenha-se a ler estas linhas e observe bem os cristais: foram surpreendidos por uma câmara fotográfica com uma ampliação de cerca de vinte vezes, acoplada a uma lupa estereoscópica. Com luz fria fluorescente, ou com luz quente de incandescência, conseguimos captá-los na plenitude do seu brilho, aumentado pela presença destas faces menos comuns: as faces de um octaedro. Para obrigarmos o sal a mostrar as suas facetas escondidas, tivemos que ler, pesquisar e experimentar um pouco. A redescoberta da receita, já muito antiga, permitiu-nos alterar os “hábitos cristalinos” mais comuns, tabular e cúbico, adicionando em muito pequena quantidade uma substância química designada por modificador de hábito, neste caso a formamida [5,11]. Assim, demos os primeiros passos para penetrar naquilo que hoje se designa por engenharia de cristais.

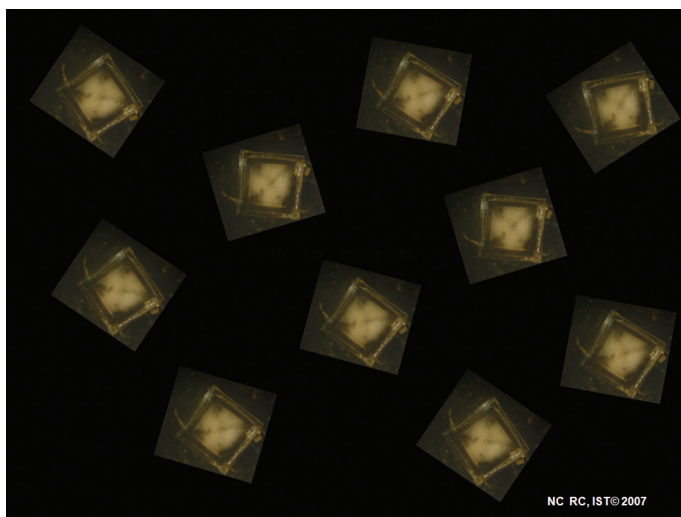
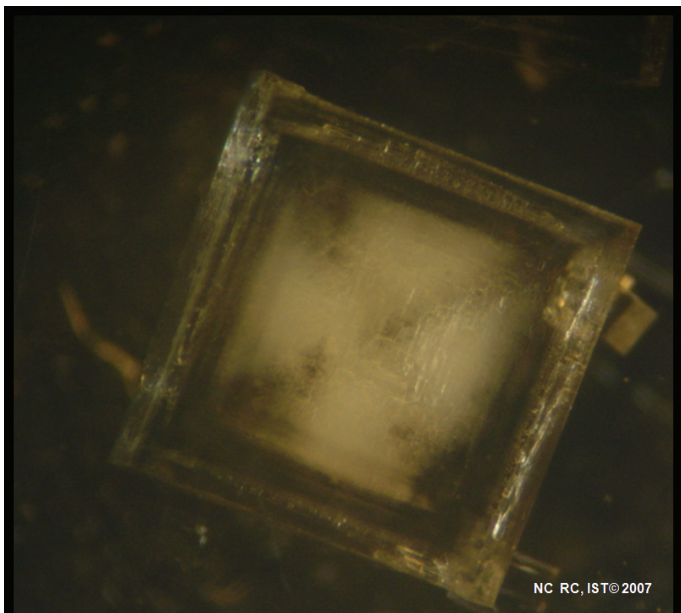


**Figura 1** Aplicações para *serviettes* ou marcadores de servir à mesa. O texto que precede a figura pode ser adaptado para imprimir nas costas das *serviettes*, que deverão ser plastificadas. Pode ser uma boa maneira de disseminar a cultura científica: enquanto esperamos pela refeição, sempre vamos lendo qualquer coisa, em vez de nos empanturrarmos com pão com manteiga e azeitonas. (Dedicadas à minha colega Paulina Mata, da Universidade Nova de Lisboa, pelo excelente trabalho desenvolvido no âmbito da gastronomia molecular)



Cristais tabulares de cloreto de sódio (Fig. 2), exibindo a cruz de Pátea, erradamente designada por cruz de Malta, um defeito cristalino devido à oclusão de água (aprisionamento da água dentro da rede cristalina).

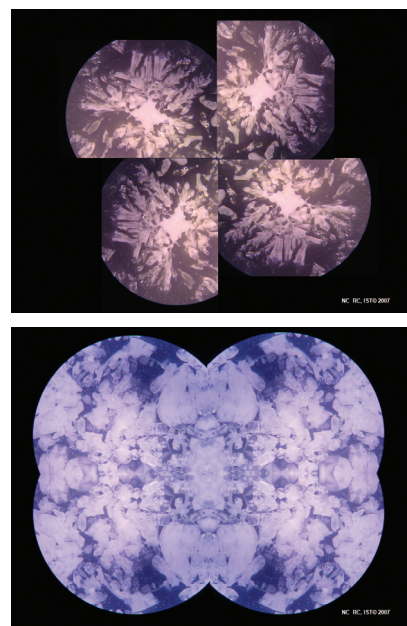
de forma baixa, que permitam uma larga área de evaporação. Pode ser utilizado o vulgar sal grosso de cozinha ou até sais de banho coloridos, podendo o corante ficar adsorvido à superfície ou até formando oclusões coloridas no interior dos cristais.



**Figura 2** O sal continua a ser motivo decorativo e, ele próprio, com os seus múltiplos hábitos, pode ser alvo de colecionismo. Porém, não deverá ser utilizado na alimentação, uma vez que lhe faltam os aditivos necessários. O cristal tabular ilustrado nesta figura pode formar motivos originais para várias aplicações. Em cima, a fotografia original, foi obtida com lupa estereoscópica com ampliação de 10 a 15x [5]. Em baixo, um dos exemplos sugeridos, com aplicações do mesmo motivo

Obtidos por evaporação lenta da água, a partir de soluções com 15g de soluto por 45 de água. A cultura destes cristais deve ser feita em repouso, em cristalizadores ou recipientes

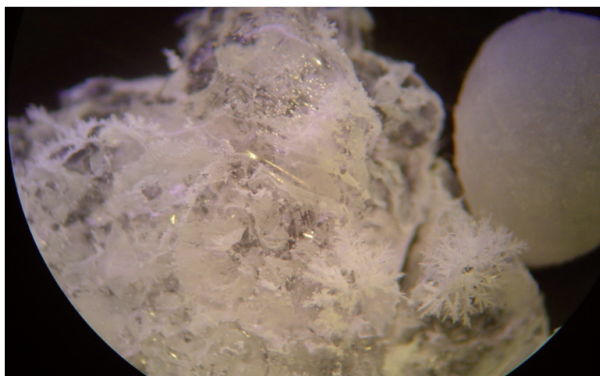
A dissolução de cristais de cloreto de sódio, filmada ao microscópio, permite obter um quantidade enorme de instantâneos, como os seleccionados para a preparação da Fig. 3.



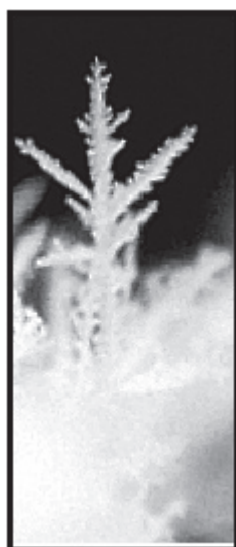
**Figura 3** Motivos gerados a partir da dissolução de cristais de cloreto de sódio filmada ao microscópio. Alguns deles foram baptizados com o nome de "Flores de Sal" e podem ser usados associados à indústria da flor do sal, um nicho de mercado dirigido à cozinha gourmet e explorado no nosso País (Tavira e Aveiro)

## REACÇÕES DE ÁCIDO-BASE

Na Fig. 4 representa-se uma reacção de ácido-base competindo com mudanças de estado: um fragmento de neve carbónica ou gelo seco (dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ , a  $-78^\circ\text{C}$ ) é colocado em contacto com uma pastilha de soda cáustica,  $\text{NaOH}$ . Ao mesmo tempo que se dá a sublimação do  $\text{CO}_2$ , bem visível ao microscópio com a libertação de leves fumos brancos (qual tempestade de neve!) o vapor de água atmosférico condensa, solidifica e forma cristais dendríticos, que fazem lembrar uma floresta de abetos cobertos de neve. A Floresta Branca! Simultaneamente, a soda cáustica vai absorvendo água da atmosfera, vai carbonatando e desenvolve-se a reacção exotérmica de ácido-base, entre o  $\text{CO}_2$ , óxido ácido, ácido de Lewis! e o  $\text{NaOH}$ , base forte, formando ácido carbónico,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . A libertação de calor proveniente desta reacção intensifica a sublimação de mais  $\text{CO}_2$ . O ácido carbónico sofre também os equilíbrios de protólise. Alguns destes equilíbrios vêm ilustrados na Fig. 5. Convém, nesta reacção, explorar a diferença entre o gelo comum e o gelo seco, que sublima sem passar ao estado líquido, comparando os respectivos diagramas de ponto triplo.



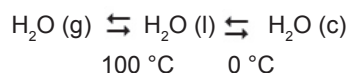
**Figura 4** Da reacção à abstracção. Gelo seco, quase cobrindo a totalidade do slide. Apresenta-se coberto de cristais dendríticos de água, proveniente da atmosfera, e vai reagindo com a pastilha de NaOH, em cima, à direita



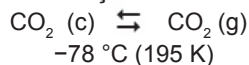
Cristais de gelo, dendríticos, crescendo sobre o gelo seco (!) que sublima a  $-78^{\circ}\text{C}$ : observação à lupa estereoscópica (10x)

#### Processos Físicos ( $P=10^5\text{Pa}$ )

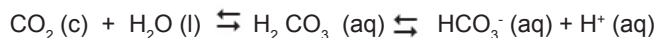
Condensação  $\rightarrow$  Solidificação



Sublimação do dióxido de carbono

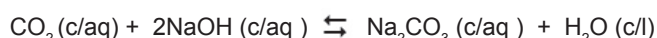


#### Reacções Químicas Ácido - Base ( $T=25^{\circ}\text{C}$ )



Ácido de Lewis Base de Lewis

$$K = 1.7 \times 10^{-3} \quad K_{a1} = 4.2 \times 10^{-7}$$



**Figura 5** Alguns dos equilíbrios envolvidos no encontro do gelo seco com a soda cáustica, com formação de sais. Não é apresentada a segunda protólise do ácido carbónico por se considerar desprezável ( $K_{a2}=5.0 \times 10^{-11}$ )

As restantes figuras aparecem-nos num crescendo de cor e mostram-nos o nascimento dos sais carbonato de sódio e hidrogenocarbonato de sódio (bicarbonato de sódio) a partir das mesmas reacções de ácido-base só que na presença de um indicador, para dar mais colorido. Foi sempre utilizado o indicador universal, com duas gamas de valores de pH, como se explica em cada figura.

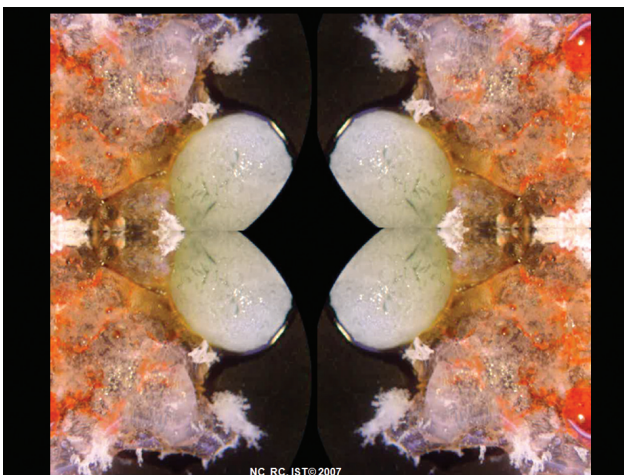
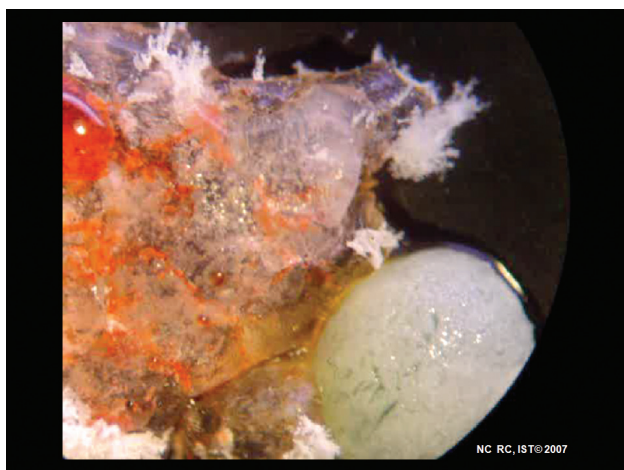
Os filmes são incríveis pois observa-se um constante borbulhar provocado pelos choques térmicos e sublimação do  $\text{CO}_2$ , acompanhado por um ruído de fizzle característico. A partir daí são inúmeras as combinações que se podem fazer, modificando ácidos, bases e indicadores. As imagens resultam melhor para sistemas heterogêneos com a formação das interfaces: cristais, cristais e líquidos, bolhas no seio de líquidos, etc. No entanto, há que ter cuidado na preservação da lupa, evitando vapores e fumos corrosivos e limpando-a com frequência. É essencial a presença de um adulto para supervisionar as misturas de compostos, há que pensar que alguns deles poderão ser incompatíveis. Chamot e Mason utilizavam microscópios à prova de solventes e de outros reagentes corrosivos.

Quase todas as escolas do País, mesmo nos locais mais recônditos, estão bem equipadas com microscópios e lupas estereoscópicas. Muitas delas até dispõem do sistema de aquisição de dados, com câmara de vídeo acoplada. Todo este trabalho, e o demais que ficou ainda na gaveta, e é muito, foi realizado com uma lupa estereoscópica Nikon®, com poder de ampliação até 63x. Como o sistema de aquisição de dados está em reparação, pois teve muito uso junto de crianças no Infântario da APIST e outras escolas [5] utilizei a minha própria máquina digital SONY®, e pronto!, acho que não me saí muito mal.

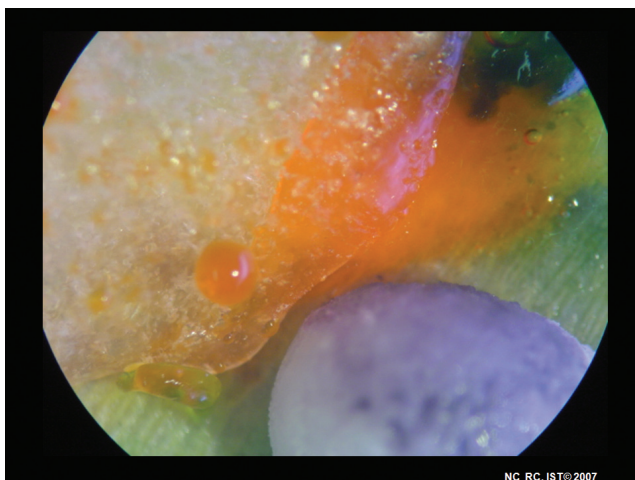
Espero que algumas destas *serviettes* vos ajudem a ter um bom proveito na consoada de Natal e porque não algumas destas sugestões para colocar no sapatinho?

*I wish you a Merry Christmas!*  
*And a Happy New Year!*





**Figura 6** Da reacção à abstracção. Imagem superior: sistema gelo seco (à esquerda), soda cáustica (à direita), indicador universal com cor vermelha em meio neutro, amarela em meio ácido e verde em meio básico. Formação de cristais dendríticos de gelo. Imagem inferior: combinação de quatro destes motivos



**Figura 7** Da reacção à abstracção: a mesma temática de gelo seco e soda cáustica, sobre papel de filtro branco colorido de verde pelo indicador (pode-se observar a sua rugosidade no fundo do slide) em presença do indicador universal com uma gama mais extensa de pH - a cor verde continua a existir para o meio básico e com o aumento do pH a viragem dá-se para o roxo. O gelo seco aparece à esquerda e a pastilha de NaOH, pintalgada de roxo, em baixo, à direita

## AGRADECIMENTOS

Programa Ciência Viva, A Química Descobre a Criança, CV/PV/ID976. Programa plurianual da FCT, Linha II do CQE-IST. À Isabel Leiria o fornecimento de amostras de gelo seco.

## REFERÊNCIAS

[1] C. Teixeira, "Os Cristais no Ensino e Divulgação da Química", *Colóquio Ciências, Fundação Calouste Gulbenkian*, **25** (2000) 20-36, disponibilizado

na Web, <http://zircon.dcsa.fct.unl.pt/dspace>. Referências aí citadas.

[2] Ibid, *O Livro das Pedras* (1996), Instituto Superior Técnico, edição da autora. Referências aí citadas.

[3] C. Teixeira, A. Santana, C. Mesquita, "On the Rocks", *Química, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, **53** (1994) 50-54.

[4] C. Teixeira, N. Lourenço, S. Matos, M. J. Rodrigues, M. C. Silvério, I. Silva, M. F. Coelho, A. M. Morais, M. F. Soares, A. A. Gomes, "Rochas Ornamentais e Minerais Sintéticos-Experiências Interactivas", in V. M. Trindade (Coord.) *Metodologia do Ensino das Ciências-Investigação e Prática dos Professores*, Secção de Educação, Departamento de Pedagogia e Educação, Universidade de Évora (1999) 247-261.

[5] C. Teixeira, V. André, S. Chaves, H. Diogo, N. Lourenço, F. Meneses, "Água quase tudo...e cloreto de sódio: purificação do cloreto de sódio", *Química, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, **106** (2007) 18-29.

[6] C. Teixeira, V. André, N. Lourenço, M. J. Rodrigues, "Crescimento de Cristais por Nucleação Heterogénea: On the Rocks Revisited", *Ciência e Tecnologia dos Materiais* **19** nº1-2 (2007) 66-77. A versão pdf disponibilizada na Web e acessível pelos motores de pesquisa habituais, contém um erro de impressão: o título da Figura 7 e respectivo rodapé é "From reaction to abstraction".

[7] C. Teixeira, "Da reacção à abstracção", "From reaction to abstraction", resultados da Figura 1 da referência 5, p19.

[8] C. Teixeira, 4º Fórum Ciência Viva, 5 e 6 de Maio de 2000, Palco 3, "Estudo da Rede Cristalina do Alúmen de Potássio". A apresentação incluiu também experiências em microescala realizadas em retroprojector e à lupa.

[9] C. Teixeira, "Pedras que Brilham", Fundação Eugénio de Almeida, Évora, de 5 de Outubro a 20 de Novembro de 2002. Exposição e workshop. Por convite do Professor Jorge Calado, integrado no Ciclo de Conferências e Exposições "A Pedra". Com a colaboração de Vânia André na observação à lupa e registo de imagem.

[10] Ibid, 9ª Feira Internacional de Minerais, Gemas e Fósseis, Museu de História Natural da Universidade de Lisboa, de 7 a 12 de Dezembro de 1995.

[11] Trabalhos experimentais desenvolvidos no âmbito da disciplina de Química, da Licenciatura em Engenharia Física Tecnológica, LEFT.



# Innovation Comes In Many Forms

Zebron - Revolutionizing the Field of Gas Chromatography



**Zebron™ ZB-WAXPLUS:** Ideal for **polar compounds**. 100 % aqueous stable.

**Zebron MultiResidue™:** Perfect for **pesticide analysis**. For US EPA 8081A, baseline resolution is achieved in just 10 minutes!

**Zebron ZB-1HT Inferno™ and ZB-5HT Inferno:** The world's highest temperature non-metal GC columns. Provides true boiling point separation for **hydrocarbon distillation** methods.

Zebron has been revolutionizing the field of gas chromatography with its commitment to producing innovative, high quality columns that meet the needs of today's gas chromatographers. Our scientists have developed key technologies, such as Engineered Self Cross-linking™ (ESC) and Arylene Matrix Technology™ (AMT), to create GC columns that provide high temperature stability, improved lifetime, low bleed, and low activity. Each and every column is individually QC tested to ensure that they have excellent batch-to-batch reproducibility so you will have reliable and reproducible results, every time. **For a column that best meet your needs, please contact your local Phenomenex Technical Specialist.**

Zebron, ZB-1HT Inferno, ZB-5HT Inferno, Engineered Self Cross-linking, Arylene Matrix Technology, and MultiResidue are trademarks of Phenomenex, Inc. © 2007 Phenomenex, Inc. All rights reserved.

**www.phenomenex.com**  
Phenomenex products are available worldwide. For the distributor in your country, contact Phenomenex USA, International Department by telephone, fax or e-mail: international@phenomenex.com.

**phenomenex**  
*...breaking with tradition™*

5171.L

<b>Australia</b> tel.: 02-9428-6444 email: info@phenomenex.com.au	<b>Austria</b> 01-319-1301 anfrage@phenomenex.com	<b>Canada</b> (800) 543-3681 info@phenomenex.com	<b>Denmark</b> 4824 8048 dkinfo@phenomenex.com	<b>France</b> 01 30 09 21 10 franceinfo@phenomenex.com	<b>Germany</b> 06021-58830-0 anfrage@phenomenex.com	<b>Italy</b> 051 736176 italinfo@phenomenex.com	<b>Ireland</b> 01 247 5405 ereinfo@phenomenex.com	<b>New Zealand</b> 09-4780951 info@phenomenex.co.nz	<b>Puerto Rico</b> (800) 541-HPLC info@phenomenex.com	<b>United Kingdom</b> 01625-501367 ukinfo@phenomenex.com	<b>USA</b> (310) 212-0555 info@phenomenex.com
---	---	--	--	--	---	---	---	---	---	--	---