

## “QUÍMICA POR TABELA 2.0” ESPETÁCULO PARA COMUNICAR CIÊNCIA

REGINA M. S. SOUSA<sup>1</sup>, PAULO RIBEIRO CLARO<sup>2,\*</sup>, BRIAN J. GOODFELLOW<sup>2</sup>

A capacidade da química para atrair a atenção dos jovens reside essencialmente no seu carácter experimental. As transformações proporcionadas pelas reações químicas são uma fonte inesgotável de fascínio, surpresa e descoberta.

A Fábrica Centro Ciência Viva de Aveiro estreou no Ano Internacional da Química o “Química por Tabela 2.0”, a segunda versão do seu espetáculo de demonstrações de química. A existência de uma atividade de demonstrações de química na programação permanente de um centro de ciência é uma mais-valia para a promoção da química entre a população em geral, e que deve ser aproveitada para motivar o interesse dos mais jovens para estudo desta ciência.



Os professores de ciências sabem que as atividades experimentais são fundamentais enquanto elemento motivador e vinculado aos sentidos, e também como metodologia de ensino e aprendizagem [1]. Isto é particularmente relevante no caso da química: por um lado, a profundidade e inter-relação dos conceitos fazem da química uma disciplina exigente ao nível da aprendizagem, mas, por outro lado, as transformações proporcionadas pelas reações químicas são uma fonte inesgotável de fascínio, surpresa e descoberta.

Deste modo, é importante proporcionar o contacto dos jovens com este carácter mais fascinante da química. E uma das formas de o fazer é através de espetáculos baseados em demonstrações de reações químicas, que proporcionam condições de aprendizagem não-formal e que po-

dem ser um complemento importante para o ensino formal.

A utilização de demonstrações de química como veículo de promoção e divulgação da ciência – e de despertar a curiosidade e incentivar o interesse dos alunos e do cidadão em geral – tem recebido a atenção de inúmeros autores, refletindo-se na publicação de livros especializados [2-6], no desenvolvimento de sítios da internet dedicados [7-10] e em publicações diversas [11-16].

Foi neste contexto que surgiu em 2008 o espetáculo para comunicar ciência “Química por Tabela” [17], desenvolvido para integrar a programação permanente da Fábrica Centro Ciência Viva de Aveiro e com o objetivo de promover o interesse pela química nos jovens e na sociedade em geral. Este espetáculo esteve em exibição desde fevereiro de 2008 a dezembro de 2010 e, durante este período, foram apresentados cerca de 150 espetáculos para quase 10000 participantes de todas as faixas etárias, sendo maioritariamente público escolar.

Da necessidade de renovação do “Química por Tabela” desenvolveu-se um novo espetáculo – designado “Química por Tabela 2.0” –, cuja estreia (a 6 de janeiro de 2011) coincidiu com o arranque do Ano Internacional da Química 2011 e, por isso, integrou as atividades comemorativas do evento. A existência de um espetáculo de demonstrações de química na programação permanente de um Centro de

Ciência não é usual. Para isso contribuem as características da própria química, que dificultam a manutenção de uma atividade de demonstrações que se repita várias vezes por semana, durante anos: as reações químicas consomem reagentes e produzem resíduos! Algumas das reações químicas mais espetaculares são – paradoxalmente – inexecutáveis num espetáculo regular: requerem uma preparação laboratorial morosa ou tecnicamente exigente, colocam problemas de segurança no local de exibição, envolvem reagentes de custo elevado, produzem resíduos perigosos e de difícil tratamento ... ou tudo isto ao mesmo tempo.

O desenvolvimento desta nova versão do “Química por Tabela” teve por objetivo melhorar estes aspetos relativamente à versão anterior: selecionar experiências simultaneamente espetaculares e mais ricas em conteúdos químicos; permitir a realização do espetáculo num anfiteatro em condições de segurança; minimizar a toxicidade dos reagentes utilizados; minimizar a produção de resíduos; e minimizar o custo de cada espetáculo.

Assim, o “Química por Tabela 2.0” apresenta um conjunto de onze novas demonstrações com maior impacto visual e mais ricas em conteúdos químicos – num fundo cénico de som, luz e imagem completamente renovado –, com menor toxicidade dos reagentes utilizados e menor quantidade de resíduos produzidos. A inclusão

<sup>1</sup> Fábrica Centro Ciência Viva de Aveiro

<sup>2</sup> Departamento de Química/CICECO, Universidade de Aveiro

\* E-mail: prc@ua.pt

de algumas experiências “recicláveis” contribui para a redução de resíduos e permite reduzir o custo de cada espetáculo.

Tal como sucedia com a sua versão anterior, também o “Química por Tabela 2.0” é apresentado durante cerca de 50 minutos, sendo o público convidado a participar na sequência das onze demonstrações químicas. A explicação para as várias experiências é dada pelos dois apresentadores e, sempre que possível, é feita a ligação entre a química inerente às experiências e o nosso dia-a-dia. Cada experiência é acompanhada pela projeção de um vídeo, que é parte integrante do espetáculo. O vídeo contribui para a criação da imagem da atividade, faz a associação entre a Tabela Periódica e os elementos químicos envolvidos nas reações apresentadas, inclui repetições de alguns detalhes das demonstrações previamente filmados e ainda animações explicativas que permitem uma melhor perceção dos fenómenos envolvidos.

Para este espetáculo foi também preparado um vídeo promocional que pode ser visualizado em [http://www.youtube.com/watch?v=4pJOHBAduTQ&list=PL4A9B025130CD945B&index=1&feature=plpp\\_video](http://www.youtube.com/watch?v=4pJOHBAduTQ&list=PL4A9B025130CD945B&index=1&feature=plpp_video).

As onze experiências apresentadas – que envolvem conceitos básicos de química, como ácido-base, oxidação-redução, precipitação, complexação, quimioluminescência e termoquímica, entre outros – são identificadas por designações que são também parte integrante do espetáculo:

### O CÂNTARO MÁGICO

Esta é uma experiência desenvolvida e adaptada pelos autores deste trabalho a partir de uma versão clássica mais simples, “The Magic Pitcher” [4].

É apresentado ao público um “Cântaro Mágico” (um erlenmeyer totalmente envolvido em papel prateado, que oculta o seu interior) e 3 erlenmeyers numerados contendo soluções incolores. O conteúdo do erlenmeyer 1 é adicionado ao “Cântaro Mágico” e reposto no erlenmeyer 1, apresentando agora uma tonalidade vermelha. Re-

pete-se o mesmo procedimento com o conteúdo do erlenmeyer 2 e obtém-se uma solução verde. Por fim, a adição do conteúdo do erlenmeyer 3 ao “Cântaro Mágico” produz uma solução com tonalidade violeta.

O público é desafiado a tentar explicar o que se passa, sabendo que o procedimento envolve indicadores ácido-base e soluções a diferentes valores de pH. Mas como conseguir obter três cores distintas a partir de três soluções incolores?

Quando a audiência é constituída por alunos do ensino secundário, é-lhes proposto que resolvam o desafio na sua escola.

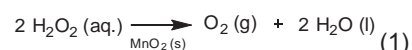
O “Cântaro Mágico” contém uma solução com indicador universal de Yamada, e esta solução nunca é totalmente vertida nos erlenmeyers 1-3. O indicador universal de Yamada é uma mistura de indicadores ácido-base (azul de timol, azul de bromotimol, vermelho de metilo e fenolftaleína) e apresenta mudanças de cor em diferentes faixas de pH (pH 1-4, vermelho; pH 5-6, laranja; pH 6-7, amarelo; pH 7-8, verde; pH 8-11, índigo; pH 11-14, violeta) [18]. A solução presente inicialmente no “Cântaro” encontra-se a pH=7 e as soluções presentes nos erlenmeyers 1-3 apresentam um valor de pH crescente. À medida que se vão adicionando os conteúdos dos erlenmeyers 1-3 ao cântaro, o valor de pH da solução vai variando, proporcionando as diferentes cores.

### GÉNIO DA QUÍMICA

O apresentador retira a rolha de um erlenmeyer (totalmente envolvido em

papel prateado, ocultando o seu interior), sem que nada aconteça. Mas quando retira a rolha com um chamamento do público, produz-se um fumo branco que atinge cerca de 1-2 metros de altura – liberta-se o “génio da química”!

No erlenmeyer encontra-se peróxido de hidrogénio e um eppendorf com dióxido de manganês, suspenso por um fio preso pela rolha. É possível retirar a rolha segurando o fio com o polegar, mas sem esse cuidado o eppendorf vira-se, e o dióxido de manganês catalisa a decomposição rápida do peróxido de hidrogénio. A reação é bastante exotérmica, levando à libertação de uma “nuvem” de vapor de água:



O mecanismo desta reação é bastante complexo, tendo sido apresentadas propostas de mecanismos por diversos autores [19, 20].

### PROBLEMA E SOLUÇÃO

Esta demonstração é também uma variante, desenvolvida pelos autores, de uma experiência clássica com reações endotérmicas espontâneas [21]. É pedido ao público que coloque uma nota (quanto maior o valor melhor!) dentro de uma caixa de madeira, com tampa. Posteriormente é criado um problema: como tirar a nota de dentro da caixa sem tocar na caixa com as mãos?

A solução “à químico” é obtida pela reação altamente endotérmica do hidróxido de bário octa-hidratado com cloreto de amónio. A reação ocorre num gobelé colocado sobre a tampa



Aspeto da bancada e da imagem de fundo durante a apresentação de “O Génio da Química” (com presença de um voluntário do público)

da caixa de madeira, previamente molhada. A solução formada arrefece o suficiente para provocar a solidificação da água (pode atingir os  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), fazendo com que o gobelé fique “colado” à caixa e seja possível abrir a caixa “sem lhe tocar”.

O hidróxido de bário octa-hidratado reage com o cloreto de amônio, formando cloreto de bário di-hidratado, amônia e água (Equação (2)).

A reação ocorre entre os dois sólidos e origina uma mistura líquido-sólido. Trata-se de uma reação endotérmica cuja espontaneidade resulta da variação de entropia fortemente positiva associada à libertação das oito moléculas de água presentes no cristal de bário.

### SOBRESSATURADAÇÃO

Uma solução sobressaturada de acetato de sódio é vertida sobre uma placa de petri. Apesar de parecer que não é possível verter toda a solução para um recipiente tão pequeno, esta cristaliza imediatamente sob a forma de “estalagmite”, e nem uma gota cai ao chão.

Uma solução aquosa sobressaturada de acetato de sódio pode permanecer indefinidamente intacta, mas quando é ligeiramente perturbada (por exemplo, pela presença de um cristal semente de acetato de sódio ou quando é ligeiramente agitada), ocorre a sua cristalização. Nesta demonstração, a cristalização é estimulada colocando alguns cristais de acetato de sódio na placa de petri. O processo de cristalização é exotérmico (o sólido resultante pode atingir os  $48\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) [22, 23].

A “estalagmite” cristalizada pode ser dissolvida e usada novamente. No entanto, é conveniente filtrar a quente para remover contaminações que causam a cristalização prematura e evaporar algum excesso de água.

### REAÇÃO OSCILANTE

Num gobelé, com agitação magnética, são adicionadas três soluções incolores originando uma solução inicialmente incolor, que se torna âmbar e, seguidamente, azul. Quando o público pensa que a cor azul é definitiva, a solução regressa ao âmbar, e de novo ao azul. Este ciclo de alternância de cores ocorre durante cerca de quinze minutos, terminando com a coloração azul.

Esta reação oscilante é obtida pela adição sequencial de três soluções: A (peróxido de hidrogénio), B (iodato de potássio dissolvido em água e ácido sulfúrico) e C (ácido malónico, sulfato de manganésio monohidratado e amido dissolvidos em água).

As cores na reação oscilante resultam da formação dos *intermediários de reação* ( $\text{I}^-$  e  $\text{I}_2$ ) e da presença de amido na solução. Inicialmente, não existe  $\text{I}^-$  ou  $\text{I}_2$ , e a solução é incolor. À medida que se forma  $\text{I}_2$ , a solução torna-se âmbar. Com o aumento da concentração de  $\text{I}_2$ , inicia-se a produção de  $\text{I}^-$ , o que leva à formação do complexo de  $\text{I}_2$  e  $\text{I}^-$  com o amido, responsável pela cor azul. Na etapa final do ciclo, as concentrações de  $\text{I}_2$  e  $\text{I}^-$  diminuem novamente e o complexo azul degrada-se. O ciclo recomeça com um novo aumento da concentração de  $\text{I}_2$ . Como o  $\text{I}_2$  e o  $\text{I}^-$  não são nem reagentes nem produtos finais da reação, o ciclo repete-se até a reação atingir o equilíbrio.

Esta demonstração combina dois tipos de reações oscilantes, combinação que é frequentemente designada por reação de Briggs-Rauscher [24]. O mecanismo global desta reação é bastante complexo, e não será discutido aqui, nem é apresentado no espetáculo. No entanto, os princípios básicos do mecanismo de reação oscilante – ao qual está associado o conceito de realimentação positiva

ou autocatálise – são apresentados à audiência através de uma animação simples, recorrendo ao modelo de Lotka-Volterra para um sistema predador-presa (raposas e coelhos) [25]

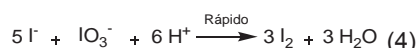
### CERVEJA SEM ÁLCOOL E LEITE SEM VACA

#### Cerveja sem álcool

Duas soluções incolores (A: solução aquosa de iodato de potássio; B: ácido sulfúrico concentrado, etanol e sulfito de sódio) são adicionadas, em simultâneo, num copo alto. A junção destas duas soluções origina uma surpreendente solução com tonalidade semelhante a cerveja, incluindo a espuma característica desta bebida. Nesta reação, o sulfito de hidrogénio produzido reduz a solução de iodato a iodeto:



O iodeto e o iodato reagem, sob condições ácidas, originando iodo elementar:



O iodo é, entretanto, reduzido muito rapidamente pelos iões de sulfito de hidrogénio a iões iodeto (Equação (5)).

A formação da “espuma de cerveja”, indispensável ao sucesso desta demonstração, é garantida com um pouco de detergente de louça incolor, adicionado previamente ao copo [2].

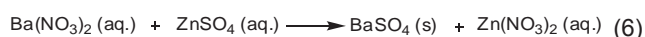
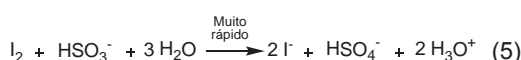
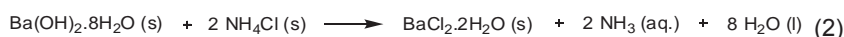
#### LEITE SEM VACA

Duas soluções incolores (A: solução aquosa de nitrato de bário; B: solução aquosa de sulfato de zinco) são adicionadas, em simultâneo, num copo, originando uma suspensão bastante semelhante a leite.

A reação do nitrato de bário com sulfato de zinco origina o precipitado branco de sulfato de bário [ $K_s = 1,08 \times 10^{-10}$ , a  $25^{\circ}\text{C}$ ] – Equação (6).

### COBALTO EM EQUILÍBRIO

Esta é uma experiência que os alunos do 11.º ano facilmente relacionam com a matéria lecionada e que, em alguns casos, já realizaram ou irão realizar na sua escola. A integração desta experi-

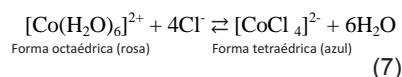


ência no espetáculo pretende justamente criar um ponto de ligação muito óbvio com a aprendizagem na escola.

Dois tubos de vidro fechados contendo uma solução de cloreto de cobalto hexa-hidratado, à temperatura ambiente, são submetidos a variações de temperatura. A solução do tubo que é colocado num gobelé com água quente (cerca 90 °C) altera a sua tonalidade inicial violeta para azul, ao passo que a que é colocada em água fria (cerca 5 °C) muda para rosa.

Esta experiência pode ser repetida várias vezes durante o espetáculo e é reutilizável, proporcionando um menor custo e menos resíduos.

O ião cobalto (II) apresenta diferentes cores dependendo do tipo de ligando e da forma como os ligandos se encontram ligados a ele:



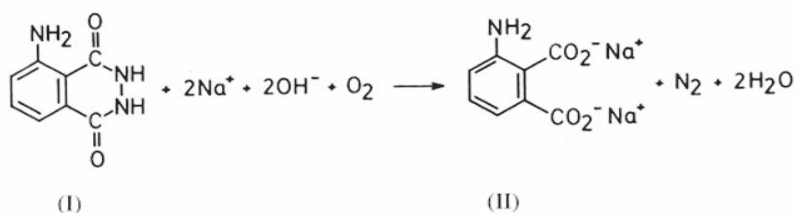
(7)

Numa solução fria de cloreto de cobalto hexa-hidratado ( $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) em etanol, o ião complexo encontra-se na forma geométrica octaédrica e apresenta a coloração rosa. A reação direta é endotérmica, pelo que o aquecimento da solução desvia o equilíbrio para o lado dos produtos, originando um ião complexo com quatro ligandos cloreto e com geometria tetraédrica. A cor deste complexo é azul [26].

## QUIMIOLUMINESCÊNCIA

Os reagentes, em solução aquosa, são colocados em duas ampolas de decantação ligadas a um tubo de vidro em espiral. Quando se abrem as torneiras, as soluções misturam-se e a reação inicia-se. A mistura percorre a espiral de vidro sendo recolhida em dois copos, um contendo alguns miligramas de fluoresceína e outro de rodamina B. Em condições de baixa luminosidade, a espiral ilumina-se com a luminescência azul característica do luminol, enquanto uma das soluções num dos copos emite a luminescência verde característica da fluoresceína e a outra emite a luminescência rosa característica da rodamina B.

O luminol (I), em solução alcalina, exige quimioluminescência na presença



(8)

de água oxigenada (oxidante). A intensidade pode ser aumentada por catalisadores como  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , que também aumentam a rapidez do decaimento da emissão de luz. Durante a reação, o luminol é convertido a sal disódico do ácido 3-aminoftálico (II): a adição de fluoresceína e de rodamina B à mistura de reação resulta numa emissão de coloração amarela-esverdeada, devido à emissão de fluorescência da fluoresceína e de emissão rosa devido à emissão de fluorescência da rodamina B. Nestes casos ocorre uma transferência de energia do aminofthalato (II) excitado para a fluoresceína e rodamina B, gerando o estado excitado destas últimas, o qual decai para o estado fundamental, acompanhado pela emissão de fluorescência [27, 28].

## GARRAFÃO COM ÁLCOOL

Esta é uma reação também designada por “reação de *quase-exploração* com etanol”. A combustão rápida do vapor de uma pequena quantidade de etanol, dentro de um garrafão de vidro incolor, ligeiramente aquecido, origina um som violento e, em condições de baixa luminosidade, observa-se uma chama azul percorrer todo o garrafão. O ponto de ignição do vapor de etanol (*flash point*) é 12 °C. O vapor de álcool existente no garrafão arde muito rapidamente e o som produzido deve-se à deslocação de ar provocada pela diferença de pressão dentro do garrafão.

## AS CORES DA TABELA PERIÓDICA

A combustão de etanol num gel com diferentes sais origina chamas coloridas que, em condições de baixa luminosidade, proporcionam um efeito espetacular.

A combustão do etanol em contacto com diferentes sais permite observar os espectros de emissão atômica dos

seus cátions (K – violeta; Li – rosa; Sr – vermelho; Cu – azul-esverdeado; B – verde; espécies usadas no “fogo de artifício”). Tal como na produção de “fogo de artifício”, tem de ser evitada a contaminação dos reagentes por sais de sódio, já que a forte emissão amarela do ião sódio se sobrepõe a todas as outras [29].

## DESCOBRIR A PÓLVORA

“Descobrir a pólvora” é a experiência de encerramento do espetáculo.

Inicialmente, mistura-se pólvora comum, pólvora de rojão (ou pólvora *flash*) [30], e pó de alumínio, de ferro e de magnésio num copo ou erlenmeyer de boca larga.

O copo é colocado num espaço circundante escurecido, e incendiado com uma “vela mágica” (ou “sparkler”, pequeno bastão que arde sem chama, libertando fagulhas, utilizado, por exemplo, em bolos de aniversário).

A combustão da mistura origina um autêntico “fogo de artifício” que atinge uma altura de cerca de 2 metros.

A combustão da mistura de pólvora e pólvora de rojão projeta os fragmentos de metal no ar e, ao mesmo tempo, provoca a sua ignição, com a correspondente emissão de luz. O magnésio, ferro e alumínio são convertidos nos respetivos óxidos  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  [2].

O “Química por Tabela 2.0” estreou a 6 de janeiro de 2011 - como atividade comemorativa do Ano Internacional da Química 2011 - e, até ao presente, soma 50 espetáculos com a participação de mais de 7000 pessoas, de todas as idades, sendo maioritariamente público escolar. Este espetáculo tem sido apresentado na Fábrica Centro



*Ciência Viva de Aveiro (34 espetáculos e cerca 1800 participantes) e em regime de itinerância (16 espetáculos e cerca de 5300 participantes). Neste último caso, a dinamização em escolas, autarquias, empresas, centros de ciência e universidades tem proporcionado atingir públicos que não frequentam centros de ciência ou o centro de ciência de Aveiro em particular.*

## REFERÊNCIAS

- [1] M. Giordan, "O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências," *Química Nova na Escola* 10 (1999) 43-49.
- [2] H.W. Roesky e K. Mockel, "Chemical Curiosities", Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2003.
- [3] H.W. Roesky, "Spectacular Chemical Experiments", Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2007.
- [4] C. Schrempp, "Bangs, Flashes, and Explosions", ExploScience Publications, Alta Loma, California, 2007.
- [5] K. Hutchings, I. Bertin, "Classic Chemistry Experiments", Royal Society of Chemistry, 2000.
- [6] B.Z. Shakhshiri, "Chemical Demonstrations: A Handbook for Teachers of Chemistry", vol. 1 a 4, The University of Wisconsin Press, 1981-1992.
- [7] UoL Department of Chemistry, "Delights of Chemistry". <http://www.chem.leeds.ac.uk/delights/> [visitado em abril 2012]
- [8] EaPSR Council, "Making the Chemical Connection" <http://www.chemicalconnection.org.uk/> [visitado em abril 2012]
- [9] "The Chemistry Outreach Website", <http://boyles.sdsmt.edu/> [visitado em abril 2012]
- [10] G. Rayner-Canham, "Chemistry's Everywhere! Show", <http://www.swgc.mun.ca/chem/Pages/chem-show.aspx> [visitado em abril de 2012]
- [11] A. Arroio, K.M. Honório, K.C. Weber, P. Homem-de-Mello, M.T.D.P. Garnbardella, A.B.E.D. da Silva, "The Chemistry Show: Motivating the Scientific Interest" *Química Nova* 29 (2006) 173-178.
- [12] J.A. Vanin, "Picturing the Chemical Relevance", *J. Chem. Educ.* 68 (1991) 652-54.
- [13] M.D.C. Gialazzi, F.P. Gonçalves, "The Pedagogical Nature of Experimental Activities: Research in a Teaching Credentials Course in Chemistry", *Química Nova* 27 (2004) 326-31.
- [14] M.N. Borges, C.M.R. Ribeiro, D.R. Araripe, E.P. Chacon, L.G.R. Coutinho e D.M. Luz, "Ações de Divulgação de Química na Casa da Descoberta - Centro de Divulgação de Ciência da Universidade Federal Fluminense", *Química Nova* 34 (2011) 1856-1861.
- [15] H.W. Kerby, J. Cantor, M. Weiland, C. Babiarz, A.W. Kerby, "Fusion Science Theater Presents the Amazing Chemical Circus: a New Model of Outreach that uses Theater to Engage Children in Learning", *J. Chem. Educ.* 87 (2010) 1024-1030.
- [16] R. Peleg e A. Baram-Tsbari, "Atom Surprise: using Theatre in Primary Science Education", *J. Sci. Educ. Technol.* 20 (2011) 508-524.
- [17] P. Ribeiro-Claro, B.J. Goodfellow et al, "Química por Tabela" - Espetáculo para Comunicação de Ciência", *Química* 110 (28) 5-9.
- [18] L. Foster e I.J. Grunfest, "Demonstration Experiments using Universal Indicators", *J. Chem. Educ.* 14 (1937) 274-276.
- [19] S.H. Do, B. Batchelor, H.K. Lee e S.H. Kong, "Hydrogen Peroxide Decomposition on Manganese Oxide (Pyrolusite): Kinetics, Intermediates, and Mechanism," *Chemosphere* 75 (2009) 8-12.
- [20] H. Zhou, Y.F. Shen, J.Y. Wang, X. Chen, C. O'Young e S.L. Suib, "Studies of Decomposition of  $H_2O_2$  over Manganese Oxide Octahedral Molecular Sieve Materials," *J. Catal.* 176 (1998) 321-328.
- [21] A.N. Hambly, "A Spontaneous Endothermic Reaction", *J. Chem. Educ.* 46 (1969) A55.
- [22] J. Guémez, C. Fiolhais e M. Fiolhais, "Quantitative Experiments on Saturated Solutions for the Undergraduate Thermodynamics Laboratory", *Eur. J. Phys.*, 26 (2005) 25-31.
- [23] E.K. Bacon, "Miscellaneous Experiments", *J. Chem. Educ.* 25 (1948) 251-252.
- [24] T.S. Briggs and W.C. Rauscher, "An Oscillating Iodine Clock", *J. Chem. Educ.* 50 (1973) 496.
- [25] A.J. Lotka, "Contribution to the Theory of Periodic Reactions", *J. Phys. Chem.* 14 (1910) 271-274.
- [26] M.J. DeGrand, M.L. Abrams, J.L. Jenkins e L.E. Welch, "Gibbs Energy Changes During Cobalt Complexation: a Thermodynamics Experiment for the General Chemistry Laboratory", *J. Chem. Educ.* 88 (2011) 634-636.
- [27] E.H. White, H.H. Kagi, J.H.M. Hill, O. Zafiriou, "Chemiluminescence of Luminol: the Chemical Reaction", *J. Am. Chem. Soc.* 86 (1964). 940-941.
- [28] E.H. White, M.M. Bursey, "Chemiluminescence of Luminol and Related Hydrazides", *J. Am. Chem. Soc.* 86 (1964) 941-942.
- [29] G.M. McKelvy, "Flame Tests That Are Portable, Storable, and Easy To Use", *J. Chem. Educ.* 75 (1998) 55.
- [30] Fornecidos por GJR Pirotecnia e Explosivos S.A. - Penafiel.



O Química por Tabela 2.0 visto por um (muito) jovem artista: "Descobrir a Pólvora - esta experiência foi mega fixe!"



# ChemistryViews

Brought to you by



ChemPubSoc  
Europe



WILEY-VCH

- The best chemistry content
- Exciting news, education, entertainment and multi-media
- Fast track to unique articles and 16 society platforms with the new online magazine



**ChemViews**  
Magazine of ChemPubSoc  
Europe



Spot your favorite  
content at

[www.ChemistryViews.org](http://www.ChemistryViews.org)



WILEY-VCH



ChemPubSoc  
Europe