

- ¹⁸ D.H. Heard and G.V.F. Seaman, *J. Gen. Physiol.*, **43**, 635, (1960).
- ¹⁹ A.E. Beezer and P.B. Sharma, *Microbios*, **31**, 7, (1981).
- ²⁰ D. Bach and D. Chapman, in *Biological Microcalorimetry*, ed. A.E. Beezer, Academic Press, London (1980).
- ²¹ A.E. Beezer, B.Z. Chowdhry, R.D. Newell and H.J.V. Tyrrell, *Analyt. Chem.*, **49**, 1781, (1977).
- ²² A.E. Beezer and P.B. Sharma, *Microbios*, **30**, 139, (1981).
- ²³ C.J. Skipp and H.J.V. Tyrrell, *J. Chem. Soc. Faraday I*, **72**, 1744, (1975).
- ²⁴ H.J.V. Tyrrell and P.J. Watkiss, *J. Chem. Soc. Faraday I*, **75**, 1417, (1979).
- ²⁵ W.B. Park, Ph. D. Thesis, University of London, (1984).
- ²⁶ A.E. Beezer, R.J. Miles, W.B. Park, A.R.W. Smith and A.P.R. Brain, *Microbios*, in press, (1986).
- ²⁷ A.E. Beezer, *Microbios*, **39**, 117, (1984).
- ²⁸ A.E. Beezer, B.Z. Chowdhry, R.F. Cosgrove and P.B. Sharma, *Microbios*, **34**, 71, (1982).
- ²⁹ A.E. Beezer and R.F. Cosgrove, *Microbios*, **36**, 85, (1983).
- ³⁰ A.E. Beezer and P.B. Sharma, *Microbios*, **37**, 197, (1983).
- ³¹ P.W. Atkins, *Physical Chemistry*, 3rd. edn., Oxford university Press, (1986).
- ³² E. Tomlinson, *Int. J. Pharm.*, **13**, 115, (1983).

EDUCAÇÃO

EXPERIÊNCIAS E ANALOGIAS SIMPLES PARA O ENSINO DE CONCEITOS EM QUÍMICA. II – RENDIMENTO DE PROCESSOS FÍSICOS E QUÍMICOS

Romeu C. Rocha-Filho

*Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos;
C.P. 676; 13560 – São Carlos (SP)*

Recebido em 21/12/85

ABSTRACT

Simple Experiments and Analogies for the Teaching of Concepts in Chemistry. II – Yields of Physical and Chemical Processes.

The clear perception of the physical meaning of theoretical, actual and percentage yields of chemical reactions or of physical processes is not always easy for high-school students and also for first-year college students. Thus, an analogy between yields and election results is presented; this analogy has been found to facilitate much the understanding of the different yield concepts. The analogy is versatile and perennial, since it may be employed with the freshest election results of greater interest to the students.

Ao nível do ensino universitário de Química Geral, ao se introduzir o conceito de rendimento de uma reação, nota-se que grande parte dos alunos ficam perdidos, sem entender o significado físico do novo conceito introduzido. Esta dificuldade é agravada se este conceito for utilizado juntamente com o de reagente limitante; dificuldades com cálculos estequiométricos envolvendo este último conceito foram recentemente mencionadas por Kalantar¹, o qual relata um procedimento que facilita a sua sobrepujança. Estas dificuldades também são notadas, num grau mais exacerbado, no 2º Grau.

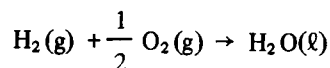
Ainda ao nível de Química Geral Universitária, porém experimental, também notou-se recentemente grande dificuldade por parte de muitos alunos para entender o conceito de rendimento percentual de um processo físico, especi-

ficamente um processo de recristalização de um composto orgânico.

Reações químicas nem sempre ocorrem dando produtos como esperado com base em suas estequiometrias. Às vezes, somente uma fração dos reagentes reage, e outras vezes, embora a reação ocorra, uma fração dos produtos obtidos é de produtos secundários devido a reações competitivas. Assim, o *rendimento real* de um produto desejado pode ser bem menor que o seu *rendimento teórico*. Do mesmo modo, a qualquer processo físico (recristalização, destilação etc.) também pode ser associado um rendimento teórico e um rendimento real.

Cabe definir o que aqui se entende pelos diversos tipos de rendimento. Assim:

RENDIMENTO TEÓRICO: corresponde à massa ou quantidade de matéria de um produto que seria obtida a partir de uma massa ou quantidade de matéria de reagente se a reação fosse única e ocorresse totalmente; seu cálculo é feito considerando a estequiometria da reação e a presença de eventuais reagentes limitantes (não se leva em conta um possível equilíbrio químico, isto é, considera-se que a constante de equilíbrio da reação é infinita). Por *exemplo*, para a reação



ao se fazer reagir 2,0 g de hidrogênio com 20,0 g de oxigênio, o rendimento teórico em água é 18,0 g (note-se que o hidrogênio é reagente limitante).

RENDIMENTO REAL: corresponde à massa ou quantidade de matéria de um produto que foi efetivamente obtida. Neste caso, pode-se distinguir rendimento real da reação (medido diretamente através de algum método físico) do rendimento real de produto isolado (determinado após o processo de isolamento e purificação do(s) produto(s) desejado(s)). Por exemplo, suponha-se que, a partir do volume de água obtido na reação acima citada, concluiu-se (através da densidade) que se obteve 15,3 g de água como produto da reação. Estes 15,3 g correspondem ao rendimento real da reação.

RENDIMENTO PERCENTUAL: corresponde a expressar o rendimento real como uma percentagem do rendimento teórico, isto é, dá uma idéia da fração do rendimento teórico obtida como rendimento real. No exemplo citado, este seria:

$$\begin{aligned} \text{Rendimento \%} &= \frac{\text{Rendimento Real}}{\text{Rendimento Teórico}} \times 100\% = \\ &= \frac{15,3 \text{ g}}{18,0 \text{ g}} \times 100\% = 85,0\% \end{aligned}$$

Por acreditar-se que a dificuldade com este conceito de rendimento é bastante generalizada entre alunos, e considerando que ele já é apresentado no 2º Grau, relata-se aqui uma analogia simples (dentro de filosofia já exposta anteriormente²) entre processos químicos ou físicos e processos eleitorais — eleições, quaisquer que sejam — a qual permite uma fácil apreensão destes conceitos de rendimento teórico, rendimento real e rendimento percentual.

RENDIMENTO TEÓRICO

Inicialmente, estabelece-se uma analogia entre o *rendimento teórico* de um processo e o eleitorado de uma eleição. O eleitorado representa o número máximo de votos que pode ser depositado nas urnas, o que é análogo ao número máximo de partículas de uma substância produto obtível numa reação (processo químico) ou, por exemplo, à massa inicial em um processo de recristalização (processo físico) — o rendimento teórico. Assim, como ilustração, os dados contidos na Tabela 1 mostram que nas eleições municipais da cidade de São Paulo de novembro de 1985, o “rendimento teórico” era de 4.843.368 eleitores.

TABELA 1

Resultados das eleições para a Prefeitura da Cidade de São Paulo*, novembro de 1985.

Eleitorado:	4.843.368 eleitores
Comparecimento do eleitorado:	4.190.041 eleitores
Jânio Quadros (PTB):	1.572.454 votos
Fernando Henrique Cardoso (PMDB):	1.431.300 votos
Eduardo Matarazzo Suplicy (PT):	827.563 votos
outros candidatos:	166.824 votos
votos brancos:	37.582 votos
votos nulos:	154.318 votos

*Dados da ref. 3.

RENDIMENTO REAL E RENDIMENTO PERCENTUAL

A seguir, pode-se estabelecer uma analogia entre *rendimento real* de um processo e o comparecimento do eleitorado. Assim, à guisa de ilustração, os dados contidos na Tabela 1 mostram que o “rendimento real” das eleições municipais da cidade de São Paulo em novembro de 1985 foi de 4.190.041 eleitores. Nesta altura, o conceito de *rendimento percentual* pode ser imediata e facilmente apresentado; portanto, como ilustração, usando-se os dados contidos na Tabela 1, pode-se calcular o “rendimento percentual” das eleições municipais da cidade de São Paulo em novembro de 1985 como igual a 86,5%.

ANALOGIAS ADICIONAIS

As analogias já apresentadas para rendimento real e rendimento percentual consideram como processo análogo o simples comparecimento do eleitor para votar, isto é, o “produto” do processo é simplesmente este comparecimento. Entretanto, a analogia pode ser estendida para o caso de diferentes produtos específicos desejados. Assim, à guisa de ilustração, os dados contidos na Tabela 1 mostram que os “rendimentos reais” em votos para Jânio Quadros, Fernando Henrique Cardoso e Eduardo Matarazzo Suplicy foram, respectivamente, 1.572.454, 1.431.300 e 827.563 votos; estes “rendimentos reais” se traduzem nos seguintes “rendimentos percentuais”: 32,5%, 29,6% e 17,1%, respectivamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cabe destacar que, no caso de reações químicas, esta analogia é deficiente, no sentido de que não consegue efetivamente abarcar totalmente os diferentes fenômenos químicos. Isto porque ela só consegue ser efetivamente análoga a reações químicas cuja estequiometria é 1 para 1, isto é, reações em que os coeficientes estequiométricos da equação química balanceada que a representa são todos unitários.

Por outro lado, esta analogia tem uma característica importante: a sua grande versatilidade. Em primeiro lugar, ela pode ser adaptada ao processo eleitoral que mais de perto interessa aos alunos, sejam eleições da entidade estudantil de sua escola, eleições municipais, estaduais etc. Recentemente, ela foi aplicada⁴ ao caso das eleições presidenciais americanas de 1980 e 1984. Em segundo lugar, esta analogia é perene, jamais perdendo sua atualidade, pois pode ser utilizada sempre com processos eleitorais o mais recente possíveis.

Finalmente, apesar da leve deficiência acima apontada, cabe ressaltar que, pela experiência acumulada pelo seu uso, trata-se de uma analogia bastante útil, a qual facilita muito a apreensão pelos alunos dos conceitos de rendimento teórico, real e percentual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ A.H. Kalantar – “Limiting reagent problems made simple for students”. *J. Chem. Educ.*, 62, 106 (1985).
² D.R. Hartwig, R.C. Rocha-Filho & R. Rodrigues – “Ex-

periências e analogias simples para o ensino de conceitos em Química. I – Pressão de vapor de líquidos”. *Química Nova*, 5, 60 (1982).

³ *Folha de S. Paulo*, 18 de novembro 1985, p. 04.

⁴ R.C. Rocha-Filho – “Election results and reactions yields”. *J. Chem. Educ.*, no prelo.

NOTA TÉCNICA

UMA MESA COM ELEVAÇÃO MOTORIZADA DE FÁCIL CONSTRUÇÃO

David E. Nicodem, Marcilio Mariano de Carvalho, Cidnei Vieira de Souza e Domingos Amado de Lima

Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro; Cx. Postal 1573; Ilha do Fundão, CT, Bloco A. 21941 – Rio de Janeiro (RJ)

Recebido em 20/12/85

Mesas de altura ajustável como macacos “Big Jack” por exemplo, são equipamentos de uso comum nos laboratórios químicos, onde normalmente são usados para apoio e regulagem de altura dos equipamentos.

Em nosso laboratório usamos um processo de degasamento de amostras que consiste, basicamente, de congelar em nitrogênio líquido amostras em ampolas, quando então são degasadas pela aplicação de vácuo, descongeladas e novamente submetidas a vácuo. Este processo é repetido várias vezes.

Para conter o nitrogênio usado durante o congelamento usamos um vaso tipo dewar. Este vaso cheio de nitrogênio é erguido e baixado para congelar e descongelar as ampolas pois estas ficam a uma altura fixa.

Como parte de um projeto de automatização do processo acima construímos uma mesa motorizada onde colocamos o dewar com nitrogênio, esta mesa é controlada por um microcomputador como aliás, todo o sistema; como válvula de alto vácuo, manômetro, tempos de descongelamento etc.

Portanto queremos comunicar a construção desta mesa motorizada que é facilmente controlada, permitindo inclusive acionamento por controle remoto, e que suporta cargas superiores a 50 kg com facilidade. A mesa foi construída em nossa oficina mecânica usando exclusivamente material de fácil obtenção no mercado nacional. A corrente e anéis dentados que utilizamos são de bicicleta comum, o motor é o de acionamento da janela do carro Del-Rey e os mancais são da marca SRF. As outras partes foram feitas com material de nosso estoque, basicamente chapa de alumínio e hastes de latão de diversos diâmetros.

Conforme pode ser visto pela Fig. 1, a estrutura básica consiste de uma base de alumínio com três hastes tipo sem-fim de 47 cm cada com 4,5 fios por cm e 5/8” de diâmetro. Todas fixas na base, na parte inferior da plataforma móvel também de alumínio fica fixo o motor e os 3 blocos onde se encaixam os mancais e anéis dentados.

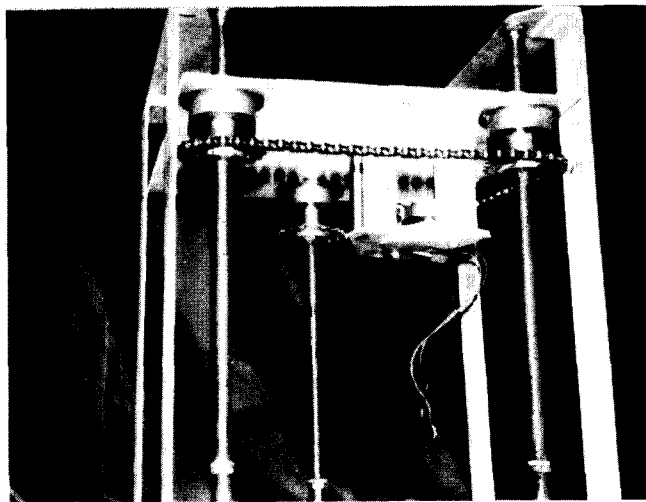


Fig. 1

Os três mancais são rodados simultaneamente por um sistema de engrenagem e corrente ligadas ao motor, este sistema faz girar a parte de dentro dos mancais (Fig. 2) que estão diretamente ligadas as hastes sem fim forçando toda a plataforma a subir ou descer de acordo com o sentido de rotação do motor.

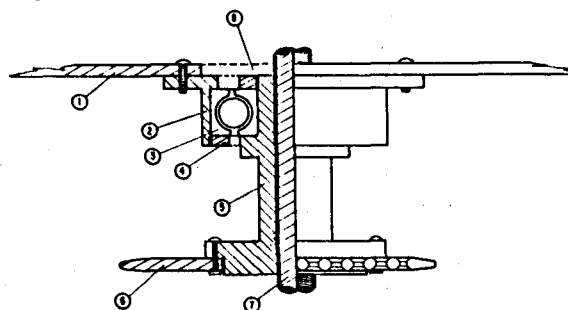


Fig. 2. 1 – Plataforma Móvel; 2 – Suporte Externo do Rolimã; 3 – Rolimã; 4 – Trava Inferior do Rolimã; 5 – Suporte Interno do Rolimã; 6 – Anel Dentado; 7 – Eixo Sem-Fim; 8 – Trava Superior do Rolimã.