

A História da Ciência no Ensino de Química: o ensino e aprendizagem do tema cinética química

Simone Alves de Assis Martorano

Miriam Possar do Carmo

Maria Eunice Ribeiro Marcondes

Resumo

Nesse trabalho procurou-se apresentar e discutir uma abordagem diferenciada do tema cinética química, tendo-se como orientação o desenvolvimento histórico desse tema permitindo, assim, uma melhor compreensão do contexto no qual esses conceitos foram desenvolvidos. Também são discutidos aspectos didáticos relacionados ao tema cinética química como, por exemplo, as dificuldades no ensino e aprendizagem desse tema no ensino médio.

Palavras-chave: *Cinética Química, História da Química, Ensino Médio.*

Abstract

In this paper we tried to present and discuss a different approach the subject chemical kinetics, taking as guidance the historical development of this subject thus allowing a better understanding of the context in which these concepts were developed. Also discussed are didactic aspects related to the subject chemical kinetics, for example, the difficulties in teaching and learning this subject in the high school.

Keywords: *Chemical Kinetics, History of Chemistry, High school.*

INTRODUÇÃO

Comumente os professores de química, do ensino médio, consideram que seus alunos não conseguem aprender determinados conceitos químicos porque consideram que eles iniciam o ensino médio com muitas falhas e lacunas de aprendizagem, como, por exemplo, dificuldades em interpretar gráficos, tabelas, dados experimentais, enunciados e exercícios.¹

Trabalho apresentado na modalidade Comunicação Oral na IV Jornada de História da Ciência e Ensino: propostas, tendências e construção de interfaces, realizada de 4 a 6 de julho de 2013, São Paulo, Brasil.

¹ G. Cakmakci, J. Donnelly, & J. Leach, "A cross-sectional study of the understanding of the relationships between concentration and reaction rate among Turkish secondary and undergraduate students," in *Research and the Quality of Science Education*, ed. K. Boersma, O. de Jong, H. Eijkelhof, & M. Goedhart (Dordrecht: Springer, 2005): 483-497; R. Justi & R. M. Ruas, "Aprendizagem de química: reprodução de pedaços isolados de conhecimento?," *Química Nova na Escola*, nº 5, (1997):24-27; Jan H. van Driel, "Students' corpuscular conceptions in the context of

Atualmente, no ensino médio, o tema cinética química tem sido apontado pelos professores como sendo de difícil abordagem por causa do caráter tanto empírico como abstrato deste tema. A compreensão da velocidade de uma reação química envolve a interpretação de dados experimentais e o entendimento do caráter dinâmico das partículas. Assim, o aluno tem de transitar entre o mundo macroscópico e o submicroscópico, o que exige um entendimento mais complexo da natureza da matéria.²

O conhecimento do tema cinética química é importante, pois possibilita ao aluno o entendimento de diversos processos que estão presentes em seu cotidiano como, por exemplo, a conservação de alimentos, o uso de catalisadores nos veículos em nossas indústrias, entre outros; contudo, percebe-se que somente essas justificativas para o aprendizado de cinética química não têm sido suficientes para que os professores superem as dificuldades no seu ensino.

Os estudantes podem ter a oportunidade de observar, em seu cotidiano, ou no ambiente escolar, reações químicas que são rápidas ou que são muito lentas, como por exemplo, a queima de uma vela (reação de combustão), que é muito rápida, ocorre em segundos, ou a formação ferrugem em um prego (óxido-redução), que é um processo mais lento. Contudo, a ideia de que a velocidade de uma reação química corresponde à variação de concentração de reagentes (ou produtos) por unidade de tempo não é uma ideia espontânea, ou seja, não se consegue chegar a esse conhecimento apenas pela observação de um dado fenômeno.

Acredita-se, neste trabalho, que a História da Química pode então ajudar a superar algumas das dificuldades encontradas no entendimento e no ensino de cinética química. Segundo Porto, o estudo e discussão de episódios históricos podem propiciar aos estudantes a superação de visões

chemical equilibrium and chemical kinetics," *Chemistry Education: Research and Practice in Europe* 3, nº 2 (2002):201-213.

² A. A. S. Martorano, "A transição progressiva dos modelos de ensino sobre cinética química a partir do desenvolvimento histórico do tema" (tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2012).

inadequadas sobre a natureza do conhecimento científico como, por exemplo, a ideia de que existe um único “método científico”.³

Como poderá ser observado no estudo de Ludwig Ferdinand Wilhelmy (1812-1864), que será apresentado a seguir, o conceito de velocidade de uma reação foi construído a partir de hipóteses elaboradas por esse cientista, onde a matemática e os novos equipamentos disponíveis, no caso desse estudo o polarímetro, tornaram possível a construção desse conceito.

A escolha desse estudo foi feita levando-se em consideração a grande dificuldade que os estudantes do ensino médio possuem em relação ao entendimento do conceito de velocidade de uma reação química, principalmente na interpretação dos dados experimentais, ou seja, na interpretação e entendimento do fenômeno. No ensino de cinética química, o desenvolvimento de habilidades relacionadas à leitura de tabelas e elaboração de gráficos é essencial para que o aluno possa interpretar os diferentes dados cinéticos, que são obtidos experimentalmente, para poder entender, por exemplo, o efeito da variação da concentração na velocidade de uma reação química.

Cakmakci, Leach e Donnelly apontam que pesquisas em outras áreas das ciências mostram que os estudantes possuem dificuldades em explicitar seu entendimento com e através de diferentes formas de representação, por exemplo, transformar uma equação química em seu respectivo gráfico. Isso ocorre porque, segundo os autores, o entendimento sobre a estrutura da cinética química é complexo, pois envolve duas linhas distintas, mas complementares de desenvolvimento, o “empírico” e o “teórico”. Os autores mostram a relação entre o fenômeno químico teórico/empírico na figura 1.⁴

³ P. A. Porto, “História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: Em busca dos objetivos educacionais da atualidade,” *Ensino de química em foco* (2010): 160-180.

⁴ G. Cakmakci, J. Donnelly, & J. Leach, “A cross-sectional study of the understanding of the relationships between concentration and reaction rate among Turkish secondary and undergraduate students,” in *Research and the Quality of Science Education*, ed. K. Boersma, O. de Jong, H. Eijkelhof, & M. Goedhart. (Dordrecht: Springer, 2005): 483-497.

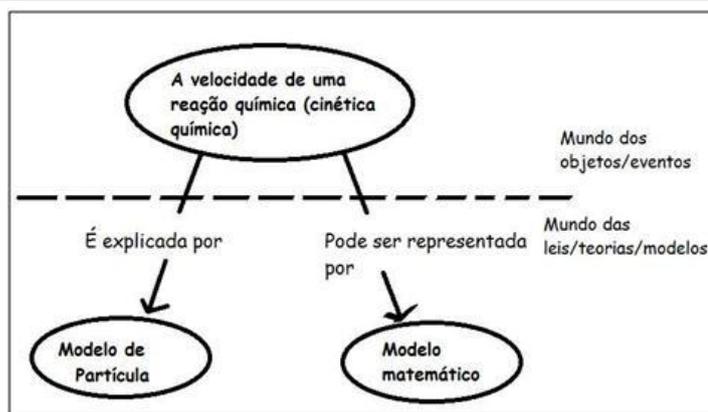


Figura 1. Figura adaptada de: A relação entre o fenômeno químico e as teorias/modelos⁵.

Assim, de acordo com o esquema da figura 1, a cinética química pode ser explicada pelo modelo de partícula e, também, pode ser representada/quantificada em termos de modelagem matemática.

Contudo, os autores apontam em seu estudo, sobre o entendimento da representação gráfica da velocidade de uma reação química, que muitos estudantes apresentam dificuldades em encontrar uma explicação satisfatória para um fenômeno ou evento. Muitos deles, particularmente os do ensino médio, inspiram-se em um modelo macroscópico para explicar os fenômenos. Enquanto o modelo macroscópico diz pouco sobre a natureza da velocidade da reação e é essencialmente descritivo, os modelos de partículas e matemáticos permitem que muito mais seja explicado, quantificado e predito. Contudo, os modelos de partículas e matemáticos não são frequentemente usados pelos estudantes e, na maioria dos casos, quando usados não estão de forma efetiva e apropriadamente em concordância com o aceito no currículo de química.⁶

Isso, segundo os autores, não é surpreendente, o ensino geralmente não proporciona aos alunos oportunidades para se mover através de representação verbal, matemática e simbólica na química. Uma

⁵ Ibid.

⁶ Ibid.

recomendação possível para a reestruturação do ensino seria apoiar o aluno no uso de diversas representações alternadamente.⁷

Acredita-se, neste trabalho, que ao entender como um determinado conceito foi construído, o aluno, especialmente no ensino médio, poderá compreender o conceito de velocidade, como também interpretar dados experimentais do estudo cinético de uma reação química. Para alcançar esse objetivo apresenta-se, a seguir, um texto sobre o desenvolvimento do conceito de velocidade de uma reação. O texto foi elaborado, por uma das autoras desse trabalho, a partir de pesquisas de historiadores da ciência e artigos originais dos cientistas que estiveram envolvidos no estudo da cinética química.

Segundo Duarte e Domingues, o documento histórico ou um fragmento deste, além de trazer à tona um assunto específico, que se deseja discutir com os alunos, fornece também uma série de dados que contribuem para a compreensão de uma ampla conjuntura, na qual o estágio das ciências e, sobretudo a sua prática, pode ser relacionado a certas tendências culturais, ou pressões das mais variadas naturezas.⁸

Portanto, procurou-se, na elaboração do texto, indicar qual o problema que o cientista estava investigando, quais as razões para escolher uma determinada linha de trabalho e não outra, como também identificar, quando necessário, o contexto histórico em que um determinado conhecimento científico foi desenvolvido.

O TRABALHO DE LUDWIG FERDINAND WILHELMY (1812-1864) SOBRE A VELOCIDADE DA REAÇÃO DA INVERSÃO DA SACAROSE: O INÍCIO DO ESTUDO QUANTITATIVO DA VELOCIDADE DE UMA REAÇÃO QUÍMICA.

A ideia de que as reações químicas ocorrem em diferentes velocidades já estava presente em estudos que foram realizados em diferentes épocas. Por exemplo:

⁷ Ibid.

⁸ A. M. Domingues & M. C. Duarte, "A história da ciência no ensino básico: uma intervenção pedagógica no tema 'origem da vida'," *Boletín das ciências*, nº 66 (2008): 127-128.

- Séculos XVIII e XIX: O estudo da reatividade química entre ácidos – bases e metais e ácidos;
- A ideia de Homberg em 1700: de que uma vez encontrada a força de uma base por um ácido, o tempo necessário para que o ácido absorvesse a base poderia ser estabelecido, portanto já se relacionava o poder dos ácidos com a rapidez de suas atividades sobre os corpos estudados;
- Os trabalhos de reatividade química de C. F. Wenzel (1740-1793) e L. J. Thernard (1771-1857): questionaram a respeito da rapidez com que os metais reagem com os ácidos e na decomposição do peróxido de hidrogênio.

Contudo, segundo Laidler, até 1900 a cinética química era quase que inteiramente um assunto empírico, havia pequeno entendimento sobre como a velocidade de uma reação química poderia ser interpretada em termos de movimentos moleculares.⁹

Quais eram as ideias sobre as reações químicas que eram discutidas nesse período de tempo, o enfoque dessas discussões estaria no entendimento submicroscópico da velocidade das reações? Na metade do século XIX já se tinha o conhecimento do modelo para a estrutura da matéria proposto por John Dalton (1808); contudo, pode-se notar que nesses estudos iniciais, sobre a cinética química, não estavam presentes discussões sobre esse modelo. Segundo Oki:

Durante o século XIX, a ideia de átomo foi considerada por grande parte da comunidade científica como uma hipótese fundamental para uma interpretação quantitativa de dados empíricos, mesmo existindo dúvidas e especulações sobre a realidade dos átomos que, em parte eram de ordem filosófica. O grande desafio a ser enfrentado pelos atomistas para tornar a hipótese atômica

⁹ K. J. Laidler, "The World of Physical Chemistry," *Oxford Univ. Press* (1993):233-283.

amplamente aceitável era concretizar a necessária articulação entre as dimensões macroscópica e submicroscópica.¹⁰

A hipótese atômica de Dalton não era aceita pela maior parte dos físico-químicos dessa época, pois, para estes cientistas, o conhecimento científico verdadeiro era aquele que somente poderia ser provado e confirmado pela experimentação.¹¹

Dentro desse contexto, no século dezenove, muitos estudos experimentais foram realizados, nos quais se observou que alguns fatores, como a concentração dos reagentes, podia influenciar a velocidade de uma reação, mas foi somente em 1850, quando o físico-químico alemão Ludwig Ferdinand Wilhelmy (1812-1864) estudou a velocidade da inversão da sacarose, é que a cinética química foi reconhecida como um campo de estudo da química.¹²

No início do artigo, de 1850, encontra-se o objetivo do estudo de Wilhelmy:

Sabe-se que a ação de ácidos na cana-de-açúcar, faz girar o plano da luz polarizada que passa através da sua solução para a direita, converte esse em açúcar de fruta, o qual roda o plano para a esquerda. Desde agora, com a ajuda de um aparelho de polarização, a placa Soleil dupla, leituras dessa mudança podem ser feitas com grande facilidade em um instante, pareceu-me a oferecer a possibilidade de encontrar as leis do processo que estão discutindo. No entanto, este é, certamente, somente um membro de uma grande série de fenômenos que seguem todas as leis gerais da natureza.¹³

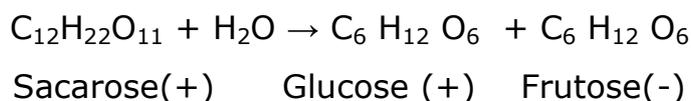
¹⁰ M. Oki, "Controvérsias sobre o atomismo no século XIX," *Química Nova* 32, nº 4 (2009): 1072-1082.

¹¹ Laidler.

¹² Ibid.

¹³ Ludwig F. Wilhelmy, "The Law By Which the Action of Acids on Cane Sugar Occurs," *Excerpt from Poggendorf's Annalen der Physik und Chemie* 81 (1850): 413-433, 499-526, <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k15166k/f427.table> (acessado em junho de 2013).

A reação química, estudada por ele, pode ser representada por:



Nessa reação, a sacarose em presença de um ácido sofre hidrólise formando frutose e glicose. O curso da reação pode ser seguido facilmente, e com grande exatidão, com o uso de um polarímetro, pois a sacarose desvia para a direita o plano de polarização da luz, enquanto que a frutose é levogira, isto é, desvia o plano da luz polarizada para a esquerda.

A escolha dessa reação, para o estudo de Wilhelmy, pode ser devido a dois motivos. O primeiro pode estar relacionado a uma característica da reação da inversão da sacarose: essa reação é muito lenta, o que facilitaria o seu estudo. O segundo motivo seria em relação ao equipamento experimental que estaria disponível na época, no caso desse estudo, o polarímetro.

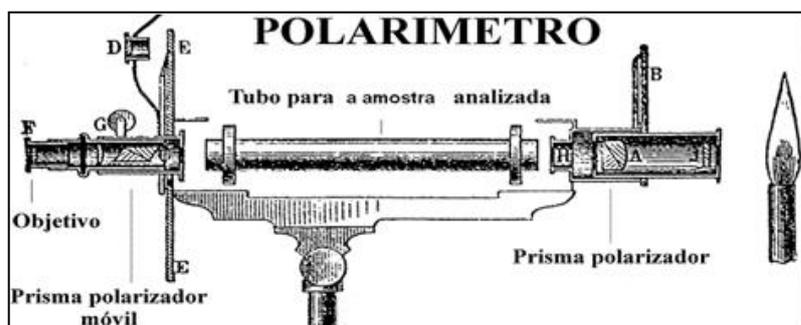


Figura 2. Representação de um polarímetro.¹⁴

Segundo Bagatin et alii, o desenvolvimento técnico e comercial do polarímetro ocorreu de modo simultâneo na França e na Alemanha. O instrumento mostrou ser um excelente aliado na análise de açúcares, em especial quando, mais tarde em 1860, o governo da Prússia resolveu taxar e controlar a qualidade do açúcar refinado. Essa taxaçoão foi rapidamente

¹⁴ Universitat de València, "Instrumentos científicos utilizados em química," <http://www.uv.es/~bertomeu/material/museo/polarim.html> (acesso em junho de 2013).

adotada por outros países, elevando a importância estratégica da boa qualidade das análises. Portanto, foi muito grande a aceitação desse novo instrumento para estudos científicos dessa época.¹⁵

O método de seguir o curso de uma reação química mediante uma medida óptica muito sensível se fundamenta na hipótese de que o giro do plano de polarização é proporcional à concentração do açúcar em solução. Esse fato já era de conhecimento de Wilhelmy, portanto, antes de realizar seus experimentos ele propôs uma equação matemática¹⁶ que relacionava a concentração do açúcar produzido com a rotação do plano de luz.

Um esquema representando o funcionamento do polarímetro pode se observado na figura 3.

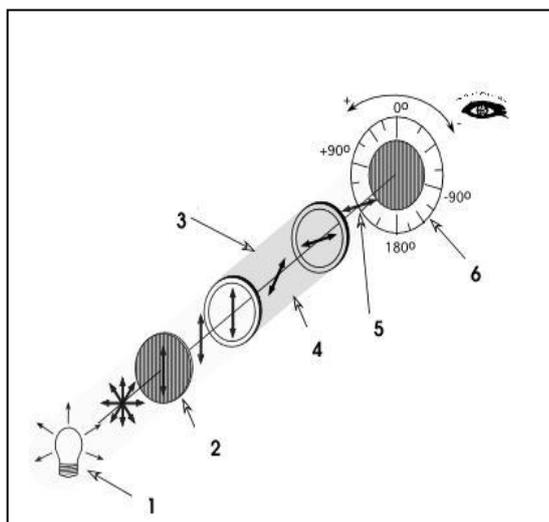


Figura 3. Representação do funcionamento de um polarímetro. A medição da chamada "atividade ótica" é feita em um aparelho chamado "polarímetro", usado para moléculas em solução. O aparelho é formado por uma fonte de luz (1), um filtro polarizador fixo (2), um tubo (3) contendo a amostra (4) e um filtro polarizador para análise (6), que ao ser girado registra o sentido levógiro (-) ou dextrógiro (+) e o ângulo em graus (de 0 a 180). Observe na figura o desvio do plano ao sair a luz do compartimento da amostra (5).¹⁷

¹⁵ O. Bagatin, F. I. Simplício, S. M. O. Santin, & O. Santin Filho, "Rotação da luz polarizada: Abordagem histórica com proposta experimental," *Química nova na escola*, nº 21 (mai. 2005): 34-38.

¹⁶ Equação que relacionava a concentração do açúcar inicial (Z_0) com a rotação (D): $Z = Z_0 - (Z_0 - D)/(1 + \mu)$, onde μ é o coeficiente de inversão calculado para o açúcar. Assim, ele ia calculando o valor da quantidade de açúcar convertido.

¹⁷ "O polarímetro," *Bioquímica na Rede*, nº 2 (abr. 2003), <http://www.qca.ibilce.unesp.br/BNR/BNR02-2003.html> (acessado em junho de 2013).

Após elaborar uma segunda equação matemática¹⁸, a partir dos dados que ele obteve com o polarímetro, ele planejou e executou uma série de experimentos com a finalidade de estudar a influência de alguns fatores na velocidade dessa reação química, como, por exemplo, a influência do tempo. A sua hipótese inicial era que: "A quantidade de açúcar invertido por unidade de tempo é proporcional à quantidade de açúcar que continua sem ser invertido na solução"¹⁹, ou seja, ele acreditava que deveria existir uma relação entre o açúcar que era produzido e a quantidade de açúcar inicial. Atualmente, entendemos que a lei de velocidade de uma determinada reação química, a uma determinada temperatura, pode ser definida como a variação da concentração, tanto dos reagentes como dos produtos, em função do tempo²⁰.

É importante ressaltar que Wilhelmy estava suficientemente interessado em realizar não só os experimentos, necessários para confirmar ou não a sua hipótese, mas também estava interessado na especial tarefa de elaborar uma "lei" que poderia ser usada para prever a quantidade de açúcar convertido por unidade de tempo, conforme citou Ostwald na sua leitura do prêmio Nobel (fazendo referência ao estudo experimental da inversão da sacarose):

[]...Biot, que, como um físico, foi mais prontamente inclinado do que todos os químicos de sua época (Wilhelmy também era um físico) para considerar o fenômeno observado como um processo transitório e sistemático, também salientou a importância de uma investigação mais aprofundada destes fenômenos. No entanto, apenas Wilhelmy era suficientemente interessado para realizar não

¹⁸ Segunda equação: $-dZ/dT = MZS$ onde M, é o coeficiente de inversão, T:tempo, Z:quantidade de açúcar convertido e S: quantidade de ácido.

¹⁹ Wilhelmy, 6.

²⁰ Equação diferencial: $(v = \frac{dC}{dt})$, onde v: velocidade; dC: variação da concentração; dt:variação do tempo.

só as experiências necessárias, mas em particular também a tarefa fundamental da formulação de conceitos.²¹

Em seu estudo, Wilhelmy esperava estabelecer uma relação que descrevesse o comportamento da reação de um ácido com um determinado açúcar em diferentes concentrações desses dois reagentes. Seu estudo experimental está dividido em duas etapas: na primeira, procurou estudar a influência do tempo na velocidade da reação de hidrólise da sacarose; na segunda etapa, estudou a influência da quantidade de açúcar na velocidade dessa reação. A seguir, será apresentada, resumidamente, a descrição de cada etapa.

A influência do tempo:

Nesse experimento (tab.1), ele acompanhou a reação da inversão da sacarose, em meio ácido, durante um dia inteiro. Enquanto a reação ocorria no recipiente de amostra do polarímetro, ia anotando os valores de rotação da luz e, a partir de sua equação, conseguia relacionar essa rotação com a concentração do açúcar inicial:

[...]Uma mistura de uma solução de açúcar de 10 gramas ($^{\circ}$ de rotação, 8) e 2 gramas de ácido nítrico (densidade 1,2042) foi colocada no aparelho (comprimento do tubo de 150 milímetros, o conteúdo de água destilada 13,850 miligramas, a 15°C), e o decurso da reação foi observada por um dia. As leituras deram os valores de rotação que se seguem, e verificou-se que a temperatura do ambiente do líquido no início do estudo foi de $15^{\circ}, 5$. Este subiu ligeiramente em 1h 30', atingiu um máximo de 18°C , e depois, no final do estudo diminuiu lentamente para $14, 5^{\circ}\text{C}$.²²

²¹ Nobelprize.org, "The Nobel Prize in Chemistry 1909: Wilhelm Ostwald, Nobel Prizes and Laureates, http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1909/ostwald-lecture.html (acessado em novembro de 2009).

²² Wilhelmy, 6.

Tabela 1. Tabela adaptada do extrato do artigo de Wilhelmy em que estuda a influência do tempo na velocidade da hidrólise da sacarose.²³

Tempo	Rotação	Temperatura (°C)
	46°,75 antes da mistura	
8h	Misturando ácido com a solução de açúcar	
8h 15'	+ 43°,75	15,5
8h 30'	+ 41°	
8h 45'	+ 38°,25	
9h	+ 35°,75	
9h 15'	+ 33°,25	
9h 30'	+ 30°,75	
9h 45'	+ 28°,55	
10h	+ 26°	
10h 30'	+ 22°	
11h	+ 18°,25	
11h 30'	+ 15°	
12h	+ 11°,5	
12h 30'	+ 8°,25	
1h 30'	+ 2°,75	18
2h 30'	- 1°,75	16
3h 30'	- 4°,5	
4h 30'	- 7°	15
5h 30'	- 8°,75	
6h 30'	- 10°	14,5

Comparando-se a mudança de rotação nas primeiras horas do experimento com as horas finais, percebe-se que o valor da variação na rotação vai ficando cada vez menor; isso se deve à diminuição da concentração de reagente durante o tempo que ocorre a reação.

Wilhelmy, comparando os valores obtidos a partir de seus cálculos com os dados experimentais, chegou à conclusão de que a quantidade de açúcar convertido, em um determinado período de tempo, era proporcional à quantidade de açúcar que não era convertido, confirmando, assim, a sua hipótese inicial.

²³ Ibid.

Enquanto acompanhava o curso dessa reação, também pôde notar que a temperatura poderia ter influência na quantidade de produto formado. Porém, reconheceu que esse fato, por sua aparente importância, merecia um estudo independente; portanto, essa influência não foi estudada por ele naquele momento: *O pequeno desvio da proporcionalidade é explicado pelas irregularidades de temperatura, ao qual voltarei mais tarde.*

A influência da quantidade de açúcar:

No experimento anterior, Wilhelmy analisando seus dados chegou à seguinte conclusão:

[]... O coeficiente M^{24} . é independente da quantidade de açúcar, isto aparece na série de observações que foram anotadas.²⁵

Ele, então, resolveu calcular M (coeficiente de inversão) para cada intervalo de tempo da reação da inversão da sacarose para poder verificar, realmente, se essa sua observação estava correta (tab.2).

Tabela 2. Tabela adaptada do extrato do artigo de Wilhelmy m que estuda a influência da quantidade de açúcar na velocidade da hidrólise da sacarose²⁶.

Nota: M: coeficiente de inversão; t: temperatura em grau Celsius.

M	t (°C)
M=0,0204467* 1/5	(t= 15,5)
M=0,0197215"	
M=0,0204460"	
M=0,0195529"	
M=0,0204748"	
M=0,0214880"	
M=0,0226069"	
M=0,0213903"	

²⁴ Equação matemática usada por Wilhelmy para calcular o valor de M: $M = \log \left[\frac{Z_0 - \log Z}{T \times 1/5} \right]$ onde Z_0 é a concentração inicial de açúcar, Z é a concentração de açúcar produzido e T é o tempo.

²⁵ Wilhelmy, 6.

²⁶ Ibid.

M=0,0210030"	
M=0,020667"	
M=0,0241737"	
M=0,0240091"	
M=0,0252094"	t= 15,5 (máxima temperatura)
M=0,0244242"	
M=0,0192418"	
M=0,0210170"	
M=0,0175614"	
M=0,0142906"	t= 14,5

A partir desses cálculos (tab.2), Wilhelmy escreveu:

[...]Podemos observar que a ligeira irregularidade no valor de M corresponde à temperatura, assim M permanece constante, enquanto a quantidade de açúcar no líquido caiu de 46,75 para 6,23.²⁷

O fato de M permanecer constante chamou muita atenção de Wilhelmy; então, para entender a independência do valor de M da quantidade inicial de açúcar, resolveu elaborar um estudo especial. Nesse estudo, realizou uma série de experimentos, simultaneamente, mantendo constante a temperatura, a quantidade de ácido nítrico (S) e de água (W), variando somente a quantidade inicial de açúcar (Z_0). As condições de execução e os resultados desses experimentos podem ser visualizados na tabela 3.

Analisando-se os dados da tabela 3, pode-se observar que, diminuindo-se a concentração inicial de açúcar (Z_0), e mantendo-se constantes as outras variáveis, o valor da rotação muda; contudo, o valor do coeficiente M (calculado por Wilhelmy para cada experimento) permaneceu praticamente o mesmo. Portanto, pôde concluir que o valor dessa constante M não sofria influência da concentração inicial de açúcar, mas somente da temperatura.

²⁷ Ibid.

Tabela 3. Tabela adaptada do extrato do artigo de Wilhelmy em que estuda a independência do valor de M da quantidade de açúcar²⁸.

Z ₀	HNO ₃ (S)	W	T	D	M
450	0,281 g	7,542 g	13h	+ 40,25	0,124
36	"	"	"	+ 3	0,1267
27	"	"	"	+ 2	0,129
18	"	"	"	+ 1,25	0,1301
9	"	"	"	+ 3	0,1201

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTUDO DE WILHELMY

Pode-se dizer que, a partir de seus estudos, Wilhelmy (1850) elaborou novos conceitos em relação ao entendimento das velocidades de reação, mostrando que estas dependiam das concentrações dos reagentes e o entendimento de que o coeficiente de inversão M (conhecido atualmente como a constante de velocidade, k, de uma determinada reação química) não depende da concentração inicial dos reagentes, mas que sofre influência da temperatura.

Em relação às técnicas experimentais, o uso do polarímetro foi importante, pois permitiu a obtenção de dados quantitativos que permitiram a elaboração de equações matemáticas para o estudo da cinética das reações químicas, ou seja, permitiam ao cientista fazer uma previsão do que ocorreria em uma determinada reação química.

Segundo Justi, a contribuição de Wilhelmy para a ciência não pode ficar somente reduzida à primeira quantificação da lei de velocidade de uma reação:

[...]A partir do desenvolvimento teórico de sua lei, com base em pressupostos da física, Wilhelmy inverteu o método tradicional da química empirista. Este pode ser visto como um novo paradigma

²⁸ Ibid.

na química, um novo olhar para os fenômenos químicos e na análise destes, o que mudou o desenvolvimento desta ciência.²⁹

REFLEXÕES SOBRE O ENSINO DE CINÉTICA QUÍMICA

A discussão, em sala de aula, desse texto poderá atender a diferentes objetivos. Inicialmente, informar a origem de alguns conhecimentos científicos, ajudar os alunos a construírem novos conceitos relacionados ao tema cinética química, como também poderá permitir a discussão sobre a natureza da ciência, principalmente discussões sobre o trabalho do cientista e a influência da comunidade científica na aceitação de uma nova teoria.

Apesar de Wilhelmy (1812-1864) não ter tido na sua época a preocupação de explicar os novos conceitos, por ele elaborados a partir de um modelo de constituição da matéria, é possível explicá-los aos alunos a partir do modelo atômico de Dalton. O simples modelo de esferas sólidas é suficiente para explicar aos alunos, do ensino médio, por que a velocidade de uma reação química diminui com o passar do tempo. Essa abordagem permitiria, a esses alunos, fazer a transição entre esses dois mundos, o macro e o submicroscópico.

Segundo van Driel, a introdução de ideias sobre a cinética das reações químicas apresenta desafios às concepções iniciais dos estudantes. A noção de velocidade de reação requer que os alunos entendam que é preciso tempo para uma reação química ocorrer, e que esse tempo é influenciado por fatores como a temperatura do sistema e as concentrações das substâncias reagentes. Para o autor, um modelo simples de colisão entre partículas pode ser útil para explicar essas influências observáveis em termos corpusculares.³⁰

O texto histórico, apresentado anteriormente, não tem a finalidade e nem a pretensão de esgotar o estudo de Wilhelmy (1812-1864). É possível, ainda, discutir outros temas, dependendo da intenção do que se

²⁹ R. Justi, "Models in the Teaching of Chemical Kinetics" (tese de doutorado, University of Reading, 1997), 56-72.

³⁰ van Driel, 1.

deseja abordar em sala de aula. Uma opção para aprofundar a matéria pode ser o estudo mais detalhado do polarímetro ou, a partir dele, estudar a influência na velocidade de uma reação química por outros fatores como, por exemplo, a influência do catalisador (por exemplo, a influência do ácido nítrico na reação da inversão da sacarose).

Espera-se que esse texto possa dar subsídios para que o professor entenda a importância da História da Ciência no ensino de química, e que em relação à formação inicial, se dê mais atenção à disciplina da História da Química, como apontam Oki e Moradillo³¹, um espaço privilegiado no currículo para discussões sobre a natureza da ciência com os alunos durante a formação inicial.

SOBRE AS AUTORAS:

Simone Alves de Assis Martorano

Setor de Educação em Ciências-DCET/Universidade Federal de São Paulo

Miriam Possar do Carmo

Instituto de Química-Universidade de São Paulo

Maria Eunice Ribeiro Marcondes

Instituto de Química-Universidade de São Paulo

Artigo recebido em 02 de julho de 2013

Aceito para publicação em 23 de agosto de 2013

³¹ M. C. M. Oki, E. F. Moradillo, "O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência," *Ciência e Educação* 14, nº 1 (2008): 67-88.