



34^o EDEQ
INOVAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA:
METODOLOGIAS, INTERDISCIPLINARIDADE E POLITECNIA

UNISC
UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

Proposta de ensino de Termodinâmica mediada por Tecnologias da Informação e Comunicação

Márcio Marques Martins. *marciomarques@unipampa.edu.br*
Universidade Federal do Pampa - Campus Bagé - Travessa 45, nº1650 - CEP 96413-170

Palavras-Chave: Ensino de Química, TIC, vídeos

Área Temática: TIC

RESUMO: ESSE TRABALHO DESCREVE UMA PROPOSTA DE PRÁTICA DE ENSINO DE TERMODINÂMICA REALIZADO NO PRIMEIRO SEMESTRE LETIVO DO ANO DE 2013 EM UM GRUPO DE 12 ESTUDANTES DE LICENCIATURA MATRICULADOS NA DISCIPLINA DE GASES E TERMODINÂMICA DO CURSO DE QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL DO CAMPUS CERRO LARGO. A PROPOSTA DE ENSINO ENGLOBALOU UMA ABORDAGEM COMPARATIVA DE CONTEÚDOS DE LEIS DOS GASES E TERMODINÂMICA CLÁSSICA TAL QUAL APRESENTADOS NO ENSINO SUPERIOR E MÉDIO. RESOLUÇÕES DE EXERCÍCIOS DE AMBOS OS NÍVEIS, DISCUSSÕES ACERCA DE LEIS, TEORIAS E CONCEITOS FORAM REALIZADAS, MEDIADAS PELO USO DE OBJETOS VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM E SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS. A PROPOSTA DE ENSINO ENVOLVEU A PESQUISA, ELABORAÇÃO, FILMAGEM E EDIÇÃO (WINDOS MOVIE MAKER) DE VÍDEOS DE EXPERIMENTOS DE FÍSICO-QUÍMICA E POSTERIOR CRIAÇÃO DO CANAL DE VÍDEOS FQTCIS NO YOUTUBE. LIVROS ELETRÔNICOS EM FORMATO EPUB, CONTENDO ROTEIROS DOS EXPERIMENTOS, FORAM ELABORADOS COM O SOFTWARE DE CÓDIGO ABERTO SIGIL.

INTRODUÇÃO

Historicamente, a Química é dividida em áreas que ajudam a racionalizar a pesquisa e o ensino dos diferentes conteúdos concernentes a cada área. As grandes áreas da Química são: Orgânica, Inorgânica, Analítica e Físico-Química. A área de ensino de Química não foi listada junto às outras porque entendemos que ela permeia as demais, pois não se pode ensinar algo sem metodologia e sem objetivos pedagógicos claros, e isso é objeto de estudo dos educadores químicos.

Das áreas da Química, a de Físico-Química é normalmente encarada pelos estudantes como sendo uma das mais difíceis devido ao alto rigor teórico, à elevada quantidade de cálculos matemáticos e a presença constante de conceitos e definições da Física. Ela exige domínio de conteúdos de Química, de Física e de Matemática, para que ocorra uma adequada compreensão dos temas tratados nesta área. Tantas exigências acabam por criar uma atmosfera pouco favorável ao aprendizado dentro do contexto escolar atual, que está focado na aprendizagem contextualizada e conceitual.

Um outro fator a ser considerado é o *abismo* existente entre os conteúdos acadêmicos e os conteúdos do ensino básico referentes à área de Físico-Química. Enquanto que o ensino universitário está focado na apresentação de conceitos de forma extremamente formal (o que não é necessariamente negativo), o ensino médio está focado nas aplicações mais imediatas da Físico-Química referentes à Termodinâmica e à Termoquímica,



34^o EDEQ
INOVAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA:
METODOLOGIAS, INTERDISCIPLINARIDADE E POLITECNIA

UNISC
UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

com praticamente nenhum enfoque na experimentação como mediadora da aprendizagem desses conteúdos. Enquanto que no ensino superior, os experimentos estão presentes, mas, geralmente, em um nível de complexidade que impede a transposição para a sala de aula da escola.

É importante que o professor de Físico-Química propicie condições para uma aprendizagem que não descuide do tão necessário formalismo físico e matemático, mas que, ao mesmo tempo, permita aos licenciandos transpor esses conhecimentos para o nível médio. Para isso, a experimentação em laboratórios didáticos é, a nosso ver, de suma importância. Isso porque é através do experimento que o tratamento teórico poderá ser posto em prova pelo aluno da escola e trará para o nível concreto conceitos que normalmente são abordados apenas de forma abstrata ou por meio de cálculos.

A experimentação no ensino de Química/Ciências constitui-se como uma ferramenta pedagógica potencial para a construção do pensamento e do discurso químico (GALIAZZI *et al*, 2007). Nesse contexto, problematizar e dialogar acerca de conceitos intrínsecos e afins da Química é essencial na aprendizagem escolar dessa Ciência.

Para realizar uma aprendizagem de Físico-Química integrada, que contemple os aspectos de anteriormente citados (inconsistência entre as abordagens de FQ nos diferentes níveis de ensino e insuficiência das abordagens experimentais tradicionais), é que optou-se por realizar um projeto de ensino que abordasse esses aspectos pedagógicos e que fosse mediado por Tecnologias de Informação e Comunicação visando a produção de material didático digital (livros eletrônicos e vídeos) para a popularização da ciência.

METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido com uma turma de 12 licenciandos em Química da Universidade Federal da Fronteira Sul na disciplina de Gases e Termodinâmica no primeiro período letivo de 2013.

O projeto de ensino foi pautado por diversas práticas de ensino, sendo elas:

- estudo teórico e comparativo de Físico-Química nas abordagens universitária e escolar;
- realização de exercícios avaliativos com consulta;
- utilização de simulações interativas;
- pesquisa, elaboração e filmagem de experimentos de físico-química
- edição de vídeos (Windows Movie Maker);
- criação de um canal de vídeos no youtube;
- elaboração de ebooks contendo os roteiros dos experimentos com o software Sigil (<https://code.google.com/p/sigil/>)
- síntese sobre o conteúdo estudado ao longo do semestre entregue na forma de texto digital



34^o EDEQ
INOVAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA:
METODOLOGIAS, INTERDISCIPLINARIDADE E POLITECNIA

UNISC
UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Selecionou-se um livro de ensino médio (USBERCO, SALVADOR, 2002) e um de Físico-Química de nível superior (BALL, 2006), e sempre que possível o grupo de estudantes era convidado a fazer uma comparação entre a abordagem do nível superior e médio, com resolução de exercícios e discussão dos resultados.

A avaliação por escrito exigida dos estudantes como critério parcial de aprovação consistiu em resolver 10 questões de nível superior (retiradas do livro de Físico-Química do autor Peter Atkins) e em torno de 15 questões de nível médio do livro de Usberco e Salvador. A avaliação foi realizada em casa, a fim de que os estudantes tivessem tempo para resolver, discutir e propor soluções em coletivo para as questões. O objetivo final não seria a nota e sim o aprendizado. O aspecto mais importante dessas atividades era cobrir tópicos que os livros de ensino superior não cobrem. Em particular, destacam-se os tópicos de termoquímica que em nível superior são tratados apenas no nível de reações-padrão de formação (Lei de Hess). Enquanto isso, nos livros de ensino médio, o conteúdo de Termoquímica abarca diversas maneiras de abordar as reações químicas segundo a Lei de Hess (cálculo de entalpia de combustão, de hidratação, de dissolução, de neutralização, por quebra de ligação, etc). Assim, espera-se preparar o licenciando para abordar com muito maior profundidade a Físico-Química do ensino médio quando este se tornar professor. Outra prática de ensino realizada ao longo do semestre letivo, constante do projeto de ensino, consistiu em realizar simulações interativas referentes aos conteúdos abordados durante a aula teórica, sempre que possível. Para tanto, o professor selecionou alguns simuladores que permitiriam ilustrar ou esclarecer conceitos e tópicos considerados mais complexos. A coleção de simulações e de temas abordados durante as aulas teóricas encontra-se no blog construído exclusivamente para esta disciplina: <http://termoegases.blogspot.com>.

A terceira prática de ensino realizada durante o semestre consistiu em práticas de laboratório. É importante que os estudantes de Química, os quais estão se habilitando para a docência, saibam realizar experimentos de Físico-Química para os seus futuros alunos. No entanto, esta área não favorece a experimentação por exigir equipamentos complicados, medições precisas e exatas, procedimentos demorados e materiais de trabalho de valor elevado. Isso, claro, se encarmos a Físico-Química pelo viés conteudista. No entanto, o ensino médio exige que o aluno seja apresentado aos mais diversos componentes curriculares a título de receber uma formação generalista em ciências. Para tanto, as medições complexas e os equipamentos avançados não são assim tão necessários. É possível abordar Físico-Química pelo viés



34^o EDEQ
INOVAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA:
METODOLOGIAS, INTERDISCIPLINARIDADE E POLITECNIA

UNISC
UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

conceitual. Pensando nisso, elaborou-se uma proposta aos estudantes: eles pesquisariam na internet por experimentos simples, com materiais acessíveis e que, se necessário, pudessem ser realizados na sala de aula com segurança.

Além disso, é importante que os licenciandos sejam capazes de criar material didático de apoio às aulas, dada a carência de material didático acessível na área de Físico-Química. Os experimentos por eles realizados deveriam ser filmados, editados e disponibilizados em um canal de vídeos na internet. Os roteiros dos experimentos, por sua vez, devem ser transformados em livros eletrônicos, os quais deveriam ser disponibilizados à turma após a conclusão da disciplina.

O canal de vídeos foi criado e lá estão hospedados 13 vídeos, cada um correspondendo a um experimento diferente realizado em laboratório didático.

<http://youtube.com/user/fqtics>

Tabela 1: Experimentos planejados, realizados e filmados pelos alunos e os links para os respectivos vídeos e ebooks

Conteúdo	Vídeo	e-book
Leis de Charles e Gay-Lussac (Vela)	youtu.be/ELQ-W8b4YeM	http://goo.gl/Y2XsfR
Lei de Boyle (Bomba de bicicleta)	youtu.be/bj3-lj_Plho	http://goo.gl/zOZbLH
Leis de Charles e Gay-Lussac (ovo engarrafado)	youtu.be/OFEAtAAXbd0	http://goo.gl/cd4m1j
Lei de Charles (balão de aniversário)	youtu.be/yzlJRRGbLhY	http://goo.gl/Y2XsfR
Lei de Avogadro (mentos e coca-cola)	youtu.be/jPA6aeJ9ZnU	http://goo.gl/J7E2PE
Reação exotérmica (Produção de H ₂)	youtu.be/06_LvqueZkg	
1a Lei da Termodinâmica (barco a vapor)	youtu.be/q8PTiU5cJsc	http://goo.gl/IDxyvr
Calor de Neutralização	youtu.be/VUb0qnj-AXw	http://goo.gl/BcO465
Capacidade calorífica (balão e água)	youtu.be/E51fbL9UDjl	http://goo.gl/BcO465
Entalpia de combustão (castanha do Pará)	youtu.be/NgyImdhJJZM	http://goo.gl/Y2XsfR
Interpretando e relacionando o comportamento dos gases	youtu.be/-kDMMSaVo-k	http://goo.gl/EcGrkG
Lei de Boyle (seringa e	youtu.be/ByiT_DtiHyk	Sem ebook



marshmallow)

Equilíbrio químico

youtu.be/rBh7d-fv1Pg

Sem ebook

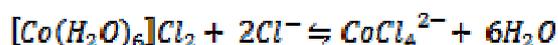
(água +

hexaaquoclorocobalto)

Um desses treze experimentos foi proposto pelo professor (equilíbrio químico do íon hexaaquacobalto(II)), cujo roteiro é reproduzido a seguir:

Tema: Equilíbrio Químico e Princípio de Le Chatelier/Equilíbrio do sistema cloreto de cobalto-água

Nesse experimento observaremos a reação reversível descrita abaixo:



(rosa)

(azul)

Vamos usar nosso conhecimento sobre espontaneidade de reações?

Tabela 2: Dados termodinâmicos das espécies químicas

Espécie	ΔH_f (kJ/mol)	S_f (J/mol×K)	ΔG_f (kJ/mol)
$[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$	-2,115.43	343.09	-1,725.48
Cl^-	-167,2	56,5	-131,2
$[\text{CoCl}_4]^{2-}$	-727,0	113,2	-579,2
H_2O	-285,83	69,91	-237,18

FORNTE: CHEMISTRY REFERENCE (2014); LIDE (2005)

QUESTÃO: *Essa reação é espontânea ou não? Ela é endo ou exotérmica?*

EXPERIMENTO VIRTUAL:

Acesse o site <http://maisunifra.com.br/conteudo/fatores-que-afetam-o-equilibrio-das-reacoes-quimicas/> e utilize o objeto virtual de aprendizagem Cadastre-se no site (<http://maisunifra.com.br/register>) e faça comentários sobre o que você aprendeu com o objeto (vale nota).

Agora, prepare-se para realizar a reação no laboratório.

EXPERIMENTO (PONTOCIENCIA, 2014):

Materiais necessários: 2 provetas de 5 mL; 1 tubo de ensaio; banho de água quente; banho de gelo; cloreto de cobalto hexahidratado; ácido clorídrico concentrado; água destilada



34^o EDEQ
INOVAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA:
METODOLOGIAS, INTERDISCIPLINARIDADE E POLITECNIA

UNISC
UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

Passo 1: Adicione 0,3 g de cloreto de cobalto hexahidratado ao tubo de ensaio e, em seguida, 3 mL de água destilada. Adicione 4,5 mL de ácido clorídrico concentrado. Observe bem a mudança de cor. O ácido clorídrico concentrado é altamente corrosivo e libera vapores que, quando inalados, são tóxicos.

Passo 2: Adicione 2,0 mL de água destilada e observe a diferença entre as cores no tubo. Agite bem o tubo até que a solução se torne violeta.

Passo 3: Aqueça o tubo e perceba a mudança de cor. Resfrie o tubo e perceba novamente a mudança de cor.

Faça os cálculos de energia solicitados e entregue-os juntamente com um texto fazendo uma síntese do aprendizado realizado baseado nas 3 diferentes formas de representação desse conteúdo. Se quiser, pode registrar o experimento com câmera para colocarmos no canal de vídeos!

$$\Delta G_R = -18,12 \text{ kJ} \quad \Delta H_R = +7,85 \text{ kJ}$$

Fim do Roteiro de aula prática

Esse experimento teve por objetivo mostrar como as leis da termodinâmica se unem para explicar como o calor, a entropia, a energia livre, a temperatura, a concentração dos reagentes e produtos e a constante de equilíbrio de uma reação estão relacionados e como podem ser usados para dar ao químico uma noção da facilidade ou dificuldade de se realizar um procedimento de transformação química.

Esse experimento foi realizado em três níveis:

1. Nível teórico (descrito na sequência desse parágrafo)
2. Nível experimental (o experimento em si, cujo roteiro foi reproduzido nesse documento).
3. Nível virtual (uso prévio de um objeto virtual de aprendizagem hospedado em <http://maisunifra.com.br/category/objeto/objeto-curso/objetos-quimica/>)

Após a realização desse experimento em três níveis, foi solicitado aos estudantes que realizassem uma síntese de tudo que foi debatido ao longo do semestre. Conceitos como calor, trabalho, energia interna, energia livre, leis da termodinâmica e outros temas recorrentes deveriam ser conceituados livremente pelos alunos. A pergunta mais importante feita a eles foi: Qual a aplicação da termodinâmica às demais áreas da química e porque é importante estudá-la.

Esses textos foram entregues juntamente com a avaliação. Os textos de síntese, os roteiros em formato eletrônico e os vídeos compuseram a segunda avaliação.

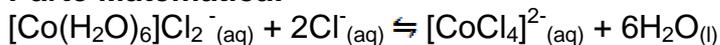
O resultado mais importante da disciplina, na visão do professor, foi que o aprendizado aconteceu de forma integrada. Não foi feita uma grande diferenciação entre conteúdo de ensino superior e ensino básico, pois ambos são importantes na formação do professor. A seguir, é reproduzida uma das várias sínteses do experimento de equilíbrio químico tal qual a visão de um dos estudantes que cursou a disciplina e realizou todas as atividades avaliativas:



34^o EDEQ
INOVAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA:
METODOLOGIAS, INTERDISCIPLINARIDADE E POLITECNIA

UNISC
UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

Parte Matemática:



$$\Delta H_{\text{R}} = \sum(n_i \cdot \Delta H_{\text{f}})_{\text{PRODS}} - \sum(n_i \cdot \Delta H_{\text{f}})_{\text{REAGS}}$$

$$\Delta H_{\text{R}} = (1 \times -727,00 + 6 \times -285,83) - (1 \times -2.115,43 + 2 \times -167,20)$$

$$\Delta H_{\text{R}} = -2.441,98 - 2.449,83 = +7,85 \text{ kJ, a reação é direta e endotérmica.}$$

$$\Delta S_{\text{R}} = \sum(n_i \cdot \Delta S_{\text{f}})_{\text{PRODS}} - \sum(n_i \cdot \Delta S_{\text{f}})_{\text{REAGS}}$$

$$\Delta S_{\text{R}} = (1 \times 113,20 + 6 \times 69,91) - (1 \times 343,09 + 2 \times 56,50)$$

$$\Delta S_{\text{R}} = 532,66 - 456,09 = +76,57 \text{ J/K, a reação tem aumento de entropia.}$$

$$\Delta G_{\text{R}} = \sum(n_i \cdot \Delta G_{\text{f}})_{\text{PRODS}} - \sum(n_i \cdot \Delta G_{\text{f}})_{\text{REAGS}}$$

$$\Delta G_{\text{R}} = (1 \times -579,20 + 6 \times -237,18) - (1 \times -1.725,48 + 2 \times -131,20)$$

$$\Delta G_{\text{R}} = -2.002,28 + 1.987,88 = -14,40 \text{ kJ, a reação direta é espontânea.}$$

Parte teórica:

A solução de cloreto de cobalto hexahidratado preparada apresentou coloração cor de rosa. Quando adicionamos ácido clorídrico concentrado, a solução rapidamente se tornou azul. Tal mudança está relacionada à substituição de ligantes do átomo de cobalto presentes na solução, sendo às moléculas de água responsáveis pela coloração cor de rosa. Ao adicionarmos o ácido clorídrico concentrado, adicionamos o íon cloreto em excesso à solução. Ele substitui as moléculas de água que estavam ligadas ao cobalto, formando o íon tetraclorocobaltato (II). Este íon é azul e, portanto, é o responsável pela cor da solução. Adicionando mais água, pudemos perceber que parte da solução voltou a se tornar rosa em virtude do excesso de moléculas de água. Ambos os íons estão em equilíbrio na reação, ou seja, os dois coexistem na solução e estão constantemente reagindo e se transformando um no outro. Contudo, determinadas condições, como as observadas e descritas acima, podem favorecer a formação de uma das espécies, que se mantém em maior concentração na solução. A solução violeta obtida após a agitação é oriunda de uma mistura das duas espécies. Ao aquecermos a solução violeta, percebemos que a cor azul surgiu novamente. Analogamente, se resfriássemos a solução se tornaria rosa. A reação de formação do íon tetraclorocobaltato (II) ocorre com absorção de energia na forma de calor, logo ela é uma reação endotérmica ($\Delta H_{\text{R}} = +7,85 \text{ kJ}$). Quando aquecemos a solução, fornecemos energia ao sistema, promovendo a reação endotérmica de formação do íon. Por outro lado, a formação do íon cloreto de cobalto hexahidratado ocorre com liberação de energia, sendo, portanto, uma reação química do tipo exotérmica. O resfriamento do sistema favorece a liberação desta energia, desencadeando o processo de formação do íon. Interessante observar que o texto sobre equilíbrio químico está em consonância com as diversas representações do fenômeno apresentadas e discutidas ao longo do semestre letivo, seja por meio de aulas expositivas, resolução de exercícios, elaboração de experimentos em laboratório didático,



34º EDEQ
INOVAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA:
METODOLOGIAS, INTERDISCIPLINARIDADE E POLITECNIA

UNISC
UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

utilização de simulações e objetos virtuais de aprendizagem em sala de aula e a distância, cujo objetivo era produzir uma compreensão acerca do papel que as grandezas termodinâmicas têm de descrever o comportamento de um sistema químico. O texto do aluno em questão, e os textos dos demais alunos que não foram reproduzidos aqui, mostram que a abordagem de experimentação (tanto química quanto digital) aliada ao estudo comparativo de conteúdos de ensino superior e médio é um caminho adequado para o ensino de físico-química em turmas de licenciatura. Não se pretende dizer que este é o caminho mais adequado, mas um que atingiu alguns resultados interessantes. Observando a quantidade de material didático produzido pelos estudantes em um único período letivo, pode-se dizer que esses futuros profissionais terão mais recursos para o exercício da profissão docente. Quanto ao aspecto da divulgação da ciência, é interessante citar que os vídeos hospedados no canal do youtube possuem estatísticas acuradas sobre o número de acessos. Alguns receberam um número expressivo de visualizações, mas um em particular merece destaque, o vídeo sobre o barco a vapor teve 8944 visualizações em 11 meses, o que mostra que a estratégia de disponibilizar o material didático servirá não apenas para o exercício da docência dos licenciandos envolvidos no projeto, mas para estudantes e pessoas de outras localidades, dando-nos mais um indicativo de que essas práticas de ensino surtiram efeito não só local, mas global.

REFERÊNCIAS

BALL, David W. **Físico-Química**. Vol.1, São Paulo: Editora Cengage Learning, 2006.

CHEMISTRY REFERENCE, Disponível em <http://www.chemistry-reference.com/q_compounds.asp?CAS=7791-13-1>. Acesso dia 03/09/2014.

GALIAZZI, M. C. *et al.* A Experimentação na Aula de Química: uma aposta na abordagem histórico-cultural para o aprendizado do discurso químico. *In*: GALIAZZI, M. C. *et al.* (org). **Construção Curricular em Rede na Educação em Ciências**: uma aposta de pesquisa na sala de aula. Ijuí: Unijuí, 2007.

LIDE, DAVID. R. (org); CRC Handbook of Chemical and Physics Constants. 85th Edition. CRC Press LLC. 2005

PONTOCIENCIA. Disponível em <<http://pontociencia.org.br/gerarpdf/index.php?experiencia=902>>. Acesso dia 03/09/2014

USBERCO, João; SALVADOR, Edgard. Química. 5. São Paulo: Saraiva, 2002.