

Dissolução de NaOH em água:

experimentação como proposta de abordagem interdisciplinar para física e química no Ensino Médio utilizando ensino por investigação

Kariny de Fátima Xavier Pereira^{1,2#} , Paulo José Pereira de Oliveira² 

¹Mestrado em Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

²Pós-Graduação Especialização em Ensino de Ciências Naturais, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Cachoeiro de Itapemirim, ES, Brasil.

Palavras-chave

interdisciplinaridade
física
química
ensino por investigação
hidróxido de sódio

Resumo

A interdisciplinaridade é uma ideia amplamente discutida no ensino de ciências naturais. Esse conceito é considerado positivo pelos professores, pois representa uma ponte para o melhor entendimento das disciplinas entre si. Com o objetivo de contribuir para a interdisciplinaridade em sala de aula, este trabalho apresenta uma sequência didática por meio de um experimento de baixo custo envolvendo a dissolução do hidróxido de sódio (NaOH), conhecido comercialmente como soda cáustica, em água, utilizando como base da metodologia ativa o ensino por investigação. A proposta representa uma estratégia didática para a aprendizagem de conceitos como entalpia, temperatura, calor específico, calor latente, equações e reações químicas. Além disso, permite trabalhar a dimensão socioemocional dos alunos e incentivar o protagonismo estudantil. Por ser de baixo custo e fácil montagem, também pode servir como alternativa de atividade prática para os professores em situações de ausência de laboratórios e pouco tempo para a preparação das aulas.

1. Introdução

As diretrizes apresentadas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) [1] para o Ensino Médio em 2018, na área de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias, surpreenderam professores de física, química e biologia em todo o Brasil ao propor a apresentação dos tópicos a serem trabalhados em eixos temáticos, em vez de conteúdos isolados. Essa proposta não traz uma distinção clara entre o limite de atuação dos docentes das dis-

ciplinas tradicionais, que historicamente utilizam uma pedagogia multidisciplinar [2]. Ao contrário disso, as orientações da BNCC, em consonância com o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), apontam para a necessidade de uma integralização dos conhecimentos, favorecendo a ideia de uma pedagogia interdisciplinar [3].

A interdisciplinaridade pode ser pensada como o conjunto das interações existentes e possíveis entre as disciplinas nos âmbitos do

Ao integrar os conhecimentos em eixos temáticos, a BNCC favorece a ideia de interdisciplinaridade

#Autor de correspondência. E-mail: kafaxape@gmail.com.

Este é um artigo de acesso livre sob licença Creative Commons



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

conhecimento, dos métodos e da aprendizagem [4]. Além disso, podemos entender a dinâmica interdisciplinar como a interrelação entre disciplinas, de modo que haja um trabalho conjunto, sem a supervalorização de uma em detrimento de outra, mas auxiliando no desenvolvimento de ambas, tendo o avanço dos alunos como propósito [5].

Esse conceito, no Brasil, teve grande contribuição de Japiassu [6], que destacou que o saber, ao ser extremamente disciplinarizado, gera uma espécie de *patologia*, na qual os especialistas não conseguem dialogar com outras áreas do conhecimento. Essa fragmentação do saber leva a uma falta de visão global dos problemas. Nesse contexto, podemos entender que a interdisciplinaridade é uma tentativa de superação desse obstáculo, que é a cegueira do especialismo. O conhecimento interdisciplinar, nesse processo, recusa o caráter territorial do poder pelo saber [7].

A interdisciplinaridade no ensino de ciências naturais tem sua importância reconhecida pela comunidade escolar e pela literatura. Seus benefícios contemplam a todos, uma vez que o conhecimento recupera sua totalidade e complexidade, possibilitando que os alunos se tornem capazes de resolver problemas reais, que não se encaixam em categorias isoladas, e aprimorem sua criatividade e inovação para lidar com desafios diversos, uma vez que a interação entre diferentes áreas do conhecimento estimula novas ideias e abordagens [6]. Além disso, os professores melhoram sua interação com os colegas, promovendo um maior diálogo entre os diferentes campos do saber; os alunos desenvolvem o contato com o trabalho em grupo por meio de um ensino voltado para a compreensão do mundo que os cerca, e, por fim, a escola tem sua proposta pedagógica refletida [8].

Estatisticamente, o aproveitamento de alunos do Ensino Médio em física possui correlação com seu desempenho em matemática e outras ciências naturais, sobretudo a química [9]. Isso torna interessante a interdisciplinaridade entre essas disciplinas, conforme as contingências e especialidades dos professores disponíveis, os imperativos da escola e as necessidades dos alunos. Por isso, há a necessidade de aprofundamento de pesquisas teóricas e práticas sobre o tema da interdisciplinaridade na escola, dada sua relevância no cenário nacional e os desafios de sua aplicabilidade [10].

Segundo a literatura [11], é importante o desenvolvimento de propostas para uma prática interdisciplinar no ensino de física e química que articule o conhecimento comum de forma indissociável no contexto escolar do Ensino Médio. Um dos temas geradores possíveis, nesse caso, é a energia, conforme a competência específica 1 da BNCC para Ciências da Natureza e Suas Tecnologias [1].

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global [1, p. 553].

A energia e suas transformações são o foco da área da termodinâmica, comum às disciplinas de física e química. Conceitos como calor, temperatura e energia interna são necessários não apenas nas aulas de calorimetria, mas também nas de termoquímica. A partir de experimentações com reações químicas, é possível estudar conceitos físicos como pressão interna [12] e máquinas térmicas [13]. Também se pode trabalhar com reações de combustão para construir as ideias de entalpia, leis da termodinâmica e até mesmo física de plasmas [14].

Propor um problema como base do aprendizado contrasta com métodos expositivos, pois o novo conhecimento surge a partir do conhecimento prévio, seguindo uma visão construtivista

Utilizando a reação de dissolução do NaOH em água, que é fortemente exotérmica, é possível abordar os conceitos de entalpia, calor, temperatura e energia interna. Com isso, foi proposta uma sequência didática com o intuito de ensinar tais conceitos, baseada no ensino por investigação, por meio de uma demonstração experimental de valor acessível, uma vez que a literatura científica tem demonstrado a importância de construir propostas de baixo custo e fácil montagem, especialmente diante da realidade das escolas brasileiras [15-20].

Nesse caso, utilizamos um calorímetro de baixo custo (copo térmico de isopor), água e NaOH. A seguir, apresentamos os referenciais teóricos, a proposta experimental em detalhes, a sequência didática com os resultados e discussões e, por fim, as considerações finais.

Nesse caso, utilizamos um calorímetro de baixo custo (copo térmico de isopor), água e NaOH. A seguir, apresentamos os referenciais teóricos, a proposta experimental em detalhes, a sequência didática com os resultados e discussões e, por fim, as considerações finais.

2. Sequência de ensino investigativa

A intervenção para o ensino interdisciplinar de física e química proposta neste trabalho baseia-se nos conceitos de temperatura, calorimetria e entalpia. Para introduzir esses tópicos na educação básica, pode-se utilizar uma sequência de ensino investigativa (SEI). Essa proposta, segundo Carvalho [21], enfrenta dois principais desafios da educação no mundo contemporâneo: o fato de vivermos na era da informação, tornando impossível ensinar tudo a todos, e a compreensão de que, do ponto de vista psicológico, a aprendizagem é um processo individual, ao mesmo tempo em que é um empreendimento social.

As SEIs possuem dois principais referenciais teóricos. O primeiro deles pauta-se nos trabalhos de Piaget [22, 23], que destaca a importância de um problema para a construção do conhecimento. Propor um problema como alicerce do aprendizado é o inverso das metodologias expositivas, pois, nesse caso, o novo conhecimento emerge de um conhecimento prévio, em

uma perspectiva construtivista. Piaget considera a resolução de um problema como a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual.

As sequências didáticas investigativas iniciam-se com ações manipulativas, como um desafio, um experimento ou uma demonstração. A passagem é mediada pelo professor, mas o aluno tem um papel ativo na resolução do problema. Nesse aspecto, o erro não é reprovável, mas uma parte essencial para o desenvolvimento do raciocínio.

Além de Piaget, outro referencial utilizado para as SEIs é Vygotsky [24], visto que as atividades são baseadas em interações de grupo e processos sociais, dos quais emergem as mais elevadas funções mentais do indivíduo, segundo o psicólogo. Os processos sociais e psicológicos estabelecem-se por meio de ferramentas ou artefatos culturais que medeiam a interação entre os indivíduos e o mundo físico. Entre essas ferramentas, a mais importante, e pela qual Vygotsky ficou conhecido, é a linguagem.

No caso das SEIs, a interação não ocorre apenas com o professor, mas também com os problemas, assuntos, informações e valores culturais dos próprios conteúdos. O desenvolvimento ocorre a partir do conhecimento previamente estruturado pelo estudante, na chamada Zona de Desenvolvimento Real (ZDR), até o nível de desenvolvimento potencial (NDP), que é alcançado quando o aluno consegue resolver problemas com auxílio. Nesse contexto, o trabalho em grupo é essencial, concebido como uma atividade sociointeracionista.

O professor, ao elaborar questões dentro da proposta sociointeracionista, potencializa a construção de novos conhecimentos a partir do conhecimento inicial dos alunos. Tais questões, nas SEIs, devem estar inseridas no universo do aluno, para que ele se envolva, mudando sua cultura experimental e sua capacidade de elaborar hipóteses numa perspectiva científica, integrando diversas formas de linguagem.

As sequências de ensino investigativas, portanto, abrangem um tópico do programa escolar, apresentando uma sequência de atividades que possibilitam, do ponto de vista do material e das interações didáticas, que os alunos construam novos conhecimentos a partir de seus conhecimentos prévios, criando novas ideias e discutindo-as com os colegas e o professor. De acordo com Carvalho [21], as SEIs iniciam-se com um problema experimental ou teórico, contextualizado, que apresenta o tópico escolhido aos estudantes, permitindo a análise das variáveis do fenômeno científico em questão. Após a resolução do problema, é necessário realizar atividades que sistematizem o conhecimento construído, contextualizem o aprendizado do ponto de vista social e proponham uma avaliação ao

término das atividades. As etapas de uma SEI, segundo Carvalho [21], são detalhadas a seguir.

Na primeira etapa, que consiste na apresentação do problema, é preciso proporcionar aos discentes a oportunidade de testar suas hipóteses, estruturar seu pensamento e apresentar suas argumentações. No caso da demonstração investigativa, esta deve ser bem organizada, com material intrigante, que desperte a atenção e seja de fácil manuseio. Nesse momento, a classe deve ser dividida em pequenos grupos.

Após a discussão entre os alunos, os grupos devem ser dissolvidos, formando-se um grande grupo com toda a turma para debater as soluções apresentadas com o professor. Por meio da mediação do educador, através de perguntas, desenvolve-se o vocabulário científico. Em seguida, com o auxílio da escrita e do desenho, os alunos podem sistematizar individualmente o conhecimento. Para isso, geralmente se utiliza a leitura de um texto específico, escrito em uma linguagem mais formal e científica. Essa atividade deve ser compreendida como complementar ao problema, envolvendo leitura e discussão.

Por fim, aplica-se uma atividade para propor uma contextualização social do problema e do conteúdo, relacionando-o a situações do cotidiano que possam ter a mesma explicação do fenômeno discutido. Pode-se elaborar um texto de contextualização, sempre com uma abordagem investigativa e contendo perguntas-chave, estruturadas nas mesmas etapas da primeira atividade. A contextualização também pode ser realizada por meio de textos sobre a história da ciência. Essa etapa deve ter um caráter formativo e não apenas somativo, acompanhando o aprendizado dos alunos e mantendo os mesmos valores investigativos das demais etapas, com maior foco conceitual.

Muitos estudos já foram realizados utilizando SEIs com sucesso [25]. A área de termodinâmica é o foco de Carvalho [26] para o ensino por investigação. Podemos destacar Ferreira [27], que aplicou uma sequência investigativa para o ensino de calorimetria, de forma similar à que propomos, em que as SEIs se apresentaram como metodologia eficaz para a promoção de uma cultura científica. A seguir, apresentamos uma revisão dos conceitos de calorimetria e termoquímica sobre os quais foi estruturada a SEI.

Muitos estudos já foram realizados utilizando SEIs com sucesso [25]. A área de termodinâmica é o foco de Carvalho [26] para o ensino por investigação. Podemos destacar Ferreira [27], que aplicou uma sequência investigativa para o ensino de calorimetria, de forma similar à que propomos, em que as SEIs se apresentaram como metodologia eficaz para a promoção de uma cultura científica. A seguir, apresentamos uma revisão dos conceitos de calorimetria e termoquímica sobre os quais foi estruturada a SEI.

3. Calorimetria e termoquímica

A calorimetria é o ramo da física que estuda o calor. Este, por sua vez, é um conceito relacionado à transferência de energia devido a uma diferença de temperatura [28]. Um exemplo de situação que envolve calor é quando misturamos certa quantidade de água quente com uma quantidade de água fria e deixamos essa mis-

As sequências de ensino investigativas, possibilitam que os alunos construam novos conhecimentos a partir de seus conhecimentos prévios, criando novas ideias e discutindo-as com os colegas e o professor

tura atingir o equilíbrio térmico, tornando-se água morna.

Nesse caso, a energia térmica (calor) flui do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura até que ambos estejam na mesma temperatura, momento em que se alcança o que definimos como equilíbrio térmico. Além do contato entre corpos de diferentes temperaturas (transferência por condução), o calor também pode ser transferido por irradiação, convecção e durante reações químicas.

O calor pode ser calculado matematicamente da seguinte maneira

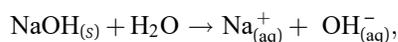
$$Q = C\Delta T,$$

onde Q é a quantidade de calor, normalmente expressa em unidade de caloria ou joule, ΔT é a diferença de temperatura e C é uma variável denominada capacidade térmica ou calorífica, que define o calor transferido por unidade de temperatura. Para substâncias puras, $C = mc$, onde m é a massa utilizada e c é o calor específico, ou seja, o calor por unidade de massa e por unidade de temperatura, sendo um valor característico de cada substância.

Processos que envolvem reagentes que liberam calor ao formar os produtos são denominados reações exotérmicas, como a combustão do etanol no motor de um carro, por exemplo. Por outro lado, os processos químicos em que os reagentes absorvem calor para gerar produtos são chamados endotérmicos, como a evaporação da água líquida. O estudo das reações que envolvem calor pertence ao ramo da termoquímica, e a quantidade física que define o tipo de reação é a variação de entalpia (ΔH) [29].

A entalpia (H) é a grandeza que representa o calor envolvido em uma reação a pressão constante. Nesse caso, quando a variação da entalpia entre produtos e reagentes possui valor negativo, trata-se de uma reação exotérmica. Já quando esse valor é positivo, a reação é endotérmica.

Há vários tipos de entalpia, entre eles, a entalpia de dissolução. Nesse tipo de entalpia, a variação de energia térmica ocorre devido à dissolução de um mol de determinado soluto em uma quantidade de água ou outro solvente qualquer, desde que haja solubilização completa e a mistura se torne homogênea. O exemplo utilizado em nosso experimento é a dissolução do NaOH.



cuja variação de Entalpia $\Delta H = -41.8 \text{ kJ/mol}$ [30].

Nessa equação, é possível representar quimicamente a dissolução do composto alcalino NaOH, popularmente conhecido como soda cáustica, em meio

aquoso. Como a variação de entalpia é menor que zero, isso significa que há liberação de calor. Essa reação é comum no processo de fabricação de sabão caseiro, que, se não for realizado com os devidos cuidados, pode causar queimaduras de até terceiro grau.

4. Experimento

4.1. Materiais necessários

- Recipiente de isopor com tampa;
- NaOH ou soda cáustica;
- Água;
- Termômetro;
- Balança.

Custo aproximado: 20 reais.

O objetivo do experimento é aferir a diferença de temperatura da água antes e depois da dissolução de uma quantidade de NaOH e compará-la com o cálculo teórico. Portanto, a primeira etapa consiste em determinar a quantidade de água e NaOH utilizados. Para uma solução de 200 mL, considerando que a densidade de uma solução diluída é aproximadamente a densidade da água, 1 g/mL, podemos adicionar 5 g do composto alcalino a 195 g de água, totalizando 200 g de mistura. Essa quantidade é suficiente para encher cerca de metade do calorímetro e causar uma pequena variação de temperatura de pouco mais de 6 °C, como veremos em detalhes no cálculo. Esse ΔT é facilmente visível nos termômetros usuais.

Quanto maior a pureza dos reagentes, maior a exatidão e precisão envolvidas. Nesse caso, seria ideal o uso de NaOH P.A. e água destilada ou deionizada. No entanto, isso não se faz necessário. Da mesma forma, água filtrada ou mineral e soda cáustica (comercializada com 99% de pureza) podem ser os reagentes para esse

objetivo, com uma pequena diferença na margem de erro. Deve-se levar em consideração o custo e a realidade das escolas públicas no Brasil, uma vez que essa demonstração experimental tem a finalidade de ser acessível e de baixo custo. Além disso, a natureza dos reagentes é interessante para que o professor, ao comparar o valor obtido para a variação de temperatura com o valor calculado, discuta com os estudantes sobre a pureza dos compostos.

Na Fig. 1, os primeiros procedimentos do experimento estão esquematizados em etapas. Na primeira etapa, dispomos de um calorímetro, que pode ser qualquer recipiente de isopor com tampa. Na segunda etapa, é adicionada a quantidade desejada de água, o que pode ser feito com o auxílio de uma balança (em nosso caso, foi utilizada uma balança de cozinha) ou um recipiente graduado em mililitros. Na terceira etapa, é aferida a temperatura do líquido. Para isso, pode-se utilizar qualquer termômetro cuja escala con-

A reação de dissolução de hidróxido de sódio em água é comum no processo de fabricação de sabão caseiro, que, se não for realizado com os devidos cuidados, pode causar queimaduras de até terceiro grau

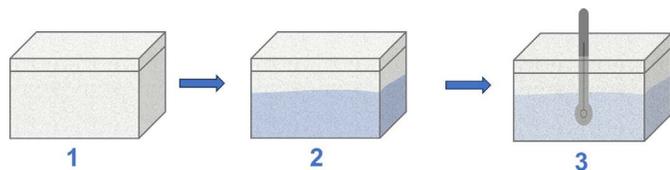


Figura 1 - Etapas 1, 2 e 3 do experimento, que consistem em dispor de um calorímetro, adicionar água e verificar a temperatura.

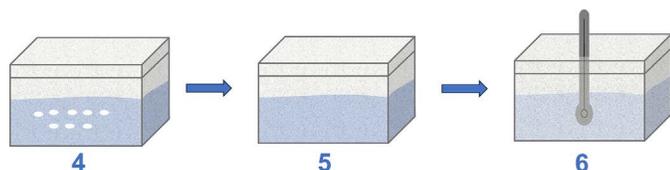


Figura 2 - Etapas 4, 5 e 6 do experimento, que consistem, respectivamente, em adicionar NaOH, homogeneizar a solução e aferir a nova temperatura.

temple a temperatura ambiente (utilizamos um termômetro alimentício).

Após anotar a quantidade de água utilizada e sua temperatura, realiza-se a quarta etapa, que consiste na adição de uma quantidade conhecida de NaOH. A quinta etapa envolve a homogeneização da solução e, por fim, a sexta etapa corresponde à aferição da nova temperatura, que deve ser mais elevada devido à liberação de calor. Para facilitar a assimilação, essas etapas são apresentadas na Fig. 2.

Sabe-se que a dissolução de cada mol de NaOH libera 41,8 kJ de calor [30]. Essa energia está associada, portanto, a 40 g do composto alcalino, ou seja, sua massa molar (M). Para determinar o calor liberado por uma massa m , devemos determinar a fração molar (n) dessa quantidade, onde

$$n = \frac{m}{M}$$

Nesse caso, para 5 g, $n = 0,125$. Multiplicando a fração molar pela entalpia de dissolução da base, encontramos que o calor envolvido nessa reação é $Q = 5,225$ kJ ou 5225 J.

Do estudo da calorimetria, sabemos que o calor transferido em um processo envolvendo uma determinada substância de calor específico c , com uma massa m , envolve uma variação de temperatura ΔT através da seguinte relação:

$$Q = mc\Delta T.$$

Como uma solução diluída possui a capacidade térmica aproximadamente igual à da água, consideramos para esse fim a solução como 200 g de água, cujo calor específico é de 4,18 J/g°C [28]. Assim,



Figura 3 - Materiais utilizados no experimento.



Figura 4 - Pesagem dos reagentes. a) água; b) NaOH.

$$5225 = 200 \times 4,18 \times \Delta T,$$

que nos dá uma variação de temperatura de aproximadamente 6,2 °C.

Realizamos nosso experimento exatamente como descrito. Na Fig. 3, é possível ver os materiais e reagentes utilizados: calorímetro, recipiente com NaOH em lascas, termômetro e balança.

Pesaram-se 195 g de água mineral e 5 g de NaOH, conforme a Fig. 4.

Aferiu-se a temperatura antes e depois da dissolução. Respectivamente: 25,2 °C e 31,3 °C, conforme a Fig. 5.

Subtraindo a temperatura final da temperatura inicial, encontramos uma variação de temperatura de 6,1 °C, valor muito próximo do calculado, com erro percentual de 1,6%, que é o erro instrumental (0,1 °C para mais ou para menos).

O valor, no entanto, pode variar um pouco dependendo de alguns fatores, entre eles: a pureza e o armazenamento dos reagentes, que podem levar à absorção de água pelo NaOH e contaminação; a pre-

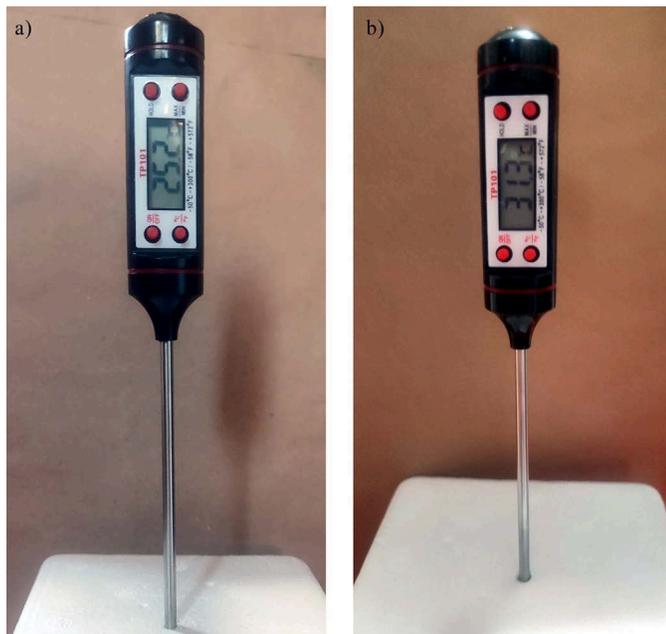


Figura 5 - Aferição da temperatura. a) antes da dissolução do NaOH; b) depois da dissolução do NaOH.

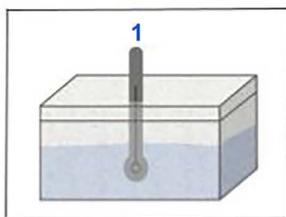
cisão da balança e do termômetro; o calorímetro utilizado; a má homogeneização da solução ou mesmo a troca de calor durante a homogeneização da solução. Essas variáveis devem ser levantadas e discutidas com os estudantes na perspectiva de um ensino investigativo.

5. Sequência didática proposta

A sequência didática (SD) que apresentamos tem o objetivo de abordar de forma interdisciplinar conteúdos de Calorimetria e Termoquímica por meio de uma SEI, nos moldes de Carvalho [21]. Conforme orienta Carvalho [21] e como pode ser visualizado na Fig. 6, o processo inicia-se a partir de um problema, neste caso experimental (1), para que os alunos possam trabalhar as variáveis do fenômeno científico. Após a resolução do problema, propomos atividades que sistematizam o conhecimento construído (2 e 3) e, por fim, apresentamos uma proposta de avaliação ao término das atividades (4).

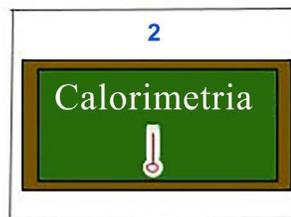
Apresentação do experimento

- Dissolução do NaOH
- Qualitativo e quantitativo



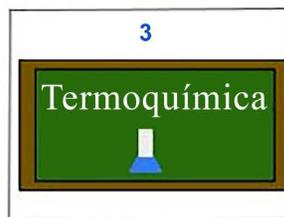
Conceitos de calorimetria

- Formalização teórica
- Proposição de problemas



Conceitos de termoquímica

- Formalização teórica
- Proposição de problemas



Contextualização e avaliação

- Contexto socioambiental
- Questões para avaliação

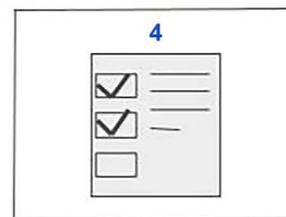


Figura 6 - Esquema das quatro etapas da sequência didática proposta.

5.1. Primeiro encontro: apresentação do experimento proposto (1 h 50 min)

Para essa etapa, antes de começar o experimento para fins quantitativos, o professor deve apresentá-lo qualitativamente. Uma sugestão para esse fim é utilizar um recipiente com água e outro com soda cáustica, substância utilizada para limpeza doméstica e conhecida no cotidiano do estudante. Em seguida, o professor procede com algumas perguntas instigadoras, cujas respostas podem ser elaboradas em grupo e anotadas em uma folha separada.

1. O que é a soda cáustica e para que serve?
2. Qual é a nomenclatura científica do composto químico que leva esse nome comercial?
3. Quais as propriedades do composto e por que ele é efetivo para limpeza doméstica?
4. O que acontece quando adicionamos soda cáustica à água?

Espera-se que os estudantes consigam identificar a substância e associá-la ao seu uso doméstico e industrial, como desobstrução de ralos, pias e encanamentos, reconhecendo suas propriedades corrosivas. Outro objetivo dessas questões é que eles se lembrem de aulas anteriores, relacionando a soda cáustica ao NaOH, composto de pH alcalino. Além disso, espera-se que alguns, a partir de suas vivências, se lembrem de que o manuseio deve ser cuidadoso, já que há liberação de calor quando em contato com a água, o que pode gerar queimaduras.

O docente vai se guiar de acordo com as respostas dos estudantes, acrescentando perguntas nos momentos oportunos e nunca dando explicações prontas. Após esse momento, pede-se que os alunos toquem o béquer e percebam a sensação térmica da água. Em seguida, adiciona-se uma pequena quantidade da substância à água, realizando a mistura e homogeneização. Depois, solicita-se que os alunos coloquem a mão novamente no recipiente para perceberem a elevação na temperatura. Esse é o fenômeno que se deseja observar no experimento. Os seguintes problemas serão levantados verbalmente:

1. Por que a água aquece sem adicionar fonte de aquecimento?

2. A dissolução de outra substância qualquer teria o mesmo efeito?

O primeiro problema será central ao longo da SD. A ideia é trazer à tona a noção de energia química, que, nesse caso, é liberada, transformando-se em energia térmica (calor) e elevando a temperatura. Ademais, é importante que os estudantes identifiquem que nem todos os compostos químicos liberam calor e que, inclusive, alguns o absorvem, resfriando a solução.

Na sequência, vem a parte quantitativa da demonstração experimental. Podem ser feitas três repetições para os mesmos valores de massa, que devem ser anotados, assim como a temperatura inicial e a temperatura final das replicatas. Então, os seguintes questionamentos são feitos:

1. Esse valor de variação de temperatura era esperado?
2. O que você espera que aconteça com o ΔT se adicionamos o dobro de NaOH?
3. E para adição de água até o dobro de solução?
4. E se mantivermos a mesma proporção, dobrando a massa de ambos?
5. E se dissolvermos em outro solvente, que não seja água, como etanol?

Os estudantes se reúnem, então, em trios, para discutir as questões e, posteriormente, as discutem com a turma e com o professor. O objetivo é que eles deduzam, empiricamente, a relação de proporcionalidade entre calor, massa e variação de temperatura, identificando que essa proporção é diferente para diferentes substâncias ($Q = mc\Delta T$).

Assim, a reação de dissolução do NaOH é apresentada enquanto se introduz brevemente o conceito de calor e entalpia, que será detalhado nos encontros seguintes, e a relação matemática para encontrar a variação de temperatura, que será comparada com o valor experimental.

Para a consolidação do que foi aprendido de uma forma contextualizada, será reproduzido o vídeo *Como funciona uma usina termelétrica a gás e carvão*¹

5.2. Segundo encontro: conceitos de calorimetria (1 h 50 min)

O segundo e o terceiro encontros têm por objetivo apresentar a teoria que norteia o fenômeno observado. No segundo, a ideia central é formalizar os conceitos de energia térmica, energia interna, calor e temperatura, compreender os processos que envolvem transferência de energia térmica e aprofundar o conhecimento da relação matemática entre calor, massa e variação de temperatura. O professor pode explorar o significado das palavras termodinâmica, calorimetria, calor e temperatura.

A seguinte abordagem pode ser feita: levar três recipientes de água a diferentes temperaturas, cada qual

com um termômetro: um com gelo, outro à temperatura ambiente, e o último com água levemente aquecida, e pedir que os alunos coloquem as mãos. Após o manuseio, discutir a diferença entre sensação térmica e temperatura, a relação desta última com a energia interna, o que é energia térmica e calor (sensível e latente), introduzindo a ideia de sistema e vizinhança. Após esse momento, abordar os processos de transferência de calor por condução, convecção e irradiação, utilizando-se das seguintes perguntas nos momentos oportunos:

1. O que acontece se eu misturar a água gelada e a água quente?
2. Só ocorre transferência de calor se os corpos estiverem em contato?
3. Por que acender uma lâmpada incandescente aquece o ambiente?
4. Como absorvemos calor proveniente da luz solar?
5. Como a água na panela se aquece por inteiro se só o fundo está em contato com a chama?
6. Por que o ar-condicionado fica na parte superior da sala?

Com esses diferentes exemplos, espera-se explorar qual é a compreensão prévia sobre os três diferentes processos de transferência de calor. Os estudantes devem anotar individualmente suas respostas para compartilhar com a turma posteriormente. Em se tratando de uma SEI, não devem ser fornecidas respostas prontas, mas o conhecimento deve ser construído junto com os estudantes em um processo de alfabetização científica.

Por último, o professor escreve juntamente com os alunos, agora de maneira mais formal, a equação de proporcionalidade entre calor, massa e variação de temperatura, com o auxílio de indagações:

1. O que acontece quando misturamos dois copos idênticos em quantidade de água, um a 0 °C e outro a 50 °C?
2. O mesmo acontece se for um copo de água e o outro de etanol?
3. E se misturar meio copo de água a 0 °C com um copo inteiro de água a 50 °C?

Por meio das respostas encontradas, o professor pode propor a escrita da equação matemática ($Q = mc\Delta T$) através da construção de tabelas. Essa tarefa pode ser feita em grupos, nos quais os estudantes deverão fazer anotações e entregá-las para avaliação futura da sequência didática.

5.3. Terceiro encontro: conceitos de termoquímica (1 h 50 min)

No terceiro encontro, a aula pode ser iniciada a partir da reflexão sobre a palavra termoquímica, e com o levantamento das seguintes questões, que devem ser anotadas de forma individual:

1. Como a queima de combustível no motor de um automóvel o coloca em movimento?
2. Qual a relação desse processo com o experimento da primeira aula?

O objetivo aqui é que, a partir da ideia de transformação e transferência de energia, introduzamos o conceito de processos endotérmicos e exotérmicos. Em seguida, apresentamos as ideias de calor de reação e entalpia. Por fim, encontramos a relação da variação de entalpia com reações endotérmicas e exotérmicas e mudanças na energia interna de um sistema.

A partir disso, o professor pode escrever a reação de combustão do álcool com o auxílio dos estudantes e conceituar entalpia padrão, entalpia de combustão e energia de ligação. Por fim, o docente traz a ideia de entalpia de dissolução e resolve alguns exemplos envolvendo reações químicas e variação de entalpia para melhor fixação.

Ao final, apresenta a reação de quebra da glicose e solicita que os alunos pesquisem sobre a composição química dos alimentos e suas informações nutricionais, incluindo a energia fornecida por eles.

5.4. Quarto encontro: contextualização e avaliação (1 h 50 min)

No último encontro, haverá a revisão dos conceitos aprendidos, e então será reproduzido o vídeo *Produção de sabão ecológico a partir do reaproveitamento do óleo de cozinha*,² que contextualiza com uma aplicação comercial a reação apresentada na primeira aula e levanta questões socioambientais. A turma será dividida em trios novamente, nos quais os alunos irão discutir sobre o vídeo e o que foi aprendido ao longo da SD. Eles então deverão refletir, em grupo, sobre as questões que serão fornecidas e escrever as respostas individualmente para avaliação:

1. Por que a temperatura da água aumentou após a adição de soda cáustica?
2. O que acontece com a energia interna da água após a dissolução da substância?
3. A reação química observada é classificada em endotérmica ou exotérmica?
4. Você poderia citar dois exemplos distintos de reações exotérmicas e endotérmicas que acontecem no cotidiano?
5. Qual variação de temperatura seria esperada se mantivéssemos o volume da solução no experimento, mas com adição de 15 g de NaOH em vez de 5 g?
6. Qual variação de temperatura seria esperada se mantivéssemos a quantidade de NaOH, mas o volume da solução no experimento fosse de 800 mL?

7. Se verificássemos uma variação de temperatura de 31 °C no mesmo volume de solução, qual teria sido a adição de NaOH aproximada?
8. Para uma variação de temperatura de 18,6 °C após uma adição de 10 g de NaOH, qual o volume de solução necessário?

Aqui, queremos verificar se o aluno identifica no experimento realizado um processo de reação exotérmica, com liberação de calor e conseqüente aumento de temperatura (e de energia interna), além de estabelecer corretamente a proporção entre a quantidade de NaOH e calor liberado, e desse último com a massa da solução e a variação

de temperatura.

6. Considerações finais

Partindo de reflexões sobre a interdisciplinaridade entre a física e a química, destacamos a relevância da construção do conhecimento acerca dos fenômenos naturais em sua totalidade, em um ensino cujo cerne é a compreensão do mundo em que vivemos. Dada a necessidade de propostas de abordagens interdisciplinares em sala de aula para essas disciplinas, apresentamos uma sequência didática investigativa voltada para a aprendizagem dos conceitos e das aplicações cotidianas de um experimento que determina a variação de temperatura da água após a dissolução do composto alcalino NaOH. Consideramos que a área de termodinâmica, que estuda a energia e suas transformações, sendo comum à física e à química, atua como uma ponte entre essas disciplinas, permitindo ao professor trabalhar os conceitos de calorimetria e termoquímica de forma unificada.

Para a elaboração da sequência didática, com o objetivo de ser ministrada para o Ensino Médio, sugerimos uma metodologia baseada no ensino por investigação, que pode ser iniciada a partir de um problema, experimental ou teórico. A demonstração experimental que propomos utiliza substâncias que o aluno vê no ambiente doméstico, como a soda cáustica, o que é interessante para apresentar o tópico escolhido e levantar questionamentos, edificando o conhecimento.

Além disso, a sequência permite também trabalhar a dimensão socioemocional dos estudantes, por meio das atividades em grupo, e favorece o protagonismo estudantil por meio das atividades individuais. Por fim, a sequência didática pode ser adaptada para o ensino fundamental ou para a graduação, para outros objetivos e enfoques, mas salientamos a importância de que a resolução do problema venha sempre acompanhada de atividades que sistematizem o aprendizado e contextualizem o conhecimento do ponto de vista social.

Recebido em: 11 de Agosto de 2024

Aceito em: 19 de Fevereiro de 2025

Consideramos que a área de termodinâmica atua como ponte entre a física e a química, por estudar a energia e suas transformações

Notas

¹QuiAtivo. *Como funciona uma usina termelétrica a gás e carvão?* Youtube, 29/4/2022. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=g90tmnoQjyE>, acesso em 1/8/2023.

²Prefeitura do Natal. *Produção de sabão ecológico a partir do reaproveitamento do óleo de cozinha.* Youtube, 04/06/2021. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=g90tmnoQjyE>, acesso em 1/8/2023.

Referências

- [1] Brasil, *Base Nacional Comum Curricular - Ensino Médio* (MEC/SEF, Brasília, 2018).
- [2] I.B. da Silva, O.A. de Oliveira Tavares, *Holos* **1**, 4 (2005). Disponível em <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481549263001>, acesso em 7 de março de 2025.
- [3] E.R. Mozena, F. Ostermann, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **33**, 327 (2016). [doi](#)
- [4] I.C.A. Fazenda, *Interdisciplinaridade: História, Teoria e Pesquisa* (Papirus Editora, São Paulo, 1994).
- [5] C.R. da Silva, *Revista Artigos Com* **3**, e1107 (2019). Disponível em <https://acervomais.com.br/index.php/artigos/article/view/1107>, acesso em 7 de março de 2025.
- [6] H. Japiassu, *Interdisciplinaridade e Patologia do Saber* (Imago Editora, Rio de Janeiro, 1976).
- [7] H. Japiassu, *Seminário Internacional Sobre Reestruturação Curricular* (Secretaria Municipal de Educação, Porto Alegre, 1994).
- [8] A. Bonatto, C.R. Barros, R.A. Gemeli, T.B. Lopes, M.D. Frison, In: *Anais da IX ANPED SUL* **9**, 1, Florianópolis, 2012.
- [9] E. da Costa Júnior, E.C. Rodrigues, M.V.D. Silva, R.C.S. Gomes, C.C.B. de Assis, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **39**, e1403 (2017). [doi](#)
- [10] E.R. Mozena, F. Ostermann, *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* **16**, 185 (2014). [doi](#)
- [11] S.C. da Silva Cantanhede, A.F.G. Silva, F.H.S. da Silva, M.F.V. da Silva, *Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática* **9**, e21019 (2021). [doi](#)
- [12] M.V. Snovarski Fonseca, I.M. Leal Rodrigues, M.B. Snovarski Fonseca, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **40**, e3504 (2018). [doi](#)
- [13] T.C. Luchese, R.M. Vogt, R. Andrighetto, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **41**, e20180274 (2019). [doi](#)
- [14] M.A. Ridenti, J. Amorim, A. Dal Pino, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **40**, e3307 (2018). [doi](#)
- [15] T.D. Admiral, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **42**, e20200139 (2020). [doi](#)
- [16] P.J.P. de Oliveira, E. Rodrigues Junior, J.C.M. Silva, N.A. Da Silva, *A Física na Escola* **18**(1), 30 (2020).
- [17] G.L.N. Bueno, P.J.P. de Oliveira, E. Rodrigues Junior, T.D. Admiral, G.A. Silva, e cols., *A Física na Escola* **19**(2), 63 (2021).
- [18] T.D. Admiral, P.J.P. de Oliveira, F.C. Marques, *A Física na Escola* **20**(1), 210705 (2022).
- [19] T.D. Admiral, I. da Silva Cunha, L.P.T. do Carmo, *Ensino em Foco* **3**, 35 (2020).
- [20] N.F. Coelho, P.J.P. de Oliveira, E. Rodrigues Junior, T.D. Admiral, J.C.M. Silva, e cols. *A Física na Escola* **19**(1), 22 (2021).
- [21] A.M.P. de Carvalho, *Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula* (Cengage Learning, São Paulo, 2013).
- [22] J. Piaget, *A Tomada da Consciência* (Melhoramentos e EDUSP, São Paulo, 1977), 211 p.
- [23] J. Piaget, *Fazer e Compreender* (Melhoramentos e EDUSP, São Paulo, 1978), 186 p.
- [24] L.S. Vigotsky, *A Formação Social da Mente* (Martins Fontes, São Paulo, 1984).
- [25] A.M.P. de Carvalho, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* **18**, 765 (2018). [doi](#)
- [26] A.M.P. de Carvalho, *Termodinâmica: Um Ensino por Investigação* (Faculdade de Educação, São Paulo, 1999).
- [27] M. Ferreira, O.L. da Silva Filho, D.S. Nunes, E.V. Faria Júnior, *Revista do Professor de Física* **2**, 31 (2018). [doi](#)
- [28] R.D. Helou, G.J. Biscuola, N.V. Bôas, *Tópicos de Física* (Saraiva, São Paulo, 2007), v. 2, p. 26.
- [29] R. Feltre, *Química-Físico-Química* (Editora Moderna, São Paulo, 2004), v. 2, 6ª ed., p. 103.
- [30] M. Bobtelsky, R.D. Larisch, *Journal of the Chemical Society* **1950**, 3612 (1950). [doi](#)