

REBAIXANDO O PONTO DE FUSÃO DE GELO: USO DE ATIVIDADE EXPERIEMETAL NO ENSINO DE FÍSICA

Maria Kamylla e Silva Xavier ¹
Gustavo de Alencar Figueiredo ²

RESUMO

Este artigo descreve uma aula da disciplina de Práticas Experimentais (PEX) realizada em turmas de 2º e 3º Anos do Ensino Médio em uma Escola Cidadã Integral da Paraíba (ECI Nelson Batista Alves) localizada no Alto Sertão do Estado. A atividade foi planejada para enriquecer o entendimento dos alunos sobre conceitos de físico-química, incluindo a graduação de escalas termométricas, princípios de transferência de calor, e propriedades coligativas. O principal objetivo foi demonstrar que o ponto de fusão do gelo é influenciado não apenas pelas condições físicas locais, como a pressão atmosférica, mas também pela adição de solutos como sal e álcool, que modificam a estrutura cristalina da água. Essas adições resultam em uma depressão crioscópica, abaixando a temperatura de fusão do gelo. A fundamentação teórica baseou-se nos princípios de transferência de calor e propriedades coligativas, seguindo uma abordagem metodológica de ensino investigativo apoiada principalmente nas ideias de Carvalho e estruturada nos três momentos pedagógicos propostos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco. O experimento foi conduzido em laboratório utilizando termômetros culinários, béqueres, sal grosso, sal comum, álcool e gelo. Os estudantes, organizados em grupos, foram instruídos a avaliar o efeito de diferentes substâncias no ponto de fusão do gelo. Os resultados indicaram que o ponto de fusão do gelo é mais significativamente rebaixado quando adicionado sal comum, devido à maior capacidade de dissolução e interação dos íons de sódio e cloro com as moléculas de água. Este fenômeno foi observado mais intensamente em comparação com o sal grosso e o álcool, refletindo a importância da concentração de íons na solução. Além disso, a discussão em sala de aula após os experimentos proporcionou aos alunos uma oportunidade de refletir sobre a aplicação prática dos conceitos teóricos, reforçando o aprendizado e a compreensão das propriedades térmicas e coligativas.

Palavras-chave: Ponto de fusão; Propriedades coligativas; Depressão crioscópica; Práticas experimentais.

INTRODUÇÃO

O ensino de disciplinas científicas, como física, química e ciências em geral nas escolas brasileiras, está imbricado em inúmeros desafios que desmotivam os alunos, dentre eles, o alto nível de abstração de alguns conceitos, o excesso de matematização e

¹ Doutora em Educação pela Universidade Federal da Paraíba, Mestra em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Licenciada em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Professora de Física lotada na Secretaria de Educação do Estado da Paraíba, kamylla.ufrn@gmail.com;

² Doutor em Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Mestre em Educação pela Universidade Federal da Paraíba, Licenciado em Ciências com habilitação em Física pela Universidade Federal de Campina Grande, Professor Adjunto da Universidade Federal de Campina Grande, gustavo.alencar@professor.ufcg.edu.br;

de métodos tradicionais que não proporcionam participação ativa dos mesmos. Entre as principais barreiras enfrentadas pelos professores para o desenvolvimento de aulas mais práticas e experimentais, destacam-se a redução da carga horária dessas disciplinas desde a implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a escassez de recursos didáticos adequados, a falta de laboratórios ou de estrutura apropriada nos laboratórios escolares, e a limitação de orçamento que dificulta a atualização e aquisição de novos materiais e equipamentos. Esses fatores contribuem significativamente para a predominância de métodos de ensino mais tradicionais e teóricos, que muitas vezes não conseguem engajar efetivamente os estudantes ou mobilizar seu interesse pela ciência.

No entanto, é possível desenvolver atividades experimentais com materiais de baixo custo e buscar soluções alternativas ao ensino de Ciências. No contexto do Ensino Médio na Rede Pública Estadual da Paraíba, há a oferta de um componente curricular específico nas escolas de tempo integral, denominado Práticas Experimentais (PEX) nas turmas/séries de 2º e 3º Anos. Este componente foi projetado a partir de experiências desenvolvidas no antigo Ginásio Pernambucano para fomentar a inclusão de atividades experimentais no currículo, proporcionando uma carga horária dedicada exclusivamente para esse fim. Apesar de não existir um currículo fixo e específico para esse componente, existem orientações pedagógicas que direcionam sua implementação.

A ausência de um currículo específico para o componente de Práticas Experimentais (PEX) pode gerar uma desconexão nas atividades práticas com os currículos fundamentais de Física, Química e Biologia. Essa lacuna curricular traz o risco de que as práticas sejam implementadas de forma desarticulada e superficial, funcionando mais como atividades alegóricas do que como experiências educativas substanciais. O termo "alegórico" critica acertadamente essas práticas pedagógicas que, embora capturem o interesse dos estudantes, são executadas sem o rigor necessário para garantir a assimilação dos conceitos estudados.

O ensino de conceitos de físico-química no Ensino Médio apresenta desafios significativos, especialmente quando se busca conectar teoria e prática de maneira que os estudantes compreendam e apliquem os princípios científicos em contextos reais. Conceitos como graduação de escalas termométricas, princípios de transferência de calor e propriedades coligativas são fundamentais para a compreensão de fenômenos naturais e tecnológicos, mas muitas vezes são abordados de forma abstrata, dificultando a assimilação pelos alunos.

A depressão crioscópica, fenômeno no qual a temperatura de fusão de um solvente é reduzida pela adição de um soluto não volátil, é um exemplo de conceito que pode ser ilustrado por meio de experimentos simples e elucidativos. Compreender como substâncias como sal e álcool afetam o ponto de fusão do gelo não apenas reforça o entendimento de propriedades coligativas, mas também demonstra aplicações práticas desses conceitos, como no descongelamento de estradas em países de clima frio.

Diante disso, este trabalho descreve uma atividade experimental realizada com turmas de 2º e 3º anos do Ensino Médio em uma Escola Cidadã Integral da Paraíba (ECI Nelson Batista Alves) localizada no Alto Sertão do Estado. A proposta teve como objetivo principal demonstrar que o ponto de fusão do gelo é influenciado não apenas por condições físicas como a pressão atmosférica, mas também pela adição de diferentes solutos que modificam a estrutura cristalina da água. Ao adicionar substâncias como sal grosso, sal comum e álcool ao gelo, os alunos puderam observar a depressão crioscópica e entender a influência da concentração de partículas na solução.

A justificativa para a realização desta atividade reside na necessidade de tornar o ensino de físico-química mais dinâmico e significativo. Ao envolver os estudantes em práticas experimentais, busca-se promover uma aprendizagem ativa, estimulando a curiosidade científica e a capacidade de investigação. Além disso, a atividade permite conectar os conteúdos teóricos estudados em sala de aula com fenômenos observáveis, facilitando a compreensão e retenção do conhecimento.

Metodologicamente, a atividade seguiu uma abordagem de ensino investigativo fundamentada nas ideias de Carvalho e estruturada nos três momentos pedagógicos propostos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco: problematização inicial, desenvolvimento e aplicação do conhecimento. Os alunos, organizados em grupos, realizaram experimentos utilizando termômetros culinários, béqueres, diferentes tipos de sal, álcool e gelo, registrando as variações de temperatura e observando as mudanças no ponto de fusão do gelo.

Os resultados obtidos evidenciaram que a adição de sal comum promoveu a maior depressão no ponto de fusão do gelo, em comparação com o sal grosso e o álcool. Este efeito foi atribuído à maior capacidade de dissolução e à interação mais eficiente dos íons de sódio e cloro com as moléculas de água, aumentando a concentração de partículas na solução e intensificando o fenômeno coligativo. A discussão dos resultados em sala de aula proporcionou aos alunos a oportunidade de refletir sobre os princípios teóricos envolvidos e suas aplicações práticas.

Em conclusão, a atividade experimental mostrou-se eficaz na promoção de um ensino mais interativo e contextualizado, contribuindo para o aprofundamento dos conceitos de físico-química e para o desenvolvimento de habilidades investigativas nos alunos. Ao vivenciarem diretamente os fenômenos estudados, os estudantes puderam consolidar seu entendimento sobre transferência de calor e propriedades coligativas, evidenciando a importância das práticas experimentais no processo de ensino e aprendizagem.

METODOLOGIA

A atividade experimental foi desenvolvida com turmas de 2º e 3º anos da ECI Nelson Batista Alves. O planejamento e execução seguiram uma abordagem de ensino investigativo, fundamentada nas concepções de Carvalho (2013), que enfatiza a importância de práticas pedagógicas que promovam a construção ativa do conhecimento pelos estudantes. Além disso, a estruturação da aula baseou-se nos Três Momentos Pedagógicos propostos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), compreendendo: problematização inicial, desenvolvimento e aplicação do conhecimento. O quadro a seguir sintetiza a metodologia empregada.

Quadro 1: Sistematização metodológica

Categoria	Descrição Detalhada
Procedimentos Didáticos	- Problematização Inicial: Discussão inicial para levantar hipóteses.
	- Desenvolvimento: Experimentos em grupo com diferentes solutos.
	- Aplicação do Conhecimento: Discussão coletiva dos resultados.
Materiais e Equipamentos	- Termômetros culinários
	- Béqueres
	- Gelo em cubos
	- Sal comum, sal grosso
	- Álcool etílico 70%
	- Cronômetros
Técnicas de Pesquisa	- Folhas para registro de dados
	- Observação direta durante os experimentos.
	- Registro quantitativo de temperaturas.
	- Registro qualitativo de observações e hipóteses.

Análise dos Dados	Construção de gráficos de temperatura versus tempo para cada substância testada, comparação entre os efeitos de solutos iônicos e moleculares, análise do impacto da granulometria dos solutos.
Considerações Éticas	Atividade integrada ao currículo regular, realizada em conformidade com as normas de segurança em laboratório. Não houve necessidade de aprovação por comissões de ética.
Segurança e Precauções	Instruções sobre manuseio seguro dos materiais, uso de equipamento de proteção individual quando necessário.
Limitações e Controle	Reconhecimento das limitações de variações na temperatura ambiente e na precisão dos termômetros. Controle experimental para manter constância nas quantidades de gelo e soluto.

Fonte: Elaborada pelos autores

REFERENCIAL TEÓRICO

Gaspar e Monteiro (2005) defendem que as atividades experimentais em sala de aula são cruciais para integrar o conhecimento formal, sistemático e hierarquicamente organizado, e o conhecimento espontâneo, baseado em experiências cotidianas e menos estruturado. Para os autores, as atividades experimentais permitem que os alunos construam compreensões científicas a partir de suas experiências prévias. Borges (2002) e Força, Laburú e Silva (2011) enfatizam que tais atividades possibilitam a manipulação de materiais pelos alunos, tornando-os ativamente envolvidos no aprendizado e também podem ser realizadas sem necessidade de equipamentos sofisticados.

Séré, Coelho e Nunes (2003) adicionam que as atividades experimentais enriquecem o aprendizado ao proporcionar sentido às abstrações teóricas e preparar os alunos para tomadas de decisão crítica durante investigações científicas. Borges (2002) critica a forma como essas atividades são frequentemente apresentadas, alertando que elas devem estar integradas com os conceitos relevantes e contextualizadas dentro da realidade cultural dos alunos para maximizar seu impacto educativo e significado. Tais atividades podem seguir uma perspectiva demonstrativa, de laboratório tradicional ou de laboratório aberto.

As atividades experimentais demonstrativas, conforme discutido por Gaspar e Monteiro (2005), e Força, Laburú e Silva (2011), têm um papel fundamental na sala de aula, com o professor atuando como principal executor e demonstrador dos conceitos. Este método, embora permita aos alunos visualizar teorias em prática, limita sua

participação a um papel passivo de observadores, o que pode restringir a aprendizagem ativa e aprofundada. Gaspar e Monteiro (2005) ressaltam que essas atividades não requerem laboratórios específicos e podem ocorrer em ambientes variados como museus e conferências, aumentando sua acessibilidade, mas potencialmente diluindo a experiência prática direta do aluno.

Séré, Coelho e Nunes (2003) criticam esta abordagem por apresentar a ciência como um campo conclusivo, onde os resultados experimentais apenas confirmam teorias pré-estabelecidas sem incentivar a investigação ou o questionamento por parte dos alunos. Tal enfoque pode reforçar uma visão limitada e unilateral do processo científico, onde a curiosidade e a crítica são frequentemente subjugadas pela necessidade de validar o conhecimento existente.

No laboratório tradicional, a participação dos alunos é mais ativa comparada às demonstrações, com eles executando experimentos definidos previamente por um roteiro do professor, como destacado por Borges (2002). Este tipo de laboratório, geralmente realizado em pequenos grupos, tem como objetivos ilustrar conceitos teóricos, testar leis científicas e ensinar o uso de equipamentos específicos. No entanto, Borges também observa que, apesar dos benefícios como o desenvolvimento da capacidade de trabalho em equipe, o formato pode ser restritivo, pois os alunos seguem instruções detalhadas sem espaço para iniciativa própria. Séré, Coelho e Nunes (2003) complementam essa visão ao notar que o modelo tradicional desencoraja a discussão ou questionamento sobre as leis científicas, limitando os alunos a apenas manipular e observar, o que pode restringir o desenvolvimento de um entendimento mais crítico e profundo dos conceitos científicos.

Já o conceito de laboratório aberto, como descrito por Força, Laburú e Silva (2011), enfatiza a autonomia do aluno no processo experimental, onde ele pode organizar suas atividades conforme sua disponibilidade, sob supervisão. Azevedo (2004) caracteriza esse tipo de laboratório como um ambiente de investigação que permite aos alunos abordar e resolver questões específicas através de um processo definido que inclui: formulação de perguntas, hipóteses, planejamento, execução e análise de dados, culminando na validação de hipóteses.

Esta abordagem é reforçada por diversos modelos adicionais de laboratórios descritos por Força, Laburú e Silva (2011), que variam desde laboratórios de projetos a laboratórios divergentes, permitindo diferentes níveis de interação e autonomia estudantil. Séré, Coelho e Nunes (2003) expandem essa discussão introduzindo a

utilização de informática nas atividades experimentais, destacando como a tecnologia pode facilitar a comparação de modelos e a validação de teorias científicas. Esses autores argumentam que as atividades experimentais devem encorajar os alunos a compreender que a teoria é necessária para a exploração científica, promovendo uma abordagem mais profunda e reflexiva na aprendizagem de fenômenos.

A temperatura padrão de fusão do gelo puro em condições normais de pressão é de 0 °C. Mas quando se adiciona um soluto, como sal, ao gelo, observa-se que o ponto de fusão do gelo diminui devido ao efeito da pressão osmótica do soluto adicionado, descrito pelo fenômeno conhecido como depressão crioscópica (Lima, 2014; Zoch, Vanz, Vendruscolo, 2016).

Ocorre que a presença do soluto perturba a estrutura cristalina do gelo, impedindo a formação das pontes de hidrogênio eficientes que são essenciais para a estrutura sólida do gelo. Como resultado, é necessária uma temperatura mais baixa para que as moléculas de água se organizem em uma estrutura cristalina estável (Lima, 2014).

Neste caso, o processo de transferência de energia por calor envolvido é a condução. A condução de calor ocorre através do gelo à medida que diferentes partes dele têm diferentes temperaturas quando se adiciona o sal. O calor flui das moléculas com menor energia cinética média para as de menor energia, aumentando assim, a energia interna destas moléculas e promovendo a mudança de estado. Durante a fusão, o gelo absorve calor sem uma mudança de temperatura, uma manifestação do calor latente de fusão. O calor absorvido é usado para romper as pontes de hidrogênio entre as moléculas de água, permitindo que elas passem do estado sólido para o líquido (Ramos, 2013).

A relevância de compreender a depressão crioscópica reside na sua aplicabilidade prática, não apenas em contextos laboratoriais, mas também em situações cotidianas e industriais. Por exemplo, a adição de sal nas estradas durante o inverno para evitar acúmulo de gelo, ou o uso de soluções anti-congelantes em sistemas de refrigeração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade experimental foi realizada por oito grupos de estudantes, que investigaram a influência de diferentes solutos no ponto de fusão do gelo. As medições de temperatura foram realizadas a cada minuto, durante um total de três minutos. Os

dados coletados permitiram a análise comparativa entre o gelo puro e as misturas com sal grosso, sal comum e álcool etílico a 70%. O quadro 2 apresenta as temperaturas médias registradas pelos grupos para cada condição experimental ao longo do tempo.

Quadro 2 - Temperaturas médias registradas em função do tempo para cada mistura

Tempo (min)	Gelo Puro (°C)	Gelo + Sal Grosso (°C)	Gelo + Sal Comum (°C)	Gelo + Álcool 70% (°C)
0	0,5	-1	-1,2	0,2
1	0,3	-6,5	-8	-0,5
2	0,1	-12,3	-14	-1,1
3	-0,2	-18,2	-20,5	-1,5

Fonte: Dados experimentais coletados pelos grupos.

Observa-se que o gelo puro manteve temperaturas próximas a 0°C, variando ligeiramente de 0,5°C a -0,2°C. Este comportamento está de acordo com a literatura, que estabelece o ponto de fusão da água pura em 0°C sob pressão atmosférica normal. Nas misturas com sal grosso e sal comum, houve uma depressão significativa do ponto de fusão. A mistura com sal comum apresentou a maior redução de temperatura, atingindo -20,5°C em três minutos, enquanto a mistura com sal grosso chegou a -18,2°C. Este fenômeno é explicado pelas propriedades coligativas, especificamente a depressão crioscópica, que ocorre devido à adição de um soluto não volátil que diminui a temperatura de fusão do solvente.

A diferença entre os efeitos do sal comum e do sal grosso pode ser atribuída à granulometria dos sais. O sal comum, por ter grãos menores, possui uma área de superfície maior, o que facilita a dissolução e aumenta a concentração de íons Na⁺ e Cl⁻ na solução. Isso intensifica o efeito coligativo, resultando em uma maior depressão do ponto de fusão em um intervalo de tempo menor.

A mistura com álcool etílico a 70% apresentou uma redução de temperatura menos acentuada, chegando a -1,5°C após três minutos. O álcool, sendo um soluto molecular, não se dissocia em íons na solução, e sua capacidade de alterar as propriedades coligativas é menor em comparação com solutos iônicos.

Os resultados confirmam a teoria de que a depressão do ponto de fusão é proporcional ao número de partículas de soluto presentes na solução, conforme a equação da depressão crioscópica. A maior molalidade obtida com o sal comum justifica a maior

depressão observada. Além disso, o efeito dos solutos iônicos é mais pronunciado devido à dissociação em múltiplos íons, aumentando o número de partículas em solução.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade experimental desenvolvida permitiu demonstrar de forma efetiva como a adição de diferentes solutos influencia o ponto de fusão do gelo, proporcionando aos alunos uma compreensão prática dos conceitos de propriedades coligativas e transferência de calor. Observou-se que o sal comum promoveu a maior depressão no ponto de fusão, seguido pelo sal grosso e, por fim, pelo álcool etílico a 70%. Essa variação está diretamente relacionada à capacidade de dissolução e à natureza iônica ou molecular dos solutos utilizados.

A realização deste experimento em sala de aula mostrou-se eficaz na promoção de um ensino mais interativo e contextualizado, alinhando-se às abordagens pedagógicas que enfatizam a importância da aprendizagem ativa e investigativa. Os alunos não apenas participaram ativamente do processo de investigação científica, como também puderam relacionar os conceitos teóricos com fenômenos observáveis, o que contribuiu para a retenção e compreensão aprofundada dos conteúdos.

Além disso, a atividade evidenciou que é possível superar as limitações de recursos materiais e estruturais frequentemente encontradas nas escolas públicas, utilizando materiais de baixo custo e estratégias pedagógicas adequadas. Ao fomentar a curiosidade científica e o pensamento crítico, práticas como esta auxiliam no desenvolvimento de habilidades essenciais para a formação integral dos estudantes.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a ampliação do escopo experimental, incluindo outros solutos e variáveis, bem como a integração de tecnologias digitais para o registro e análise de dados. Também seria pertinente investigar o impacto de atividades experimentais frequentes no desempenho acadêmico e no interesse dos alunos pelas disciplinas científicas.

AGRADECIMENTOS

Expressamos nossa gratidão aos alunos dos 2º e 3º anos do Ensino Médio, à gestão e Coordenação Pedagógica da Escola Cidadã Integral Nelson Batista Alves, cujo apoio e entusiasmo foram fundamentais para a realização e sucesso da atividade experimental descrita neste trabalho.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO M. C. P. S. Ensino por Investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: Carvalho, A. M. P. (org.), **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Thomson, 2004.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, v. 1, p. 1-19, 2013.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

FORÇA, A. C.; LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. Atividades experimentais no ensino de física: teoria e práticas. **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, 2011.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. M. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em ensino de ciências**, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

LIMA, L. S. Propriedades coligativas. **Revista de Ciência Elementar**, v. 2, n. 1, 2014.

RAMOS, N. M. M. **Relatório de Estágio: A Culinária e o Ensino da Química em Contexto Laboratorial**. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade da Beira Interior (Portugal).

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da física. **Caderno brasileiro de ensino de física**, v. 20, n. 1, p. 30-42, 2003.

ZOCH, A. N.; VANZ, L.; VENDRUSCOLO, T. Sequência Didática Envolvendo Tic's E Experimentação Para O Ensino De Propriedades Coligativas (Crioscopia E Ebulioscopia). **Encontro Nacional de Ensino de Química**. Universidade Federal de Santa Catarina. 2016.