



Universidade Federal do Pampa

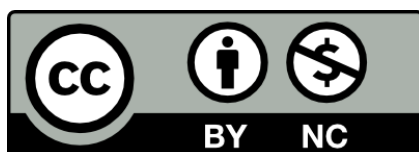
**Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências**

**ATIVIDADES DIDÁTICAS PARA O ENSINO DE FÍSICO-
QUÍMICA EXPERIMENTAL COM O APOIO DE UM
TERMÔMETRO ELETRÔNICO COM AQUISIÇÃO
AUTOMÁTICA DE DADOS**

Adriane Röedel Hirdes

Proposta educacional associada à Dissertação de Mestrado realizada sob orientação do Prof. Dr. Paulo Henrique Guadagnini e coorientação da Profa. Dra. Vania Elisabeth Barlette e apresentada à Banca Examinadora como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências, Área de Concentração: Ensino de Ciências, do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa.

**Bagé, RS
2015**



Esta obra está licenciada sob a Licença
[Creative Commons Atribuição Não Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite:

- **Compartilhar:** copiar e distribuir o material em qualquer meio ou formato;
- **Adaptar:** remixar, transformar e construir com base neste material

O licenciante não pode revogar essas liberdades enquanto os termos desta licença forem seguidos.

Sob estas condições:



Atribuição: Você deve dar crédito adequado, fornecer um link para a licença, e indicar se mudanças foram feitas. Você pode fazê-lo de qualquer forma razoável, mas não em qualquer forma que sugira que o licenciante concorda com você ou seu uso.



Uso Não Comercial: Você não pode usar o material para fins comerciais.

Não há restrições adicionais: Você não pode aplicar termos legais ou medidas tecnológicas que legalmente restringem os outros de fazer qualquer coisa que a licença permite.

Apoio:



Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)
Programa Observatório da Educação – OBEDUC

SUMÁRIO

Apresentação	05
1 Introdução	06
2 Atividade Experimental de Calorimetria: Determinação de Entalpia de Decomposição do Peróxido de Hidrogênio	08
2.1 Descrição geral da atividade de Calorimetria	08
2.2 Planejamento didático da atividade de Calorimetria	08
2.3 Preparação e montagem da atividade de Calorimetria	11
2.3.1 Construção do calorímetro utilizado como recurso didático	11
2.3.1.1 Materiais utilizados para o calorímetro	11
2.3.2 Preparação do experimento de determinação da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio	13
2.3.2.1 A escolha do catalisador	13
2.3.3 Materiais e reagentes utilizados para a atividade de calorimetria	14
2.4 Guia da Atividade Experimental de Calorimetria	16
2.5 Instrumento de Análise – Atividade de Calorimetria	23
3 Atividade Experimental de Termometria: Curva de Resfriamento do Ácido Esteárico	25
3.1 A química do ácido esteárico	25
3.2 Preparação do experimento para o levantamento da curva de resfriamento	26
3.3 Materiais e reagentes utilizados para a atividade de termometria	28
3.4 Descrição geral da atividade	29
3.5 Planejamento didático da atividade de termometria: estudo da curva de resfriamento do ácido esteárico	30
3.5.1 Guia da Atividade Experimental de Termometria – Fase da Predição	31
3.5.2 Guia da Atividade Experimental de Termometria – Fase da Experimentação	36
3.5.3 Guia da Atividade Experimental de Termometria – Fase da Verificação	40
3.6 Instrumento de Análise – Atividade de Termometria	41

4 Protótipo de um Termômetro Eletrônico com Aquisição de Dados	43
4.1 Projeto do termômetro eletrônico com termistor e aquisição automática de dados	43
4.2 O termistor como transdutor de temperatura	43
4.3 Linearização da resposta do termistor e condicionamento de sinal analógico	45
4.4 Procedimentos de teste, calibração e avaliação do erro de medição	51
4.5 Construção física do termômetro eletrônico	53
4.6 Código para a plataforma Arduino	57
4.7 Aquisição e apresentação de dados em planilha eletrônica	59
4.8 O termômetro eletrônico e aquisição automática de dados no ensino	60
Referências	63
Apêndice 1 – Teste de conhecimentos sobre conceitos básicos de transições de fase e calorimetria	65

APRESENTAÇÃO

Prezado professor, este material é o produto educacional desenvolvido durante a minha pesquisa de mestrado profissional intitulada “Projeto, construção e avaliação de um termômetro eletrônico com aquisição automática de dados aplicados no ensino de Físico-química experimental” (HIRDES, 2015).

A proposta aqui apresentada foi aplicada durante nos meses de março e abril de 2015, no componente curricular de Físico-química Experimental I da Universidade Federal do Pampa, campus Bagé, no entanto, também pode ser utilizada por professores de química e de física para trabalhar os conceitos de Calorimetria e de Termometria, seja no nível médio ou superior.

Este material apresenta duas atividades didáticas aplicadas no ensino de físico-química experimental que utilizaram como recurso didático um termômetro eletrônico com sistema de aquisição automática de dados, cujo projeto e construção também são apresentados neste material.

É apresentado também, dentre os produtos educacionais, instrumentos de análise de guias desenvolvidos para cada atividade, um teste de conhecimento sobre conceitos básicos de transições de fase e calorimetria e a construção de um calorímetro simples.

Os produtos educacionais aqui apresentados podem ser utilizados e/ou modificados a fim de atender às necessidades do planejamento didático do professor. Maiores detalhes sobre os produtos educacionais e resultados de sua aplicação estão apresentados na dissertação de mestrado de Hirdes (2015).

Bagé, RS – Ano de 2015

Adriane Röedel Hirdes

1 INTRODUÇÃO

Este estudo se insere numa perspectiva de ensino de Química voltada à compreensão dos fenômenos químicos e ao desenvolvimento de habilidades cognitivas complexas, especialmente o desenvolvimento da capacidade argumentativa, contrapondo-se a um ensino algorítmico tradicionalmente praticado.

Dentre as grandezas físicas frequentemente medidas em práticas experimentais de laboratório, a temperatura assume um papel de destaque, sendo que a maior parte de outras grandezas físicas e processos químicos dela dependem. Medidas de temperatura automatizadas proporcionam agilidade na aquisição de dados durante as práticas experimentais, consumindo menos tempo em tarefas repetitivas e de pouca demanda cognitiva para centrar-se em atividades que exigem reflexão sobre os fenômenos envolvidos, conflito cognitivo e desenvolvimento da investigação científica por meio da argumentação.

O objeto deste estudo são as práticas experimentais no laboratório de Química que utilizam como recurso didático um instrumento automatizado de medida de temperatura desenvolvido para potencializar atividades experimentais investigativas.

Esta proposta foi implementada com uma turma de 12 acadêmicos da disciplina de Físico-Química Experimental I no 1º semestre de 2015. O protótipo do termômetro foi construído no Laboratório de Tecnologias Educacionais do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Unipampa, campus Bagé e a aplicação das atividades educacionais foi realizada nos laboratórios didáticos de Química da Unipampa, campus Bagé.

As atividades envolveram a determinação de entalpia de reação de decomposição do peróxido de hidrogênio em solução aquosa (Atividade de Calorimetria) e o levantamento da curva de resfriamento do ácido esteárico (Atividade de Termometria) e nesta proposta apresentamos o planejamento didático, desenvolvimento, os respectivos guias de atividade e os instrumentos de análise.

No planejamento e desenvolvimento das atividades utilizamos como ferramenta didática a Taxonomia de Bloom revisada de Objetivos Educacionais, para organizar e categorizar os objetivos de aprendizagem em níveis de cognição, a Teoria da Argumentação de Lawson (2003) e os níveis de abertura em atividades práticas experimentais Borges (2002).

O planejamento e desenvolvimento das atividades experimentais foram amparados nos seguintes fundamentos teóricos, levando em conta:

- Os modelos de argumentação de Toulmin e Lawson para o desenvolvimento de atividades experimentais investigativas (ROSA; MOREIRA, 2013);

- A estruturação dos instrumentos de análise de cada guia de atividade levou em conta os níveis cognitivos propostos por Zoller (1993, 2002) organizados em habilidades cognitivas de baixa ordem (*LOCS – Lower Order Cognitive Skills*,) e as habilidades cognitivas de mais alta ordem (*HOCS – Higher Order Cognitive Skills*) além das formas algorítmicas de conhecimentos (*ALG – Algoritmith*).

- Na perspectiva da teoria histórico-cultural de Lev Vygotsky, o desenvolvimento cognitivo do sujeito se dá pela sua interação com o meio, mediada por instrumentos técnicos e psicológicos.

Neste estudo também foi utilizado um teste de conhecimento construído e aplicado antes e após as atividades (pré-teste e pós-teste de conhecimentos) que se encontra disponibilizado no APÊNDICE 1.

O professor ou leitor interessado na fundamentação teórica e metodológica deste estudo poderá consultar a dissertação de mestrado de Hirdes (2015).

2 ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE CALORIMETRIA: DETERMINAÇÃO DE ENTALPIA DE DECOMPOSIÇÃO DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

2.1 Descrição geral da atividade de Calorimetria

Esta atividade se refere a uma aplicação didática que utiliza o termômetro eletrônico com aquisição automática de dados, descrito no capítulo 4, para determinação da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio em solução aquosa, necessitando também de um calorímetro como recurso didático, cuja descrição é apresentada neste texto.

A escolha pela atividade de determinação da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio utilizando o termômetro eletrônico foi motivada pela dificuldade na coleta de dados de temperatura utilizando termômetros de líquido em vidro. O sensor do termômetro eletrônico pode permanecer inalterado no interior do calorímetro durante a reação, ao contrário do termômetro de líquido em vidro que, em geral, necessita ser retirado do calorímetro para se fazer as leituras, acarretando erros de medição.

2.2 Planejamento didático da atividade de Calorimetria

O planejamento didático da atividade de calorimetria é apresentado no Quadro 1 e se refere a número de horas-aula previstas, recursos a serem utilizados, objetivos de ensino, objetivos de aprendizagem e ações a serem desenvolvidas. Os objetivos de aprendizagem da atividade foram delineados tendo como base a Taxonomia de Objetivos Educacionais de Bloom revisada utilizada como um instrumento de apoio no planejamento didático no que se refere aos objetivos de aprendizagem além de auxiliar na hierarquização dos processos cognitivos relacionados aos objetivos de aprendizagem do mais simples para o mais complexo (KRATHWOHL, 2002).

Quadro 1 – Planejamento Didático da Atividade de Calorimetria

Atividade 1 – Atividade Prática Experimental para Determinação da Entalpia de Reação	
Nº de horas-aula previstas	4 horas-aula (55 min cada)
Recursos	a) Texto de apoio para leitura prévia à Atividade, sugestão dos livros: (ATKINS; JONES, 2006) Cap. 6, p. 303-330 e (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005) Cap. 5, p. 140-161. b) Guia de Atividade de Calorimetria; c) Termômetro eletrônico acoplado a um sistema de aquisição de dados (3); d) Computador; e) Equipamentos e reagentes (béquer, 6 calorímetros, proveta de 100 mL, espátula, balança analítica, solução de peróxido de hidrogênio 3% m/v; catalisador – fermento biológico, funil pequeno, 3 termômetros de líquido-em-vidro)
Objetivos de Ensino	A Atividade deverá: a) Desenvolver no aluno habilidades de articulação de diferentes conceitos e leis físico-químicas para tratar uma situação-problema prática experimental; b) Desenvolver no aluno habilidades procedimentais para o trabalho científico no laboratório; c) Promover a familiaridade com recursos tecnológicos para aquisição automática de dados em experimentos científicos.
Objetivos de Aprendizagem	Habilidades a serem desenvolvidas pelo aluno: a) Lembrar conceitos e leis físico-químicas, reconhecendo-os em fenômenos práticos experimentais; b) Interpretar fenômenos físico-químicos com base em pressupostos teóricos; c) Identificar as grandezas a serem medidas; d) Proceder à coleta de dados experimentais, utilizando a técnica correta de operação de instrumentos de medição; e) Identificar observações relevantes nos dados/evidências coletados, e reporta-las por escrito; f) Operacionalizar cálculos envolvendo grandezas físicas medidas experimentalmente de modo a se obter resultados medidos indiretamente; g) Usar corretamente unidades das grandezas medidas na operacionalização dos cálculos; h) Avaliar resultados experimentais quanto à sua consistência e concordância com resultados esperados; i) Comparar aspectos da utilização e desempenho de diferentes tipos de termômetro;

	j) Identificar possíveis limitações e fontes de erros experimentais e interpretar possíveis desvios dos resultados obtidos em relação aos esperados em termos de tais limitações e fontes de erro.
Ações a serem Desenvolvidas	a) Introdução No início desta etapa, o professor utiliza 15 a 20 minutos para expor a situação problema e colocar claramente a questão a ser respondida em nível experimental, com uso de lousa e projetor multimídia, e entregar o Guia de Atividade experimental aos alunos (a sugestão é que os alunos sejam organizados em pequenos grupos). Nesse período de tempo, é importante o professor apresentar aos alunos o modo de operação básico do sistema de aquisição de dados para temperatura e do calorímetro, na forma de uma demonstração prática. b) Desenvolvimento Os alunos são encaminhados para o trabalho prático nas bancadas, em pequenos grupos, onde já estará disponível o sistema de aquisição de dados para cada bancada. Com o apoio do Guia da Atividade desta etapa, os grupos de alunos iniciam a parte prática identificando as variáveis relevantes a serem medidas e seguindo o procedimento sugerido no Guia de Atividade. Numa primeira fase, o grupo utilizará o termômetro eletrônico com aquisição automática de dados para medidas de temperatura. À medida que os dados são coletados, os alunos são instruídos a registrarem estes dados no Guia de Atividade. Uma vez concluída a fase de coleta de dados experimentais, os alunos são orientados a executar os cálculos necessários para se obter as grandezas físicas de interesse e sistematizar os resultados de grandezas medidas diretamente e indiretamente. A seguir, o grupo de alunos fará uma avaliação de erros experimentais, comparando os resultados que o grupo obteve experimentalmente com dados de referencia apresentados na literatura. Numa segunda fase, o mesmo grupo de alunos repetirá a atividade prática com registro de dados e cálculos, utilizando um termômetro de líquido-em-vidro para as medidas de temperatura. c) Conclusão Para a conclusão desta etapa, os grupos de alunos concluem a respeito dos diferentes aspectos de utilização e desempenho dos dois tipos de termômetros utilizados comparativamente, apresentando no grande grupo as conclusões obtidas. Observações: a) Sugere-se que o professor circule pelas bancadas durante a execução do experimento para esclarecer eventuais dúvidas e chamar a atenção para detalhes práticos que eventualmente não estejam sendo cumpridos corretamente; b) O professor será um facilitador, auxiliando os grupos de alunos quando solicitado.

Quadro 2 Objetivos de aprendizagem da atividade de calorimetria na dimensão dos processos cognitivos segundo a Taxonomia de Objetivos Educacionais de Bloom revisada (KRATHWOHL, 2002)

DIMENSÃO DO CONHECIMENTO	DIMENSÃO DO PROCESSO COGNITIVO					
	Lembrar	Compreender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Factual	Objetivo a	Objetivo b	Objetivo f Objetivo g			
Conceitual	Objetivo a	Objetivo f Objetivo g	Objetivo e	Objetivo h	Objetivo i Objetivo j	
Procedural		Objetivo c	Objetivo d			
Metacognitivo						

2.3 Preparação e montagem da atividade de Calorimetria

2.3.1 Construção do calorímetro utilizado como recurso didático

O calorímetro cujos detalhes construtivos são descritos a seguir é um instrumento necessário na atividade didática experimental de calorimetria e que pode ser utilizado em conjunto com o termômetro eletrônico com aquisição automática descrito neste trabalho.

2.3.1.1 Materiais utilizados para o calorímetro

Os materiais utilizados para construção do calorímetro são os seguintes:

- Recipientes de isopor utilizado para conservar a temperatura (1 porta garrafa de cerveja e 1 porta latão);
- resíduo de borracha, câmara de pneu facilmente obtida em borracharias;
- Fita isolante;
- estilete;
- Pistola e bastão de cola quente;
- Alfinetes ou tachinhas;
- Tampa de vidro de conserva (parte interna da vedação da tampa) outra opção é a o alumínio das latas de bebidas que são fáceis de cortar, porém mais frágeis para uso contínuo;
- Béquer de 300 mL ou copo de vidro (tipo de requeijão);
- Furadeira ou alicates de corte (para fazer os furos).

De acordo com os materiais utilizados e com as figuras apresentadas abaixo, fica bem fácil entender sua construção, mesmo assim citamos alguns detalhes mais específicos:

Os recipientes de isopor, a parte inferior do porta garrafa será a tampa do calorímetro e o porta latão será o recipiente do calorímetro. Ao cortar o fundo do porta garrafa devemos atentar para a altura da tampa do calorímetro para que fique bem vedado o mesmo. A fita isolante em volta da parte superior do porta latão serve para não desgastar o isopor (que é frágil) durante sua utilização.

É preferível utilizar uma borracha na parte superior da tampa do calorímetro tendo em vista a fragilidade do isopor e proteção contra substâncias ou soluções que poderiam danificar o isopor. Para a fixação da borracha na parte superior da tampa do calorímetro pode ser utilizada cola quente, tachinhas e a fita isolante em torno da tampa para não ficar soltando ou forçando a borracha.

A tampa de vidro de conserva é facilmente adaptada à parte interna da tampa do calorímetro por possuir diâmetros bem semelhantes. O furo na borracha tem que ser feito com alicate de corte e no isopor e na tampa interna (vedação da tampa) fica bem fácil com furadeira.

Na Figura 1 e Figura 2, podemos perceber que foram feitos 2 furos na tampa, um para o termômetro e o outro para equalização da pressão dentro e fora do calorímetro. Se em outro experimento não for necessário esse furo adicional ele pode ser perfeitamente isolado com rolhas de borracha ou cortiça.

Figura 1 - Foto das partes do calorímetro construído para a atividade experimental



Fonte: Foto do autor

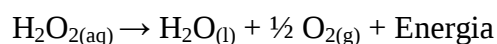
Figura 2 - Foto do calorímetro aberto



Fonte: Foto do autor

2.3.2 Preparação do experimento de determinação da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio

Solução aquosa do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é conhecida comercialmente como água oxigenada. Entre suas principais características físico-químicas, podemos destacar quanto a sua aparência, um líquido incolor à temperatura ambiente, e quanto a sua reatividade, um poderoso oxidante que se decompõe facilmente em H_2O e O_2 com liberação de energia (reação exotérmica):



A decomposição do peróxido de hidrogênio é lenta, porém ela pode ser acelerada por aquecimento ou pela adição de um catalisador.

2.3.2.1 A escolha do catalisador

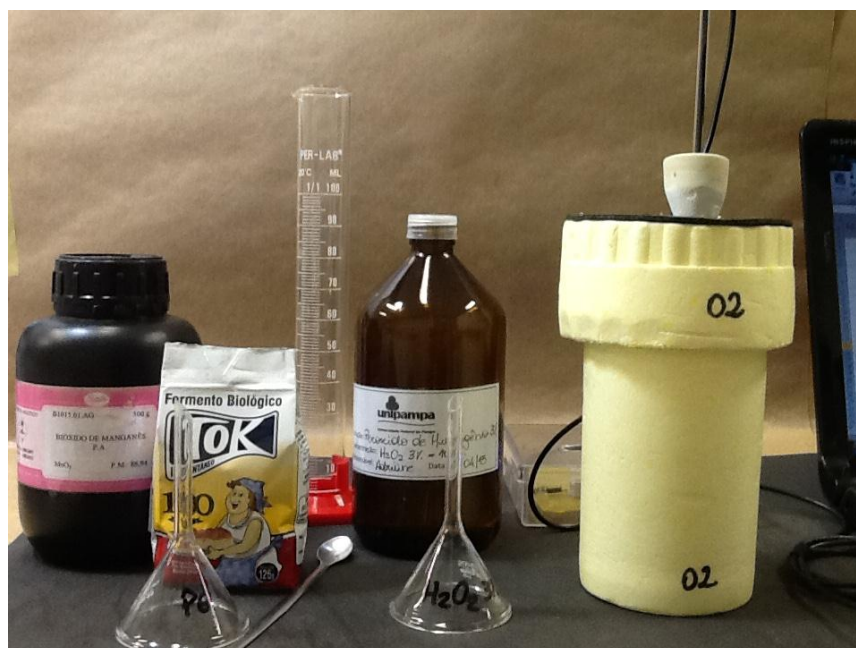
Diversos catalisadores podem ser utilizados para acelerar a decomposição do peróxido de hidrogênio, como dióxido de manganês, iodeto de potássio, nitrato férrico, permanganato de potássio, entre outros. Efetuamos testes com o fermento biológico em pó (Braathen et al. (2008) e o dióxido de manganês, sendo que não encontramos nenhuma diferença nos resultados, portanto recomendamos utilizar o fermento biológico por ser um produto de fácil acesso, baixo custo, maior facilidade de limpeza e principalmente por não gerar resíduo químico tóxico.

2.3.3 Materiais e reagentes utilizados para a atividade de calorimetria

Os materiais e reagentes utilizados neste experimento estão descritos abaixo e são ilustrados nas (Figura 3, Figura 4 e Figura 5):

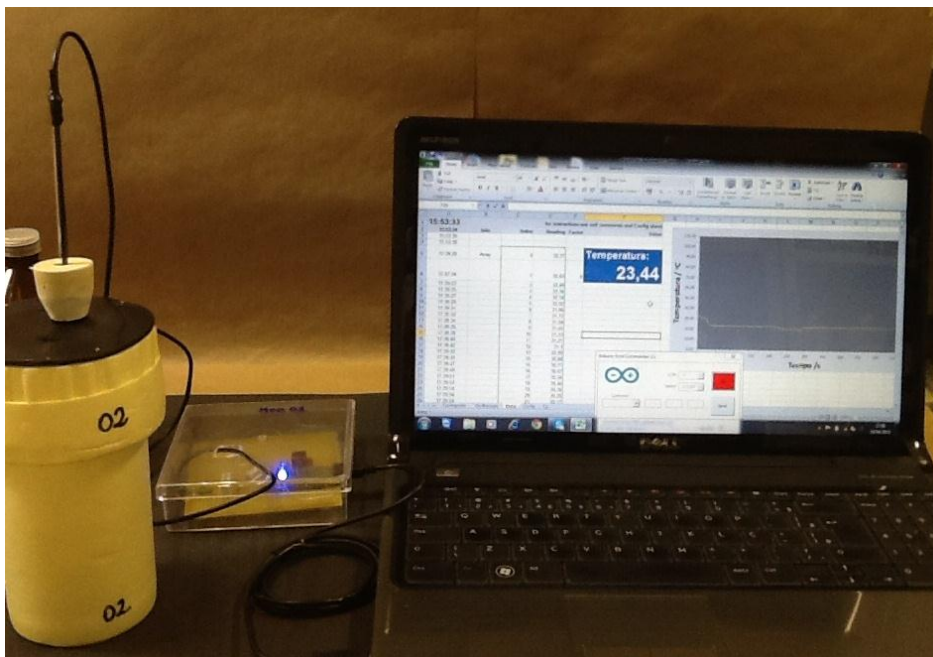
- Solução de peróxido de hidrogênio 3% (10 volumes);
- Fermento biológico em pó;
- Calorímetro;
- Termômetro eletrônico com aquisição de dados;
- Rolha de borracha com furo para auxiliar o manuseio com o termômetro e também a sustentação (para não ficar encostada a parte inferior do béquer, ou solto dentro dele) principalmente quando for necessário utilizar uma barra magnética para agitação durante a reação;
- Funil de vidro pequeno (um para o pó e outro para a H_2O_2) evitando a abertura do calorímetro para adição dos reagentes;
- Espátula para o fermento biológico;
- Proveta de 100 mL para a solução de H_2O_2 ;
- Computador com o *software* excel.

Figura 3 - Foto dos materiais e reagentes utilizados na determinação da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio



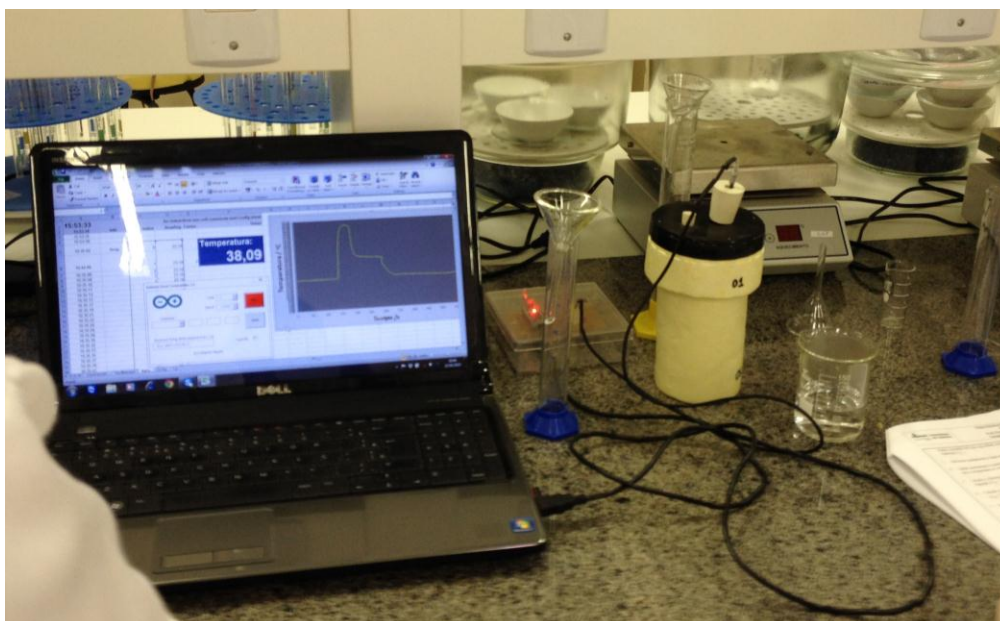
Fonte: Foto do autor

Figura 4 - Foto da montagem experimental para determinação da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio



Fonte: Foto do autor

Figura 5 - Foto da atividade de calorimetria desenvolvida pelos participantes



Fonte: Foto do autor

2.4 Guia da Atividade Experimental de Calorimetria

O guia da atividade experimental de calorimetria foi proposto com base nos objetivos de ensino e de aprendizagem definidos no planejamento desta atividade utilizando da taxonomia de Bloom para categorizar e hierarquizar os níveis cognitivos pretendidos em cada questão.

GUIA DE ATIVIDADE DE CALORIMETRIA DETERMINAÇÃO DA ENTALPIA DE DECOMPOSIÇÃO DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO Introdução: Qualquer reação química ou processo físico envolve alterações no nível de energia total do sistema. A calorimetria envolve um conjunto de técnicas experimentais que tem como objetivo a determinação das variações de energia em processos. Processos que são efetuados a pressão constante são experimentalmente mais simples de executar pois podem utilizar um arranjo experimental aberto para a atmosfera. Neste caso, a função termodinâmica que é utilizada para medir a variação de energia do sistema durante uma transformação é a variação de entalpia, ΔH.
Objetivo: Determinar a entalpia molar de decomposição do peróxido de hidrogênio em solução aquosa, utilizando fermento biológico como catalisador. A reação é exotérmica: $\text{H}_2\text{O}_2(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 1/2 \text{O}_2(\text{g})$
Fundamentação para o trabalho experimental: Etapas 1 – Determinação da entalpia molar de reação de decomposição do peróxido de hidrogênio Para a medida da variação de energia envolvida na reação de decomposição do peróxido de hidrogênio serão utilizadas medidas de variação de temperatura da vizinhança do sistema em estudo. A relação entre a variação de temperatura e a quantidade de energia térmica trocada entre o sistema e a sua vizinhança é: $q = m c \Delta T \quad (1)$ em que q é o calor envolvido no processo de troca de energia térmica entre o sistema e a vizinhança, m é a massa da substância da vizinhança e que estará envolvida no processo de troca de energia térmica, c é a capacidade calorífica específica desta substância, e ΔT é a

diferença entre a temperatura da vizinhança após o processo de reação ter ocorrido e a temperatura inicial da vizinhança (antes da reação ter início).

A reação em estudo neste experimento ocorrerá em uma solução em que o peróxido de hidrogênio dissolvido será definido como o sistema em estudo, e a vizinhança consistirá da água da referida solução e do recipiente de reação que conterá a solução. Este recipiente é chamado de calorímetro, e consiste de um bquer de vidro envolto por um material isolante térmico e um sensor de temperatura, e que é aberto para a atmosfera (operando portanto em condição de pressão constante). O isolamento térmico do calorímetro minimiza a troca de energia térmica entre o seu interior e o meio exterior, e torna o calorímetro aproximadamente adiabático.

Quando a reação de decomposição do peróxido de hidrogênio for executada no interior do calorímetro, a energia do sistema será reduzida, e a energia da vizinhança será elevada exatamente pela mesma quantidade. A troca de energia térmica entre o sistema e a vizinhança é o calor envolvido neste processo, q , que pode ser medido indiretamente através da medida da variação de temperatura da vizinhança ΔT_l , segundo:

$$q = m_{H_2O} c_{H_2O} \Delta T + C_{cal} \Delta T \quad (2)$$

Na Equação (2), à direita do sinal de igualdade temos a quantidade de energia térmica que é absorvida pela vizinhança, a qual foi desmembrada em duas contribuições: a quantidade de energia térmica absorvida pela água da solução (primeiro termo) e a quantidade de energia absorvida pelo calorímetro (segundo termo). Não é prático calcular a quantidade de energia térmica absorvida pelo calorímetro utilizando a capacidade calorífica específica do calorímetro (conforme a equação (1)), pois o calorímetro é composto de várias substâncias diferentes e com massas que não podem ser facilmente determinadas. Utilizamos então a capacidade calorífica do calorímetro, C_{cal} , que é característica do calorímetro e é função dos seus materiais e características construtivas. Na Equação (2), assume-se que o meio reacional possui a densidade e a capacidade calorífica da água, o que é uma aproximação aceitável considerando que a solução é diluída (3%). Para que seja possível o cálculo do calor envolvido no processo, é necessário calibrar o calorímetro utilizado determinando a sua capacidade calorífica.

A entalpia de reação, ΔH , é numericamente igual ao negativo do calor envolvido no processo de reação à pressão constante:

$$\Delta H = -q \quad (3)$$

O valor de ΔH calculado na equação acima é uma quantidade extensiva e válida para a

quantidade de peróxido de hidrogênio usada no experimento. Para que seja possível a comparação com valores reportados na literatura, é necessário calcular a entalpia molar de reação, que é uma propriedade intensiva:

$$\Delta H_m = \frac{\Delta H}{n} \quad (4)$$

Em que n é o número de mols de peróxido de hidrogênio utilizado na reação.

Etapas 2 – Determinação da capacidade calorífica do calorímetro

A capacidade calorífica do calorímetro é calculada executando um procedimento de calibração do calorímetro que consiste em medidas de temperatura para as seguintes amostras de água destilada:

- massa conhecida de água próximo da temperatura ambiente no interior do calorímetro, T_1 ;
- massa conhecida de água aquecida (próximo de 70°C) em um recipiente em separado do calorímetro, T_2 ;
- mistura das amostras descritas em (a) e (b), T_{mist} .

A quantidade de energia térmica perdida pela água aquecida, após a mistura, é igual à soma das quantidades de energia térmica ganha pela água a temperatura ambiente e pelo próprio calorímetro. A equação abaixo representa o balanço de energia térmica após o equilíbrio térmico ter sido atingido no interior do calorímetro:

$$m_{H_2O}(aquecida) c_{H_2O} \Delta T_b = m_{H_2O}(ambiente) c_{H_2O} \Delta T_a + C_{cal} \Delta T_a \quad (5)$$

em que $\Delta T_b = T_2 - T_{mist}$ e $\Delta T_a = T_{mist} - T_1$.

Identificando as grandezas a serem medidas:

Questão 1) Com base na fundamentação apresentada acima, identifique as grandezas que deverão ser medidas no experimento, em cada etapa:

Etapa 1 :

Etapa 2:

Materiais e reagentes:

- Calorímetro;
- Termômetro eletrônico com aquisição automática de dados e termômetro de líquido

em vidro;

- Solução de peróxido de hidrogênio 3% m/v;
- Fermento biológico em pó;
- Funil pequeno;
- Proveta de 100 mL;
- Béquer de 100 mL.

Procedimento:

Etapas 1 – Determinação da entalpia molar de reação de decomposição do peróxido de hidrogênio

Questão 2)

- a) Feche o calorímetro posicionando o sensor do termômetro eletrônico de modo que a extremidade inferior do sensor fique próximo do fundo do calorímetro;
- b) Ajuste o software de aquisição de dados para iniciar o registro de temperatura;
- c) Adicionar 100,0 mL de H_2O_2 3% m/v (com o auxílio de um funil pequeno);
- d) Aguarde a temperatura da solução estabilizar e anote a sua temperatura inicial (T_i);
- e) Adicionar 1 espátula de fermento biológico (com o auxílio de um funil pequeno) no interior do calorímetro;
- f) Agite levemente o calorímetro;
- g) Observe os valores de temperatura e seu registro gráfico e anote a temperatura final (T_f) da solução após terminada a reação. A temperatura final será a temperatura máxima observada após a adição do catalisador;
- h) Esboce no quadro abaixo o termograma (gráfico de temperatura em função do tempo) obtido durante a reação de decomposição do peróxido de hidrogênio (para o caso em que o termômetro com aquisição de dados seja utilizado);

- i) Calcule a variação de temperatura da solução no interior do calorímetro segundo: $\Delta T = T_f - T_i$.
- j) Lave o calorímetro e repita todo o procedimento (passos 1 a 9) utilizando um termômetro de líquido em vidro (mercúrio ou álcool) para a leitura das temperaturas.

Sistematize o registro das medidas efetuadas no quadro abaixo.

Termômetro eletrônico com aquisição de dados		
$T_i / ^\circ\text{C}$ (solução de H_2O_2)	$T_f / ^\circ\text{C}$ (após a reação)	$\Delta T / ^\circ\text{C}$

Termômetro de líquido em vidro		
$T_i / ^\circ\text{C}$ (solução de H_2O_2)	$T_f / ^\circ\text{C}$ (após a reação)	$\Delta T / ^\circ\text{C}$

Etapa 2 – Determinação da capacidade calorífica do calorímetro:

Questão 3)

- Medir 50,0 mL de água com uma proveta a temperatura ambiente e adicioná-la ao calorímetro utilizando um funil pequeno. Monitore a temperatura com o termômetro eletrônico e aguarde até a temperatura estabilizar. Medir a temperatura da água, T_1 ;
- Aquecer cerca de 70 mL água até cerca de 70°C em um bquer. Preencha uma proveta com 50,0 mL desta água aquecida. Monitore a temperatura da água da proveta por alguns segundos até que seja obtida uma leitura estável e meça a temperatura da água aquecida, T_2 .
- Adicionar rapidamente a água aquecida no calorímetro, utilizando um funil pequeno;
- Agitar suavemente o calorímetro, monitorando a variação de temperatura. Aguarde até que a temperatura se estabilize e anote o valor da temperatura final da mistura, T_{mist} .
- Calcule a diferença de temperatura entre a mistura e a água a temperatura ambiente, segundo $\Delta T_a = T_{\text{mist}} - T_1$;
- Calcule a diferença de temperatura entre a água aquecida e a mistura, segundo $\Delta T_b = T_2 - T_{\text{mist}}$.
- Repita o procedimento (passos de 1 a 6) utilizando um termômetro de líquido em vidro para as medidas de temperatura;
- Sistematize os dados obtidos na tabela abaixo:

		$T1/^{\circ}\text{C}$	$T2 /$ $^{\circ}\text{C}$	$T_{mist} /$ $^{\circ}\text{C}$	$\Delta T_a /$ $^{\circ}\text{C}$	$\Delta T_b /^{\circ}\text{C}$	
	Termômetro Eletrônico						
	Termômetro de líquido em Vidro						

Espaço para cálculos:

- i) Complete a tabela abaixo com os dados medidos e os resultados dos cálculos. Efetue os cálculos necessários no espaço reservado abaixo.

Grandeza		Unidade	Resultado Termômetro Eletrônico	Resultado Termômetro de vidro
Capacidade calorífica da água	c_{H_2O}			
Massa de água aquecida	$m_{H_2O}(\text{aquecida})$			
Massa de água a temperatura ambiente	$m_{H_2O}(\text{ambiente})$			
Capacidade calorífica do calorímetro	C_{cal}			
Massa de água na solução de peróxido de hidrogênio	m_{H_2O}			
Entalpia de reação	ΔH			
Número de mols de peróxido de hidrogênio na solução reacional	n			
Entalpia molar de reação	ΔH_m			

Questão 4) Compare o valor de ΔH obtido para a reação de decomposição do peróxido de hidrogênio com o valor de referência citado na literatura ($-94,6 \text{ kJ/mol}$), calculando o desvio relativo percentual em relação ao valor de referência da literatura, ΔH_{ref} , segundo:

$$E_R = \frac{\Delta H_{ref} - \Delta H}{\Delta H_{ref}} 100\%$$

Questão 5) Com base no valor obtido para o desvio relativo percentual obtido na Questão 2, descreva e discuta as principais fontes de erro do experimento:

Indique especificamente, para cada tipo de termômetro, as prováveis fontes de erro do experimento, conforme a tabela abaixo:

Fontes de erro	
Termômetro de líquido em vidro	Termômetro eletrônico

Questão 6) Compare, fazendo um contraponto, os vários aspectos da utilização dos termômetros eletrônico e o de líquido em vidro, conforme a tabela abaixo:

	Termômetro de líquido em vidro	Termômetro eletrônico
Leitura da temperatura		
Acompanhamento do histórico da temperatura		
Dificuldades práticas no procedimento		
Facilidades na execução do procedimento		
Desvio relativo percentual do valor de entalpia de reação em relação ao valor da literatura		

Questão 7) Como você explica a necessidade do catalisador neste experimento?

2.5 Instrumento de Análise – Atividade de Calorimetria

O Quadro 3 apresentado na página a seguir, consiste em um instrumento para análise dos guias de atividade para a atividade experimental de calorimetria, consistindo de um conjunto de habilidades exploradas em cada questão e sua categorização quanto ao nível cognitivo. Os três níveis cognitivos propostos por Zoller (1993; 2002) foram organizados segundo:

1. Habilidades cognitivas de baixa ordem (*LOCS – Lower Order Cognitive Skills*);
2. Habilidades cognitivas de mais alta ordem (*HOCS – Higher Order Cognitive Skills*);
3. Formas algorítmicas de conhecimentos (*ALG – Algoritmith*).

Quadro 3 Instrumento de análise para a atividade experimental de calorimetria

INSTRUMENTO DE ANÁLISE						
Atividade Experimental de Calorimetria						
Determinação da Entalpia de Decomposição do Peróxido de Hidrogênio						
Categoria	Nível Cognitivo	Questão	Habilidades (Alvo)	Não contempla	Contempla parcialmente	Contempla totalmente
LOCS	N2	1	Identifica as grandezas a serem medidas, demonstrando compreensão da situação-problema.			
	N3	2a 3a	Executa procedimentos adequados para a coleta de dados experimentais e lê corretamente os dados medidos.			
		2b 3b	Representa e interpreta tabela de dados e gráficos, demonstrando compreensão da situação-problema (unidades, eixos, grandezas).			
		2c 3c	Operacionaliza cálculos envolvendo grandezas físicas medidas experimentalmente de modo a se obter resultados medidos indiretamente.			
		2d 3d	Usa corretamente unidades das grandezas medidas na operacionalização dos cálculos.			
		4	Compara erros experimentais da situação-problema			
	N4	7	Aplica conhecimentos físico-químicos em situações familiares experimentais ou hipotéticas.			
HOCS	N5	5a	Identifica possíveis limitações e fontes de erros experimentais e interpreta possíveis desvios dos resultados obtidos em relação aos esperados em termos de tais limitações e fontes de erro.			
	N6	5b	Avalia resultados experimentais quanto à sua consistência e concordância com resultados esperados.			
		6	Avalia aspectos da utilização e desempenho de diferentes tipos de instrumentos de medida.			

3 ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE TERMOMETRIA: CURVA DE RESFRIAMENTO DO ÁCIDO ESTEÁRICO

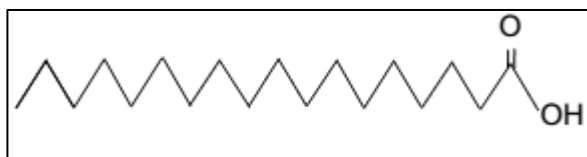
3.1 A química do ácido esteárico

O ácido esteárico é um ácido carboxílico orgânico de origem animal ou vegetal, obtido do fracionamento de ácidos graxos pela hidrólise do sebo animal.

Esse ácido também pode ser reconhecido por ácido octadecanóico (nome recomendado pela IUPAC), ácido 1-heptadecanocarboxílico, ácido estearofânico ou ácido n-octadecílico.

Por ser um ácido carboxílico, o ácido esteárico apresenta em sua estrutura o grupo funcional carboxila (-COOH) ligado a uma longa cadeia contendo 18 carbonos. O ácido esteárico pode ser representado por sua fórmula molecular $C_{18}H_{36}O_2$, sua fórmula química $CH_3(CH_2)_{16}COOH$ ou pela sua fórmula estrutural apresentada abaixo na Figura 6.

Figura 6 - Fórmula Estrutural do ácido esteárico



Fonte: Construção do autor

Dentre suas principais características físico-químicas podemos destacar sua aparência, no estado sólido apresenta cor branca ou levemente amarelada, possui um odor característico a sebo o que originou seu nome (do latim *stear*, “sebo”), possui um alto ponto de ebulição (PE= 383 °C) e é insolúvel em água. De acordo com as especificações do produto utilizado neste trabalho, o ácido esteárico (*marca Synth*) apresenta-se na fase sólida até cerca de 55 °C.

O ácido esteárico vem sendo utilizado na área cosmética, como espessante e emulsificante para a elaboração de cremes, estearatos, cosméticos, emulsões, lubrificantes, na área têxtil e na indústria farmacêutica é utilizado como lubrificante de cápsulas.

3.2 Preparação do experimento para o levantamento da curva de resfriamento do ácido esteárico

A preparação deste experimento consistiu em ensaios realizados pela pesquisadora, para verificação e checagem do ponto de fusão do ácido esteárico, verificando sua temperatura de fusão e a transição de fase do ácido. Nesse sentido, foram realizados, inúmeros testes de aquecimento e resfriamento do ácido, conforme apresentado abaixo.

A Figura 7 ilustrada abaixo apresenta o aspecto característico do ácido esteárico em pó, como em geral é comercializado.

Figura 7 – Ácido esteárico à temperatura de 23 °C.



Fonte: Créditos da imagem: Luís Roberto Brudna Hölzle

Diversos testes no laboratório didático de química, para assegurar a confiabilidade, a segurança e a viabilidade de utilizar o ácido esteárico na aplicação didática da atividade de termometria e para tal, executamos diversas vezes o aquecimento e o resfriamento do ácido com o intuito de conferir se o ponto de fusão durante a prática experimental corresponderia realmente à faixa anunciada nas especificações da substância (55 °C a 61 °C).

Figura 8 – Ácido esteárico à temperatura ambiente após solidificação.



Fonte: Créditos da imagem: Luís Roberto Brudna Hölzle

Com o intuito de obter maior confiabilidade no que se refere ao ponto de fusão do ácido esteárico, realizamos a determinação experimental, em triplicata, no equipamento de ponto de fusão conforme ilustrado na Figura 9, o que nos leva a comprovar que a mudança de fase (ponto de fusão) do ácido utilizado varia numa faixa de temperatura de fusão inicial igual a 55 °C e temperatura de fusão final igual a 69 °C.

Figura 9 - Checagem do ponto de fusão do ácido esteárico



Fonte: Imagem do autor

Como resultado experimental podemos dizer, após determinação em triplicada do ponto de fusão do ácido esteárico tem início em 55 °C, porém somente quando atinge a faixa de 69 °C a 70 °C é que a fusão se completa totalmente, finalizando a mudança de fase. Este resultado confere com a pesquisa realizada em diversas Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) pesquisadas para este ácido, dentre elas a título de referência citamos a faixa de ponto de fusão da FISPQ revisado pelo Laboratório de Tratamento de Efluentes da Faculdade Oswaldo Cruz (FACULDADE OSWALDO CRUZ, 2003).

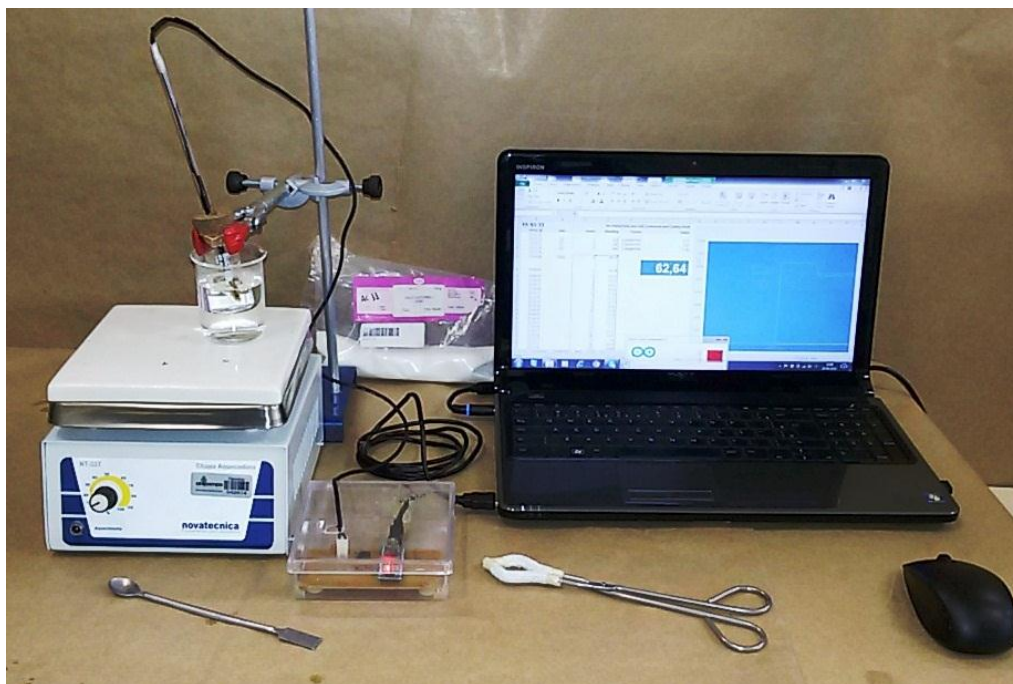
3.3 Materiais e reagentes utilizados para a atividade de termometria

Os ensaios para preparação da atividade de termometria utilizam os seguintes materiais e reagentes:

- a) Ácido esteárico;
- b) Termômetro eletrônico acoplado ao sistema de aquisição de dados;
- c) Béquer de 25 mL;
- d) Chapa de aquecimento;
- e) Béquer de 250 mL (para o banho-maria)
- f) Espátula;
- g) Suporte universal;
- h) Tenaz;
- i) Garra para bureta;
- j) Rolha de borracha com furo central;
- k) Computador para aquisição dos dados.

Cabe salientar que estes materiais e reagentes descritos foram utilizados pela pesquisadora nos ensaios experimentais para o desenvolvimento desta atividade, porém na atividade de termometria, os alunos deveriam projetar o experimento para o estudo do comportamento de uma amostra de ácido esteárico, conforme a situação-problema apresentada na atividade.

Figura 10 - Foto dos materiais e reagentes utilizados para a atividade de Termometria



Fonte: Foto do autor

3.4 Descrição geral da atividade

Esta atividade se refere a uma aplicação didática do uso do termômetro eletrônico com aquisição automática de dados, descrito neste material, para o levantamento da curva de resfriamento do ácido esteárico.

Como principais motivos para a escolha deste ácido para o trabalho prático experimental é que ele é sólido à temperatura ambiente, tem um ponto de fusão acessível para ser alcançado com o uso de fontes de energia térmica comuns no laboratório, sendo, portanto, uma alternativa à utilização da água geralmente utilizada em trabalhos práticos de laboratório para o levantamento de curva de aquecimento/resfriamento. Em geral, experimentos que envolvem curvas de resfriamento são pouco utilizados nos laboratórios didáticos, pois demandam de grande tempo necessário para sua construção pelas dificuldades na coleta de dados ou pela falta de equipamentos.

O ácido esteárico apresenta um ponto de fusão acessível, pois sua temperatura de fusão é conveniente, no sentido que ela é baixa o suficiente para utilizar um banho de água quente para fundi-la e alta o suficiente para solidificar a temperatura ambiente.

Além de que, este ácido poder ser reaproveitado em outros experimentos, quantas vezes forem necessárias, não produzindo resíduos, estes fatores contribuíram para utilização desta substância no experimento didático deste estudo.

3.5 Planejamento didático da atividade de termometria: estudo da curva de resfriamento do ácido esteárico

A atividade de experimentação de Termometria se desenvolve em 03 momentos: predição do que ocorre, realização do experimento propriamente dito, e a verificação.

Quadro 4 – Planejamento Didático da Etapa Pré-Experimental da Atividade de Termometria.

ATIVIDADE 2 – PRÁTICA EXPERIMENTAL DE TERMOMETRIA: LEVANTAMENTO DA CURVA DE RESFRIAMENTO DO ÁCIDO ESTEÁRICO	
Fase Pré-Experimental – Predição	
Nº de horas-aula previstas	1 hora-aula (55 min cada)
Recursos	a) Guia de Atividade 2 – Fase Pré-experimental; b) Leitura prévia à Atividade 2 – Etapa Pré-experimental, Sugestão de livro: (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005) Cap.1, p.1-8, p.13-14 e Cap.2, p. 375-379, p.386-389 e (ATKINS; JONES, 2006) Fundamentos p.31-35.
Objetivos de Ensino	A Atividade de Termometria – Fase Pré-experimental deverá: a) Desenvolver no aluno habilidades de articulação de diferentes conceitos e leis físico-químicas para tratar uma situação-problema prática experimental; b) Desenvolver no aluno habilidades de argumentação científica.
Objetivos de Aprendizagem	Habilidade geral a ser desenvolvida pelo aluno: a) Desenvolver a argumentação científica. Habilidades específicas a serem desenvolvidas pelo aluno: b) Lembrar conceitos e leis físico-químicas, reconhecendo-os em fenômenos práticos experimentais. c) Interpretar fenômenos físico-químicos com base em pressupostos teóricos. d) Elaborar hipóteses a partir de dados/evidências experimentais.
Ações a serem Desenvolvidas	a) Introdução Esta etapa antecipará a execução do experimento e servirá para predizer a resposta experimental para a curva de resfriamento do ácido esteárico. No início desta etapa, o professor apresenta a situação problema que será

	enfrentada experimentalmente pelos alunos na etapa posterior a esta, esclarecendo aos alunos que a presente fase é de predição de resposta esperada para a curva de resfriamento do ácido esteárico. O professor também esclarece que os alunos deverão sintetizar um argumento que contenha uma justificativa fundamentada teoricamente para essa predição. b) Desenvolvimento Os alunos são encaminhados para o trabalho de predição, em pequenos grupos. Com o apoio do Guia da Atividade desta etapa, os alunos são convidados a discutir em grupos as questões propostas no Guia de Atividade Pre-experimental contendo: a predição para um dos gráficos mostrados no Guia que melhor representa a curva de resfriamento do ácido esteárico, a exposição escrita de uma evidência que o levou o grupo a fazer sua escolha (predição), apresentando argumentos e contra-argumentos. c) Conclusão Para a conclusão desta etapa, os grupos de alunos concluem apresentando, de forma sintética, uma explicação fundamentada contida nos seus argumentos. Observação: a) O professor será um facilitador, auxiliando os grupos de alunos quando solicitado.
--	--

Quadro 5 - Objetivos de aprendizagem da atividade de termometria da etapa pré-experimental na dimensão dos processos cognitivos segundo a Taxonomia de Objetivos Educacionais de Bloom revisada (KRATHWOHL, 2002)

DIMENSÃO DO CONHECIMENTO	DIMENSÃO DO PROCESSO COGNITIVO					
	Lembrar	Compreender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Factual	Objetivo b					
Conceitual	Objetivo b	Objetivo c				
Procedural					Objetivo a	Objetivo a
Metacognitivo						

3.5.1 Guia da Atividade Experimental de Termometria – Fase da Predição

PRÁTICA EXPERIMENTAL PARA LEVANTAMENTO DA CURVA DE RESFRIAMENTO DO ÁCIDO ESTEÁRICO – FASE PRÉ-EXPERIMENTAL – PREDIÇÃO¹

Guia da Atividade Experimental de Termometria – Fase da Predição
LEVANTAMENTO DA CURVA DE RESFRIAMENTO DO ÁCIDO ESTEÁRICO

¹ Adaptado de Chin e Osborne, Journal of Research in Science Teaching, v. 47, n.7, p.883-908, 2010.

Considere a seguinte situação-problema:

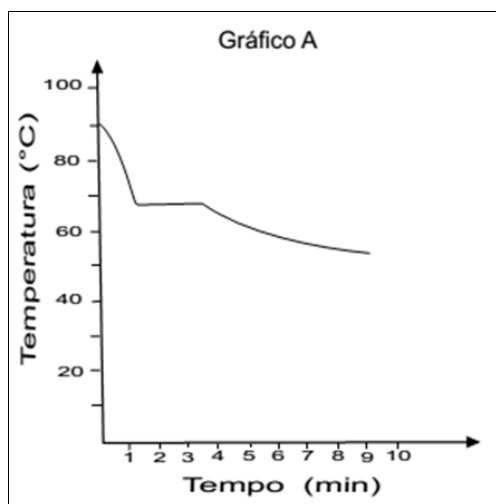
Em um experimento realizado em laboratório (à pressão constante) para estudar as mudanças de fase em substâncias puras, uma amostra de ácido esteárico líquido, cujo ponto de fusão é $69,3^{\circ}\text{C}$ é resfriada, e sua temperatura é registrada em função do tempo por 10 min. Os dados/evidências são utilizados para construir um gráfico de temperatura em $^{\circ}\text{C}$ em função do tempo em minutos. A fórmula química estrutural do ácido esteárico é:



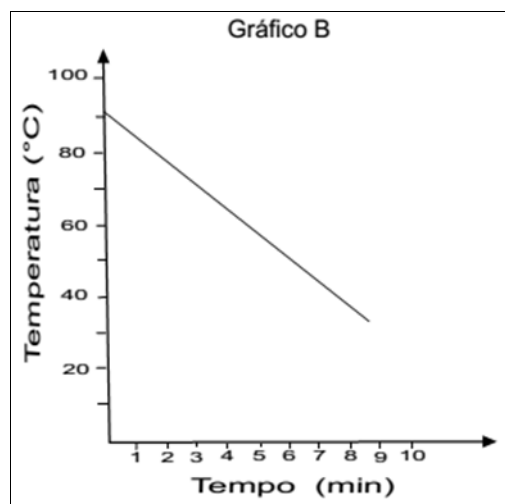
Fonte: Construção do Autor

Questão1) Faça uma predição sobre qual dos gráficos abaixo melhor representa o resultado do experimento descrito acima para **a variação da temperatura do ácido esteárico líquido durante o seu resfriamento até uma temperatura abaixo de seu ponto de fusão?**

Acredito que o gráfico que melhor representa a curva de resfriamento do ácido esteárico é o Gráfico _____.



Fonte: Construção do Autor



Fonte: Construção do Autor

Questão 2) Apresente por escrito uma evidência que está expressa no gráfico a qual levou você a fazer a sua escolha.

Questão 3) A partir de seus conhecimentos de Química, explique porque essa evidência sustenta o gráfico escolhido.

Questão 4) A partir de seus conhecimentos de Química, explique porque você não escolheu o outro gráfico como sendo o resultado do experimento.

Questão 5) Se alguém apresentasse um contra-argumento discordando de sua escolha, este contra-argumento seria:

Questão 6) Se alguém discordasse de seu argumento, você o convenceria da seguinte maneira:

Questão 7) No seu argumento exposto acima, há uma proposta de explicação fundamentada para o comportamento da curva de resfriamento para o gráfico escolhido (hipótese). Sintetize-a:

No planejamento da atividade, na fase experimental utilizamos os níveis de investigação que propõe a categorização das atividades investigativas em quatro níveis, conforme apresentado no Quadro 6.

Quadro 6 - Níveis de investigação no laboratório de ciências proposto por Borges (2002)

Nível de Investigação	Problemas	Procedimentos	Conclusões
Nível 0	Dados	Dados	Dados
Nível 1	Dados	Dados	Em aberto
Nível 2	Dados	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: Borges (2002)

Esse sistema de categorias apresentada no Quadro 6, possibilita a compreensão dos aspectos que realmente estão envolvidos no grau de abertura de uma situação-problema. Nesse sentido, para a elaboração das atividades propostas nesta pesquisa nos baseamos na proposta sugerida por Borges (2002) utilizando o nível de investigação 2 (Nível 2), citado no Quadro 6, para o planejamento da Atividade de Termometria na fase experimental, para o Levantamento da Curva de Resfriamento conforme guia de atividade apresentado abaixo no Quadro 7.

Quadro 7 – Planejamento Didático da Etapa Experimental da Atividade de Termometria.

ATIVIDADE 2 – PRÁTICA EXPERIMENTAL PARA LEVANTAMENTO DA CURVA DE RESFRIAMENTO: FASE EXPERIMENTAL	
Fase Experimental	
Nº de horas-aula previstas	2 horas-aula (55 min por aula)
Recursos	a) Sistema de aquisição de dados (para o professor) com projetor multimídia; b) Termômetro eletrônico de aquisição de dados (01 por grupo de trabalho); c) Guia de Atividade de Termometria – Fase Experimental; d) Texto de apoio para leitura prévia à Atividade 1; e) Equipamentos e reagentes (béquer, suporte universal, chapa de aquecimento/resfriamento, tenaz, proveta, espátula, bastão de

	vidro, entre outros.)
Objetivos de Ensino	A Atividade de Termometria – Fase Experimental deverá: a) Desenvolver no aluno habilidades procedimentais para o trabalho científico no laboratório; b) Promover a familiaridade com recursos tecnológicos para aquisição automática de dados em experimentos científicos.
Objetivos de Aprendizagem	O aluno deverá (habilidade geral a ser desenvolvida pelo aluno): a) Planejar um experimento para testar a hipótese elaborada na fase pré-experimental. O aluno deverá (habilidades específicas a serem desenvolvidas pelo aluno): b) Identificar as variáveis a serem medidas; c) Escolher adequadamente os equipamentos de medida e reagentes disponíveis no Laboratório Didático de Química; d) Elaborar procedimentos adequados para a coleta de dados/evidências; e) Coletar os dados/evidências, utilizando adequadamente os instrumentos de medida; f) Identificar observações relevantes nos dados/evidências coletados; g) Concluir a respeito da hipótese elaborada.
Ações a serem Desenvolvidas	a) Introdução No início desta etapa, o professor precisa de 15 a 20 minutos para expor a situação problema e colocar claramente a questão a ser respondida em nível experimental, com uso de lousa e projetor multimídia, e entregar o Guia de Atividade Experimental aos alunos (a sugestão é que os alunos sejam organizados em pequenos grupos). Nesse período de tempo, é importante o professor apresentar aos alunos o modo de operação básico do sistema de aquisição de dados para temperatura, na forma de uma demonstração prática. b) Desenvolvimento Os alunos são encaminhados para o trabalho prático nas bancadas, em pequenos grupos, onde já estará disponível o sistema de aquisição de dados para cada bancada. Com o apoio do Guia da Atividade desta etapa, os grupos de alunos iniciam a parte prática identificando as variáveis relevantes a serem medidas, equipamentos e reagentes necessários que estejam disponíveis no laboratório didático, avaliando previamente as principais fontes de erro experimental a serem medidas, descrevendo aspectos de segurança envolvido, estabelecendo procedimentos de descarte, tratamento ou recuperação de resíduos, elaborando detalhadamente os procedimentos para coleta de dados/evidências, escrevendo as observações relevantes a partir dos dados/evidências coletados, e esboçando em um gráfico os dados coletados. c) Conclusão

	Para a conclusão desta etapa, os grupos de alunos concluem a respeito da hipótese elaborada. Observações: b) Sugere-se que o professor circule pelas bancadas durante a execução do experimento para esclarecer eventuais dúvidas e chamar a atenção para detalhes práticos que eventualmente não estejam sendo cumpridos corretamente. c) O professor será um facilitador, auxiliando os grupos de alunos quando solicitado.
--	--

Quadro 8 - Objetivos de aprendizagem da atividade de termometria da etapa experimental na dimensão dos processos cognitivos segundo a Taxonomia de Objetivos Educacionais de Bloom revisada (KRATHWOHL, 2002)

DIMENSÃO DO CONHECIMENTO	DIMENSÃO DO PROCESSO COGNITIVO					
	Lembrar	Compreender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Factual	Objetivo b					
Conceitual				Objetivo f		
Procedural		Objetivo c Objetivo d	Objetivo e	Objetivo f	Objetivo a Objetivo g	
Metacognitivo						

3.5.2 Guia da Atividade Experimental de Termometria – Fase da Experimentação

Guia da Atividade experimental de Termometria – Fase Experimental PRÁTICA EXPERIMENTAL PARA LEVANTAMENTO DA CURVA DE RESFRIAMENTO - FASE EXPERIMENTAL Situação-problema: Projete um experimento para estudar o comportamento de uma amostra de ácido esteárico (ponto de fusão de 69,3 °C) ao longo do processo de seu resfriamento, até a amostra atingir a temperatura ambiente, com as seguintes condições: • a amostra inicialmente se encontra na fase líquida; • a amostra será resfriada até próximo a temperatura ambiente; e, • os equipamentos e reagentes são aqueles disponíveis no Laboratório Didático de Química.
Questão 8) Em pequenos grupos (em duplas), faça um planejamento de como você estudaria experimentalmente o processo de resfriamento do ácido esteárico, nas condições estabelecidas: (a) Identificar as variáveis a serem medidas; (b) Escolher os

equipamentos e reagentes necessários, disponíveis no Laboratório Didático de Química; (c) Avaliar as principais fontes de erro experimental envolvidas; (d) Descrever aspectos de segurança envolvidos; (e) Estabelecer procedimentos de descarte, tratamento ou recuperação de resíduos; (f) Elaborar detalhadamente os procedimentos para coleta de dados/evidências; (g) Descrever as observações relevantes a partir dos dados/evidências coletados na forma gráfica; (h) Esboçar em um gráfico os dados coletados.

a) Identificar as variáveis a serem medidas:

(b) Escolher os equipamentos e reagentes necessários, disponíveis no Laboratório Didático de Química:

c) Avaliar as principais fontes de erro experimental envolvidas:

d) Descrever aspectos de segurança envolvidos:

e) Estabelecer procedimentos de descarte, tratamento ou recuperação de resíduos:

f) Elaborar detalhadamente os procedimentos para coleta de dados/evidências:
g) Descrever as observações relevantes a partir dos dados/evidências coletados na forma gráfica:
h) Esboçar em um gráfico os dados coletados:

Objetivos de aprendizagem da atividade de termometria da etapa experimental na dimensão dos processos cognitivos segundo a Taxonomia de Objetivos Educacionais de Bloom revisada (KRATHWOHL, 2002)

DIMENSÃO DO CONHECIMENTO	DIMENSÃO DO PROCESSO COGNITIVO					
	Lembrar	Compreender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Factual	Objetivo b					
Conceitual				Objetivo f		
Procedural		Objetivo c Objetivo d	Objetivo e	Objetivo f	Objetivo a Objetivo g	
Metacognitivo						

Quadro 9 – Planejamento Didático da Etapa Pós-experimental da Atividade de Termometria.

ATIVIDADE 2 – PRÁTICA EXPERIMENTAL PARA LEVANTAMENTO DA CURVA DE RESFRIAMENTO	
Fase Pós-Experimental – Verificação	
Nº de horas-aula previstas	1 hora-aula (55 min por aula)
Recursos	Guia de Atividade de Termometria – Fase Pós-experimental;
Objetivos de Ensino	A Atividade 2 – Fase Pós-experimental deverá: a) Desenvolver no aluno habilidades de articulação de diferentes conceitos e leis físico-químicas para tratar uma situação-problema prática experimental; b) Desenvolver no aluno habilidades de argumentação científica.

Objetivos de Aprendizagem	Habilidade geral a ser desenvolvida pelo aluno: a) Desenvolver a argumentação científica. b) Verificar hipóteses a partir do confronto entre hipóteses prévias e resultados experimentais. Habilidades específicas a serem desenvolvidas pelo aluno: c) Lembrar conceitos e leis físico-químicas, reconhecendo-os em fenômenos práticos experimentais. d) Interpretar fenômenos físico-químicos com base em pressupostos teóricos. e) Avaliar a validade de hipóteses previamente elaboradas confrontando-as com dados e evidências experimentais obtidas elaborando explicações consistentes com o conhecimento científico.
Ações a serem Desenvolvidas	a) Introdução Esta etapa ocorre após a execução do experimento, e serve para propor ao aluno a análise dos resultados experimentais obtidos com foco na interpretação dos resultados e confronto com a predição inicial efetuada na fase da predição. b) Desenvolvimento Os alunos são encaminhados para o trabalho de análise de dados com apoio do Guia de Atividade desta etapa, em pequenos grupos. Os alunos deverão interpretar os resultados obtidos experimentalmente a partir de seus conhecimentos de química. Os alunos deverão também confrontar os resultados obtidos na fase experimental com a hipótese prévia elaborada na fase pré-experimental evidenciando semelhanças e diferenças encontradas e concluindo a respeito da sua validade. c) Conclusão Concluída a análise os alunos são convidados a apresentar e discutir no grande grupo a sua hipótese, sua validade e a necessidade ou não de sua reformulação com base nos resultados obtidos. Observação: d) O professor será um facilitador, auxiliando os grupos de alunos quando solicitado.

Quadro 10 - Objetivos de aprendizagem da atividade de termometria da etapa pós-experimental na dimensão dos processos cognitivos segundo a Taxonomia de Objetivos Educacionais de Bloom revisada (KRATHWOHL, 2002)

DIMENSÃO DO CONHECIMENTO	DIMENSÃO DO PROCESSO COGNITIVO					
	Lembrar	Compreender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Factual						
Conceitual	Objetivo c	Objetivo d		Objetivo b		Objetivo e
Procedural	Objetivo c			Objetivo b	Objetivo a	Objetivo a Objetivo e
Metacognitivo						

3.5.3 Guia da Atividade Experimental de Termometria – Fase da Verificação

Guia da Atividade Experimental de Termometria – Fase da Verificação PRÁTICA EXPERIMENTAL PARA LEVANTAMENTO DA CURVA DE RESFRIAMENTO – FASE PÓS-EXPERIMENTAL

Questão 9) A partir de seus conhecimentos de Química, interpretar o resultado obtido experimentalmente para a curva de resfriamento do ácido esteárico:

Questão 10) Comparar o resultado obtido experimentalmente com o gráfico escolhido (sua predição) como resposta para a curva de resfriamento do ácido esteárico na fase pre-experimental, apresentando semelhanças e diferenças encontradas.

Questão 11) Comparar escolha (sua predição) feita na fase pre-experimental para a curva de resfriamento do ácido esteárico com os resultados obtidos experimentalmente, ou seja, se a experiência mostrou que o seu resultado predito é correto ou não (verificação experimental).
--

Questão 12) (a) Apresentar e discutir no grande grupo a sua explicação prévia (hipótese) para o fenômeno feita na fase pre-experimental;
--

(b) Reformular sua explicação prévia (hipótese), caso necessário, ou seja, caso sua interpretação inicial para o fenômeno não esteja de acordo com o conhecimento Químico.
--

3.6 Instrumento de Análise – Atividade de Termometria

O Quadro 11 consiste em um instrumento para análise dos guias de atividade para a atividade experimental de termometria, consistindo de um conjunto de habilidades exploradas em cada questão e sua categorização quanto ao nível cognitivo. Os três níveis cognitivos propostos por Zoller (1993; 2002) foram organizados segundo:

4. Habilidades cognitivas de baixa ordem (*LOCS – Lower Order Cognitive Skills*);
5. Habilidades cognitivas de mais alta ordem (*HOCS – Higher Order Cognitive Skills*);
6. Formas algorítmicas de conhecimentos (*ALG – Algoritmith*).

Quadro 11 – Instrumento de análise para a atividade experimental de termometria

INSTRUMENTO DE ANÁLISE						
Atividade Experimental de Termometria						
Levantamento da Curva de Resfriamento do Ácido Esteárico						
Categoria	Nível Cognitivo	Questão	Habilidades (Alvo)	Não contempla	Contempla parcialmente	Contempla totalmente
LOCS	N2	8a	Identifica as grandezas a serem medidas, demonstrando compreensão da situação problema.			
	N3	8d	Classifica aspectos/equipamentos de segurança necessários à situação-problema e avalia o nível de risco envolvido.			
		8b 8f	Planeja procedimentos adequados para a coleta de dados/evidências e escolhe adequadamente os instrumentos ou equipamentos e reagentes disponíveis no laboratório.			
		8e	Planeja o destino dos resíduos gerados no experimento (tratamento ou descarte).			
		8g 8h	Executa procedimentos adequados para a coleta de dados experimentais e lê corretamente os instrumentos de medida.			
		8g	Identifica observações relevantes nos dados/evidências coletados, e as reporta por escrito.			
		8h	Representa e interpreta tabela de dados e gráficos, demonstrando compreensão da situação-problema (unidades, eixos, grandezas).			
		9	Interpreta fenômenos físico-químicos com base em pressupostos teóricos.			

		10	Compara resultados experimentais com predições.			
		8c	Compara e faz inferências acerca de erros experimentais da situação-problema.			
		1	Faz predição correta acerca da situação-problema.			
		2	Indica dados/evidências para uma correta predição.			
		3	Explica predição com base em pressupostos teóricos ou experimentais.			
		4	Explica porque a predição feita não poderia ser outra(s) alternativa(s) proposta.			
HOCS	N5	10	Avalia resultados experimentais quanto a sua consistência e concordância com resultados esperados.			
		11	Avalia hipóteses elaboradas e as confronta com dados/evidências experimentais.			
	N6	5	Propõe contra-argumento(s) para discordar da opção escolhida.			
		6	Propõe argumentos para sustentar sua escolha.			
	N7	7	Sugere ou elabora hipótese(s) acerca da compreensão da situação-problema ou de relações causais da situação-problema.			
		12	Verifica hipótese(s), a partir de confrontando de resultados experimentais com predições.			

4 PROTÓTIPO DE UM TERMÔMETRO ELETRÔNICO COM AQUISIÇÃO DE DADOS

4.1 Projeto do termômetro eletrônico com termistor e aquisição automática de dados

Nesta seção descrevemos o produto educacional desenvolvido (protótipo do termômetro eletrônico) e procuramos detalhar todos os procedimentos necessários para facilitar a construção de modelos semelhantes para uso didático em salas de aula do ensino superior ou educação básica.

O protótipo do termômetro eletrônico com aquisição de dados possui as seguintes características técnicas:

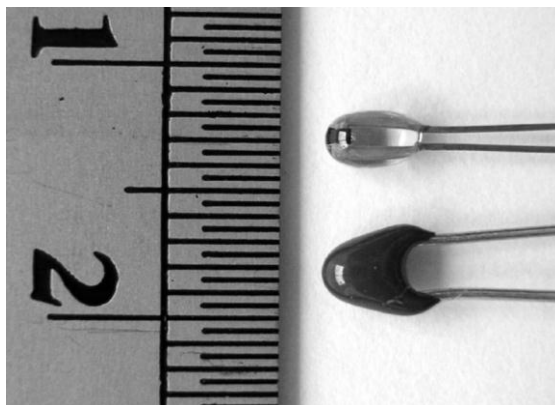
1. Transdutor de temperatura do tipo termistor NTC;
2. Incerteza de medida de $0,1^{\circ}\text{C}$;
3. Resolução de medida de $0,1^{\circ}\text{C}$;
4. Elevada robustez para uso em laboratórios didáticos;
5. Possibilidade de uso em meios agressivos como ácidos, bases e oxidantes;
6. Faixa de temperatura de -10°C a 100°C , permitindo o seu uso em substituição aos termômetros de líquido em vidro comuns;
7. Utilização da plataforma Arduino para digitalização de sinais, comunicação de dados e implementação da lógica de linearização digital;
8. Facilidade de ser construído e reparado por pessoas com conhecimentos básicos de eletrônica;
9. Aquisição automática de dados com interface USB a apresentação de dados diretamente no aplicativo Microsoft Excel;
10. Baixo custo.

4.2 O termistor como transdutor de temperatura

Termistores são transdutores de temperatura que apresentam resistência elétrica variável com a temperatura e são compostos de óxidos metálicos com características semicondutoras. Tais semicondutores são prensados no formato de pastilhas ou cilindros e encapsulados em um material impermeável como vidro ou epóxi, conforme ilustrado na Figura 11. O mecanismo físico do funcionamento do termistor como transdutor de temperatura envolve a variação do número de portadores de carga no

material semicondutor que constitui o termistor, alterando a sua condutividade elétrica, quando a temperatura é alterada.

Figura 11 - Aspecto físico de termistores NTC com encapsulamento em vidro (acima) e epóxi (abaixo). O termistor da parte inferior da figura foi o modelo utilizado neste trabalho.



Fonte: GUADAGNINI; BARLETTE (2005)

O modelo de termistor utilizado no projeto do termômetro eletrônico apresentado neste trabalho é o Vishay NTCLE203E3103JB0, que apresenta resistência nominal de $10\text{k}\Omega$ a temperatura de 25°C e coeficiente negativo de temperatura (NTC) (VISHAY, 2002). A princípio, qualquer termistor NTC com resistência nominal de $10\text{k}\Omega$ a 25°C pode ser utilizado.

A aplicação dos termistores como transdutores de temperatura apresenta como vantagens práticas seu baixo custo, maior exatidão em comparação com transdutores do tipo termopares, a relativa simplicidade do circuito de condicionamento de sinal necessário na construção de um termômetro e elevada estabilidade de suas características físicas com o tempo.

Uma desvantagem do termistor como transdutor de temperatura é sua resposta altamente não linear. Os termistores utilizados neste trabalho são do tipo NTC (*negative temperature coefficient*), que apresentam uma redução na resistência elétrica com o aumento da temperatura segundo o modelo exponencial expresso na equação 1.

$$R = R_{ref} e^{\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right)} \quad (1)$$

Na equação 1, T é a temperatura do termistor (em kelvin), β é uma constante característica do termistor (tipicamente da ordem de 3000K) e R_{ref} é a resistência do termistor (em Ω) a uma temperatura de referência T_{ref} (tipicamente 25°C).

É possível utilizar o valor de β fornecido pelo fabricante do termistor, juntamente com a equação 1, para o cálculo da temperatura a partir da medida da resistência do termistor. Contudo, o valor de β varia significativamente com a temperatura, limitando a exatidão do termômetro construído com base nesta equação. Uma alternativa que pode fornecer maior exatidão nas medidas de temperatura e que é utilizada no presente trabalho, consiste na aplicação do modelo de Steinhart-Hart para variação da resistência do termistor com a sua temperatura (STEINHART; STANLEY, 1968), representado na equação 2.

$$\frac{1}{T} = A + B \ln(R) + C[\ln(R)]^3 \quad (2)$$

Na equação 2, R é a resistência do termistor na temperatura T , e A , B e C são os coeficientes de Steinhart-Hart característicos do modelo do termistor e da faixa de temperatura de interesse. Tais coeficientes podem ser obtidos a partir da especificação técnica fornecida pelo fabricante do termistor, ou obtidos experimentalmente a partir do ajuste de dados experimentais de temperatura em função da resistência do termistor, abordagem que utilizamos neste trabalho.

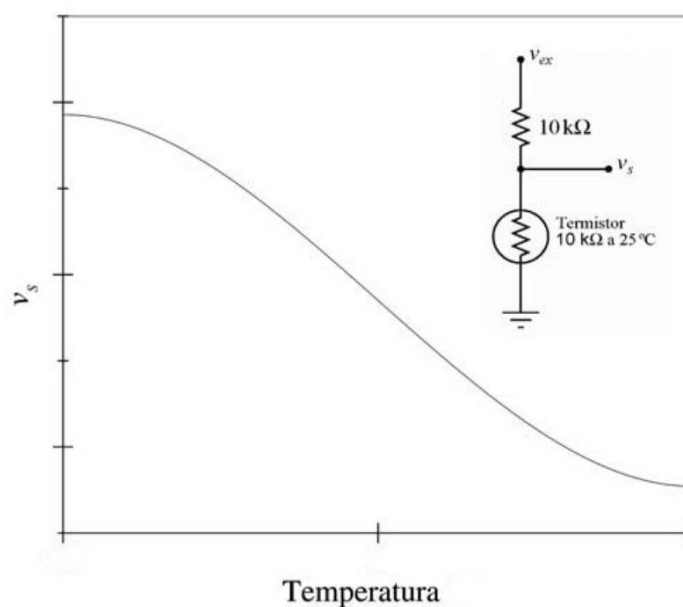
4.3 Linearização da resposta do termistor e condicionamento de sinal analógico

A resposta altamente não linear do termistor não é desejável para aplicação em um sistema de medição, sendo necessário o uso de estratégias para linearização da sua resposta. Para construção do termômetro eletrônico, utilizamos duas estratégias de linearização simultaneamente, a primeira delas consiste da linearização por *hardware* (utilizando um circuito eletrônico analógico) e a segunda linearização por *software* (utilizando o programa computacional embarcado no microcontrolador da plataforma Arduino).

A linearização por *hardware* consiste em utilizar um circuito em que o termistor é ligado em série com um resistor de resistência fixa (compondo um divisor de tensão), e este circuito é alimentado com uma fonte de tensão constante para excitação do

termistor, v_{ex} . A tensão de saída do divisor de tensão, v_s , apresenta um comportamento sigmoidal, conforme apresentado esquematicamente na Figura 12.

Figura 12 - Curva esquemática da tensão de saída (v_s) do divisor de tensão formado por um termistor e um resistor em série e alimentado pela tensão de excitação v_{ex}



Fonte: Guadagnini e Barlette, 2005

O ponto de inflexão da sigmoide ocorre quando a resistência do termistor é aproximadamente igual à resistência do resistor fixo. No projeto do termômetro eletrônico proposto neste trabalho, o resistor fixo foi escolhido como tendo uma resistência de $10\text{ k}\Omega$, de modo que o ponto de inflexão ocorre na temperatura de 25°C (temperatura na qual o termistor usado apresenta uma resistência nominal de $10\text{ k}\Omega$). Para uma faixa de temperatura pequena e centrada no ponto de inflexão da sigmoide, o comportamento da tensão de saída do divisor de tensão com a temperatura é aproximadamente linear. Entretanto, para a faixa de temperatura de interesse para construção do termômetro eletrônico proposto neste trabalho (-10°C a 100°C), esta estratégia permite apenas uma linearização parcial para a resposta do termistor.

Um ponto importante a ser destacado é que o projeto do termômetro eletrônico não envolve a medida direta da resistência do termistor e o cálculo de sua temperatura, mas sim a medida da tensão de saída do divisor de tensão citado acima, v_s , em função

da temperatura. A tensão de saída do divisor de tensão relaciona-se com a resistência do termistor segundo a equação 3.

$$v_s = \frac{R_T}{R_T + R_S} v_{ex} \quad (3)$$

Na equação 3, R_T é a resistência do termistor e R_S é a resistência fixa do resistor em série com o termistor.

O esquema elétrico do termômetro eletrônico é mostrado na Figura 13. Para alimentação do circuito é utilizada a saída de tensão de alimentação de +5 V disponibilizada no terminal +5 V do Arduino. Esta alimentação é proveniente da interface USB, e é ligada no momento que o Arduino é conectado na porta USB do computador. O terminal de referência de tensão (GND) usado no circuito é ligado ao terminal GND do Arduino, que também é proveniente da interface USB. A fonte de energia do termômetro eletrônico é, portanto o computador no qual ele é ligado, dispensando o uso de baterias ou fontes de alimentação adicionais.

O circuito de condicionamento de sinal consiste de dois amplificadores operacionais contidos em um único invólucro DIP de 8 pinos (modelo LM358), 3 capacitores cerâmicos e 4 resistores de filme metálico de 1% de tolerância. Os valores nominais dos componentes estão indicados no esquema elétrico, e uma foto do circuito montado em uma placa universal é apresentada na Figura 18. O capacitor C1 desacopla o pino 8 de alimentação do amplificador operacional LM358, atenuando ruídos e variações de tensão de alimentação.

Conforme pode ser verificado na equação 3, a tensão de saída da associação em série do termistor e do resistor R_S depende da resistência do termistor e também da tensão de excitação v_{ex} . Portanto, qualquer variação na tensão de excitação v_{ex} terá como consequência erro na medida de temperatura. Para minimizar esta fonte de erro, foi utilizada a técnica de medida proporcional na qual uma tensão de referência é utilizada como base para a digitalização de sinais de tensão pelo conversor analógico-digital, e ao mesmo tempo esta tensão de referência é utilizada para excitar o divisor de tensão contendo o termistor. A tensão de referência utilizada (V_{ref}) foi obtida a partir do gerador de tensão de referência interna do microcontrolador da plataforma Arduino, que produz a tensão nominal de 1,10V no terminal REF. A saída de tensão de referência do

Arduino é de alta impedância, o que significa que não é possível drenar corrente significativa diretamente a partir desta saída. Com o objetivo de reduzir a impedância da tensão de referência utilizou-se o amplificador operacional U1A configurado como seguidor de tensão (ganho unitário). Nesta configuração, a tensão de referência não é alterada, porém a saída do amplificador operacional (pino 1 de U1A) permite a drenagem de corrente necessária para o funcionamento do termômetro sem afetar o gerador de tensão de referência do Arduino. A tensão de referência disponível no pino 1 de U1A é utilizada como tensão de excitação do divisor de tensão composto pelo termistor RT e o resistor fixo RS. O capacitor C2 auxilia a filtragem de ruídos elétricos que é captado pelo cabo utilizado para conectar o termistor à placa do termômetro. O termistor opera no circuito com uma corrente de excitação fluindo através dele, e portanto gera energia térmica pelo efeito joule o que tende a aumentar a sua própria temperatura. O valor de tensão de referência relativamente baixo de 1,10V minimiza este efeito de auto aquecimento do termistor, minimizando esta fonte de erro nas medidas de temperatura.

Utilizando a equação 1 e o valor de β para o modelo do termistor utilizado (3977K) pode-se estimar os valores da resistência do termistor nos limites de temperatura, obtendo-se 685Ω a -10°C e 58952Ω a 100°C . Aplicando a equação 2 com estes valores calcula-se os valores aproximados das tensões de saída do divisor de tensão a -10°C e 100°C como sendo, respectivamente, 0,0705V e 0,940V. Esta faixa de variação da tensão de saída poderia ser comportada sem problemas na entrada do conversor analógico-digital do microcontrolador do Arduino, cuja entrada analógica (terminal A0 no esquema elétrico) possui uma faixa de entrada de 0V a 1,10V (V_{ref}). Entretanto, para maximizar a resolução das medidas de tensão pelo conversor analógico-digital, é desejável que a sua faixa de tensões de entrada seja o mais próximo possível de 0V a 1,10V. Nesta faixa de tensões de entrada, a resolução na medida de tensões pelo conversor analógico-digital é máxima. Para o conversor analógico-digital do microcontrolador do Arduino, a resolução é de 10 bits, permitindo a codificação digital da tensão em 2^{10} (ou 1024) códigos distintos. A resolução nas medidas de temperatura pode ser calculada aproximadamente segundo:

$$T_{res} = \frac{T_{max} - T_{min}}{1024} \quad (4)$$

resultando no valor de $0,1^\circ\text{C}$ para a faixa de temperatura de -10°C a 100°C . Esta resolução só é obtida caso a faixa de entrada do conversor analógico-digital seja quase totalmente preenchida quando a temperatura variar de -10°C a 100°C .

Um dos objetivos do circuito de condicionamento de sinal construído com o amplificador operacional U1B é ajustar a faixa de tensão de saída que vem do divisor de tensão R_S/R_T de modo a abranger o máximo possível da faixa de tensão de entrada do conversor analógico-digital disponível no microcontrolador da plataforma Arduino (considerando uma margem de tolerância necessária para que não ocorra o truncamento de valores no conversor analógico-digital).

O amplificador operacional U1B foi configurado como amplificador inversor com ganho $G = -R_F/R_G$, em que R_F e R_G são as resistências, em Ohms, dos resistores R_G e R_F . Os valores das resistências de R_G e R_F resultam em um ganho de $G = 1,18$, elevando o valor máximo da tensão de saída de U1B para um valor próximo do valor máximo ($0,94 \times 1,18 = 1,10\text{V}$).

Os resistores R_1 e R_2 formam um divisor de tensão que gera uma tensão de defasagem (também chamada de tensão de *offset*), V_{off} , a partir da tensão de referência gerada pelo Arduino, cujo valor é calculado segundo:

$$V_{off} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{ref} \quad (5)$$

em que R_1 e R_2 são as resistências, em Ohms, dos resistores R_1 e R_2 , respectivamente. Para os valores de resistência de R_1 e R_2 indicados no esquema elétrico, a tensão de defasagem é $0,48\text{V}$. Quando a tensão de defasagem é aplicada na entrada não inversora de U1B (pino 5), o valor mínimo da tensão de saída se aproxima mais do valor 0V . A tensão de saída de U1B (pino 7), V_{temp} , dependerá das tensões aplicadas em suas entradas inversora e não inversora, e pode ser expressa como:

$$V_{temp} = \left(1 + \frac{R_F}{R_G}\right) \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) V_{ref} - \left(\frac{R_F}{R_G}\right) \left(\frac{R_T}{R_T + R_S}\right) V_{ref} \quad (6)$$

O primeiro termo da equação 6 corresponde à contribuição da tensão de defasagem, em que o amplificador operacional opera na configuração não inversora, e o segundo termo desta equação corresponde à contribuição da tensão produzida pelo

componentes de alta frequência no sinal e que poderiam comprometer a reconstrução do sinal no domínio digital após a digitalização.

O código obtido como resultado da digitalização pelo conversor analógico-digital, ADC , será um número entre 0 (próximo da temperatura de -10°C) e 1023 (próximo da temperatura de 100°C). O valor do código obtido será:

$$ADC = \frac{V_{temp}}{V_{ref}} 1024 \quad (7)$$

Combinando as equações 6 e 7 pode-se expressar o código ADC em função da resistência do termistor:

$$ADC = \left(1 + \frac{R_F}{R_G}\right) \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) 1024 - \left(\frac{R_F}{R_G}\right) \left(\frac{R_T}{R_T + R_S}\right) 1024 \quad (8)$$

Deve ser observado na equação 8 que o valor de ADC é independente da tensão de referência V_{ref} , o que indica que o valor da temperatura, que é calculado a partir de ADC não será afetado por eventuais flutuações na tensão de referência.

4.4 Procedimentos de teste, calibração e avaliação do erro de medição

A estratégia de calibração do termômetro consistiu dos seguintes passos:

1. Preparar um recipiente com isolamento térmico contendo água (pode ser uma pequena garrafa térmica ou um copo de vidro revestido de isopor). Ajustar a temperatura da água (misturando água quente ou fria), em passos de 5°C aproximadamente, e efetuar medidas de ADC em função da temperatura medida com um termômetro de referencia. É possível também utilizar um banho termostático, caso disponível;

2. Calcular, a partir da equação 8 e do valor lido de código ADC resultante da digitalização da tensão analógica V_{temp} , o valor da resistência do termistor, R_T . Isolando R_T da equação 8 obtém-se:

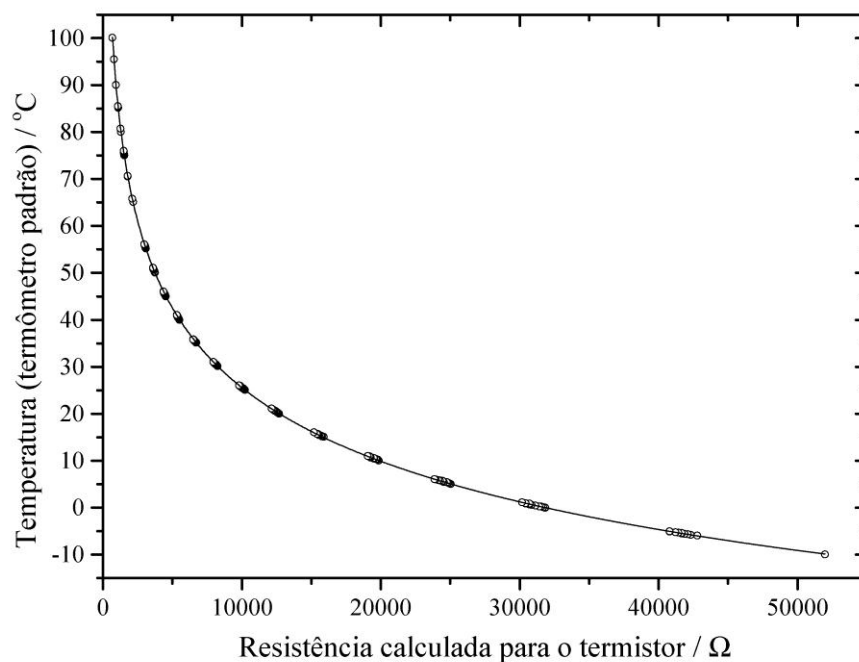
$$R_T = - \frac{R_S(ADCR_1R_G + ADCR_2R_G - 1024R_1R_F - 1024R_1R_G)}{ADCR_1R_G + ADCR_2R_G - 1024R_1R_G + 1024R_2R_G} \quad (9)$$

3. Ajustar a equação de Steinhart-Hart (Equação 2) aos dados coletados utilizando a técnica de regressão não linear, obtendo-se os parâmetros A , B e C .

No modo de leitura de temperatura do termômetro, a temperatura é calculada a partir das equações 2 e 9, e dos parâmetros A , B e C determinados durante a calibração. Este cálculo é efetuado automaticamente em um programa computacional incorporado no microcontrolador da plataforma Arduino.

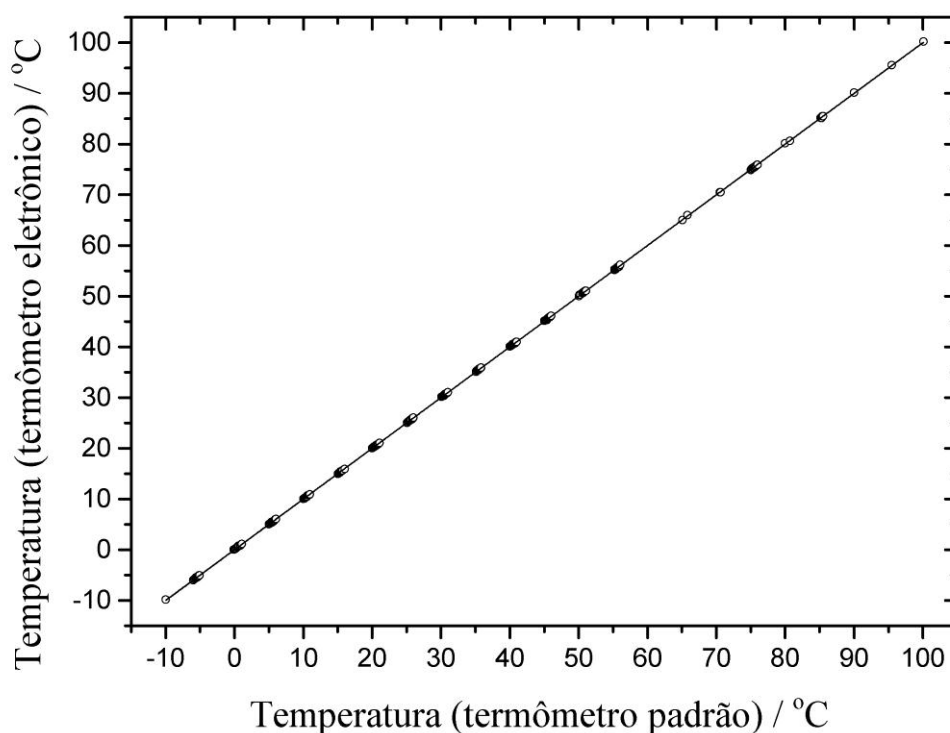
Foi utilizado como termômetro de referência o termômetro digital portátil de precisão RTD Instrutherm modelo THR-080 com sensor de platina PT100. Na falta de um termômetro de precisão é possível utilizar um termômetro comum, porém a acuracidade do termômetro eletrônico será limitada à do termômetro de referência utilizado. Os dados de temperatura em função da resistência calculada para o termistor devem resultar em uma curva como a apresentada na Figura 14.

Figura 14 - Curva de calibração para o termômetro eletrônico com curva ajustada à equação de Steinhart-Hart



Após o cálculo dos valores de temperatura a partir dos valores de resistências calculadas para o termistor deverá ser obtida uma correlação linear significativa entre as temperaturas medidas com o termômetro de referência e o termômetro eletrônico, como mostrado na Figura 15.

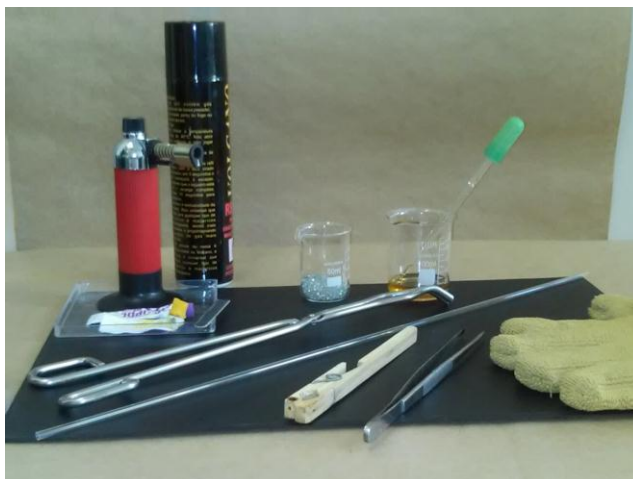
Figura 15 - Correlação entre as medidas de temperatura efetuadas com o termômetro eletrônico construído e as efetuadas com o termômetro padrão



4.5 Construção física do termômetro eletrônico

Os materiais utilizados para a confecção da haste de vidro que contém o termistor utilizado no termômetro eletrônico de vidro são ilustrados na Figura 16, e são: Luvas térmicas, tubo de vidro com 0,5 mm de diâmetro e 15 cm de comprimento, pinça de inox, pinça de madeira, tenaz, maçarico doméstico, bastão de vidro, pipeta pasteur e tetina de borracha, pérolas de vidro para auxiliar imperfeições na moldagem, cola epóxi e um lubrificante sintético.

Figura 16 - Materiais necessários para a construção da haste de vidro para conter o termistor do termômetro eletrônico



Fonte: foto do autor

Optamos pela haste em vidro por permitir a realização de medidas de temperatura em líquidos que poderiam danificar o termistor ou comprometer o isolamento elétrico de seus terminais, já que o intuito era utilizar o sensor do termômetro imerso em líquidos no laboratório didático de química.

Para o encapsulamento foi utilizado um tubo de vidro com altura de 15 centímetros e com diâmetro interno de 0,5 mm, que por ser de pequena espessura foi facilmente moldado ao aquecimento com maçarico comum. A busca por um tubo fino se deve ao fato de obter um menor tempo de resposta para medida de temperatura, devido à menor massa do sensor.

O termistor e suas conexões elétricas foram inseridos no tubo de vidro, e em seguida óleo lubrificante utilizado em motores de carro foi adicionado ao tubo, completando todo seu volume residual. O lubrificante é utilizado como meio de contato térmico envolvendo o termistor. Segundo testes realizados com o óleo de motor este não apresentou condutividade elétrica significativa, e foi compatível com faixa de temperatura compreendida entre -10°C a $+100^{\circ}\text{C}$ (sem congelar ou entrar em ebulição). Por fim, o tubo foi selado em sua parte superior, na conexão com o fio, com uma cola epóxi bi componente. O tubo lacrado forma um conjunto rígido que reduz a possibilidade de danos ao manuseio ou transporte inadequado. Na Figura 17, representamos o tubo contendo o termistor do termômetro eletrônico.

Figura 17 – Tubo de vidro contendo o termistor, meio de contato térmico e cabo de conexão elétrica. A foto da esquerda mostra o detalhe do termistor na parte inferior do tubo

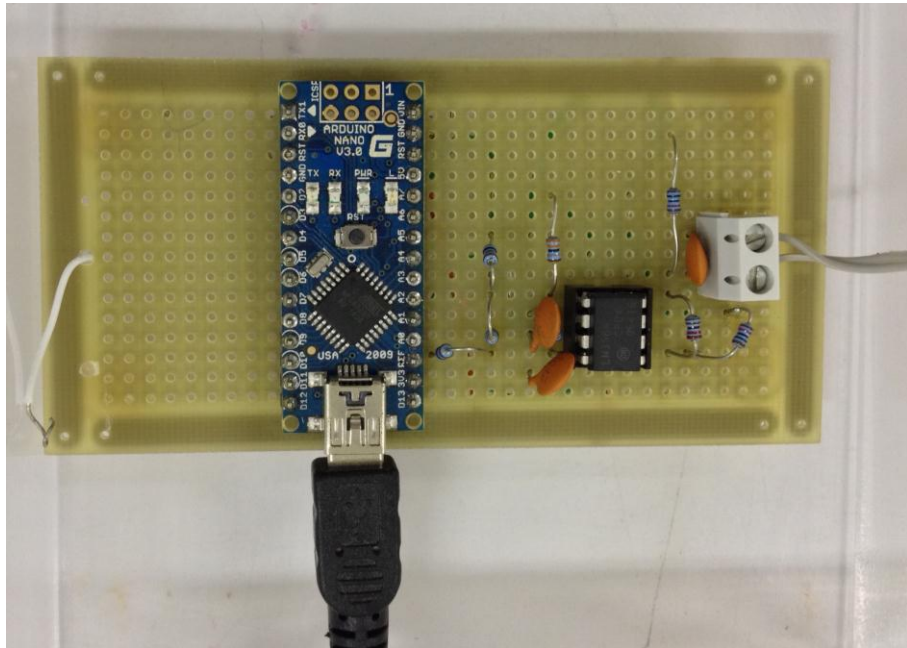


Fonte: Foto do autor

A Figura 18 mostra uma foto da placa de circuito do protótipo do termômetro eletrônico montado soldando-se os componentes em uma placa do tipo universal. O Arduino Nano foi também soldado na placa. Porém, outros modelos de Arduino de maiores dimensões, como o UNO, podem ser mantidos fora da placa do termômetro, e pode-se usar um conector e cabos para a conexão elétrica com a placa do termômetro. É recomendável utilizar soquete para o amplificador operacional.

O custo total do protótipo do termômetro foi de cerca de R\$ 35,00, incluindo o Arduino Nano e um cabo USB pequeno que foi fornecido junto com o Arduino.

Figura 18 - Foto do protótipo de termômetro eletrônico montado em uma placa universal



Fonte: Foto do autor

4.6 Código para a plataforma Arduino

O código apresentado abaixo deve ser utilizado como referência para a implementação do termômetro eletrônico. A sua funcionalidade está descrita nos comentários do código, que foi testado em uma placa Arduino Nano, mas é compatível com placas Arduino UNO. O microcontrolador do Arduino de ser do tipo Atmel MEGA 328. A saída de dados é compatível com o software *Arduino Excel Commander* que consiste em um módulo do aplicativo Microsoft Excel para aquisição de dados (VALGOLIO, 2015).

```
// Código de referência para ser utilizado na implementação do
// termômetro eletrônico na plataforma Arduino Nano ou UNO

// Defina esta variável somente quando for efetuar o processo de
// calibração.
// #define CAL

static unsigned int i;

double calc_temp(unsigned int);

// Ajuste inicial do Arduino
void setup() {

// Define a tensão de referência do conversor analógico-digital como
// interna ao microprocessador da placa Arduino (valor nominal de 1,10V)
analogReference(INTERNAL);

// Define a taxa de transmissão de dados para a porta serial virtual
Serial.begin(115200);
}

// Programa principal
void loop() {
    unsigned int adc, adc_mean;
    unsigned int i, im;
    unsigned long adc_sum;
    double temp;

    i = 0;
    for(;;){
        adc_sum = 0;
        for(im = 0; im<4; im++) {
            // Efetua a leitura e digitalização da tensão de saída do circuito
            de
            // condicionamento de sinal
            adc = analogRead(0);
            // Acumula 4 leituras para o cálculo do valor médio
            adc_sum = adc_sum + adc;
        }
        // Calcula o valor médio de 4 leituras
        // A taxa de dados é de cerca de 1 amostra por segundo
        adc_mean = adc_sum/4;
        temp = calc_temp(adc_mean);
    }
}
```

```

// A seguinte sequência de dados envia o valor da temperatura lida que
// será
// mostrada na célula da planilha Excel rotulada "TEMP". Para cada
// valor
// enviado a célula será atualizada.
// Na planilha Excel é necessário renomear a célula desejada para
// "TEMP".
    Serial.print("XLS,TEMP,");
    Serial.print("0");
    Serial.print(",");
    Serial.print(temp);
    Serial.print("\n");

    // A seguinte sequência de dados envia o valor da temperatura lida
    // que
    // será anexada na posição i de um grupo de células da planilha
    // excel
    // rotulada "_ARR1" Para cada valor de temperatura enviado, o
    // conjunto de
    // células "_ARR1" será atualizado com a inserção de um novo valor.
    // O conjunto de células é utilizado para construção de gráficos que
    // mostram a atualização em tempo real da temperatura em função do
    // tempo.
    // Na planilha Excel é necessário renomear a célula desejada para
    // "_ARR1".
    Serial.print("XLS,_ARR1,");
    Serial.print(i);
    Serial.print(",");
    Serial.print(temp);
    Serial.print("\n");

    // O contador "i" é zerado após ter-se inserido 600 valores de
    // temperatura
    // no grupo de células "_ARR1", ou cerca de 10 minutos de coleta de
    // dados.
    i++;
    if(i>600) i = 0;
}

// Esta função calcula a temperatura (em graus Celcius) a partir do
// código
// lido do conversor analógico-digital. Quando o rótulo "CAL" for
// definido,
// a função retorna somente o valor do código do conversor analógico-
// digital, e é utilizado no procedimento de calibração.
double calc_temp(unsigned int adc_code)
{
    double rt, temp;

    // Valores dos parâmetros da equação de Steinhart-Hart obtidos
    // a partir da calibração do termômetro
    // Utilize aqui os parâmetros para o seu termistor
    double SHH_A = 0.00142;
    double SHH_B = 1.79882e-4;
    double SHH_C = 3.41081e-7;

    // Calcula a resistência do termistor com base no código gerado pelo
    // conversor analógico/digital (adc_code).

```

```

        rt=-1.0*3.3e9*(((double)adc_code-1063.896)/(((double)adc_code*3.3e5
- 3.3e5*1063.896+3.9936e8));

// Calcula a temperatura em graus Celsius utilizando a equação de
// Steinhart-Hart
temp = 1.0/(SHH_A + SHH_B*log(rt) + SHH_C*pow(log(rt),3)) - 273.15;

#ifdef CAL
    return (double)adc_code;
#else
    return temp;
#endif
}

```

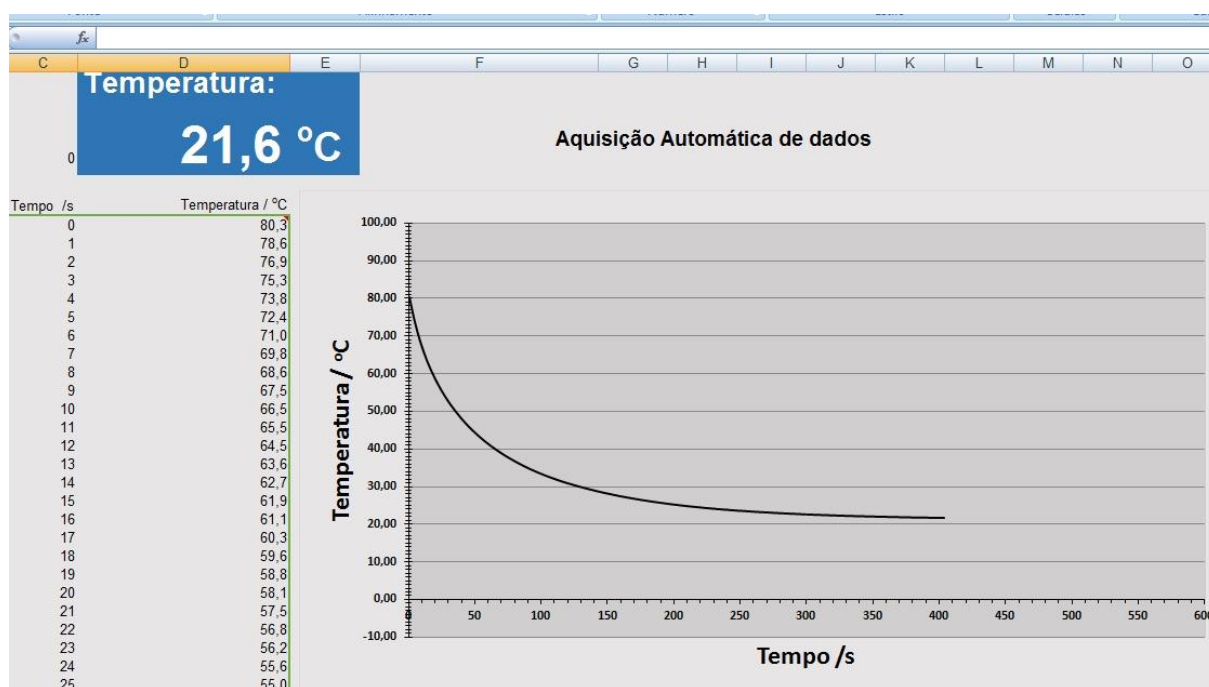
4.7 Aquisição e apresentação de dados em planilha eletrônica

A Figura 19 apresenta uma imagem resultante da captura de parte da tela do aplicativo Excel mostrando a planilha eletrônica usada para apresentação de dados de temperatura adquiridos utilizando o termômetro eletrônico desenvolvido.

Para adquirir os dados de temperatura enviados pelo termômetro eletrônico através da interface USB do computador foi utilizado o *software* livre *Arduino Excel Commander* que consiste em um módulo do aplicativo Microsoft Excel (VALGOLIO, 2015). O módulo *Arduino Excel Commander* permite que os dados recebidos do Arduino sejam inseridos em uma tabela, juntamente com o tempo, em segundos, desde que o termômetro foi ligado (à esquerda da Figura 19). Esta tabela é atualizada continuamente com a inserção de novos dados que chegam do termômetro, a uma taxa de um dado a cada 1 segundo. Esta tabela serve como fonte de dados para construção de um gráfico em tempo real de temperatura em função do tempo (à direita da Figura 19). Optou-se por manter no gráfico os dados dos últimos 10 minutos de leituras, podendo-se alterar este parâmetro com a edição da planilha. Para dar início a um novo experimento é recomendável limpar o conteúdo da tabela contendo os dados, de modo que o gráfico mostrado reflita somente o comportamento físico de interesse. Na Figura 19 são mostrados os dados para um experimento do resfriamento de um corpo submetido ao ar, com uma temperatura inicial de 80,3°C. Na parte superior esquerda da Figura 19 é mostrada uma célula na qual o valor de temperatura instantâneo é mostrado, facilitando o acompanhamento do experimento.

Devido à grande flexibilidade, as planilhas Excel facilitam o desenvolvimento do experimento além da aquisição de dados, podendo ser usadas para o tratamento de dados e cálculos posteriores. O uso de planilhas Excel reduz também a necessidade de eventuais transferências de dados entre diferentes aplicativos agilizando as atividades didáticas.

Figura 19 - Captura da tela do aplicativo Excel mostrando a planilha eletrônica usada para apresentação de dados de temperatura adquiridos utilizando o termômetro eletrônico



4.8 O termômetro eletrônico e aquisição automática de dados no ensino

Especificamente com relação às suas aplicações em atividades didáticas, os termômetros eletrônicos com termistores substituem com vantagens o tradicional termômetro de líquido em vidro. Os termômetros que utilizam termistores apresentam maior durabilidade e robustez no uso por alunos em laboratórios didáticos, onde é comum a quebra de termômetros de líquido em vidro, com a consequente liberação de mercúrio líquido cujos vapores são altamente tóxicos. Nas aplicações práticas, é necessário em muitas ocasiões retirar o termômetro de líquido em vidro do recipiente em que se está medindo a temperatura, acarretando erros de medida. O uso de

termômetros com termistores possibilita medidas com menores erros por eliminar a necessidade de mover o medidor de temperatura do meio em estudo, sendo que a leitura é feita remotamente. Os termômetros de líquido em vidro mais comuns em uso no laboratório didático apresentam erro da ordem de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ e resolução também de 1°C , o que pode ser suficiente para algumas práticas experimentais, mas que podem comprometer a qualidade dos resultados em determinadas aplicações didáticas, como nos casos em que são necessárias medidas de pequenas variações de temperatura, como é requerido em medições calorimétricas.

Outra vantagem importante dos termômetros com termistor é a possibilidade de efetuar aquisição automática dos dados. Aquisição automática de dados é definida pela utilização de um equipamento ou um conjunto de equipamentos (incluindo um computador) confeccionados para coletar um dado pretendido em tempo real. Para tal, este conjunto de materiais deve ser previamente projetado, para um determinado estudo, em geral nos laboratórios de ensino, com a utilização de um computador, sensores e *softwares* para tratamento dos dados apropriados para o estudo em questão.

Na literatura são evidenciadas, entre os autores da área, diversas vantagens no uso de sistema de aquisição automática de dados aplicados nas atividades do laboratório didático, dentre elas destacamos o desenvolvimento de habilidades como a utilização de programas de computador e o manuseio com o sistema, auxílio na construção e interpretação de gráficos, coleta de dados em tempo real incluindo os fenômenos que seriam impraticáveis de coletar dados manualmente. Quando associadas a guias de atividade adequadamente planejadas, os sistemas de aquisição automática de dados ainda permitem despertar o caráter investigativo dos alunos, a elaboração e checagem de hipóteses, ou seja, aproximam o estudo dos conceitos ao fenômeno real, oportunizando o desenvolvimento do pensamento crítico e criativo do estudante (HAAG; MENDES; VEIT, 2003; PONTELO, 2009; VEIT, ELIANE ANGELA HAAG; ARAUJO, 2005).

Porém evidenciam-se também alguns relatos de desvantagens no uso da aquisição automática de dados no ensino. Entre elas pode-se citar o despreparo dos professores para utilizar o sistema de aquisição de dados, que necessitam de tempo para familiarização com o equipamento e o mito de uma precisão absoluta de medidas dos sistemas digitais (CAVALCANTE; TAVOLARO, 2000; PONTELO; MOREIRA, 2008).

Deve-se ressaltar que a aquisição dos dados feita automaticamente, oportuniza o professor fomentar a reflexão com seus alunos sobre o fenômeno em estudo, o que possibilita um planejamento didático que envolva efetivamente o aluno na execução e reflexão do experimento, e que, experimentos com aquisição automática de dados combinada com metodologias ativas de aprendizagem são apropriadas para a aprendizagem significativa.

REFERÊNCIAS

- ATKINS, P. W.; JONES, L. **Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2006.
- BORGES, T. Novos Rumos Para O Laboratório Escolar De Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, p. 291–313, 2002.
- BRAATHEN, P. C. et al. Entalpia de Decomposição do Peróxido de Hidrogênio: uma Experiência Simples de Calorimetria com Material de Baixo Custo e Fácil Aquisição. **Química Nova na Escola**, v. 29, 2008.
- BROWN, T. L.; LEMAY, E. H. J.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 9. ed. São Paulo, SP: Prentice Hall Brasil, 2005.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Cuidados na Utilização de Sistemas de Aquisição de Dados no Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 2, 2000.
- FACULDADE OSWALDO CRUZ. **FISPQ do ácido esteárico**. Disponível em: <https://www.oswaldocruz.br/fichas_de_seguranca/pesq_ficha.asp?indice=A>. Acesso em: 16 mar. 2015.
- GUADAGNINI, P. H.; BARLETTE, V. E. Um termômetro eletrônico de leitura direta com termistor. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27 n.3, p. 369–375, 2005.
- HAAG, R.; MENDES, L.; VEIT, E. A. Coleta automática e interpretação de dados em um laboratório didático de termologia. **Instituto de Física-UFRGS**, p. 1–12, 2003.
- HIRDES, A. **Projeto construção e avaliação de um termômetro eletrônico com aquisição automática de dados e aplicações no ensino de físico-química experimental**. [s.l.] Universidade Federal do Pampa, 2015.
- KRATHWOHL, D. R. A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. **College of Education, The Ohio State University**, v. 41, n. 4, 2002.
- LAWSON, A. The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications for science teaching. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 11, p. 1387–1408, 2003.
- PONTELO, I. **SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS EM ATIVIDADES PRÁTICAS DE FÍSICA : UM ESTUDO DE DADOS EM ATIVIDADES PRÁTICAS DE FÍSICA : UM ESTUDO DE**. [s.l.] CEFET-MG, 2009.
- PONTELO, I.; MOREIRA, A. Atividade com aquisição automática de dados : quando a mediação se torna objeto. **Encontro de Pesquisa em Ensino de Física - Curitiba**, v. XI, p. 1–12, 2008.

ROSA, P. R. D. S.; MOREIRA, M. A. **Uma Introdução a Pesquisa Quantitativa em Ensino**. [s.l.] Ed. UFMS, 2013.

STEINHART, J. S.; STANLEY, R. H. **Calibration curves for thermistors**. 4 V. 15 ed. [s.l.] Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts, 1968.

VALGOLIO, R. **Arduino Excel Commander**, Disponível em <<http://www.robertovalgolio.com/sistemi-programmi/arduino-excel-commander>>. Acesso em: 16 de maio de 2015.

VEIT, ELIANE ANGELA HAAG, R.; ARAUJO, I. S. Porque e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de física? **Física na escola**, v. v. 6, n. 1, p. 69–74, 2005.

VISHAY, BC. **NTC Thermistors , Radial Leaded , Accuracy Line**. Disponível em: <<http://www.vishay.com/docs/29048/ntcle203.pdf>>. Acesso em: 20 maio. 2015.

ZOLLER, U. Are lecture and learning compatible? Maybe for LOCS Unlikely for HOCS, **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 3, p. 195-197, 1993.

ZOLLER, U. The LOCS To HOCS Paradigm Shift In Science Education: What Does It Take? **A CERG Seminar Summary**, 2002. Disponível em <http://www.rsc.org/images/CERGseminar2002-U%20Zoller_tcm18-49218.pdf>. Acesso em: 23 de maio de 2015.

APÊNDICE 1 – Teste de conhecimentos sobre conceitos básicos de transições de fase e calorimetria

Prezado Acadêmico, convidamos você a responder este questionário com o intuito de avaliarmos os seus conhecimentos sobre conceitos envolvidos no nosso trabalho de pesquisa sobre o desenvolvimento de atividades para Físico-Química experimental. Por favor, leia as questões com atenção e responda utilizando caneta da cor azul ou preta. Somente uma das alternativas é correta.

Data:
Sexo: () Feminino () Masculino
Idade:
Turma:

1) O ponto de fusão normal da água é 0 °C e o ponto de ebulição normal da água é 100 °C. É correto afirmar que:

- a) as fases sólida e líquida da água podem existir num estado de equilíbrio a 1 atm de pressão quando a temperatura for 100 °C;
- b) as fases sólida e líquida da água podem existir num estado de equilíbrio a 1 atm de pressão quando a temperatura for 0 °C;
- c) as fases líquida e gasosa da água podem existir num estado de equilíbrio a 1 atm de pressão quando a temperatura for 0 °C;
- d) a água não poderá se encontrar em mais de um estado físico em equilíbrio;

2) A tabela abaixo mostra o ponto de ebulição de cinco compostos.

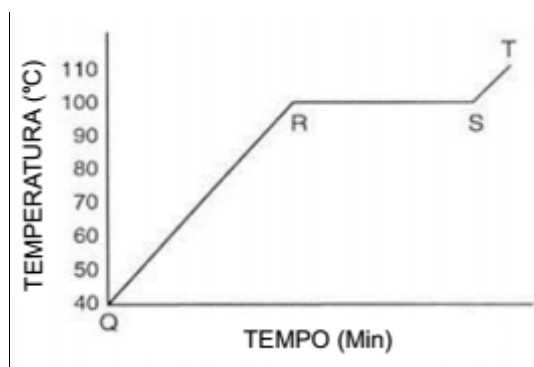
Composto	Ponto de ebulição (°C)
HF(l)	19,4
CH ₃ Cl(l)	-22,2
CH ₃ F(l)	-78,6
HCl(l)	-83,7
HI(l)	-34,0

Observando os dados da tabela, indique o composto que apresenta maior magnitude de forças intermoleculares na fase líquida.

- a) HF_(l);
- b) CH₃F_(l);
- c) CH₃Cl_(l);
- d) HCl_(l);
- e) HI_(l);

O texto e o gráfico abaixo se refere às questões 3 e 4.

Uma amostra de água líquida é aquecida a partir de 40°C até 110°C através do fornecimento de energia térmica a uma taxa constante, conforme representado no gráfico abaixo:



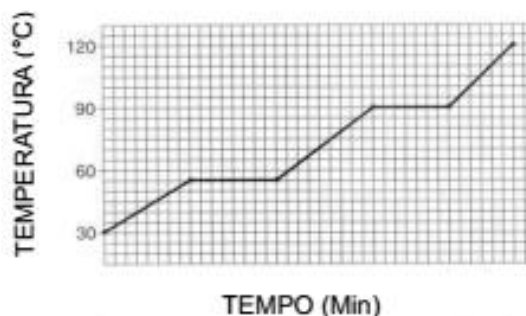
3) No gráfico para a curva de aquecimento mostrado acima, pode-se identificar as regiões QR, RS e ST, respectivamente, como:

- a) Sólido, líquido, gás;
- b) Líquido, líquido, gás;
- c) Gás, sólido, líquido;
- d) Líquido, líquido e gás em equilíbrio, gás;
- e) Líquido e sólido em equilíbrio, líquido, gás;

4) No gráfico para a curva de aquecimento mostrado acima, à medida que a energia térmica é adicionada, pode-se afirmar que as moléculas de água:

- a) No segmento RS não há qualquer alteração nos níveis de energia cinética e potencial da água;
- b) No segmento QR as moléculas de água aumentam sua energia potencial com o rompimento de interações intermoleculares e no segmento RS as moléculas de água têm sua energia cinética elevada, com consequente aumento de temperatura da amostra;
- c) No segmento QR as moléculas de água têm sua energia cinética elevada, com consequente aumento de temperatura da amostra e no segmento RS as moléculas de água aumentam sua energia potencial com o rompimento de interações intermoleculares;
- d) Tanto no segmento QR quanto no RS há um aumento da energia cinética da água;
- e) Tanto no segmento RS quanto no QR há um aumento da energia potencial da água;

5) O gráfico abaixo representa a curva de aquecimento de uma substância que começa como um sólido abaixo do seu ponto de congelamento.

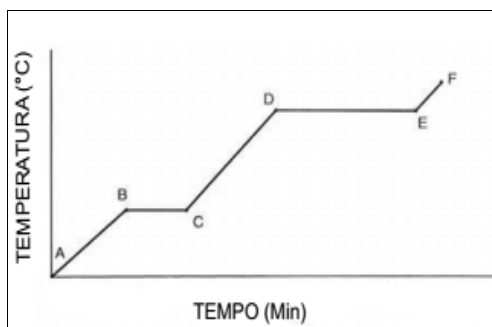


Pode-se afirmar que o ponto de fusão desta substância é:

- a) 30°C
- b) 55°C
- c) 60°C
- d) 90°C
- e) 120°C

O texto e o gráfico abaixo se refere às questões 6 e 7.

A curva de aquecimento abaixo foi obtida experimentalmente a partir do aquecimento do sólido de uma substância pura abaixo da sua temperatura de fusão através do fornecimento de energia térmica a uma taxa constante e a pressão constante.



6) Sobre a curva de aquecimento representada acima, é correto afirmar que:

- a) O processo que ocorre durante o segmento de linha DE é de vaporização;
- b) O processo que ocorre durante o segmento de linha AB é de fusão;
- c) O processo que ocorre durante o segmento CD é de vaporização;
- d) O processo que ocorre durante o segmento BC é de aquecimento do sólido;
- e) O processo que ocorre durante o segmento EF é de aquecimento do líquido;

7) Na curva de aquecimento indicada acima, é correto afirmar que:

- a) A entalpia de fusão (também chamada de calor latente de fusão) é maior que a entalpia de vaporização (também chamado de calor latente de vaporização);
- b) A entalpia de fusão (também chamada de calor latente de fusão) é menor que a entalpia de vaporização (também chamado de calor latente de vaporização);
- c) A entalpia de fusão é proporcional ao comprimento do segmento CD;
- d) As entalpias de fusão e vaporização são iguais;
- e) Não há qualquer informação no gráfico da curva de aquecimento sobre as entalpias de fusão e vaporização;

8) Podemos associar a existência de calor:

- a) A qualquer corpo, pois todo corpo possui calor;
- b) Somente aos corpos que estão em alta temperatura;
- c) Às situações em que ocorre, necessariamente, a transferência de energia;
- d) Às situações em que ocorre, necessariamente, a mudança na energia cinética média das partículas;
- e) Somente aos corpos que estão em baixa temperatura.

9) Dois blocos de metal, inicialmente a temperaturas diferentes, são colocados em contato em um recipiente adiabático e mantido a pressão constante, até que o equilíbrio térmico seja atingido. A função termodinâmica que mede diretamente o calor envolvido no processo é:

- a) a entropia;
- b) a entalpia;
- c) a energia interna;
- d) a temperatura de equilíbrio dos blocos
- e) a temperatura de um dos blocos

- 10) Um pneu de carro que parte do repouso se encontra a uma temperatura de 20°C. Depois de 30 minutos rodando em uma rodovia, o pneu aqueceu até 50°C. É correto afirmar que:
- a) As moléculas que constituem o ar e que estão no interior do pneu começam a se mover quando o pneu é aquecido de 20°C a 50°C;
 - b) Quando o pneu é aquecido, as moléculas que constituem o ar e que estão no interior do pneu tem sua energia cinética elevada;
 - c) Quando o pneu é aquecido, as moléculas que constituem o ar e que estão no interior do pneu tem sua energia cinética reduzida;
 - d) A quantidade de calor que o pneu possui aumenta quando ele é aquecido;
 - e) A quantidade de energia total do gás no interior do pneu é inalterada quando ele é aquecido.
-

- 11) Experimentalmente observa-se que, dissolvendo-se ácido sulfúrico em água em um béquer aberto para a atmosfera, há um aumento da temperatura desta mistura. Com base nessa informação, pode-se afirmar que o processo de dissolução do ácido sulfúrico em água:
- a) Envolve absorção de energia do ar que circunda o béquer;
 - b) Implica em um aumento na quantidade de calor da mistura;
 - c) É um processo endotérmico;
 - d) É um processo exotérmico;
 - e) É um processo que não envolve variações de energia;
-

O texto abaixo se refere às questões 12, 13 e 14.

Um sistema isolado é constituído de uma amostra de gás propano, excesso de oxigênio, um vaso calorimétrico com paredes diatérmicas (de alta condutividade térmica) que contém esses dois gases e um termômetro inserido na água de um banho térmico em contato com o vaso calorimétrico. Foi executada a reação de combustão do propano, mantendo o volume do vaso calorimétrico constante durante o experimento, e a temperatura do banho foi medida antes e depois da reação. A temperatura inicial (antes da reação) foi 298,50K e após o término da reação (com equilíbrio térmico entre o vaso calorimétrico e o banho) foi 300,50K.

- 12) É correto afirmar que, após a reação ser realizada:
- a) A energia interna do sistema deverá aumentar;
 - b) A energia interna do sistema deverá diminuir;
 - c) A energia interna do sistema não sofre alteração;
 - d) A energia interna do sistema é nula;
 - e) A energia interna do sistema será proporcional à diferença das temperaturas observadas antes e depois da reação;
-

- 13) Considerando que a capacidade calorífica específica da água é 4,2 J/(g °C), a capacidade calorífica do termômetro é desprezível, e que o banho contém 500,0 g de água, o calor envolvido na reação de combustão do propano é:

- | | | | |
|----|--------|----|--------|
| a) | 4,2 J | d) | 8400 J |
| b) | 2100 J | e) | 4200 J |
| c) | 8,4 J | | |
-

- 14) O calor envolvido na reação de combustão do propano, nas condições descritas, é numericamente igual a:

- a) Variação de entalpia de reação, ΔH ;
- b) Variação de entropia de reação, ΔS ;
- c) Variação de temperatura, ΔT ;
- d) Variação de energia interna, ΔU ;
- e) Variação de energia de Gibbs, ΔG ;

-
- 15) Um recipiente A contém 100g de água a 0°C e um recipiente B contém 100g de água a 50°C . Os conteúdos dos dois recipientes são misturados em um terceiro recipiente isolado (nenhuma energia térmica pode se transferir para dentro ou para fora deste recipiente). A temperatura final da água no recipiente é:
- a) 0°C
 - b) entre 0°C e 25°C
 - c) 25°C
 - d) entre 25°C e 50°C
 - e) 50°C
-

Obrigada pela participação!