

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

ADRIANE RÖEDEL HIRDES

**PROJETO, CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM TERMÔME-
TRO ELETRÔNICO COM AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA DE DA-
DOS E APLICAÇÕES NO ENSINO DE FÍSICO-QUÍMICA
EXPERIMENTAL**

Bagé

2015

ADRIANE RÖEDEL HIRDES

PROJETO, CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM TERMÔMETRO ELETRÔNICO COM AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS E APLICAÇÕES NO ENSINO DE FÍSICO-QUÍMICA EXPERIMENTAL

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientador: Dr. Paulo Henrique Guadagnini

Coorientadora: Dra. Vania Elisabeth Barlette

Bagé

2015

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

H668p Hirdes, Adriane Röedel

Projeto, Construção e Avaliação de um Termômetro Eletrônico
com Aquisição Automática de Dados e Aplicações no Ensino de
Físico-Química Experimental / Adriane Röedel Hirdes.

161 p.

Dissertação(Mestrado)-- Universidade Federal do Pampa,
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 2015.

"Orientação: Paulo Henrique Guadagnini".

1. Termômetro Eletrônico. 2. Aquisição Automática de Dados.
3. Argumentação no Ensino de Ciências. 4. Laboratório
Investigativo. 5. Ensino de Química. I. Título.

ADRIANE RÖEDEL HIRDES

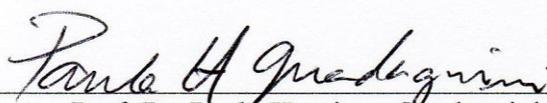
**PROJETO, CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM TERMÔMETRO
ELETRÔNICO COM AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS E
APLICAÇÕES NO ENSINO DE FÍSICO-QUÍMICA EXPERIMENTAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências.

Área de concentração: Ensino de Ciências

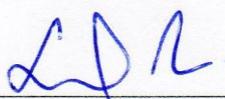
Dissertação defendida e aprovada em: 24 de julho de 2015

Banca Examinadora:

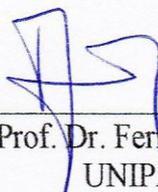


Prof. Dr. Paulo Henrique Guadagnini

Orientador
UNIPAMPA



Prof. Dr. Luis Otavio de Sousa Bulhões
UNIFRA



Prof. Dr. Fernando Junges
UNIPAMPA

A memória de meu querido pai, João Carlos Hirdes, que me ensinou a nunca desistir... e, que a vida tem que seguir...

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, pelas aprendizagens vivenciadas nesta jornada.

Para meus filhos: minha amada filha Amanda, que entende a importância deste trabalho e soube tolerar os momentos de minha ausência e pelos cuidados com seu irmão. Ao pequeno Arthur que mesmo sem compreender, questionava minhas ausências e dizia: “a mamãe tem que trabalhar na Unipampa!”.

Ao meu marido, Prof. Dr. Alessandro Carvalho Bica, companheiro de longa jornada, meu porto seguro, que muito se dedicou para suprir minhas ausências, e, que além de aguentar meus momentos de estresse e ansiedade, ainda contribuiu com suas considerações teóricas. A este educador, exemplo de ser humano, meu grande amor, companheiro de todas as horas, que muito me amparou e motivou a não desistir dos meus ideais.

À minha querida mãe Sandra, que junto ao meu pai, me proporcionaram uma boa educação. E que no decorrer desta caminhada com os percalços da vida, minha querida mãe demonstrou-se mais do que nunca a mulher forte e guerreira que sempre foi, e, além disto, muito me incentivou e auxiliou para finalizar este trabalho.

Aos meus queridos irmãos, Guido, Joãozinho, Cristiane e Gabriela, pela amizade e união em todos os momentos, que a vida nos impôs no decorrer deste trabalho.

Aos meus grandes amigos, que muito auxiliaram nas logísticas e lazer das crianças, e pelos momentos de descontração e lazer.

À minha “família” de Bagé pelo apoio, mas especialmente à Dinda Almerinda, sempre disposta para auxiliar, em todos os momentos desta caminhada.

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Guadagnini, pela sua paciência e dedicação em todo o processo desta dissertação, e pelas relevantes contribuições teóricas e experimentais, mas principalmente, por acreditar na minha capacidade.

À Prof^a. Dr^a Vania Elisabeth Barlette, por suas valiosas contribuições teórico-metodológicas e pela sua impressionante força de vontade para ajudar. Obrigada pela sua paciência e pelo seu apoio em todos os momentos deste processo.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências da Fundação Universidade Federal do Pampa, pelos momentos de aprendizagem, as “rodas de conversa” e os “cafés com ciência” que muito contribuíram em nossa formação.

Aos colegas da Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências da Fundação Universidade Federal do Pampa – Campus Bagé, pelos momentos de alegrias em sala de aula e pela amizade construída.

À Universidade Federal do Pampa por ter me concedido o afastamento total nestes últimos meses para a conclusão desta dissertação de mestrado.

À direção e coordenação administrativa por me oportunizar o estágio docência nesta instituição.

Aos alunos do componente curricular de físico-química experimental I, pela participação no trabalho, e ao Prof. Dr. Paulo Henrique Guadagnini, por me ceder sua turma para aplicação da proposta deste trabalho.

Agradeço ao apoio financeiro parcial da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no âmbito do Projeto Observatório da Educação (OBEDUC), Edital CAPES N. 049/ 2012, para aquisição das placas Arduino utilizadas para construção dos protótipos dos termômetros eletrônicos.

“Aquilo que escuto eu esqueço, aquilo que eu vejo eu lembro, aquilo que faço eu aprendo”.

Confúcio

RESUMO

Este estudo se insere no âmbito do ensino superior de química por meio do laboratório investigativo com o uso de projetos abertos de equipamentos para aquisição automática de dados. O estudo tem como objetivo projetar, construir e avaliar um instrumento de medida de temperatura com aquisição automática de dados utilizando um transdutor do tipo termistor e sua aplicação em atividades experimentais investigativas de físico-química. O estudo teve como objetivos o projeto, desenvolvimento e avaliação de um termômetro eletrônico com termistor para aquisição automática de dados de temperatura em tempo real, e o seu uso em atividades práticas experimentais. O projeto do termômetro eletrônico incluiu um transdutor de temperatura do tipo termistor, um circuito de condicionamento de sinal, a plataforma Arduino e uma planilha para o Excel que permite apresentar os dados numéricos e atualizar a representação gráfica em tempo real da temperatura em função do tempo. Os resultados obtidos indicam que o termômetro construído apresentou erro de medição de 0,07 °C na faixa de -10 °C a 100 °C. Esse instrumento foi utilizado como recurso para viabilizar o planejamento e implementação de práticas experimentais investigativas de físico-química experimental. As atividades envolveram a determinação de entalpia de reação de decomposição do peróxido de hidrogênio e o levantamento da curva de resfriamento do ácido esteárico (atividade de termometria). A organização da atividade experimental de termometria seguiu o modelo de argumentação de Lawson, e foi elaborado em três momentos: predição, experimentação e verificação. Nessa atividade, o momento da experimentação seguiu o modelo de laboratório aberto. Os objetivos de aprendizagem das atividades foram organizados em níveis de cognição de acordo com a Taxonomia de Bloom revisada de Objetivos Educacionais. A implementação ocorreu com uma turma de acadêmicos de Físico-Química Experimental I no 1º semestre de 2015, nos meses de março e abril, de uma universidade pública do interior do estado do Rio Grande do Sul. Os instrumentos de coleta de dados foram guias de atividades práticas experimentais utilizados pelos participantes durante a implementação das atividades, um teste de conhecimentos de múltipla escolha e um teste de motivação para aprender, aplicados antes e após a implementação, e as observações da professora pesquisadora. O teste de conhecimento foi analisado avaliando sua fidedignidade e índices de dificuldade e discriminação de cada item. Testes de hipóteses não-paramétricos de Wilcoxon pareado unilateral indicam uma melhoria no desempenho dos participantes no teste de conhecimento (valor- $p=0,009$) e no teste de motivação para aprender (valor- $p=0,006$). A análise das respostas dos participantes aos guias de atividades envolveu a categorização dos itens dos guias em níveis de cognição proposto por Zoller. Itens com nível LOCS de desenvolvimento cognitivo foi contemplado por grande parte dos participantes, enquanto o nível HOCS, relacionado ao desenvolvimento de hipóteses, não foi atingido por qualquer participante. O protótipo do termômetro eletrônico com aquisição de dados e as atividades experimentais de termometria e calorimetria constituem produtos educacionais resultantes do presente estudo, e poderão ser utilizados e/ou modificados para atender às necessidades do planejamento didático do professor.

Palavras-chave: Termômetro eletrônico. Aquisição automática de dados. Argumentação no ensino de ciências. Laboratório investigativo. Ensino de Química.

ABSTRACT

This study falls within the scope of undergraduate chemistry teaching through inquiry-based laboratory using open projects of automatic data acquisition systems. This work studied a thermistor-based temperature-measuring instrument with automatic data acquisition and applications in investigative experimental activities in physical chemistry. The study aimed to the design, development and evaluation of an electronic thermometer with thermistor for automatic acquisition of temperature data in real time and its use in experimental practice activities. The project of the electronic thermometer includes a thermistor type temperature transducer, a signal conditioning circuit, an Arduino platform and an Excel spreadsheet for real-time data representation of temperature versus time data. The results indicate that the thermometer built has a measurement uncertainty of 0,07 °C in the range of -10 °C to 100 °C. This instrument was used as a resource to facilitate the planning and implementation of investigative experimental practices of experimental physical chemistry. The activities involved the determination of enthalpy of decomposition of hydrogen peroxide and the cooling curve of stearic acid (thermometry activity). The organization of thermometry experimental activity followed the pattern of Lawson's argumentation, and was developed in three phases: prediction, experimentation and verification. The experimentation phase followed the open laboratory model. The learning objectives of the activities were organized in cognition levels in accordance with the Revised Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. The implementation took place with a group of Experimental Physical Chemistry I students in the first semester of 2015, in March and April, at a public university in the state of Rio Grande do Sul. The data collection instruments were the guides for experimental practical activities used by the participants during the implementation of activities, a multiple-choice test of knowledge and a test for motivation to learn, applied before and after implementation, and the observations of teacher researcher. The knowledge test was analyzed evaluating their reliability and levels of difficulty and discrimination of each item. Non-parametric Wilcoxon signed-rank tests indicate an improvement in the performance of participants for knowledge test (p-value=0,009) and motivation to learn (p-value = 0,006). The analyses of participants' responses to activity guides were carried out categorizing items of the guides in cognitive levels proposed by Zoller. Items with cognitive development LOCS level was reached by most of the participants, while the HOCS level, related to the development of hypotheses, was not reached by any participant. The prototype of the electronic thermometer with data acquisition and the experimental activities of thermometry and calorimetry are educational products resulting from this study, and may be used and/or modified to meet the needs of the didactic planning of the chemistry teacher.

Keywords: Electronic thermometer. Automatic data acquisition. Argumentation in science education. Inquiry-based laboratory. Chemistry teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|-----|
| Quadro 1– Tipo de pesquisa e instrumento de coleta de dados utilizado na pesquisa..... | 66 |
| Quadro 2 - Guias das atividades propostas na pesquisa..... | 66 |
| Quadro 3 - Planejamento didático das atividades e dos objetivos de aprendizagem das atividades na dimensão dos processos cognitivos segundo a Taxonomia de Objetivos Educacionais de Bloom revisada (KRATHWOHL, 2002) | 68 |
| Quadro 4 - Critérios de análise para as atividades experimentais..... | 70 |
| Quadro 5 - Dados coletados no ensaio comparativo dos catalisadores na decomposição do peróxido de hidrogênio | 79 |
| Quadro 6 - Coleta de dados experimentais para o cálculo da capacidade calorífica do calorímetro com o termômetro eletrônico..... | 86 |
| Quadro 7 - Comparação na coleta de dados experimentais de acordo com o termômetro padrão, o termômetro eletrônico e o termômetro de líquido em vidro | 86 |
| Quadro 8 – Resultados experimentais para o cálculo da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio utilizando diferentes termômetros | 88 |
| Quadro 9 – Planejamento Didático da Atividade de Calorimetria..... | 89 |
| Quadro 10 – Objetivos de aprendizagem da atividade de calorimetria na dimensão dos processos cognitivos segundo a Taxonomia de Objetivos Educacionais de Bloom revisada (KRATHWOHL, 2002)..... | 90 |
| Quadro 11 - Níveis de investigação no laboratório de ciências proposto por Borges (2002)..... | 98 |
| Quadro 12 – Planejamento Didático da Etapa Pré-Experimental da Atividade de Termometria..... | 99 |
| Quadro 13 - 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) | 100 |
| Quadro 14 – Planejamento Didático da Etapa Experimental da Atividade de Termometria..... | 100 |
| Quadro 15 - 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) | 101 |

| | |
|--|-----|
| Quadro 16 – Planejamento Didático da Etapa Pós-experimental da Atividade de Termometria..... | 102 |
| Quadro 17 - 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) | 103 |
| Quadro 18 – Índice de fidedignidade do teste de conhecimentos..... | 104 |
| Quadro 19 - Critérios estabelecidos para a retirada de itens do teste de conhecimentos | 105 |
| Quadro 20 - Itens do teste de conhecimentos (pós-teste), após análise dos critérios estabelecidos para os índices de dificuldade e de discriminação. | 106 |
| Quadro 21 – Relações percebidas pelos participantes da pesquisa..... | 123 |
| Quadro 22 - Respostas à Questão 1 acerca do que mais chamou atenção dos participantes nas aulas de físico-química experimental. A sigla NDR indica nenhuma das relações..... | 124 |
| Quadro 23 - Respostas à Questão 4 relacionada a avaliação dos participantes acerca uso do termômetro eletrônico com aquisição de dados nas aulas | 125 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Cone de experiência de Dale (1946) com exemplos de experiências voltados ao ensino de ciências..... | 25 |
| Figura 2 - Modelo de interação entre o sujeito e o meio..... | 26 |
| Figura 3 - Modelo de interação do sujeito e o meio mediado por instrumentos..... | 26 |
| Figura 4 - Modelo de argumentação Toulmin | 31 |
| Figura 5 - Modelo de argumentação de Lawson (2003) | 33 |
| Figura 6 – Diagrama esquemático de um sistema de aquisição automática de dados auxiliada por computador..... | 39 |
| Figura 7 - <i>Hardware</i> Arduino Nano que foi utilizado na construção do termômetro eletrônico..... | 41 |
| Figura 8 - 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..... | 44 |
| Figura 9 - 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} | 46 |
| Figura 10 - Esquema elétrico do termômetro eletrônico com aquisição automática de dados | 49 |
| Figura 11 - Curva de calibração para o termômetro eletrônico com curva ajustada à equação de Steinhart-Hart..... | 53 |
| Figura 12 - Correlação entre as medidas de temperatura efetuadas com o termômetro eletrônico construído e as efetuadas com o termômetro padrão | 55 |
| Figura 13 - Erros de medição do termômetro eletrônico em função da temperatura..... | 57 |
| Figura 14 - Histograma da distribuição de erros de medição do termômetro eletrônico | 57 |
| Figura 15 - Materiais necessários para a construção da haste de vidro para conter o termistor do termômetro eletrônico..... | 58 |
| Figura 16 – 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..... | 59 |
| Figura 17 - Foto do protótipo de termômetro eletrônico montado em uma placa universal..... | 60 |

| | |
|--|-----|
| Figura 18 - Captura da tela do aplicativo Excel mostrando a planilha eletrônica usada para apresentação de dados de temperatura adquiridos utilizando o termômetro eletrônico..... | 61 |
| Figura 19 - Foto das partes do calorímetro construído para a atividade experimental | 81 |
| Figura 20 - Foto do calorímetro aberto | 81 |
| Figura 21 - Foto dos materiais e reagentes utilizados na determinação da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio..... | 82 |
| Figura 22 - Foto da montagem experimental para determinação da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio..... | 82 |
| Figura 23 - Foto da atividade de calorimetria desenvolvida pelos participantes | 83 |
| Figura 24 - Foto dos termômetros utilizados nas atividades e do PT 100 | 84 |
| Figura 25 - Fórmula Estrutural do ácido esteárico..... | 93 |
| Figura 26 – Ácido esteárico à temperatura de 23 °C. | 94 |
| Figura 27 – Ácido esteárico à temperatura ambiente após solidificação. | 94 |
| Figura 28 - Checagem do ponto de fusão do ácido esteárico..... | 95 |
| Figura 29 - Foto dos materiais e reagentes utilizados para a atividade de Termometria | 97 |
| Figura 30 - Análise individual por item e por participante da atividade de Calorimetria..... | 117 |
| Figura 31 - Número de participantes com acerto integral de cada item do guia de atividade de Calorimetria. | 118 |
| Figura 32 - Aproveitamento percentual dos participantes na atividade de Calorimetria..... | 119 |
| Figura 33 - Análise individual por item e por participante da atividade de Termometria | 120 |
| Figura 34 - Número de participantes com acerto integral de cada item do guia de atividade de Termometria. Os níveis cognitivos estão também indicados na figura, categorizados em LOCS e HOCS..... | 121 |
| Figura 35 - Aproveitamento percentual dos participantes na atividade de Termometria | 122 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LOCS – Low Order Cognitive Skills

HOCS – Higher Order Cognitive Skills

ALG – Algoritmico

SUMÁRIO

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 21 |
| 1.1 | Panorama geral do problema e Objeto de estudo..... | 21 |
| 1.2 | Objetivos | 21 |
| 1.2.1 | Objetivo geral | 21 |
| 1.2.2 | Objetivos específicos | 22 |
| 1.3 | Plano da dissertação | 22 |
| 2 | FUNDAMENTOS TEÓRICOS | 24 |
| 2.1 | O laboratório didático investigativo, estratégias ativas de aprendizagem e a mediação entre o sujeito e o meio | 24 |
| 2.1 | Instrumentos de medida de laboratório e aquisição automática de dados | 27 |
| 2.2 | Motivação para aprender..... | 28 |
| 3 | ESTUDOS RELACIONADOS | 34 |
| 4 | PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO TERMÔMETRO ELETRÔNICO COM AQUISIÇÃO DE DADOS | 39 |
| 4.1 | Estrutura básica de um sistema de aquisição automática de dados..... | 39 |
| 4.2 | A plataforma Arduino | 40 |
| 4.3 | Projeto do termômetro eletrônico com termistor e aquisição automática de dados 42 | |
| 4.3.1 | O termistor como transdutor de temperatura | 43 |
| 4.3.2 | Linearização da resposta do termistor e condicionamento de sinal analógico | 45 |
| 4.3.3 | Procedimentos de teste, calibração e avaliação do erro de medição | 51 |
| 4.3.4 | Construção Física do Termômetro..... | 58 |
| 4.3.5 | Aquisição e apresentação de dados em planilha eletrônica | 60 |
| 4.4 | O termômetro eletrônico e aquisição automática de dados no ensino | 62 |
| 5 | METODOLOGIA PARA ESTUDO DAS APLICAÇÕES DIDÁTICAS DO TERMÔMETRO..... | 64 |
| 5.1 | Caracterização do estudo..... | 64 |
| 5.2 | Participantes e Local da pesquisa..... | 64 |
| 5.3 | Instrumentos de coleta de dados | 65 |
| 5.3.1 | Aspectos éticos | 67 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 5.3.2 | Análise dos dados | 67 |
| 5.3.3 | Análise dos guias das atividades | 67 |
| 5.3.4 | Análise do teste de conhecimentos | 71 |
| 5.3.4.1 | Fidedignidade do teste | 71 |
| 5.3.4.2 | Análise de itens do teste..... | 71 |
| 5.3.4.3 | Análise do teste de conhecimento e do teste de motivação para aprender | 72 |
| 6 | PLANEJAMENTO DIDÁTICO PARA ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE CALORIMETRIA: DETERMINAÇÃO DE ENTALPIA DE DECOMPOSIÇÃO DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO | 77 |
| 6.1 | Calorimetria e entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio | 77 |
| 6.2 | Descrição geral da atividade | 78 |
| 6.2.1 | Construção do calorímetro utilizado como um recurso na atividade didática..... | 79 |
| 6.2.1.1 | Materiais utilizados..... | 79 |
| 6.2.2 | Preparação do experimento de determinação da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio | 81 |
| 6.2.2.1 | Materiais e reagentes utilizados | 81 |
| 6.2.2.2 | Determinação da capacidade calorífica do calorímetro (C)..... | 84 |
| 6.2.2.3 | Determinação da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio... 86 | |
| 6.3 | Planejamento da atividade didática..... | 89 |
| 7 | PLANEJAMENTO DIDÁTICO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE TERMOMETRIA: CURVA DE RESFRIAMENTO DO ÁCIDO ESTEÁRICO..... | 92 |
| 7.1 | As transições de fase e a química do ácido esteárico..... | 92 |
| 7.1.1 | Preparação do experimento para o levantamento da curva de resfriamento | 93 |
| | Fonte: Imagem do autor | 95 |
| 7.1.1.1 | Materiais e reagentes utilizados | 96 |
| 7.2 | Descrição geral da atividade | 97 |
| 7.3 | Planejamento didático da atividade de termometria: estudo da curva de resfriamento do ácido esteárico..... | 98 |
| 8 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 104 |
| 8.1 | Desempenho dos participantes no teste de conhecimentos..... | 104 |
| 8.1.1 | Fidedignidade do teste | 104 |
| 8.1.2 | Análise de itens do teste | 105 |

| | | |
|-------------------|--|-----|
| 8.1.3 | Estatística descritiva para o teste de conhecimentos | 106 |
| 8.1.4 | Teste de Hipóteses do desempenho no teste de conhecimentos | 109 |
| 8.2 | Motivação para aprender dos participantes..... | 111 |
| 8.2.1 | Teste de hipóteses para a variável motivação para aprender..... | 114 |
| 8.3 | Atividade de Calorimetria | 116 |
| 8.4 | Atividade de Termometria | 119 |
| 8.5 | Opinião dos participantes..... | 122 |
| 8.5.1 | Respostas dos participantes acerca do que mais chamou a atenção deles nas aulas experimentais de físico-química sobre curva de resfriamento e entalpia de reação | 123 |
| 8.5.2 | Resposta dos participantes em relação à avaliação quanto ao uso do termômetro eletrônico com aquisição de dados nas aulas experimentais de físico-química..... | 125 |
| 8.6 | O que diz a pesquisadora..... | 126 |
| 9 | CONCLUSÃO | 129 |
| APÊNDICE A | - Teste de Conhecimentos | 138 |
| APÊNDICE B | - Guia da Atividade Experimental de Calorimetria..... | 144 |
| APÊNDICE C | - Guia da Atividade Experimental de Termometria – Fase da Predição | 150 |
| APÊNDICE D | - Guia da Atividade Experimental de Termometria – Fase da Experimentação..... | 152 |
| APÊNDICE E | - Guia da Atividade Experimental de Termometria – Fase da Verificação | 154 |
| APÊNDICE F | - Instrumento de Análise para a Atividade Experimental de Calorimetria | 155 |
| APÊNDICE G | - Instrumento de Análise para a Atividade Experimental de Termometria | 156 |
| APÊNDICE H | - Questionário Opiniário | 158 |
| APÊNDICE I | - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido..... | 159 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 Panorama geral do problema e Objeto de estudo

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 com apoio de um instrumento automatizado de medida de temperatura desenvolvido nesta pesquisa para potencializar atividades experimentais investigativas. A motivação do estudo surge de uma combinação de fatores cuja origem é diversa: a experiência profissional da pesquisadora em atividades de pesquisa em instrumentação tecnológica e a experiência em atividades experimentais didáticas no ensino superior; a experiência de pesquisa professor do orientador no desenvolvimento de instrumentação de laboratório voltada ao ensino de ciências; e, a possibilidade de contribuir com o desenvolvimento de instrumentação de laboratório e atividades práticas experimentais, especialmente voltadas para o ensino de físico-química experimental.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo geral projetar, construir e testar um termômetro eletrônico com termistor e aquisição automática de dados como apoio no planejamento e implantação de atividades didáticas experimentais investigativas voltadas à compreensão dos fenômenos químicos e ao desenvolvimento de habilidades de argumentação científica.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Projetar e construir um termômetro eletrônico utilizando um transdutor do tipo termistor associado à plataforma Arduino permitindo aquisição automática de dados para estudos de físico-química experimental;
- b) Testar a aplicabilidade do termômetro construído em substituição a termômetros de laboratório de líquido-em-vidro;
- c) Desenvolver argumentação científica no laboratório de físico-química experimental, utilizando recursos de aquisição automática de dados de temperatura.

1.3 Plano da dissertação

Esta dissertação é apresentada em 9 capítulos e 9 apêndices.

No que segue, o Capítulo 2 apresenta os “Fundamentos Teóricos” relacionados ao laboratório didático de Química e a argumentação científica, bem como os objetivos de aprendizagem classificados de acordo com os níveis de cognição utilizados, o Capítulo 3 apresenta estudos relacionados ao tema da dissertação.

A “Metodologia da Pesquisa” é apresentada no Capítulo 4, contendo a caracterização do estudo, os participantes e o local da pesquisa, os instrumentos de coleta de dados, os aspectos éticos, e a forma de análise dos dados.

O Capítulo 5 apresenta o “Projeto e desenvolvimento do termômetro eletrônico com aquisição automática de dados”, contendo todos os procedimentos necessários para a construção do material didático.

Os Capítulos 6 e 7 apresentam respectivamente, as aplicações do termômetro automatizado em práticas experimentais de laboratório de Química. O Capítulo 6 trata de uma “Atividade prática Experimental de Calorimetria” para determinação da entalpia de

reação. O Capítulo 7 trata de “Atividades Prática Experimental de Termometria” para o levantamento da curva de resfriamento do ácido esteárico.

O Capítulo 8 apresenta os resultados e discussões obtidos na pesquisa, pelos instrumentos de coleta de dados, bem como a análise qualitativa e quantitativa dos resultados. E por fim o Capítulo 9 apresenta as “Considerações Finais” da pesquisadora sobre este estudo.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 O laboratório didático investigativo, estratégias ativas de aprendizagem e a mediação entre o sujeito e o meio

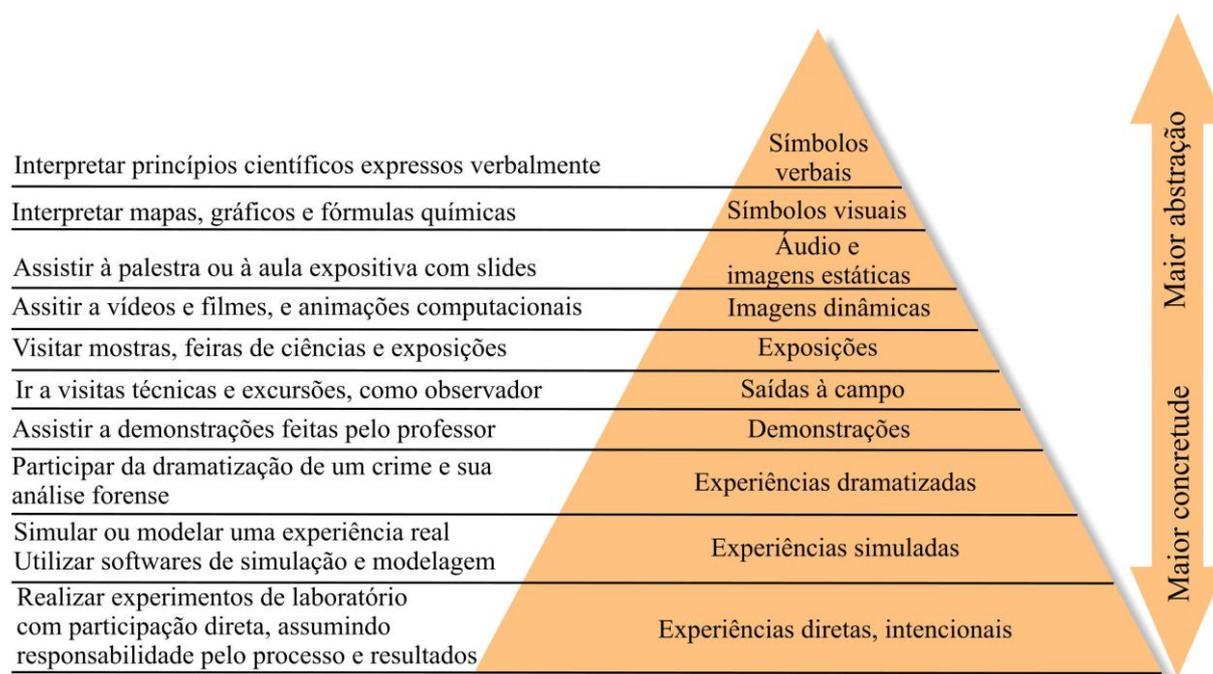
A compreensão da ciência como corpo de conhecimentos produzido de acordo com um método baseado na investigação, com procedimentos para examinar hipóteses acerca do comportamento da natureza e testá-las, leva-nos a repensar o ensino e aprendizagem de conhecimentos científicos no laboratório didático com base em modelos que contenham elementos característicos do fazer científico, especialmente o laboratório didático investigativo.

O ensino e aprendizagem por meio de trabalho prático experimental investigativo implica que os estudantes são envolvidos em observação, manipulação de instrumentos e materiais, coleta de dados, reflexão, discussão, transformação de dados em evidências por meio de interpretação, levantamento e teste de hipóteses. Nesse sentido, o trabalho prático experimental investigativo envolve o trabalho ativo dos estudantes tanto em termos de sua ação sobre objetos concretos quanto sobre objetos conceituais, proporcionando uma ponte entre o domínio dos fatos, objetos e propriedades observáveis com o domínio das ideias, conceitos e representações do conhecimento. O movimento entre esses dois domínios é enfatizado no cone de experiência de Dale (1946), na Figura 1 em que a ação dos estudantes se desloca ora para o domínio da concretude, com a realização de experimentos com participação direta assumindo responsabilidades pelo processo e resultados, ora para o domínio da abstração, com interpretação teórica de dados produzindo evidências.

Assim, o laboratório didático caracterizado por atividades investigativas exigem ação direta dos estudantes e podem proporcionar o desenvolvimento de habilidades cognitivas de altas ordens, tais como o pensamento crítico, a tomada de decisões e a resolução de problemas. Assim, processos cognitivos associados ao trabalho investigativo no laboratório, tais como observar relações causais, refletir, elaborar hipóteses, planejar experimentos e selecionar procedimentos, medir, analisar dados com base em pressupostos teóricos, avaliar resultados e concluir sobre hipóteses lançadas, podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades cognitivas do pensamento complexo dos estudantes. No entanto, é importante ter em conta que no laboratório didático inves-

titigativo não se faz um autêntico trabalho de pesquisa, uma vez que o objeto do conhecimento a ser explorado pelos estudantes tem interpretações bem conhecidas no campo científico.

Figura 1 - Cone de experiência de Dale (1946) com exemplos de experiências voltados ao ensino de ciências



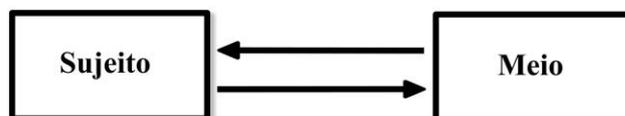
Fonte: Baseado em Dale (1946, p. 39)

A atitude esperada dos estudantes frente às atividades experimentais investigativas é uma atitude ativa. Estratégias ativas de aprendizagem se referem a um modelo de ensino que contrasta com o modelo tradicionalmente praticado por recepção. O trabalho experimental investigativo, intencionalmente preparado pelo professor para a realização dos estudantes em laboratório, pode ser considerado uma estratégia de ativa de aprendizagem.

Nas realizações didáticas em laboratório, devemos considerar a interação dos estudantes com o meio que os envolve. Um modelo cognitivista de interação entre o sujeito e o meio exterior a ele é apresentado na Figura 2. Nesse modelo, o conhecimento é construído pela interação direta entre o sujeito e o meio a partir das relações estabelecidas neste intercâmbio. A teoria psicogenética de Jean Piaget Coll e Martí (2007) reflete esta forma de pensar a construção de conhecimentos pelo sujeito. Para Piaget, o sujeito

atribui uma causa a fenômenos do mundo que o cerca, e orienta suas ações a partir da organização lógica de conhecimentos que constrói sobre os fatos que observa. A organização lógica do pensamento reflete organização de conhecimentos na estrutura cognitiva do sujeito e caracteriza o seu desenvolvimento cognitivo.

Figura 2 - Modelo de interação entre o sujeito e o meio

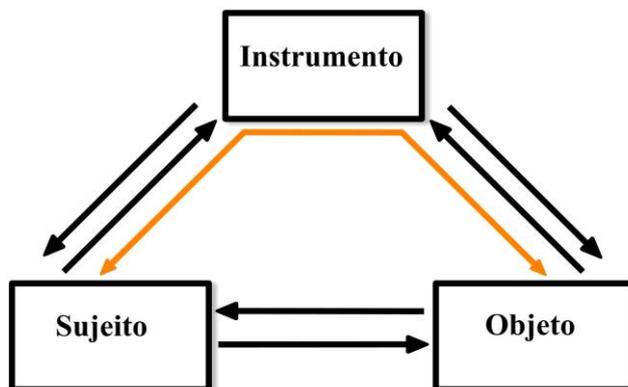


Fonte: Construção do autor

Outro modelo que permite pensar o desenvolvimento cognitivo assume que as relações entre o sujeito e o mundo exterior não acontecem de forma direta, mas de forma mediada. A teoria histórico-cultural de Lev Vygotsky Rego (2011) talvez seja a maior expressão desta forma de pensar o desenvolvimento do sujeito. Uma das teses dessa teoria é que os instrumentos técnicos e sistemas de signos que o homem desenvolveu ao longo de sua história são os mediadores das relações do homem com o meio, e com os demais de sua espécie. “A invenção desses elementos mediadores significou o salto evolutivo da espécie humana.” (REGO, 2011).

A Figura 3 apresenta um esquema das relações entre o sujeito, o objeto de conhecimento e um “instrumento” mediador.

Figura 3 - Modelo de interação do sujeito e o meio mediado por instrumentos



Fonte: Construção do autor

Os instrumentos mediadores podem ser signos (instrumentos psicológicos) ou instrumentos técnicos. Os signos são formas de linguagem, de expressão para comunicar

uma ideia, tais com a língua como meio de comunicação, uma imagem ou um som, utilizados como auxiliares na atividade psicológica do sujeito, e, portanto, para operar o pensamento sobre o objeto do conhecimento. Já, os instrumentos técnicos, são instrumentos externos ao sujeito, utilizados para regular a ação concreta do sujeito sobre o objeto de conhecimento.

2.1 Instrumentos de medida de laboratório e aquisição automática de dados

Os instrumentos de medida de laboratório utilizados em práticas experimentais são parte do meio que envolve os estudantes e podem ser entendidos como instrumentos técnicos mediadores nos processos de ensino e aprendizagem que os auxiliam a modular as suas ações sobre ideias, conceitos e representações de objetos de conhecimento, como ilustra o esquema da Figura 3, e a realizar o movimento dinâmico entre os domínios de experiências concretas e abstratas ilustrado no cone de experiência de Dale (1946) da Figura 1.

No sentido de ampliar as potencialidades desses processos mediados por instrumentos técnicos, é possível utilizar sistemas automáticos de aquisição e tratamento de dados assistidos por computador. Nessa categoria de equipamentos enquadram-se os sensores de temperatura, pressão e força, interfaces de aquisição de dados, *softwares*, entre outros. Tais sistemas são constituídos por sensores eletrônicos, interfaces digitalizadoras de dados, computador e *software* para aquisição, tratamento e apresentação dos dados adquiridos em tempo real na forma de tabelas e gráficos que, acoplados a um computador, permitem a realização de atividades práticas experimentais com possibilidades de abordagens didáticas investigativas.

Estudos da literatura envolvendo uso de sensores e aquisição automática de dados na aprendizagem ativa de ciências (GOMES et al., 1999; SIAS; RIBEIRO-TEIXEIRA, 2006; SIAS, 2008; SOKOLOFF et al., 2007), bem como estudos envolvendo projeto e desenvolvimento de equipamentos para abordagens didáticas investigativas (GUADAGNINI; BARLETTE, 2005; GUADAGNINI et al., 2011; ROCHA; GUADAGNINI, 2010, 2013) e as experiências de outros pesquisadores Haag et al. (2005) e Borges (2002), sugerem vários benefícios de se utilizar aquisição automática de dados no ensino de ciências, tais como a rapidez e eficiência na coleta dos dados dedicando mais tempo da aula para a análise e interpretação dos dados, a possibilidade de fazer a tomada de dados em intervalos de tempo muito curtos (frações

de segundo) ou muito longos (horas), e a alfabetização científica e tecnológica que decorre da experiência prática de se utilizar sistemas de aquisição automática de dados.

Gil Perez et al. (1999) ressaltam as possibilidades do laboratório didático de oportunizar formas de explorar os fenômenos naturais em situações concretas de aprendizagem de maneira integrada à teoria, rompendo com a histórica separação entre a teoria e o experimento dos currículos. A observação e a análise de um fenômeno em tempo real que as tecnologias de sensores e aquisição automática de dados propiciam têm o benefício de favorecer o confronto de concepções e ideias, o desenvolvimento e teste de novos conhecimentos científicos no momento e no ambiente em que os fenômenos são produzidos, promovendo a reflexão e o questionamento, competências essenciais para o desenvolvimento de habilidades cognitivas do pensamento complexo.

2.2 Motivação para aprender

Genericamente, motivação “é aquilo que move uma pessoa ou que a põe em ação ou a faz mudar de curso” Bzuneck (2001), p. 9. Entendida como um fator psicológico ou processo, ou conjunto de fatores, “levam a uma escolha, instigam, fazem iniciar um comportamento direcionado a um objetivo [...] e não menos importantes asseguram a sua persistência” (op. cit., p.9). Atualmente, esse conceito foi ampliado para incorporar “metas pessoais, que exprimem, cognitivamente, a razão ou o porquê das escolhas e do esforço” (op. cit., p.10).

Na abordagem cognitivista, o estudante detém a responsabilidade por mobilizar processos cognitivos que levem a cabo a própria aprendizagem como resultado de sua interação com o meio, mediada ou não. Com isso, “os efeitos imediatos da motivação do aluno consistem em ele envolver-se ativamente nas tarefas pertinentes ao processo de aprendizagem, o que implica ele ter escolhido esse curso de ação, entre outros possíveis e ao seu alcance” (op. cit., p.11).

Tal envolvimento consiste na aplicação de esforço no processo de aprender e com a persistência exigida por cada tarefa. Como consequência, denomina-se desmotivado (e este é um conceito puramente descritivo) o aluno que não investir seus recursos pessoais, ou seja, que não aplicar esforço, fazendo apenas o mínimo, ou se desistir facilmente quando as tarefas lhe parecerem um pouco mais exigentes” (BUZUNECK, 2001, p.11).

Assim, em termos qualitativos, os efeitos imediatos da motivação para aprender são o investimento pessoal de esforço com perseverança e de envolvimento na realização de uma tarefa mais desafiadora. Em termos quantitativos, os efeitos da motivação sobre o desempenho acadêmico

assume a forma de um U invertido: a performance [em desempenho] será melhor quando a motivação estiver num nível médio e decrescerá quando ela [a motivação] for ou mais baixa ou mais alta [...]. Níveis excessivamente elevados de motivação rapidamente acarretam fadiga. Mas o mais grave que aí surge a emoção negativa da ansiedade, cujo componente de preocupação prejudica o raciocínio e a recuperação de informações armazenadas na memória, e, portanto, o desempenho acadêmico e até a própria aprendizagem [...]. Por isso, ao lado da ausência ou de um nível muito baixo de motivação, outro problema consiste exatamente em um aluno apresentar níveis excessivos de motivação, que implicam em alta ansiedade frente às exigências escolares ” (BZUNECK, 2001, p.17).

Assim, a motivação de melhor qualidade é aquela que apresenta níveis moderados, não sendo excessivamente baixa nem alta. “Em termos ideais, ela deve ser branda e vigilante, caracterizada mais pela qualidade do que pela intensidade” (op. cit., p. 18).

Na perspectiva cognitivista, um dos focos de estudos e pesquisas está na motivação como busca pela realização de objetivos ou metas. No contexto escolar, estas orientações estão relacionadas principalmente:

a) a crenças ou *expectativas* dos estudantes quanto a sua capacidade para realizar certa tarefa, o que poderia ser sintetizado na resposta que os estudantes dariam à pergunta “posso realizar essa tarefa?” (op. cit., p.22);

b) a crenças acerca do *valor* que os estudantes atribuem àquela tarefa, em função da importância e dos interesses para a realização de suas metas, que poderia estar sintetizado na resposta dos estudantes à pergunta “por que devo fazer essa tarefa?” (op. cit., p. 22);

c) às *emoções* como reação a realização da tarefa, tais como satisfação, ansiedade, medo ou culpa.

Guimarães (2001), define motivação intrínseca como motivação relacionada

à escolha e realização de determinada atividade por sua própria causa, por esta ser interessante, atraente ou, de alguma forma, geradora de satisfação. Tal comprometimento com uma atividade é considerado ao mesmo tempo espontâneo, parte do interesse individual, e autotélico, isto é, a atividade é um fim em si mesma. Desse modo, a participação na tarefa é a principal recompensa, não sendo necessárias pressões externas, internas ou prêmios por seu cumprimento. [...] Um indivíduo intrinsecamente motivado procura novidade, en-

tretenimento, satisfação da curiosidade, oportunidade para exercitar novas habilidades e obter domínio. Está implícita nessa condição uma orientação pessoal para dominar tarefas desafiadoras, associada ao prazer derivado do próprio processo (op. cit., p. 37).

Esta autora destaca a relação positiva entre desempenho e motivação intrínseca:

Envolver-se em uma atividade por razões intrínsecas gera maior satisfação e há indicadores de que esta facilita a aprendizagem e o desempenho. Estes resultados devem-se ao fato de que, estando assim motivado, o aluno opta por aquelas atividades que assinam oportunidade para o aprimoramento de suas habilidades, focaliza a atenção nas instruções apresentadas, busca novas informações, empenha-se em organizar o novo conhecimento de acordo com os seus conhecimentos prévios, além de tentar aplica-lo em outros contextos. A percepção de progresso produz um senso de eficácia em relação ao que está sendo aprendido, gerando expectativas positivas de desempenho e realimentando a motivação para aquele tarefa ou atividade (op. cit., p. 38).

Segundo Guimarães (2001), a motivação intrínseca é determinada por três necessidades psicológicas inatas: necessidade de competência (competência como capacidade do organismo de interagir satisfatoriamente com o meio); necessidade de autonomia ou autodeterminação; e, necessidade de se sentir parte de um contexto.

A autora também destaca que os estudantes aprendem não só por gostarem ou estarem interessados em certo assunto, mas também por outros fatores:

a) Por razões externas, como pressões, incentivos ou almejem uma recompensa, seja por notas altas, um diploma, ou um emprego; é uma *regulação externa* ao estudante que justifica seu envolvimento com o pensamento: “posso ter problemas se não o fizer” (op. cit., p.47);

b) Aprendem também mesmo sem um controle externo, por se sentirem culpados se não estudarem, para não dessagrar aos pais ou professores; é uma *regulação introjetada*, interna ao estudante, mas separa da sua vontade ou de seus objetivos, que justificariam seu envolvimento com o pensamento: “vou me sentir culpado se não o fizer” (op. cit. 47);

c) Aprendem também por uma *regulação identificada* como pessoal, cujo envolvimento na tarefa ou atividade seria justificado com o pensamento: “envolvo-me porque acho importante fazê-lo” (op. cit., p.47);

d) Aprendem por uma *regulação integrada*, autônoma e autodeterminada da motivação extrínseca, cujos fatores externos são percebidos como ações importantes a serem cumpridos e não como coerção.

Essas orientações caracterizam motivos extrínsecos:

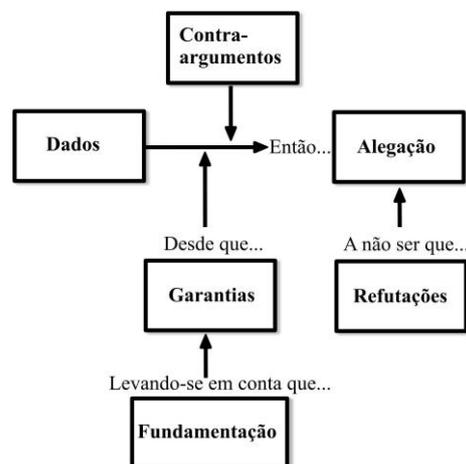
A motivação extrínseca tem sido definida como a motivação para trabalhar em resposta a algo externo à tarefa ou atividade, como para a obtenção de recompensas materiais ou sociais, de reconhecimento, objetivando atender aos comandos ou pressões de outras pessoas ou para demonstrar competências ou habilidades. No contexto escolar, destaca-se uma avaliação cognitiva das atividades como sendo um meio dirigido a algum fim extrínseco, ou seja, o aluno acredita que o envolvimento na tarefa trará os resultados desejados, como, por exemplo, elogios, notas, prêmios ou ajudará evitar problemas (GUIMARÃES, 2001, p.46).

2.3 Argumentação e os modelos de Toulmin e Lawson

O modo como os estudantes articulam e justificam conclusões, explicações ou pontos de vista é estudado na pesquisa em ensino de ciências sob a vertente da argumentação (SARDÁ; SANMARTÍ & ANNA, 2000).

A argumentação é associada ao processo de gerar argumentos. Dentre os modelos de argumentos propostos na literatura, citam-se o modelo de Toulmin e o modelo de Lawson. No modelo de Toulmin, um argumento deve conter uma conclusão ou alegação ou formulação, cujo mérito deve ser estabelecido, e é gerado a partir de dados reais ou fatos, ou dados hipotéticos, que servem de base para a alegação. Além dos elementos alegação e dados, os seguintes elementos de um argumento são necessários neste modelo: as garantias, que são utilizadas para justificar o porquê os dados são relevantes para alegação; a fundamentação teórica ou experimental que são usadas para estabelecer condições gerais que dão apoio à aceitabilidade das garantias, a fim de que os dados e alegações e conclusões não sejam questionados; e, as refutações, que são as restrições circunstanciais a que a alegação pode ser legitimamente aplicada. Um esquema simplificado deste modelo está apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Modelo de argumentação Toulmin

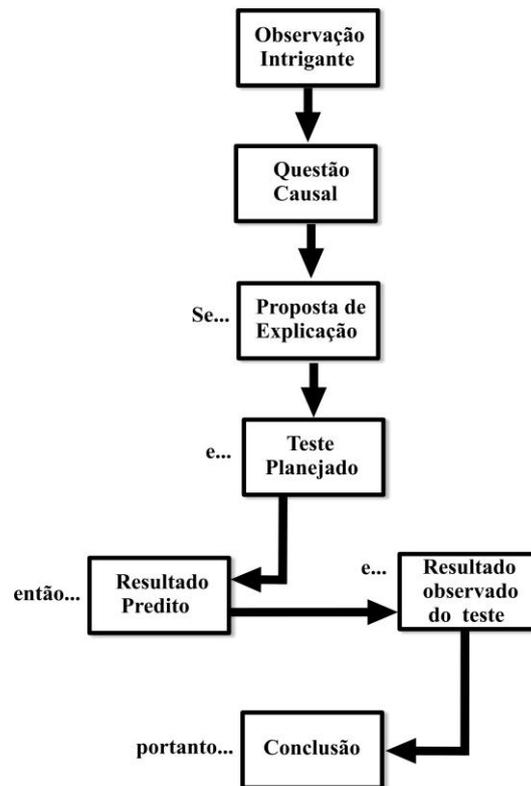


Lawson (2003) critica este modelo, uma vez que ele não apresenta elementos para que a alegação ou conclusão seja testada. Com isso, Lawson propõe em modelo hipotético-dedutivo para validar a conclusão ou alegação, permitindo aos estudantes gerar argumentos, semelhante ao que é feito pelos pesquisadores em ciência. O modelo proposto é apresentado esquematicamente na Figura 5.

Este esquema de argumento não apenas faz uma proposta de explicação para conectar dados e conclusão, mas também faz um planejamento baseado em previsões e análise de resultados observados. Segundo Lawson (Opt. cit. 2008), este tipo de argumento faz uma avaliação das explicações alternativas baseadas em raciocínio hipotético-dedutivo, com aplicações importantes para o ensino de ciências no laboratório didático investigativo.

Pelas características das atividades didáticas propostas neste trabalho, o modelo de Lawson foi utilizado como base para estruturar o guia da atividade prática de termometria (APÊNDICES C, D e E). Esta atividade é prevista ocorrer em três momentos: um momento de predição realizado antes do experimento, o momento da realização do experimento em si, e um momento final de verificação da predição realizada comparando-a com os resultados obtidos. O primeiro momento desta prática experimental, que é o momento da predição, foi baseado no modelo de Toulmin para estruturar as questões desta fase do guia de atividades (APÊNDICE C).

Figura 5 - Modelo de argumentação de Lawson (2003)



Fonte: Baseado em Lawson (2003, p. 1391)

3 ESTUDOS RELACIONADOS

Na pesquisa por estudos relacionados a este trabalho e desenvolvidos na área do ensino de ciências (física e química), buscamos por trabalhos que utilizam propostas de ensino com aquisição automática de dados, termômetros eletrônicos, experimentos didáticos de termoquímica, tais como, construção de calorímetros, curvas de resfriamento e determinação da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio como proposta de desenvolvimento e/ou aplicação para fins didáticos.

No caso específico do ensino de física, encontramos vários estudos que se relacionam à proposta apresentada neste trabalho, isto é, possuem propostas didáticas experimentais com aplicação em sala de aula. Por outro lado, na pesquisa por trabalhos na área de ensino de química nesta mesma temática, encontramos somente propostas didáticas que se restringem à prática experimental, sem aplicabilidade em sala de aula, evidenciando as possibilidades de construção de novos materiais didáticos para o ensino de química, em geral do ensino médio.

Entre os estudos encontrados na área do ensino de física que utilizam sistema de aquisição de dados e sensores junto ao computador destacam-se os trabalhos que descrevem montagens experimentais do sistema e relatam resultados de experiências didáticas aplicadas, bem como, enfatizam a importância em utilizar o computador como instrumento de medida nos laboratórios didáticos de física e também apontam as formas de como utilizá-la para que o mesmo possa de fato contribuir efetivamente na construção do conhecimento e no processo de aprendizagem dos conceitos de física, seja no ensino médio ou no ensino superior (CAVALCANTE; TAVOLARO; MOLISANI, 2011; CAVALCANTE; TAVOLARO, 2000; HAAG; MENDES; VEIT, 2003; PONTELO; MOREIRA, 2008; VEIT; SILVA, 2006; VEIT, ELIANE ANGELA HAAG; ARAUJO, 2005).

Os diversos estudos realizados por Sokoloff, Laws e Thornton na área do ensino de física apontam que o trabalho no laboratório de ensino, muitas vezes é utilizado apenas para aprender conceitos básicos. Com a utilização do ciclo de aprendizagem e a aquisição de dados como ferramentas é possível trazer mudanças significativas para o laboratório de ensino. (SOKOLOFF, DAVID R LAWS, PRISCILLA W THORNTON, 2012; SOKOLOFF, DAVID R; LAWS, PRISCILLA W; THORNTON, 2007; THORNTON, 2008).

Ao analisar publicações relacionadas, à plataforma Arduino como interface de aquisição de dados, diversos trabalhos que além de descreverem seus protótipos ou projetos detalhadamente, evidenciam a versatilidade e a facilidade de programação desta plataforma que aliados aos bons resultados apresentados e ao baixo custo, permitem uma infinidade de aplicações para a experimentação. Dos trabalhos aqui citados, vale ressaltar, que em geral foram aplicados no ensino superior ou chegam às escolas de Ensino Médio através de projetos de pesquisa, apesar de perceber-se nitidamente a intenção dos autores de que estas metodologias possam ser desenvolvidas também no ensino médio, pois mediante tantas características favoráveis e resultados que vêm se apresentando satisfatórios elas realmente poderiam contribuir para um ensino e aprendizagem de física mais significativo (CAVALCANTE; TAVOLARO; MOLISANI, 2011; LAUDARES et al., 2014; MARTINAZZO et al., 2014; MELLIS; IGOE, 2007; SOUZA et al., 2011; URBAN, 2014).

Os autores evidenciam nos trabalhos que não é necessário grande conhecimento em eletrônica para efetuar a montagem de circuitos com a plataforma Arduino, e que essa facilidade de uso se dissemina pela disponibilidade infindável de bibliotecas, tutoriais e códigos de programação disponíveis publicamente para diversas aplicações (“Arduíno”, 2015; SOURCE, 2014).

A versatilidade da plataforma Arduino se evidencia nos trabalhos pelas diferentes propostas de aplicação apresentadas para uso em atividades experimentais, bem como, as vantagens de sua utilização pela redução de tempo de coleta de dados, rápida representação gráfica e aplicabilidade para fins didáticos permitindo desafiar o aluno, despertando seu interesse e curiosidade criando um ambiente que permite ao aluno refletir sobre o experimento, replicá-lo sempre que necessário, comparar resultados, formular e reformular suas hipóteses auxiliando assim na construção do conhecimento físico. Ressaltamos aqui que as obras citadas apresentam suas especificidades quanto aos componentes eletrônicos utilizados, sejam eles sensores, capacitores, resistores, se definem de acordo com o experimento em particular de cada proposta e todas elas estão descritas nos respectivos trabalhos (CAVALCANTE; TAVOLARO; MOLISANI, 2011; LAUDARES et al., 2014; MARTINAZZO et al., 2014; MELLIS; IGOE, 2007; SOUZA et al., 2011; URBAN, 2014).

Laudares et al. (2014), traz uma nova proposta para o curso de licenciatura em física, na qual, inovando a metodologia tradicional, introduziram a plataforma Arduino

na componente curricular de instrumentação para o ensino de física com o intuito de inserir na vida acadêmica dos alunos a oportunidade de tomada de decisão, raciocínio crítico, espírito investigativo, aprendizagem a partir da criação de seus protótipos, com liberdade para planejar seus projetos, testar, discutir e analisar problemas experimentais, oportunizando o envolvimento de tecnologias que até então não eram exploradas por complicações em sua construção física ou pelo alto custo e contribuindo para a aprendizagem ativa e autônoma do aluno que passa a ser agente da sua própria aprendizagem. O autor ainda apresenta como resultado direto dessa proposta a calibração de um sensor de temperatura (NTC) para ser utilizado em experimentos que envolvam medidas de temperatura. Como estes sensores não apresentam um comportamento linear o termistor precisa ser calibrado utilizando a Equação de Steinhart-Hart, esta calibração do sensor compreendeu uma faixa de 10°C a 80°C.

Ainda dentre as publicações relacionadas à plataforma Arduino, destacaremos a proposta de Urban (2014) por representar uma aplicação na área do ensino de química. Esta proposta vem sendo desenvolvida com os formandos do curso de química de graduação e pós-graduação numa Universidade em Taiwan, em caráter de treinamento, nesta proposta os acadêmicos são desafiados a criar protótipos de equipamentos comerciais combinando a plataforma Arduino. Já relatam como resultados a construção de um colorímetro simples, um medidor de pH, um titulador automático, um coletor de dados e um dispositivo de controle genérico para ensaios automatizados. Os alunos também devem construir seus próprios sistemas de detecção e scripts de gravação para operá-los. De acordo com as produções relatadas, o autor enfatiza a importância para a formação dos acadêmicos por combinar a eletrônica, informática e a química, o que proporciona ao aluno compreender os princípios de funcionamento de dispositivos e equipamento utilizados nos laboratórios durante a graduação e no mercado de trabalho. Além de fomentar a criatividade dos cientistas, desenvolvendo habilidades técnicas que podem ser valiosas para seu futuro seja na academia seja na indústria.

Buscando trabalhos relacionados à confecção do termômetro eletrônico aqui proposto, destacamos a proposta de Guadagnini e Barlette (2005), que propõe em seu trabalho um termômetro eletrônico de leitura direta com termistor, numa faixa de temperatura de 0°C e 32°C. Em seu trabalho apresenta a descrição do projeto e funcionamento do termômetro e indica as vantagens de sua utilização em atividades de ensino comparado ao termômetro de líquido em vidro, geralmente disponível nos laboratórios

didáticos, como resposta rápida, pode ser utilizado em recipientes fechados ou de difícil visualização, baixo custo e a robustez de sua construção.

Várias são as propostas direcionadas a construção de termômetros eletrônicos, digitais ou sensores de temperatura, para uso em atividades experimentais nos laboratórios didáticos, tendo como base um termistor ligado à porta de jogos de um computador (HAAG; MENDES; VEIT, 2003; LOPES, 2007; STEFFENS, 2008); Outro exemplo é construção e avaliação de um circuito eletrônico de baixo custo para controle de temperatura em ambientes, que utiliza a porta de jogos do computador, desenvolvido para instalações agrícolas onde são requeridas variações de temperatura numa faixa entre 10° C a 40° C, como alternativa ao alto custo e complexidade operacional apresentada nos controladores de temperatura para ambientes climatizados comercialmente disponíveis (NETO; ZOLNIER, 2008). Alguns autores também utilizam sensores de temperatura associados a um multímetro (MIRALDO, 2008; SANTOS, 2005; SIAS, 2008).

Na área do ensino de química podemos citar dentre os trabalhos encontrados o trabalho de Santos (2005), ressaltando o foco do autor na construção de diversos materiais de baixo custo para serem utilizados para o ensino médio, mediante a preocupação com o ensino de química em Angola. Nessa visão ele construiu, dentre outros equipamentos, dois termômetros eletrônicos utilizando termistores do tipo NTC 100 Ω e NTC 220 Ω ligados a um multímetro cada um. A calibração dos termômetros foi realizada a partir de um termopar do tipo K também ligado a um multímetro e como aquecedor utilizou um secador de cabelo. O autor relata os resultados sobre a calibração dos termômetros satisfatórios e de acordo com a literatura, bem como, ressalta a importância de um termômetro eletrônico para análise de reações químicas, estudo de termometria, alternativa ao uso de termômetros de mercúrio pela toxicidade, custo e escassez no mercado. Este autor não descreve uma aplicação didática utilizando estes termômetros em sala de aula e não permite a aquisição automática de dados, exigindo a medida de resistência com um multímetro e o cálculo manual da temperatura.

Miraldo (2008), descreve em seu trabalho, alternativas que podem contribuir com o ensino de termoquímica no nível médio. Porém a base de seu trabalho tem o foco na construção de um sistema detector sensível de temperatura, no entanto também sugere uma sequência de experimentos descrevendo sucintamente a parte experimental numa abordagem alternativa voltada à termoquímica reacional, baseada na experimentação com materiais de fácil acesso e uso cotidiano que permitem ao professor uma informa-

ção teórica lógica para o ensino de conceitos relacionados à termoquímica no ensino médio. O trabalho construído por Miraldo (2008), utiliza o termômetro num sistema acoplado a um multímetro digital e adota uma faixa de trabalho de 15° C a 40° C para fins de calibração. Essa proposta difere do termômetro proposto neste trabalho, pois não apresenta aquisição automática de dados e tem uma faixa de temperatura mais estreita.

Dentre as sugestões experimentais propostas pelo autor para uso no ensino médio, destacamos uma que é apresentada também na atividade de calorimetria deste trabalho, a determinação da entalpia de reação entre o permanganato de potássio e o peróxido de hidrogênio. O autor descreve as técnicas analíticas e calorimétricas utilizadas, bem como o procedimento experimental para a determinação da entalpia de reação do peróxido de hidrogênio, acidificado com ácido sulfúrico, com o permanganato de potássio. Ressaltamos que em nosso trabalho utilizamos o fungo *Saccharomyces cerevisiae* (fermento biológico seco comercial) como alternativa ao permanganato de potássio e ao dióxido de manganês, pela facilidade de acesso e por não produzir resíduos tóxicos.

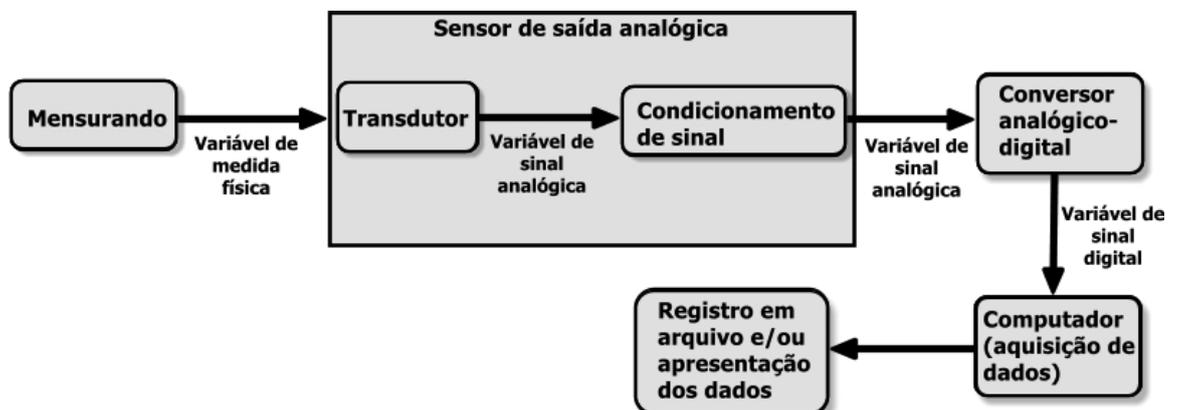
Os trabalhos citados acima, da área do ensino de química, evidenciam em geral uma preocupação com o ensino de química, e sugerem que a experimentação pode contribuir para a melhoria do ensino de química, tornando a química mais interessante, os seus conceitos mais perceptíveis, etc.

4 PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO TERMÔMETRO ELETRÔNICO COM AQUISIÇÃO DE DADOS

4.1 Estrutura básica de um sistema de aquisição automática de dados

Conceitualmente, um instrumento de medida é um dispositivo que efetua a transformação de uma variável física de interesse em uma forma que permita o seu registro através de um processo chamado de medição (HANSMAN, 1999). O esquema geral de um instrumento é apresentado na Figura 6. O mensurando (temperatura, por exemplo), que é associado ao processo físico alvo da medida, é representado por uma variável de medida física. Essa variável pode ser relacionada, mas não necessariamente idêntica, ao mensurando. Um elemento importante no instrumento de medida é o transdutor, o qual tem como função converter a variável de medida física em uma variável de sinal analógica, que pode ser transmitida até a próxima etapa do instrumento. A variável de sinal analógica mais utilizada é a tensão, devido à facilidade de ser processada por circuitos eletrônicos. A variável de sinal analógica alimenta um circuito de condicionamento de sinal que gera uma nova variável de sinal analógica com amplitude e faixa de variação compatível com a entrada do conversor analógico-digital, que é a próxima etapa do instrumento. A etapa de condicionamento de sinal permite ainda operações de filtragem e de linearização de resposta do transdutor, caso necessário.

Figura 6 – Diagrama esquemático de um sistema de aquisição automática de dados auxiliada por computador



O transdutor e o circuito de condicionamento de sinal podem ser combinados em um módulo chamado sensor, que disponibiliza uma saída de sinal analógico para a variável de sinal analógica.

As grandezas físicas a serem medidas são de natureza analógica, em que suas variações na amplitude são representadas por um contínuo de valores. Para que seja possível armazenar e tratar dados em um computador, é necessário converter a variável de sinal analógica em uma forma codificada utilizando um conjunto de números discretos, que são representados internamente em um computador na forma binária. O conversor analógico-digital efetua a conversão da variável de sinal analógica em uma forma digital que pode ser utilizada por um computador, chamada de variável de sinal digital. Os dados digitalizados, representados pela variável de sinal digital, seguem até um computador utilizando interfaces de comunicação digitais, tais como portas USB. Uma vez na memória interna do computador, é possível realizar qualquer operação usual em um computador digital, como efetuar a apresentação dos dados graficamente e submeter os dados a tratamento numérico.

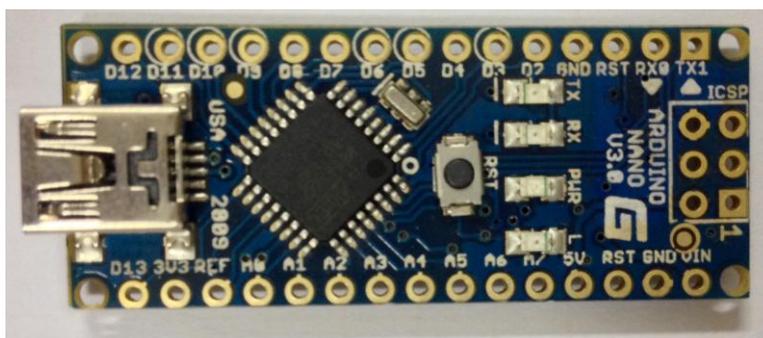
Para efetuar a aquisição e análise de dados em tempo real, é necessário, além da instrumentação física descrita resumidamente acima, um sistema de *software* que permita a apresentação gráfica e tabular dos dados em tempo real, bem como a possibilidade de salvar dados selecionados em um dispositivo de armazenamento não volátil.

4.2 A plataforma Arduino

Neste trabalho, utilizamos a plataforma Arduino que consiste de um sistema embarcado para prototipagem eletrônica que se baseia em *hardware* e *software* flexíveis e fáceis de usar por não especialistas em eletrônica embarcada. Em geral, é citado como destinado a artistas, designers, hobistas, estudantes, professores e qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos (“Arduíno”, 2015). A plataforma é caracterizada por sua flexibilidade, facilidade de programação, versatilidade, baixo custo e suporte pela própria comunidade de usuários. A plataforma Arduino é uma plataforma aberta em que o código fonte do *software* e detalhes construtivos e projeto do *hardware* são disponíveis publicamente e podem ser utilizados e/ou modificados sem restrições, desde que seja indicado o devido crédito ao projeto original (SOURCE, 2014).

A plataforma Arduino é constituída por dois componentes principais o *Hardware* e o *Software*. O *hardware* é composto por uma placa contendo um microcontrolador, um circuito integrado para comunicação USB, outros componentes eletrônicos acessórios para operação do sistema e um conjunto de conectores elétricos para ligação a outros componentes eletrônicos e sensores, além da interface USB de um computador. O modelo de *hardware* Arduino que utilizamos, foi o Nano, que possui um microcontrolador modelo Atmel Mega 328P, apresentado na Figura 7. Outros modelos de *hardware* Arduino podem ser utilizados para replicar o projeto descrito neste trabalho praticamente sem alterações, tal como o popular Arduino UNO. Internamente, o microcontrolador presente no Arduino Nano inclui entradas e saídas analógicas e digitais, que são utilizadas para controle e aquisição de dados de sensores, memória não volátil (para armazenamento de software embarcado), memória de trabalho e um conversor analógico-digital de múltiplos canais e 10 bits de resolução, responsável pela digitalização do sinal analógico de tensão proveniente do circuito de condicionamento de sinal do termômetro.

Figura 7 - *Hardware* Arduino Nano que foi utilizado na construção do termômetro eletrônico



Fonte: Foto do autor.

O *software* da plataforma Arduino inclui a linguagem de programação *Wiring*, que é similar à linguagem de programação C++, e um ambiente integrado de desenvolvimento que executa um editor de código e permite ao usuário fazer a compilação e *upload* do código gerado para o microcontrolador da placa Arduino através da comunicação pela interface USB. O ciclo de programação do Arduino pode ser dividido da seguinte maneira:

- a) Conexão da placa Arduino a uma porta USB do computador;

- b) Desenvolvimento de um código de programa com comandos para o microcontrolador;
- c) Compilação do código de programa e *upload* do código de máquina para o microcontrolador, utilizando a comunicação USB;
- d) Reinicialização automática do microcontrolador do Arduino, seguido da execução do código de máquina criado.

A partir do momento que foi feito o *upload*, o Arduino executará o código de máquina criado presente na sua memória não volátil independentemente do computador, desde que seja ligado a uma fonte de energia. Os projetos desenvolvidos com o Arduino podem ser autônomos ou envolver a comunicação com um computador para a realização de aquisição de dados e controle. Neste trabalho, o Arduino opera conectado a um computador, que adquire dados de um sensor de temperatura e fornece a energia para o seu funcionamento.

Maiores esclarecimentos e informações sobre a plataforma Arduino podem ser encontradas na página oficial do projeto <<http://www.arduino.cc/>>, (“Arduíno”, 2015), ou em outras fontes da extensa comunidade de usuários na internet.

Neste trabalho, utilizamos a plataforma Arduino na criação de um dispositivo que permitisse a interação do ambiente com o computador através da aquisição de dados de temperatura utilizando um transdutor do tipo termistor e um circuito de condicionamento de sinal que são descritos abaixo.

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

Nesta seção descrevemos o produto educacional desenvolvido (protótipo do termômetro eletrônico), 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 termômetro foi construído e testado nas dependências de um dos Laboratórios do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Unipampa/Bagé (sala 2407). Após os testes iniciais de resposta do sistema, foram então realizados testes no Laboratório Didático de Química (sala 2102) que dispõe dos recursos necessários para o desenvolvimento das atividades experimentais. A aplicação das propostas educacionais também foi realizada neste laboratório.

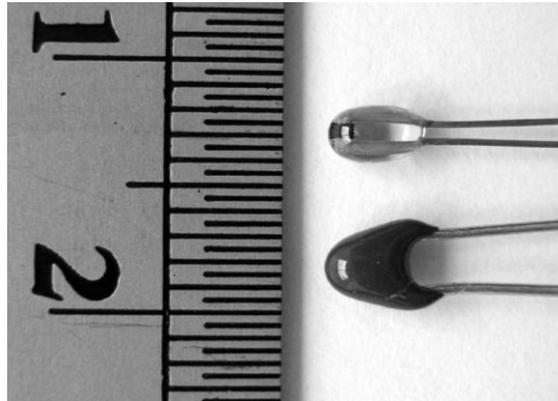
Estabelecemos as seguintes metas para o projeto do termômetro eletrônico com aquisição de dados:

1. Incerteza de medida (comparativamente ao termômetro padrão) de $0,1^{\circ}\text{C}$;
2. Resolução de medida de $0,1^{\circ}\text{C}$;
3. Elevada robustez para uso em laboratórios didáticos;
4. Possibilidade de uso em meios agressivos como ácidos, bases e oxidantes;
5. Faixa de temperatura de -10°C a 100°C , permitindo o seu uso em substituição aos termômetros de líquido em vidro comuns;
6. Facilidade de ser construído e reparado por pessoas com conhecimentos básicos de eletrônica;
7. Aquisição automática de dados com interface USB a apresentação de dados diretamente no aplicativo Microsoft Excel.

4.3.1 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 8. 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 8 - 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 e 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 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.

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

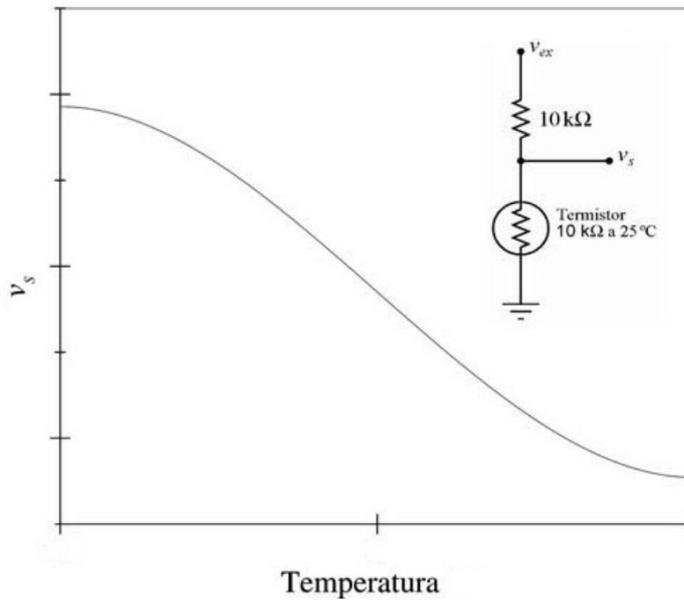
Na equação 2, R é a resistência do termistor na temperatura T , e A , B e C são os coeficientes de Steinhart-Hart característicos do modelo do termistor e da faixa de temperatura de interesse. Tais coeficientes podem ser obtidos a partir da especificação técnica fornecida pelo fabricante do termistor,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

4.3.2 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 9.

Figura 9 - 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 sigmóide 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 $25\text{ }^\circ\text{C}$ (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 ($-10\text{ }^\circ\text{C}$ a $100\text{ }^\circ\text{C}$), 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 10. 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 17. 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 RS 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 ($0,94 \times 1,18 = 1,10V$).

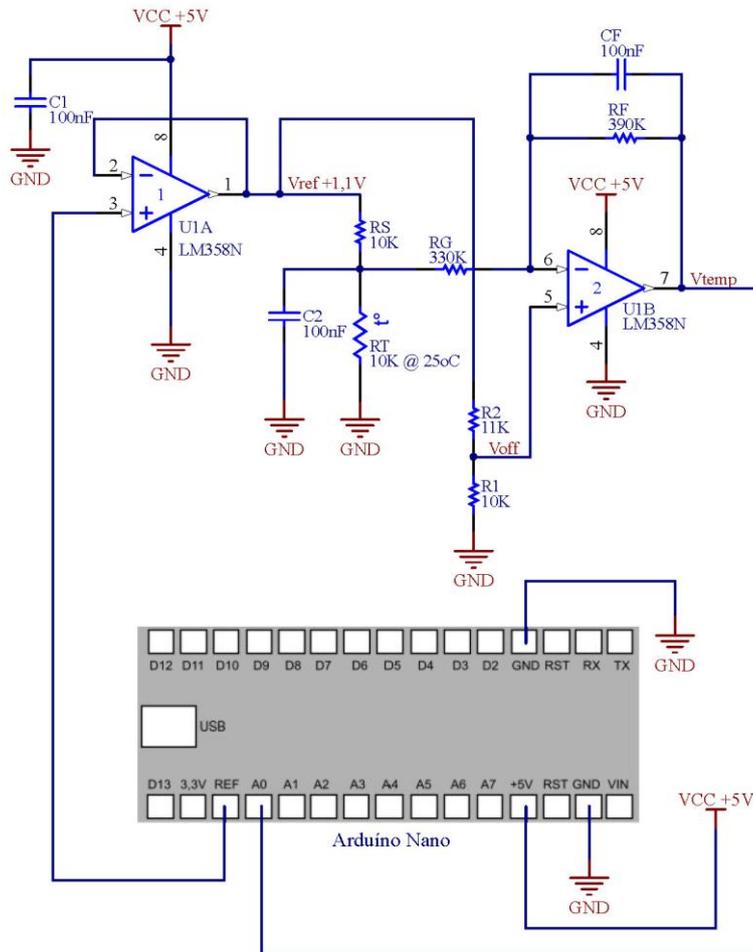
Os resistores R_1 e R_2 formam um divisor de tensão que gera uma tensão de defasagem (também chamada de tensão de *offset*), V_{off} , a partir da tensão de referência gerada pelo Arduino, cujo valor é calculado segundo:

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

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 $0,48V$. 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:

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

Figura 10 - Esquema elétrico do termômetro eletrônico com aquisição automática de dados



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 divisor de tensão R_S/R_T , em que o amplificador operacional opera na configuração inversora. Quando a tensão máxima ($0,94V$) é aplicada na entrada inversora de U1B, a tensão de saída V_{temp} é calculada segundo a equação 6 como $0,031V$, um valor mais próximo do valor mínimo da entrada do conversor analógico-digital ($0V$).

O amplificador operacional U1B também constitui um filtro passa-baixa ativo de um polo devido à presença do capacitor C_F e resistor R_F na sua realimentação. A frequência de corte, calculada como $1/(2\pi R_F C_F)$, é de 4 Hz e auxilia a atenuar 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.

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

A estratégia de calibração do termômetro consistiu dos seguintes passos:

1. Ajustar a temperatura de um banho termostático, em passos de 5°C aproximadamente, e efetuar medidas de ADC em função da temperatura medida com um termômetro padrão de alta exatidão (iniciando em -10°C até 100°C);
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:

$$R_T = - \frac{R_S(ADC R_1 R_G + ADC R_2 R_G - 1024 R_1 R_F - 1024 R_1 R_G)}{ADC R_1 R_G + ADC R_2 R_G - 1024 R_1 R_G + 1024 R_2 R_G} \quad (9)$$

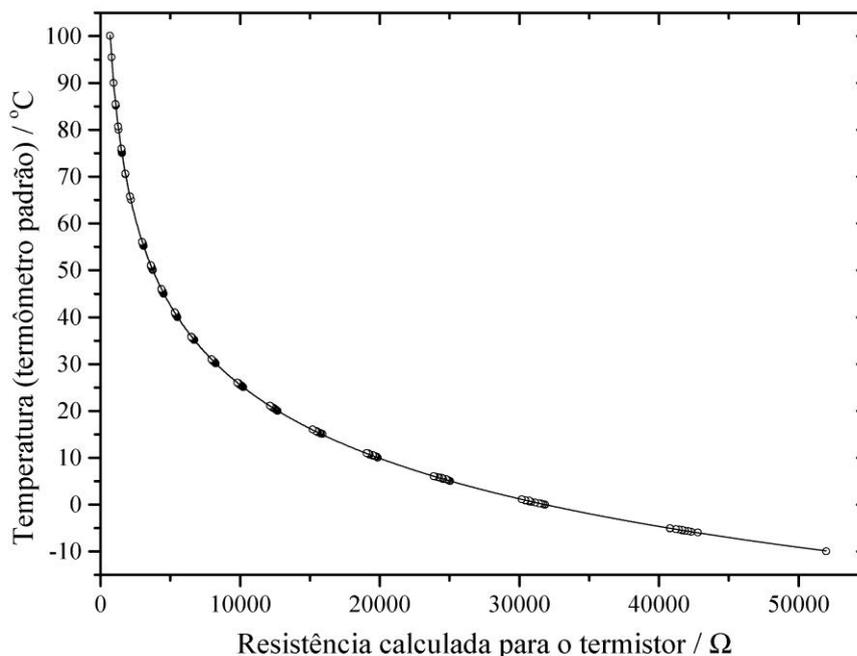
3. Ajustar a equação de Steinhart-Hart (Equação 2) aos dados coletados utilizando a técnica de regressão não linear, obtendo-se os parâmetros A , B e C .

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 embarcado no microcontrolador da plataforma Arduino.

Nos procedimentos de calibração foram utilizados banhos ultratermostáticos modelos Quimis Q214M e Solab Modelo: SL 152/10 contendo óleo de soja e álcool etílico hidratado combustível. O óleo de soja se mostrou adequado para a calibração em temperaturas próximas de 100°C devido ao seu elevado ponto de ebulição (230°C), por ser um produto de baixo custo e poder ser reaproveitado para fazer sabão, ou em práticas de saponificação em química orgânica. Foi utilizado também o álcool etílico hidratado combustível para calibração a temperaturas abaixo de 0°C . Quanto ao uso do álcool não há muitas restrições exceto pelo ressecamento que pode causar nas mangueiras e também à possibilidade de corrosão nas partes metálicas do banho.

Foi utilizado como termômetro padrão o termômetro digital portátil de precisão RTD Instrutherm modelo THR-080 com sensor de platina PT100. Este termômetro apresenta resolução de $0,01^{\circ}\text{C}$ e incerteza de medida de $0,2^{\circ}\text{C}$ a 0°C e $0,3^{\circ}\text{C}$ a 100°C (dados declarados pelo fabricante). O procedimento de calibração envolveu a coleta de 161 dados de temperatura em função do código ADC . Os dados foram graficados e estão apresentados como círculos na Figura 11 juntamente com a curva ajustada à equação de Steinhart-Hart utilizando regressão não linear.

Figura 11 - Curva de calibração para o termômetro eletrônico com curva ajustada à equação de Steinhart-Hart



O coeficiente de determinação ajustado próximo da unidade sugere uma excelente qualidade do ajuste, o que pode ser também constatado pela inspeção visual do gráfico na Figura 11. Os parâmetros de Steinhart-Hart obtidos, e as equações 2 e 9 foram implementadas no microcontrolador da plataforma Arduino de modo que o termômetro enviasse para o computador os valores de temperatura em $^{\circ}\text{C}$. Os resultados comparativos das medições de temperatura do termômetro eletrônico com as medições do termômetro padrão são descritas abaixo.

Figura 12 é apresentada a correlação entre os dados medidos utilizando o termômetro eletrônico e os dados medidos com o termômetro padrão. O gráfico evidencia a linearidade da resposta do termômetro eletrônico construído para a faixa de temperatura especificada. A reta mostrada neste gráfico foi calculada através da regressão linear, obtendo-se um coeficiente de determinação ajustado igual a 0,99999, indicando uma excelente linearidade. Os dados obtidos da regressão linear para o coeficiente linear (0,0006 +/- 0,009) e para o coeficiente angular (1,0000 +/- 0,0002) também evidenciam a excelente linearidade da resposta do termômetro eletrônico.

Os resultados do ajuste de curva são apresentados abaixo na Tabela 1.

Tabela 1- Resultados da regressão não linear obtidos para o ajuste da curva de calibração à equação de Steinhart-Hart

| Parâmetro | Valor | Erro padrão |
|--|-------------------------|----------------------|
| A | $1,2346 \times 10^{-3}$ | $2,4 \times 10^{-6}$ |
| B | $2,1235 \times 10^{-4}$ | $4,1 \times 10^{-7}$ |
| C | $2,016 \times 10^{-7}$ | $1,8 \times 10^{-9}$ |
| Coefficiente de determinação ajustado, r^2 | 0,99999 | |

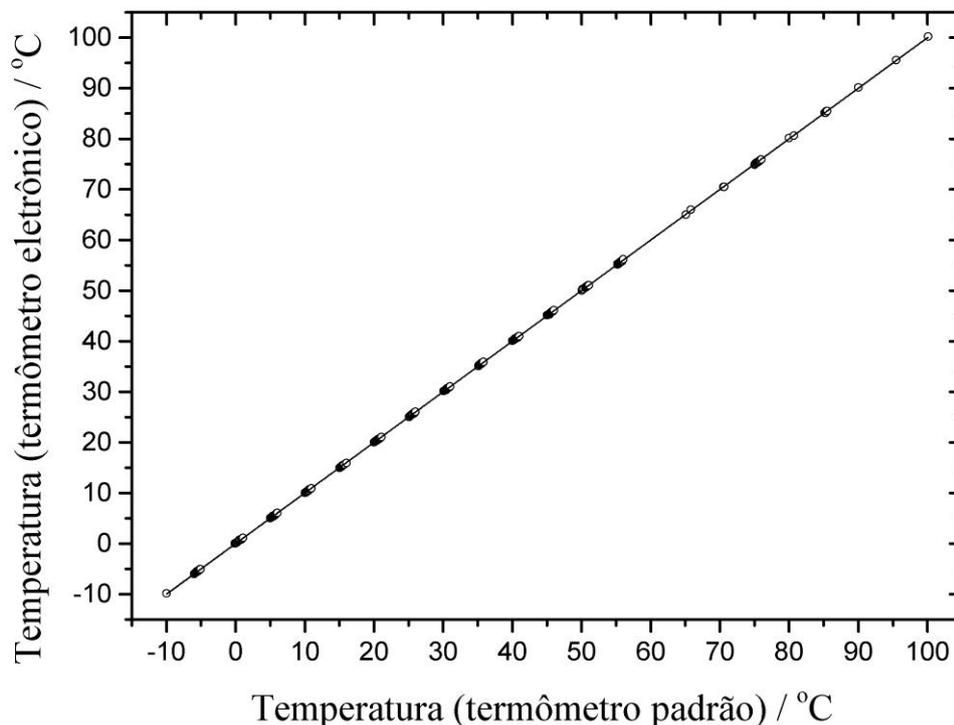
Para a avaliação da incerteza de medição, que está relacionada à exatidão das medidas, foram calculados o desvio absoluto médio e desvio quadrático médio para as N medidas de temperatura, de acordo com as equações abaixo (CHAIL; DRAXLER, 2014).

$$\text{desvio absoluto médio} = \frac{\sum_{i=1}^N |T_{i, \text{Padrão}} - T_{i, \text{Eletrônico}}|}{N} \quad (10)$$

$$\text{desvio quadrático médio} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (T_{i, \text{Padrão}} - T_{i, \text{Eletrônico}})^2}{N}} \quad (11)$$

em que $T_{i, \text{Padrão}}$ e $T_{i, \text{Eletrônico}}$ são as i -ésimas temperaturas medidas com o termômetro padrão e com o termômetro eletrônico, respectivamente.

Figura 12 - Correlação entre as medidas de temperatura efetuadas com o termômetro eletrônico construído e as efetuadas com o termômetro padrão



Tanto o desvio absoluto médio quanto o desvio quadrático médio podem ser utilizados como medida da incerteza de medição. O resultado do desvio quadrático médio de $0,07\text{ }^{\circ}\text{C}$ sugere que a incerteza de medição, comparativamente ao termômetro padrão utilizado na calibração, é menor que a incerteza de medição estabelecida como meta para o projeto ($0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$). Entretanto, deve-se ressaltar que o erro de medição do termômetro eletrônico construído é limitado ao erro de medição do instrumento padrão utilizado na calibração, que é declarado pelo fabricante como variando entre $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$) e $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$). Podemos afirmar que o termômetro eletrônico construído apresenta um excelente potencial para apresentar baixo erro de medição, desde que calibrado com um termômetro padrão de maior exatidão. O erro de medição obtido é da ordem da resolução estimada para o termômetro eletrônico que é $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (estimada segundo a equação 4), indicando que a resolução de 10bits do conversor analógico-digital utilizado é um limitante do desempenho do termômetro. É possível utilizar o projeto do termômetro apresentado neste trabalho com conversores analógico-digitais de maior resolução, potenci-

almente aumentando a resolução das medidas. Para isso, não é necessário qualquer alteração no circuito de condicionamento de sinal analógico.

O procedimento de calibração envolveu a coleta de 161 dados de temperatura em função do código *ADC*. Para a avaliação da incerteza de medição, que está relacionada à exatidão das medidas, foram calculados o desvio absoluto médio e desvio quadrático médio para as N medidas de temperatura, ou seja, 161 dados de temperatura em função do código *ADC*.

Os resultados da análise de incerteza de medição para o termômetro com aquisição automática de dados são apresentados a seguir na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados da análise de incerteza de medição para o termômetro eletrônico com aquisição automática de dados

| Parâmetro | Valor |
|-------------------------|--------------|
| Número de medidas, N | 161 |
| Desvio médio quadrático | 0,070°C |
| Desvio médio | 0,057°C |
| Desvio máximo | 0,16°C |

Na Figura 13 é mostrado um gráfico da variação dos erros de medição (ou desvio de temperatura), calculados como $T_{i, \text{Padrão}} - T_{i, \text{Eletrônico}}$ em função da temperatura medida com o termômetro padrão. Pode-se observar que a grande parte dos pontos se situa entre desvios de -0,1°C até +0,1°C, com um desvio máximo de 0,16°C na temperatura de fundo de escala de 100°C. A Figura 14 mostra o histograma de frequências para os erros de medição, onde se pode observar uma distribuição aproximadamente normal.

Figura 13 - Erros de medição do termômetro eletrônico em função da temperatura

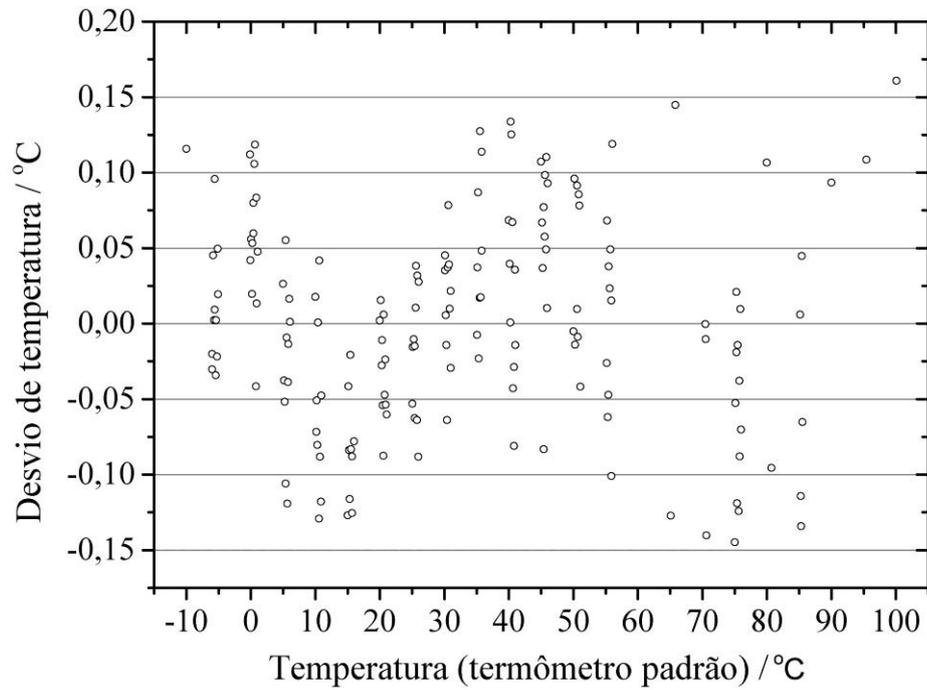
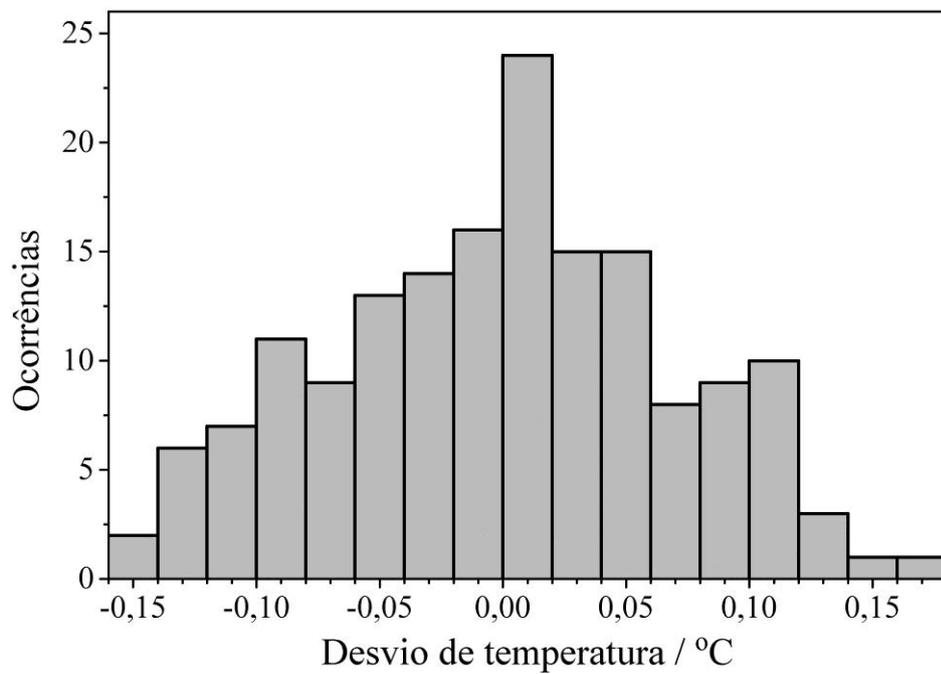


Figura 14 - Histograma da distribuição de erros de medição do termômetro eletrônico

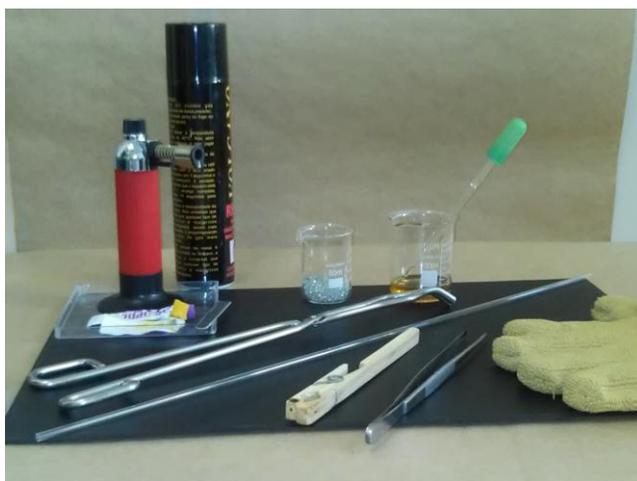


4.3.4 Construção Física do Termômetro

O termômetro foi construído e testado nas dependências de um dos Laboratórios do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências (sala 2407) e no Laboratório Didático de Química (sala 2102) do Curso de Licenciatura em Química que dispõe dos recursos necessários para o desenvolvimento das atividades experimentais e possui dentre outros tipos de banhos, dois tipos de banhos Ultratermostatizados que satisfaziam as necessidades para a execução da calibração pretendida.

Os materiais utilizados para a confecção da haste de vidro que contém o termistor utilizado no termômetro eletrônico de vidro são ilustrados na Figura 15, 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 15 - 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 16, representamos o tubo contendo o termistor do termômetro eletrônico.

Figura 16 – 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



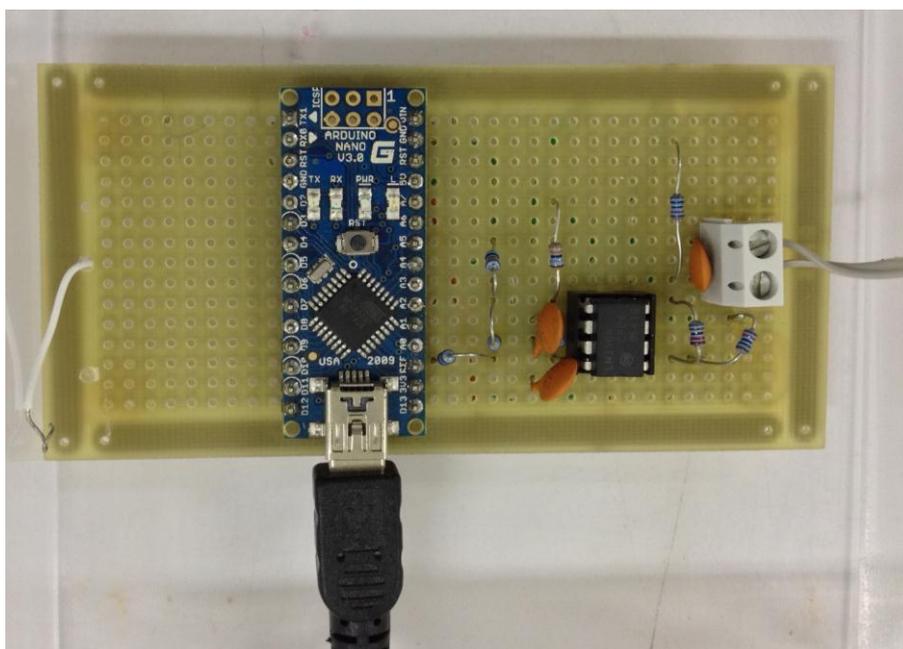
Fonte: Foto do autor

A Figura 17 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 17 - Foto do protótipo de termômetro eletrônico montado em uma placa universal



4.3.5 Aquisição e apresentação de dados em planilha eletrônica

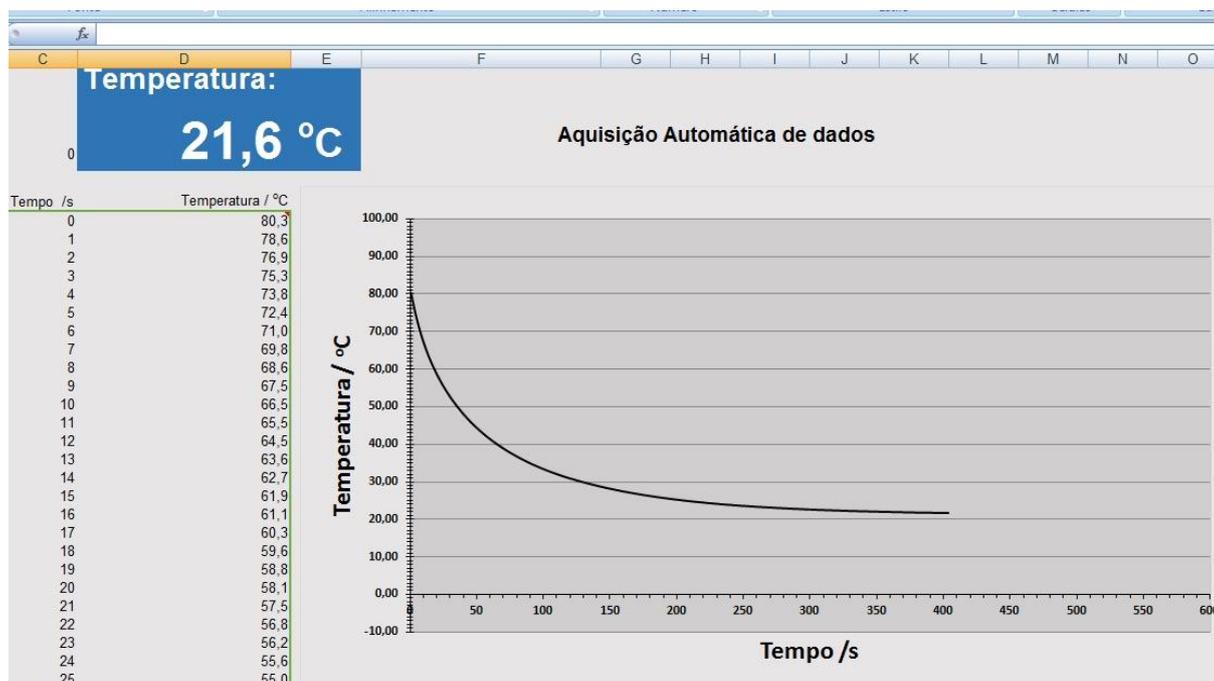
A Figura 18 apresenta uma imagem resultante da captura de parte da tela do aplicativo Excel mostrando a planilha eletrônica usada para apresentação de dados de temperatura adquiridos utilizando o termômetro eletrônico desenvolvido.

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 18). 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 18). 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 18 são mostrados os dados para um experimento do resfriamento de um corpo submetido ao ar, com uma temperatura inicial de $80,3^{\circ}\text{C}$. Na parte superior esquerda da Figura 18 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 18 - Captura da tela do aplicativo Excel mostrando a planilha eletrônica usada para apresentação de dados de temperatura adquiridos utilizando o termômetro eletrônico



4.4 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 conseqüente 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 desen-

volvimento 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.

5 METODOLOGIA PARA ESTUDO DAS APLICAÇÕES DIDÁTICAS DO TERMÔMETRO

A metodologia de pesquisa para o estudo das aplicações didáticas do instrumento de medida de temperatura será apresentada neste capítulo.

5.1 Caracterização do estudo

Este estudo caracteriza-se por uma pesquisa-ação de caráter quali-quantitativo em relação à abordagem dos dados da pesquisa. Neste estudo, a metodologia da ação didática envolve a investigação, ou seja, durante a implantação da proposta, ocorrerá à coleta dos dados de pesquisa, envolvendo tanto o pesquisador quanto os seus participantes (MOREIRA, 2011; ROSA; MOREIRA, 2013).

O tratamento dos dados deste estudo utiliza pressupostos da pesquisa quantitativa, ferramentas da estatística inferencial para análise dos dados, os testes de fidedignidade, de significância e de hipóteses, de acordo com o modelo das ciências físicas para pesquisar o mundo social e humano. E em relação à pesquisa qualitativa, este estudo conta com observações da pesquisadora e com a interpretação dos dados coletados nos guias das atividades a partir dos níveis cognitivos dos participantes (MOREIRA, 2011).

Na perspectiva de compreender a pesquisa-ação, se faz necessário salientar que este tipo de metodologia de pesquisa, é uma estratégia para que os professores tornem-se pesquisadores de sua própria prática. Neste sentido, os professores podem utilizar suas pesquisas e/ou seus projetos de ensino, para melhorar o ensino e, em consequência, o aprendizado de seus alunos, ou em outras palavras: *“Pesquisa-Ação é associado a projetos de pesquisa nos quais o professor é o pesquisador e objeto da pesquisa é a própria prática docente”* (ROSA; MOREIRA, 2013).

5.2 Participantes e Local da pesquisa

Participaram do estudo 6 acadêmicos do Curso de Licenciatura em Química e 8 acadêmicos no Curso de Engenharia Química, totalizando 12 participantes de uma turma de 17 acadêmicos matriculados no componente curricular de Físico-Química Expe-

rimental I de um dos campi de uma Universidade pública do interior do Estado do Rio Grande do Sul, RS. Os 12 participantes realizaram um pré-teste e pós-teste de conhecimentos, bem como um pré-teste e pós-teste de motivação para aprender. Dos 12 participantes, 08 deles estiverem presentes em ambas as atividades práticas experimentais propostas. Todas as atividades foram acompanhadas pelo docente titular do componente curricular.

As atividades práticas experimentais com os acadêmicos foram desenvolvidas no Laboratório de Química da Universidade Federal do Pampa Campus Bagé, que atualmente atende parte das atividades tanto do Curso de Licenciatura em Química (LQ) como também do Curso de Engenharia Química (EQ), assim como os demais Cursos de Graduação desta Instituição, além de uma sala de aula que também foi utilizada para desenvolvimento das atividades teóricas como testes, questionário da pesquisa, entre outros.

5.3 Instrumentos de coleta de dados

Para a análise qualitativa, foram utilizados guias de aula prática experimental, questionário opinário dos acadêmicos, observações da pesquisadora, e gravações em áudio das atividades práticas experimentais. Para a análise quantitativa, foi utilizado um teste de conhecimentos aplicado antes e após a realização das atividades, e um teste de motivação para aprender; também foi realizado um teste de auto-eficácia geral percebida, mas os dados coletados não serão utilizados como instrumentos de coleta de dados neste momento. O Quadro 1 apresenta os instrumentos de coleta utilizados, relacionando-os com o tipo de análise, incluindo o apêndice onde o instrumento é apresentado no texto da dissertação.

Quadro 1– Tipo de pesquisa e instrumento de coleta de dados utilizado na pesquisa

| Tipo de pesquisa | Instrumento de coleta de dados |
|-------------------------|---|
| Análise qualitativa | Guias de aula prática experimental (APÊNDICE B, C, D e E). |
| | Questionário opinário (APÊNDICE H) |
| | Observações da pesquisadora (Seção 8.6) |
| | Gravações em áudio/vídeo das atividades práticas experimentais. |
| Análise quantitativa | Teste de conhecimentos (pré e pós-teste) (APÊNDICE A) |
| | Teste de motivação para aprender (BORUCHOVITCH, 2008) (ANEXO A) |

Um detalhamento dos guias das práticas experimentais propostas na pesquisa está apresentado no Quadro 2 com um total de 04 guias, sendo 01 guia dedicado à prática experimental de Calorimetria, e 03 guias a atividade de Termometria. As questões dos guias de atividades foram desenvolvidas de acordo com os objetivos de aprendizagem delineados no planejamento didático para cada atividade. O planejamento didático da atividade de Calorimetria é apresentado no Quadro 9 e o planejamento didático da atividade de Termometria é apresentado no Quadro 12.

Quadro 2 - Guias das atividades propostas na pesquisa

| Atividade | Guia da Atividade | Identificação no texto |
|--------------------------------------|--|-------------------------------|
| Prática Experimental de Calorimetria | Aplicação de Técnica de Medida Calorimétrica: Determinação da Entalpia de Decomposição do Peróxido de Hidrogênio | APÊNDICE B |
| Prática Experimental de Termometria | Prática Experimental para o Levantamento da Curva de Resfriamento: Fase Pré-experimental – Predição sobre a Curva de Resfriamento do ácido esteárico | APÊNDICE C |
| | Prática Experimental para o Levantamento da Curva de Resfriamento: Fase Experimental | APÊNDICE D |
| | Prática Experimental para o Levantamento da Curva de Resfriamento: Fase Pós-experimental – Verificando Predições para a Curva de Resfriamento do Ácido Esteárico | APÊNDICE E |

5.3.1 Aspectos éticos

Somente participaram do estudo os acadêmicos que voluntariamente aceitaram participar do mesmo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE I). Os testes, questionário e guias de atividades foram respondidos de forma anônima pelos participantes. O estudo foi realizado com a anuência da Universidade, em solicitação à Direção do campus universitário onde se realizou a pesquisa.

5.3.2 Análise dos dados

A análise dos dados deste trabalho compreende uma análise qualitativa realizada nos guias de atividade e no questionário opinatório e a análise quantitativa do teste de conhecimentos e de motivação para aprender. A análise de cada dado coletado será detalhada a seguir.

5.3.3 Análise dos guias das atividades

Foram analisados os guias das atividades experimentais dos 08 participantes que realizaram ambas as atividades.

Para a análise dos guias das atividades, foram desenvolvidos neste trabalho 02 instrumentos de análise: 01 instrumento para a análise das questões do guia da atividade experimental de Calorimetria, apresentado no APÊNDICE F; e, 01 instrumento de análise das questões do guia da atividade experimental de Termometria, apresentado APÊNDICE G.

Para o desenvolvimento destes instrumentos, foi construído neste trabalho um conjunto de critérios de análise para as atividades experimentais, apresentado no Quadro 4, inicialmente a partir dos objetivos de aprendizagem propostos no planejamento destas práticas experimentais. A partir do Quadro 3 é possível identificar as atividades que foram desenvolvidas, detalhando os objetivos educacionais (Quadro 9 ao Quadro 17). Os critérios de análise também se basearam nos trabalhos desenvolvidos por Zoller (1993, 2002), Hirça (2013) e por Suart e Marcondes (2008); o conjunto de critérios de

análise foi sendo reelaborado durante o processo de análise dos guias das atividades dos acadêmicos.

Quadro 3 - Planejamento didático das atividades e dos objetivos de aprendizagem das atividades na dimensão dos processos cognitivos segundo a Taxonomia de Objetivos Educacionais de Bloom revisada (KRATHWOHL, 2002)

| Atividade | Guia da Atividade | Identificação no texto | |
|--------------------------------------|--|------------------------|-----------------------|
| | | Planejamento didático | Taxonomia |
| Prática Experimental de Calorimetria | Aplicação de Técnica de Medida Calorimétrica: Determinação da Entalpia de Decomposição do Peróxido de Hidrogênio | Quadro 9 Pág. 89 | Quadro 10 Pág. 90 |
| Prática Experimental de Termometria | Prática Experimental para o Levantamento da Curva de Resfriamento: Fase Pré-experimental – Predição sobre a Curva de Resfriamento do ácido esteárico | Quadro 12 Pág. 99 | Quadro 13 Pág. 100 |
| | Prática Experimental para o Levantamento da Curva de Resfriamento: Fase Experimental | Quadro 14 Pág. 100 | Quadro 15 Pág. 101 |
| | Prática Experimental para o Levantamento da Curva de Resfriamento: Fase Pós-experimental – Verificando Predições para a Curva de Resfriamento do Ácido Esteárico | Quadro 16 Pág. 102 | Quadro 17 Pág. 103 |

A estruturação do conjunto de critérios de análise 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*). As formas algorítmicas de conhecimentos são apresentadas nos critérios de análise, como ALG (*Algorithmath*) e, de acordo com Zoller, e Suart e Marcondes, esta categoria pode fazer parte das habilidades LOCS. Cada questão do guia de atividades foi pontuada de 0 a 2 pontos, conforme o nível de cognição analisado avançando de LOCS para HOCS.

Hirça enfatiza que os conhecimentos científicos podem ser compreendidos como conhecimentos de conteúdo ou declarativos e habilidades de processo ou habilidades procedimentais. Os conhecimentos de conteúdo ou declarativos incluem fatos, modelos conceituais, teorias e leis as quais os estudantes devem “lembrar” e “compreender”, aplicando-os em situações familiares, de forma compreendida ou algorítmica “lembrar” e “compreender” são, nesta ordem, as duas categorias que se referem a processos cognitivos de baixa ordem na Taxonomia de Bloom revisada (KRATHWOHL, 2002).

As habilidades procedimentais, tais como observação, medição e desenvolvimento de hipóteses, se referem a “habilidades intelectuais juntamente com a associação das capacidades aprendidas às quais os cientistas usam como um procedimento de auto-gestão para executar suas atividades” (GAGNE, 1965 *apud* HIRÇA, 2013). Ambos os domínios são necessários a fim de que os estudantes compreendam os conceitos científicos e desenvolvam competências para aplicá-los, e a habilidade de articular estas competências para a compreensão e solução de um problema.

Estes domínios cognitivos são divididos em dois grupos: básicos e integrados (HIRÇA, 2013). No domínio básico de conhecimentos, que são as categorias de baixa ordem de habilidade cognitiva “lembrar” e “compreender”, citam-se alguns processos cognitivos ou subcategorias: observando, comparando, classificando, inferindo, predizendo, definindo operacionalmente, medindo, interpretando, formulando modelos e construindo tabelas de dados e gráficos. O domínio cognitivo integrado se refere a processos cognitivos tais como: formular hipóteses, identificar e controlar variáveis, realizar procedimentos experimentais, pensar criticamente e avaliar.

Quadro 4 - Critérios de análise para as atividades experimentais

| CRITÉRIOS DE ANÁLISE | | |
|--|---|---|
| Classe | Nível Cognitivo | Habilidade |
| ALG | N1 | Executa algorítmicamente um procedimento teórico ou experimental sem reflexão ou compreensão da situação-problema. |
| | | Limita-se a aplicação de fórmula ou conceito de forma algorítmica. |
| | | Limita-se a reprodução de gráficos, sem especificar rótulos nos eixos, grandezas, unidades ou escalas, não destacando características relevantes à situação. |
| | | Não identifica as variáveis da situação-problema. |
| | | Não reconhece evidências em dados experimentais ou hipotéticos para elaboração de um argumento. |
| | | Reconhece dados/evidências sem fornecer explicações ou hipóteses fundamentadas teoricamente para dar suporte às evidências experimentais ou hipotéticas. |
| | | Apresenta dificuldades de expressar adequadamente compreensão da situação-problema (variáveis ou dados relevantes, cálculos, gráficos, etc.). |
| LOCS | N2 | Identifica as grandezas a serem medidas, demonstrando compreensão da situação problema. |
| | N3 | Classifica aspectos/equipamentos de segurança necessários à situação-problema e avalia o nível de risco envolvido. |
| | | Planeja procedimentos adequados para a coleta de dados/evidências e escolhe adequadamente os instrumentos ou equipamentos e reagentes disponíveis no laboratório. |
| | | Planeja o destino dos resíduos gerados no experimento (tratamento ou descarte). |
| | | Executa procedimentos adequados para a coleta de dados experimentais e lê corretamente os instrumentos de medida. |
| | | Identifica observações relevantes nos dados/evidências coletados, e as reporta por escrito. |
| | | Representa e interpreta tabela de dados e gráficos, demonstrando compreensão da situação-problema (unidades, eixos, grandezas). |
| | | Operacionaliza cálculos envolvendo grandezas físicas medidas experimentalmente de modo a se obter resultados medidos indiretamente. |
| | | Usa corretamente unidades das grandezas medidas na operacionalização dos cálculos. |
| | | Interpreta fenômenos físico-químicos com base em pressupostos teóricos. |
| | | Compara resultados experimentais com predições. |
| | Compara e faz inferências acerca de erros experimentais da situação-problema. | |
| | N4 | Faz predição correta acerca da situação-problema. |
| | | Indica dados/evidências para uma correta predição. |
| Explica predição com base em pressupostos teóricos ou experimentais. | | |
| HOCS | N5 | Explica porque a predição feita não poderia ser outra(s) alternativa(s) proposta. |
| | | 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. |
| | | Avalia resultados experimentais quanto a sua consistência e concordância com resultados esperados. |
| | | Avalia aspectos da utilização e desempenho de diferentes tipos de instrumentos de medida. |
| | N6 | Avalia hipóteses elaboradas e as confronta com dados/evidências experimentais. |
| | | Propõe contra-argumento(s) para discordar da opção escolhida. |
| | N7 | Propõe argumentos para sustentar sua escolha. |
| | | Sugere ou elabora hipótese(s) acerca da compreensão da situação-problema ou de relações causais da situação-problema. |
| | | Verifica hipótese(s), a partir de confrontando de resultados experimentais com predições. |
| | | |

5.3.4 Análise do teste de conhecimentos

Foi elaborado um teste de conhecimento contendo 15 questões de múltipla escolha, que se referem a tópicos sobre termometria, termodinâmica e interpretação de curvas de aquecimento e calorimetria. O teste de conhecimento é apresentado no APÊNDICE A.

5.3.4.1 Fidedignidade do teste

Para avaliação da fidedignidade do teste de conhecimento (APÊNDICE A) foi calculado o índice de Kuder-Richardson Fórmula 20 (KR-20), que corresponde a uma medida de consistência interna do teste, com valores entre 0,00 e 1,00. O teste KR-20 é apropriado para avaliação da fidedignidade do teste de conhecimento quando as respostas do item são dicotômicas, ou seja, podem ser certas ou erradas. Não há um valor padrão mínimo para o KR-20 para que o teste seja considerado aceitável, e o valor de KR-20 geralmente aumenta com o aumento do número de questões do teste. Para pesquisas educacionais, é aceitável valores acima de 0,70 para que o teste tenha confiabilidade aceitável (ROSA; MOREIRA, 2013; ZAIONTZ, 2015).

5.3.4.2 Análise de itens do teste

Análise de itens é uma técnica que permite avaliar a eficiência dos itens (questões) de um teste, e utiliza duas medidas principais: a dificuldade e discriminação. A dificuldade do item é medida pelo índice de dificuldade do item, e é dada pelo número de alunos que optaram pela resposta correta do item em relação ao número total de alunos participantes, com valores entre 0,00 e 1,00; valores próximos de zero indicam uma questão de elevada dificuldade; e próximo de um, indica uma questão com elevado índice de acerto (questão de baixa dificuldade). Valores muito elevados ou muito baixos do índice de dificuldade não são aceitáveis, pois não discriminam os participantes do teste que possuem maior conhecimento dos que não possuem o conhecimento envolvido no item. Um índice de dificuldade próximo de 0 pode indicar que o grupo de participantes

do teste não possui o conhecimento envolvido no item, ou o item apresenta problemas de formulação (“Education.com”, 2015).

O índice de discriminação é uma medida da capacidade de um item de distinguir dos alunos participantes que apresentam alta capacidade/habilidade daqueles que tem baixa capacidade/habilidade (ROSA; MOREIRA, 2013). O total de alunos é separado em dois grupos, sendo que o primeiro é composto dos 33% dos alunos que obtiveram a maior nota no teste (grupo de alta capacidade/habilidade); e o segundo grupo, daqueles 33% alunos que obtiveram as menores notas (grupo de baixa capacidade/habilidade). O índice de discriminação é calculado como a diferença entre o percentual de sujeitos do grupo de alta capacidade/habilidade que responderam corretamente ao item pelo percentual de sujeitos do grupo de baixa capacidade/habilidade que responderam também corretamente ao item. Os valores possíveis do índice de discriminação vão de -1,00 até 1,00. Valores de índice de discriminação próximo de 1,00 indicam que o item é eficiente em discriminar os participantes que desempenham bem no teste dos participantes que não desempenham bem no teste. Valores negativos para o índice de discriminação indicam que os participantes que apresentaram baixo desempenho no teste tendem a responder corretamente ao item mais frequentemente que os participantes que tiveram maior desempenho, indicando que o item não é aceitável quanto à discriminação. Valores próximos de zero para o índice de discriminação indicam que um número aproximadamente igual de participantes do grupo de alta capacidade/habilidade e do grupo de baixa capacidade/habilidade de responderem corretamente ao item, indicando baixa discriminação para o item (“Education.com”, 2015; ROSA; MOREIRA, 2013; ZAIONTZ, 2015).

5.3.4.3 Análise do teste de conhecimento e do teste de motivação para aprender

Para a análise dos resultados dos testes de conhecimento e motivação para aprender foi utilizada a estatística descritiva, com o cálculo de valores característicos associados com a tendência central e a dispersão dos dados. Para a análise de tendência central foi utilizada a média aritmética e a mediana. A média aritmética é definida como a razão entre a soma dos dados e o tamanho do conjunto de dados. A mediana é o valor central de um conjunto de dados, que surge quando os valores numéricos deste conjunto são ordenados em ordem crescente. Uma vantagem da mediana sobre a média aritmética

é sua menor sensibilidade a valores atípicos (*outliers*) que eventualmente possam estar presentes no conjunto de dados. Valores atípicos são valores do conjunto de dados significativamente discrepantes de outros dados, o que pode ser devido à variabilidade na medida ou indicar um erro experimental.

As medidas de dispersão ou variabilidade dos dados têm como objetivo medir o nível de espalhamento ou variabilidade no conjunto de dados. Para as medidas de dispersão foram utilizados o desvio padrão e a faixa interquartil. O desvio padrão é uma medida de quão longe os dados estão da média aritmética do conjunto de dados. A faixa interquartil é definida como a diferença entre o quartil superior (Q3) e o quartil inferior (Q1) do conjunto de dados. Os quartis do conjunto de dados são obtidos ordenando, em ordem crescente, os dados e dividindo os valores numéricos ordenados em quatro conjuntos de igual número de dados. O valor que fica na divisão entre o primeiro e o segundo conjunto (em ordem crescente de valores) é o quartil inferior, Q1. O valor que fica na divisão entre o terceiro e quarto conjunto é o quartil superior, Q3. A faixa interquartil, calculada como $Q3-Q1$, geralmente é considerada uma medida de dispersão mais robusta por ser menos sensível à presença de valores atípicos no conjunto de dados.

A distribuição de probabilidade normal ou gaussiana é do tipo paramétrica, o que significa que ela pode ser completamente caracterizada por dois parâmetros: a média aritmética e o desvio padrão de uma amostra. A distribuição de probabilidade normal é perfeitamente simétrica, e apresenta um único máximo que coincide com a média aritmética e a mediana. O uso da média aritmética e do desvio padrão como medida de tendência central e dispersão presume que a distribuição de probabilidade é do tipo normal. Se a distribuição em estudo não for perfeitamente normal, o que é usualmente encontrado na prática especialmente em amostras pequenas, o uso da média e do desvio padrão para caracterizar os dados são aproximações. Para avaliar o grau de normalidade de um conjunto de dados, e, portanto avaliar a possibilidade de analisá-los em termos da média aritmética e do desvio padrão, foi utilizado o teste de Shapiro–Wilk. Este teste consiste em um teste de hipótese estatístico que verifica se uma amostra vem ou não de uma população normalmente distribuída (ZAIONTZ, 2015)

Para a análise comparativa do teste de conhecimento e da motivação para aprender antes e após a aplicação das atividades experimentais foram utilizados testes de hipótese como método de inferência estatística. Um teste de hipótese estatístico permite

testar a validade ou não de uma hipótese, ou questão, previamente formulada a respeito do comportamento dos dados de uma amostra. O interesse é especificamente na verificação ou não da evolução dos escores no teste de conhecimento e da motivação para aprender após a intervenção didática proposta. No teste de hipótese são formuladas duas hipóteses conflitantes: a hipótese nula (H_0) e a hipótese alternativa (H_1). A hipótese nula especifica a condição padrão na qual o efeito que se procura não existe, e a hipótese alternativa corresponde à afirmação de um efeito que se procura mostrar a existência (ZAIONTZ, 2015).

Na Tabela 3 são mostradas as hipóteses utilizadas na análise do teste de conhecimento e do teste de motivação para aprender.

Tabela 3 - Hipóteses e alternativa utilizadas nos testes de hipóte para análise do teste de conhecimento e motivação para aprender

| Teste de conhecimentos | |
|---|--|
| H_0 | Não há aumento no desempenho dos participantes quanto ao conhecimento após a intervenção didática, ou seja, as diferenças de escores observadas não são estatisticamente significantes |
| H_1 | Há aumento do desempenho dos participantes no teste de conhecimento após a intervenção didática |
| Teste de motivação para aprender | |
| H_0 | Não há aumento na motivação para aprender dos participantes após a intervenção didática, ou seja, as diferenças de motivação observada não são estatisticamente significantes |
| H_1 | Há aumento na motivação para aprender dos participantes após a intervenção didática |

Deve ser observado que as hipóteses alternativas formuladas implicam não só que um efeito existe, mas que há uma direção específica no efeito, ou seja, um aumento no desempenho e motivação para aprender. Para levar em conta esta característica, foram efetuados testes de hipótese do tipo unilateral (*one tail*) (ZAIONTZ, 2015).

Devido à variabilidade dos dados experimentais, quase sempre medidas em replicata resultam em valores diferentes. Assim, o objetivo do teste de hipótese não é determinar se há qualquer variação entre dois conjuntos de medidas, mas sim verificar se há uma mudança estatisticamente significativa entre dois conjuntos de medidas. Para proceder ao teste de hipótese, inicialmente é calculado um parâmetro numérico chamado de estatística de teste, que é sensível à diferença entre a hipótese nula e a hipótese alternativa. Em seguida, é calculado *valor-p*, que corresponde à probabilidade de obter um valor de estatística de teste maior ou igual àquele observado na amostra, sob a hipótese nula. A hipótese nula é rejeitada se o *valor-p* é menor que um valor pré-determinado pelo pesquisador, conhecido como nível de significância. Neste trabalho

utilizamos um nível de significância de 0,05, de modo que um *valor-p* menor ou igual a 0,05 permite rejeitar a hipótese nula e estabelecer que o resultado seja estatisticamente significativo. O *valor-p* também pode ser interpretado como sendo o menor nível de significância com que não se rejeitaria a hipótese nula.

Quando os dados analisados são provenientes de uma amostra, existe sempre uma probabilidade diferente de zero do resultado de um teste de hipótese estar incorreto. Um dos erros possíveis, chamado de erro tipo I, consiste em falsamente rejeitar a hipótese nula, ou seja, considerar que o efeito que se está procurando existe, enquanto na realidade ele não é estatisticamente significativo. A probabilidade de se cometer um erro tipo I é o nível de significância, de modo que se pode reduzir a probabilidade de erro tipo I reduzindo o valor do nível de significância (tradicionalmente fixado em 0,05, ou 5%, na maioria das aplicações práticas). O erro tipo II consiste em falsamente aceitar a hipótese nula, ou seja, deixar passar despercebido um efeito que é real, e geralmente possui menor relevância prática que o erro tipo I.

As coletas de dados para os testes de hipótese envolveram duas medidas (para cada teste de hipótese) do mesmo grupo de participantes. Neste caso, utilizamos teste de hipótese do tipo pareado para comparação de duas amostras correlacionadas.

Os testes de hipótese podem ser caracterizados como paramétricos ou não paramétricos. Os testes paramétricos assumem que os dados amostrados podem ser caracterizados por uma distribuição estatística, descritas por parâmetros bem definidos, como é o caso da distribuição normal (cujos parâmetros característicos são a média e desvio padrão). Os testes não paramétricos são mais gerais e não assumem um tipo específico de distribuição estatística dos dados amostrados. Para a análise de dados de desempenho e motivação para aprender, medidos em uma turma pequena de alunos (com menos de 30 participantes), a consideração de uma distribuição normal geralmente não é garantida. Optamos deste modo pelo uso de testes de hipótese não paramétrico, especificamente o teste de Wilcoxon pareado unilateral. O teste de Wilcoxon pareado (*Wilcoxon signed-ranks test*) é um teste de hipótese não paramétrico para comparação de duas amostras pareadas e baseia-se nos postos das diferenças interpares (diferenças numéricas entre os valores obtidos para cada par de dados). O teste de Wilcoxon consiste no cálculo de todas as diferenças interpares, seguido da ordenação pelos seus valores absolutos. O posto (*rank*) de cada diferença interpar é multiplicado pelo sinal da diferença interpar,

e os valores resultantes são somados obtendo-se o valor do teste estatístico que é utilizado no teste de hipótese (ZAIONTZ, 2015)

6 PLANEJAMENTO DIDÁTICO PARA ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE CALORIMETRIA: DETERMINAÇÃO DE ENTALPIA DE DECOMPOSIÇÃO DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

6.1 Calorimetria e entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio

A calorimetria estuda todos os processos físicos e químicos que envolvem liberação ou absorção de energia. A determinação desta energia geralmente é realizada utilizando um calorímetro. O calorímetro é um instrumento utilizado para a medição de energia em processos físicos e químicos que envolvam a variação de temperatura.

Para Atkins (2003), o calorímetro consiste em um recipiente, isolado termicamente, onde ocorre um processo químico ou físico, que utiliza um termômetro imerso em um banho de água. A primeira etapa da utilização do calorímetro é a sua calibração, comparando a variação de temperatura observada no calorímetro por aquela produzida por uma quantidade conhecida de calor. Essa variação de temperatura observada permite calcular a capacidade calorífica, (C), do calorímetro.

Para este estudo construiu-se um calorímetro com materiais de baixo custo e de fácil acesso, para ser utilizado na atividade de calorimetria (APÊNDICE B) com uso do termômetro eletrônico também construído neste trabalho.

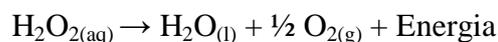
No estudo calorimétrico optou-se por medir a entalpia molar da reação de decomposição do peróxido de hidrogênio. A escolha pelo uso do peróxido de hidrogênio se deu por ser uma substância muito conhecida e utilizada na limpeza e desinfecção de ferimentos, por ser facilmente encontrado em farmácias e por representar um dos oxidantes mais versáteis que existe superior ao cloro e ao permanganato de potássio e, portanto, muito utilizado em diversas áreas. Atualmente o peróxido de hidrogênio, além de suas aplicações do uso pessoal e cosméticos, é reconhecidamente citado como o oxidante mais eficiente na conversão de SO_2 em SO_4^{2-} , um dos maiores responsáveis pela acidez das águas de chuva, entre outras diversas aplicações de controle de poluição ambiental por promover a degradação de vários compostos poluentes em pouco tempo (MATTOS et al., 2003).

6.2 Descrição geral da atividade

Esta atividade se refere a uma aplicação didática que utiliza o termômetro eletrônico com aquisição automática de dados, descrito no capítulo anterior, para determinação da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio, necessitando também de um calorímetro como recurso didático e, portanto também construído para esta atividade.

A escolha pela utilização da determinação da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio foi motivada pela facilidade apresentadas no uso do termômetro eletrônico construído neste trabalho, por perceber que as práticas calorimétricas não são exploradas nos laboratórios didáticos no ensino superior, pelas dificuldades na coleta de dados e também como uma alternativa possível para fins didáticos em substituição às tradicionais determinações de entalpia de neutralização de ácidos e bases ou de entalpia de dissolução de sais.

O peróxido de hidrogênio é conhecido comercialmente como água oxigenada. Entre suas principais características físico-químicas, podemos destacar quanto a sua aparência, um líquido viscoso e incolor à temperatura ambiente, quanto a sua reatividade, um poderoso oxidante e que apesar de suas soluções serem instáveis, pois se decompõe facilmente em H₂O e O₂ com liberação de calor, reação exotérmica, apresenta uma decomposição lenta à temperatura ambiente.



A decomposição do peróxido de hidrogênio pode ser acelerada por um aquecimento ou pela adição de um catalisador, mesmo estando à temperatura ambiente. Diversos catalisadores podem ser utilizados para decompor o peróxido de hidrogênio como o dióxido de manganês, iodeto de potássio, nitrato de férrico, permanganato de potássio, entre outros. No entanto, neste trabalho utilizamos o fermento biológico em pó, o dióxido de manganês foi utilizado apenas para comparação dos resultados obtidos, para verificar se apresentaria alguma diferença em relação ao uso de fermento biológico como utilizado por Braathen et al. (2008).

Quadro 5 - Dados coletados no ensaio comparativo dos catalisadores na decomposição do peróxido de hidrogênio

| Catalisador | mH ₂ O ₂ | T _{inicial} (°C) | T _{final} (°C) | ΔT (°C) |
|------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------|---------|
| MnO ₂ | 100g | 23,60 | 39,42 | 15,82 |
| Fermento em pó | 100g | 23,60 | 39,42 | 15,82 |

A temperatura foi coletada utilizando o termômetro eletrônico, e de acordo com os dados obtidos no teste realizado (Quadro 5) não encontramos nenhuma diferença nos resultados pela utilização do fermento biológico ou do dióxido de manganês, portanto preferimos utilizar o fermento biológico por ser um produto de fácil acesso, baixo custo, maior facilidade de limpeza e principalmente por não gerar resíduo químico.

6.2.1 Construção do calorímetro utilizado como um recurso na atividade didática

O calorímetro (tipo Isoperibólico) construído neste trabalho é um instrumento necessário na atividade didática experimental de calorimetria que utiliza o termômetro eletrônico com aquisição automática de dados construídos neste trabalho.

Nesse sentido, construímos 6 calorímetros com materiais de baixo custo e fácil acesso, que ficará disponível para atividades calorimétricas nos laboratórios didáticos de ensino de química da instituição. O procedimento de construção será detalhado a seguir.

6.2.1.1 Materiais utilizados

Os materiais utilizados para construir este calorímetro foram:

- 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.

Preferimos utilizar uma borracha na parte superior da tampa do calorímetro tendo em vista a fragilidade do isopor, como este foi construído para ser utilizado no laboratório substâncias ou soluções mais corrosivas poderiam danificar o isopor. Para a fixação da borracha na parte superior da tampa do calorímetro utilizamos, 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. Outra opção que também utilizamos em 2 calorímetros foi o alumínio das latas de bebidas, mas esta não se demonstrou eficaz pois após a primeira atividade realizada já começou a soltar e tiveram que ser substituídas. 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 19 e Figura 20, podemos perceber que foram feitos 2 furos na tampa, um para o termômetro e o outro para a saída do gás oxigênio liberado na reação mantendo a pressão constante. Se em outro experimento não for necessário esse furo adicional ele pode ser perfeitamente isolado com rolhas de borracha ou cortiça.

Figura 19 - Foto das partes do calorímetro construído para a atividade experimental



Fonte: Foto do autor

Figura 20 - Foto do calorímetro aberto



Fonte: Foto do autor

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

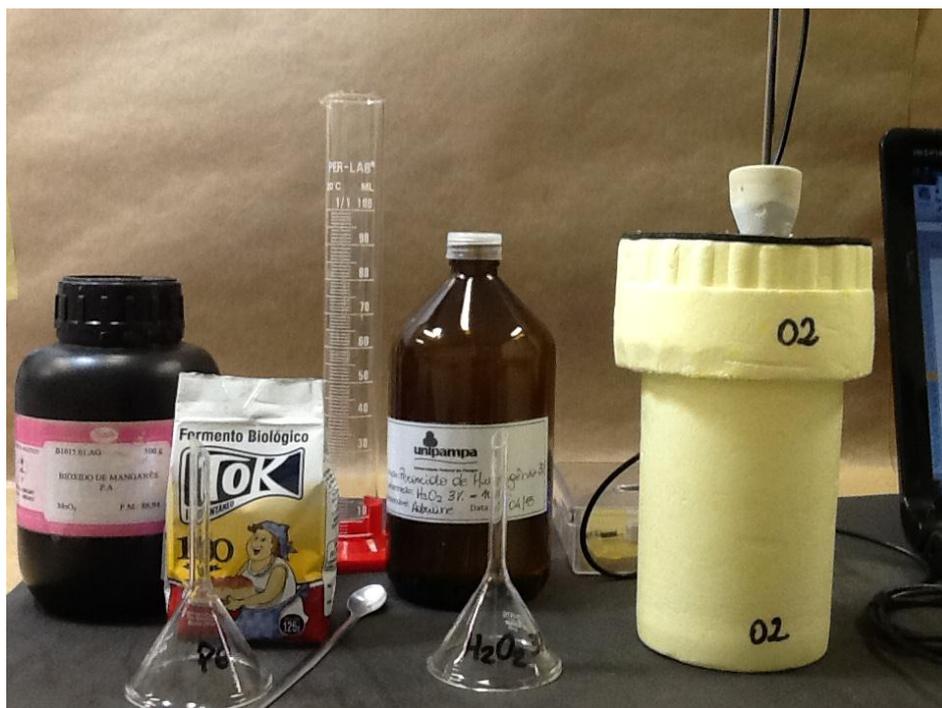
6.2.2.1 Materiais e reagentes utilizados

Os materiais e reagentes utilizados neste experimento estão descritos abaixo e são ilustrados nas (Figura 21, Figura 22 e Figura 23):

- Solução de peróxido de hidrogênio 3% (preparada pelo pesquisador). Outra opção é utilizar a água oxigenada comercial a 10 volumes;

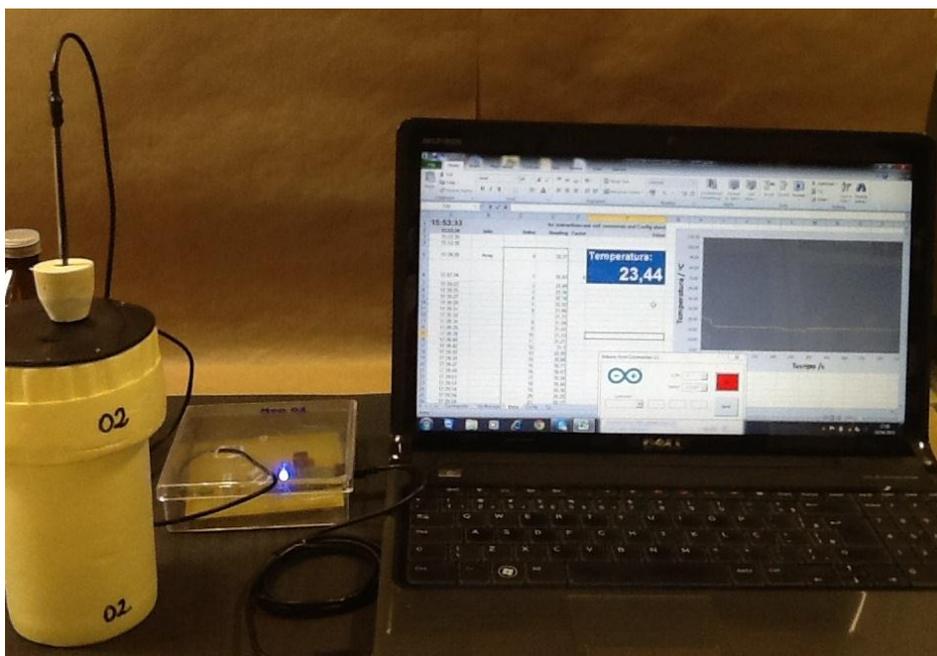
- Dióxido de manganês em pó;
- Fermento biológico em pó;
- Calorímetro construído (6 unidades);
- Termômetro eletrônico acoplado ao sistema de aquisição de dados (3 unidades);
- Rolha de borracha com furo para auxiliar o manuseio com o termômetro e também a sustentação (para não ficar encostada a parte 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 para aquisição dos dados.

Figura 21 - Foto dos materiais e reagentes utilizados na determinação da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio



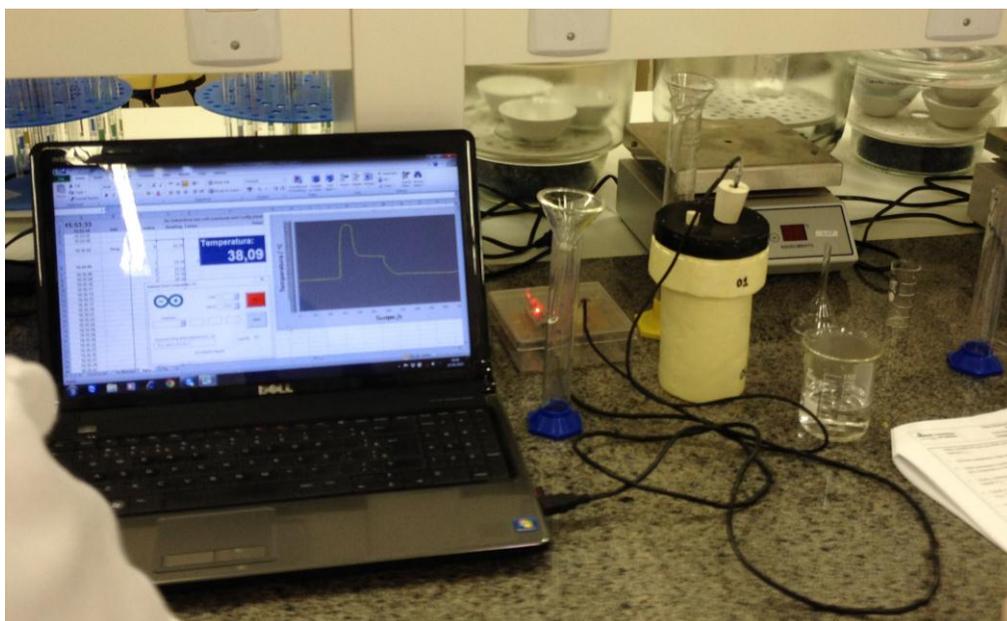
Fonte: Foto do autor

Figura 22 - Foto da montagem experimental para determinação da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio



Fonte: Foto do autor

Figura 23 - Foto da atividade de calorimetria desenvolvida pelos participantes



Fonte: Foto do autor

Na Figura 24, demonstramos os termômetros utilizados nas atividades, o termômetro de líquido em vidro (1), o termômetro acoplado ao sistema de aquisição de dados (3) e o PT 100 (2) utilizado como padrão na calibração do termômetro eletrônico construído neste trabalho, e na verificação dos experimentos.

Figura 24 - Foto dos termômetros utilizados nas atividades e do PT 100



Fonte: Foto do autor

6.2.2.2 Determinação da capacidade calorífica do calorímetro (C)

A capacidade calorífica específica do calorímetro, conforme Atkins (2003) deve ser a primeira etapa a ser realizada quando utilizamos um calorímetro, ou seja, sua calibração, e é calculada considerando que a quantidade de energia perdida pela água aquecida, na forma de calor, é igual à soma das quantidades de energias, na forma de calor, ganha pela água a temperatura ambiente e pelo próprio calorímetro, segundo a Capacidade calorífica específica do calorímetro (C_{cal}) apresentada na equação 12,

(12)

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

Em que:

- O calor específico da água, $c_{H_2O}=4,18J g^{-1} (^{\circ}C)^{-1}$ é a capacidade calorífica da água;

- Massa de água, $m_{H_2O}(aquecida) = m_{H_2O}(ambiente) = 50,0g$.

O procedimento experimental para a determinação da capacidade calorífica utilizado consiste em:

a) 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 termôme-

tro eletrônico e aguarde até a temperatura estabilizar. Medir a temperatura da água, (T_1);

b) Aquecer cerca de 70 mL água até aproximadamente 70°C em um béquer. 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).

c) Adicionar rapidamente a água aquecida no calorímetro, utilizando um funil pequeno;

d) 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, ($T_{mistura}$).

e) Calcule a diferença de temperatura entre a mistura e a água a temperatura ambiente, segundo $\Delta T_a = T_{mistura} - T_1$;

f) Calcule a diferença de temperatura entre a água aquecida e a mistura, segundo $\Delta T_b = T_2 - T_{mistura}$.

Essas variações de temperatura observadas nos permitem calcular a capacidade calorífica, (Ccal), do calorímetro.

Para as atividades experimentais realizamos a determinação da constante calorimétrica para cada calorímetro construído em triplicata, visto que é uma propriedade específica de cada (calorímetro). Para a determinação da capacidade calorífica dos calorímetros utilizamos as médias das variações das temperaturas da água (ΔT s), obtidas da triplicata de cada ensaio. Os ensaios foram realizados utilizando o termômetro eletrônico, o termômetro de líquido em vidro (TLV) e termômetro padrão (PT 100).

Os ensaios realizados com os calorímetros foram realizados sempre em triplicata e em todos os casos o desvio apresentado entre o termômetro eletrônico (TE) e o termômetro padrão (PT 100) foi similar, bem como o desvio apresentado entre o termômetro de vidro e os demais.

Com base nos dados obtidos durante os ensaios com os calorímetros construídos e com o procedimento experimental descrito acima, obtivemos capacidades caloríficas média de 105 J/°C.

O Quadro 6 exemplifica um modelo da coleta de dados para o cálculo da capacidade calorífica do calorímetro.

Quadro 6 - Coleta de dados experimentais para o cálculo da capacidade calorífica do calorímetro com o termômetro eletrônico

| T água fria (°C) | T água quente (°C) | T mistura (°C) | ΔT água fria (°C) | ΔT água quente (°C) |
|------------------|--------------------|----------------|---------------------------|-----------------------------|
| 25,26 | 70,31 | 42,68 | 17,42 | 27,63 |
| 26,07 | 73,52 | 43,99 | 17,92 | 29,53 |
| 26,36 | 72,25 | 43,67 | 17,31 | 28,58 |
| Médias | | | 17,55 | 28,58 |

Nos ensaios realizados, verificou-se a importância do uso do termômetro eletrônico para realização de experimentos calorimétricos nos laboratórios didáticos, como apresentado nesta atividade, visto que este termômetro possibilita uma coleta de dados com maior precisão de leitura de medição da temperatura, como podemos observar no Quadro 7.

Quadro 7 - Comparação na coleta de dados experimentais de acordo com o termômetro padrão, o termômetro eletrônico e o termômetro de líquido em vidro

| Termômetro | T água fria (°C) | T água quente (°C) | T mistura (°C) | ΔT água fria (°C) | ΔT água quente (°C) |
|------------|------------------|--------------------|----------------|---------------------------|-----------------------------|
| PT100 | 25,89 | 69,91 | 43,23 | 17,33 | 26,68 |
| TE | 26,14 | 69,66 | 43,52 | 17,06 | 25,45 |
| TLV | 24,0 | 70,0 | 42,0 | 18,0 | 28,0 |

A partir dos dados apresentados no Quadro 7, podem-se verificar as diferenças na leitura das temperaturas dentre os termômetros utilizados. O termômetro de líquido em vidro (TLV) possui menor resolução (1°C), e apresenta um maior desvio na leitura da menor temperatura (temperatura água fria e temperatura da mistura), devido à necessidade de ser retirado do calorímetro para efetuar as leituras, tendo em vista que, o termômetro de líquido em vidro (TLV) quando retirado do sistema retorna rapidamente a temperatura ambiente, influenciando assim nas variações de temperatura final (ΔT água fria e ΔT água quente).

6.2.2.3 Determinação da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio

O procedimento de determinação da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio consiste em:

- a) Com o calorímetro e o termômetro posicionado de modo que fique próximo do fundo do calorímetro, porém não se encoste ao fundo do calorímetro;
- b) Adicionar 100,0 mL de H₂O₂ 3% m/v (com o auxílio de um funil pequeno);
- c) Aguarde a temperatura da solução estabilizar e anote a sua temperatura inicial (*T_i*);
- d) Adicionar 1 espátula de fermento biológico (com o auxílio de um funil pequeno) no interior do calorímetro;
- e) Agite levemente o calorímetro;
- f) Observe os valores de temperatura e seu registro gráfico e anote a temperatura final (*T_f*) da solução depois de terminada a reação. A temperatura final será a temperatura máxima observada após a adição do catalisador;

A variação de temperatura observada no início com a solução à temperatura ambiente e após a adição do fermento em pó, a temperatura final será a temperatura máxima observada no termômetro, indicando o final da reação de decomposição, a partir disso, a temperatura começa a diminuir até temperatura ambiente.

As variações de temperatura observadas acima (*T_i* e *T_f*), e a capacidade calorífica, (*C_{cal}*), do calorímetro resultante da Equação 1 nos permitem calcular a variação de entalpia da reação de decomposição do peróxido de hidrogênio segundo a quantidade de energia transferida como calor para a vizinhança resultante da decomposição do peróxido de hidrogênio, apresentada na equação 13,

(13)

$$q = c_{H_2O} m_{H_2O} \Delta T + C_{cal} \Delta T$$

Calculamos a quantidade de energia transferida como calor para a vizinhança (calorímetro e 100 mL de meio reacional), resultante da reação de decomposição do peróxido de hidrogênio, de modo que a variação de entalpia de reação será numericamente igual ao calor liberado pela reação, segundo a equação 14, que calcula a variação de entalpia da reação de decomposição do peróxido de hidrogênio:

(14)

$$\Delta H = -q$$

Para tratamento dos dados, 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%).

Nos ensaios experimentais realizados para o cálculo da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio foi utilizado diferentes tipos de termômetro, conforme apresentado no Quadro 8.

Quadro 8 – Resultados experimentais para o cálculo da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio utilizando diferentes termômetros

| Entalpia de decomposição/ (kJ/mol) | | | |
|------------------------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Ensaio | Termômetro padrão | Termômetro eletrônico | Termômetro de líquido em vidro |
| 1 | -93,96 | -93,75 | -87,35 |
| 2 | -94,02 | -93,86 | -87,35 |
| 3 | -94,14 | -93,98 | -81,53 |
| Média | -94,04 | -93,86 | -85,41 |
| Erro padrão | 0,05 | 0,07 | 1,94 |
| Erro relativo % | 0,58 | 0,77 | 9,71 |

O erro relativo percentual demonstrado no Quadro 8 refere-se aos valores encontrados na literatura desta reação, -94,66 kJ/mol obtidos das entalpias padrão de formação do $H_2O_2(aq)$, $H_2O(l)$ e $O_2(g)$ (MARZZACCO, 2008).

Percebemos também que o termômetro de líquido em vidro apresentou o maior erro padrão, como também um maior erro relativo à literatura, dentre os termômetros utilizados. As possíveis fontes de erros são evidenciadas pela menor resolução do termômetro de líquido em vidro e pela necessidade de remoção do termômetro de dentro da solução (calorímetro) para efetuar as leituras durante o experimento.

Ainda assim, os dados apresentados para o termômetro de líquido em vidro, obtendo um erro padrão próximo de 10% não inviabilizam este tipo de experimento em laboratórios didáticos, desde que sua execução seja criteriosa, e, realizada em triplicata, desde a calibração do calorímetro (primeira etapa) e descartando todos os dados que não apresentem similaridade.

6.3 Planejamento da atividade didática

O planejamento da atividade de calorimetria é apresentado no Quadro 9 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 (KRATHWOHL, 2002) e estão detalhados de acordo com esta taxonomia no Quadro 10.

Quadro 9 – 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; c) Termômetro eletrônico acoplado a um sistema de aquisição de dados (3); d) Computador; e) Equipamentos e reagentes (béquer, 6 calorímetro, 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: <ol style="list-style-type: none"> Desenvolver no aluno habilidades de articulação de diferentes conceitos e leis físico-químicas para tratar uma situação-problema prática experimental; Desenvolver no aluno habilidades procedimentais para o trabalho científico no laboratório; Promover a familiaridade com recursos tecnológicos para aquisição automática de dados em experimentos científicos. |
| Objetivos de Aprendizagem | Habilidades a serem desenvolvidas pelo aluno: <ol style="list-style-type: none"> Lembrar conceitos e leis físico-químicas, reconhecendo-os em fenômenos práticos experimentais; Interpretar fenômenos físico-químicos com base em pressupostos teóricos; Identificar as grandezas a serem medidas; Proceder à coleta de dados experimentais, utilizando a técnica correta de operação de instrumentos de medição; Identificar observações relevantes nos dados/evidências coletados, e reporta-las por escrito; Operacionalizar cálculos envolvendo grandezas físicas medidas experimentalmente de modo a se obter resultados medidos indiretamente; Usar corretamente unidades das grandezas medidas na operacionalização dos cálculos; Avaliar resultados experimentais quanto à sua consistência e concordância com resultados esperados; Comparar aspectos da utilização e desempenho de diferentes tipos de termôme- |

| | |
|------------------------------------|--|
| | tro; 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 | <p>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.</p> <p>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 referência 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.</p> <p>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.</p> <p>Observações:</p> <p>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;</p> <p>b) O professor será um facilitador, auxiliando os grupos de alunos quando solicitado.</p> |

Quadro 10 – 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 | | | | | | |

A Taxonomia de Objetivos Educacionais de Bloom revisada (KRATHWOHL, 2002) é um modelo de objetivos de aprendizagem aprimorada em relação à primeira versão desenvolvida inicialmente em 1956, cujos trabalhos foram coordenados por Bloom. A versão revisada dessa taxonomia redefine a dimensão dos processos cognitivos “compreensão”, “aplicação”, “análise”, “síntese” e “avaliação” para os domínios dos processos cognitivos apresentados no infinitivo do verbo “lembrar”, “compreender”, “aplicar”, “analisar”, “avaliar” e “criar”, inserindo subcategorias na forma de gerúndio para cada uma das categorias revisadas. Por exemplo, a categoria “lembrar” foi subdividida em subcategorias dos processos cognitivos “reconhecendo” e “recuperando”, permitindo ao professor avaliar para o objetivo de aprendizagem que o estudante deverá “lembrar” o conceito de transição de fase, “identificando” que a temperatura permanece constante em certo intervalo de tempo no gráfico da temperatura *versus* tempo, nesse processo cognitivo é esperado que o aluno mobilize a ação “lembrar” quando solicitado pela questão 2 do guia da atividade de Termometria da fase pré-experimental que se refere a predição da curva de resfriamento do ácido esteárico, apresentado no APÊNDICE C.

Nesse sentido, este estudo considerou a Taxonomia de Objetivos Educacionais de Bloom revisada como um instrumento de planejamento didático no que se refere aos objetivos de aprendizagem. Além de o professor poder avaliar o processo cognitivo em questão (“identificado” no exemplo citado), a taxonomia permite hierarquizar os processos cognitivos em níveis de cognição, do mais simples para o mais complexo, (por exemplo, “lembrar” é um processo cognitivo mais simples do que “compreender”), organizando as etapas do desenvolvimento cognitivo e, portanto ordenando os processos cognitivos relacionados aos objetivos de aprendizagem do mais simples para o mais complexo.

7 PLANEJAMENTO DIDÁTICO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE TERMOMETRIA: CURVA DE RESFRIAMENTO DO ÁCIDO ESTEÁRICO

7.1 As transições de fase e a química do ácido esteárico

Toda transição de fase é acompanhada por uma variação na energia do sistema em que a temperatura do sistema permanece constante porque a energia adicionada é usada para romper as forças atrativas entre as moléculas em vez de aumentar sua energia cinética (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005).

As curvas de aquecimento ou resfriamento demonstram graficamente, o comportamento das substâncias mediante o fornecimento ou a retirada de energia térmica, ou seja, demonstram um gráfico da temperatura do sistema versus a quantidade de calor adicionado ou retirado (ATKINS; JONES, 2006). Em geral, as curvas de aquecimento e resfriamento representam o comportamento de uma substância durante uma transição de fase.

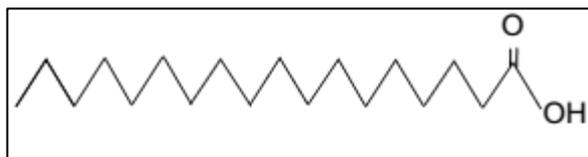
Os exemplos mais utilizados nos laboratórios didáticos são as mudanças de estado físico da água, do sólido para líquido, do líquido para gasoso ou vice-versa, representando graficamente as curvas de aquecimento ou resfriamento obtidas.

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 25.

Figura 25 - 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 (Figura 26), pois possui ponto de fusão numa faixa de 55 a 61 °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.

7.1.1 Preparação do experimento para o levantamento da curva de resfriamento

A preparação deste experimento consistiu em ensaios realizados pela pesquisadora, para verificação e checagem do ponto de fusão do ácido esteárico, conferindo 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 26 ilustrada abaixo apresenta o aspecto característico do ácido esteárico em pó, como em geral é comercializado.

Figura 26 – Ácido esteárico à temperatura de 23 °C.



Fonte: Créditos da imagem: Luís Roberto Brudna Hölzle

A Figura 27 ilustrada abaixo apresenta o aspecto característico do ácido esteárico à temperatura ambiente após solidificação

Figura 27 – Ácido esteárico à temperatura ambiente após solidificação.



Fonte: Créditos da imagem: Luís Roberto Brudna Hölzle

Para assegurar a confiabilidade, a segurança e a viabilidade de utilizar o ácido esteárico na aplicação didática da atividade de termometria (Quadro 14) realizamos diversos testes no laboratório didático de química, 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).

Com o intuito de obter maior precisão no que se refere ao ponto de fusão do ácido esteárico, realizou-se a determinação experimental, em triplicata, no equipamento de ponto de fusão conforme ilustrado na Figura 28, 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 28 - Checagem do ponto de fusão do ácido esteárico



Fonte: Imagem do autor

Como resultado experimental podemos dizer, após determinação em triplicata 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 ela 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).

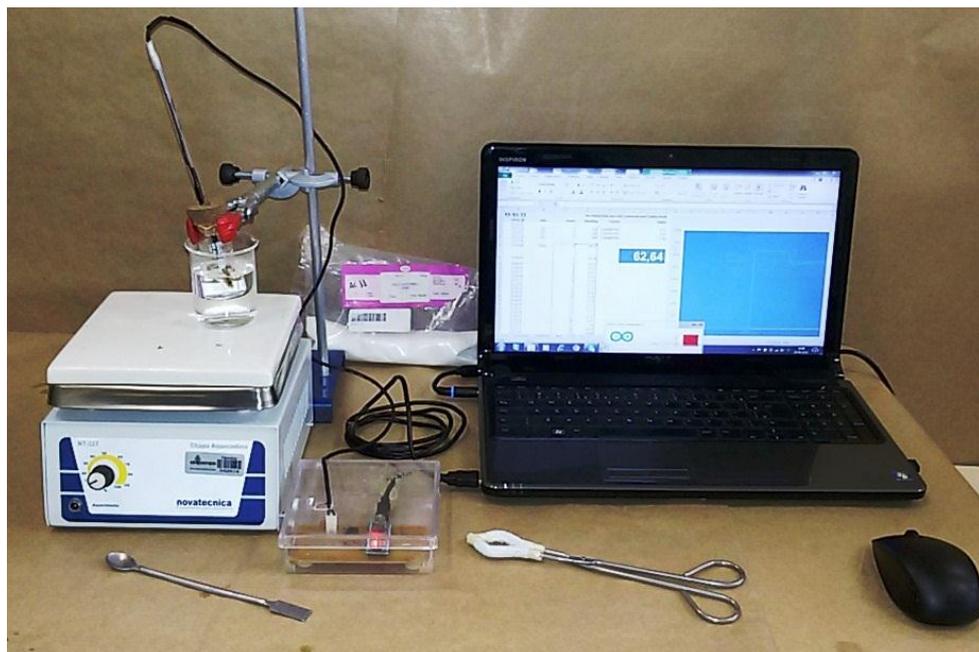
7.1.1.1 Materiais e reagentes utilizados

Os ensaios para preparação da atividade de termometria utilizaram 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 no APÊNDICE D.

Figura 29 - Foto dos materiais e reagentes utilizados para a atividade de Termometria



Fonte: Foto do autor

7.2 Descrição geral da atividade

Esta atividade se refere a uma aplicação didática do uso do termômetro eletrônico com aquisição automática de dados, descrito no capítulo anterior, 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 poder ser totalmente reaproveitado em outros experimentos, quantas vezes

forem necessárias, não produzindo resíduos, estes fatores contribuíram para utilização desta substância no experimento didático deste estudo.

7.3 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. No planejamento da atividade, na fase experimental utilizamos os níveis de investigação propostos por Borges (2002).

Vários autores defendem que sejam desenvolvidas atividades prático-experimentais no laboratório didático, mas não da forma como vem sendo desenvolvidas tradicionalmente no laboratório, que se caracterizam por ser práticas estruturadas do tipo “receita de bolo” (BORGES, 2002; GIL PEREZ et al., 1999; HODSON, 1994). Borges (2002) propõe algumas alternativas às práticas tradicionais de laboratório, que em seus estudos vem apresentando resultados favoráveis nas atividades prático-experimentais que tem investigado. Uma das alternativas consiste em estruturar as atividades de laboratório como investigações ou problemas práticos mais abertos, de modo que os alunos resolvam a situação-problema sem a direção imposta por um roteiro ou por instruções verbais do professor. Nesse contexto, Borges (2002) propõe a categorização das atividades investigativas em quatro níveis, conforme apresentado no Quadro 11.

Quadro 11 - 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 11, 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 11, para o planejamento da Atividade de Termometria na fase experimental, para o Levantamento da Curva de Resfriamento conforme guia de atividades apresentada no (APÊNDICE D).

Quadro 12 – 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 2 – 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 prever 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 Pré-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 13 - 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 | | | | | | |

Quadro 14 – 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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 2 – 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 | <p>A Atividade 2 – Fase Experimental deverá:</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 | <p>O aluno deverá (habilidade geral a ser desenvolvida pelo aluno):</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Planejar um experimento para testar a hipótese elaborada na fase pré-experimental. <p>O aluno deverá (habilidades específicas a serem desenvolvidas pelo aluno):</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 Desen- | <ul style="list-style-type: none"> a) Introdução |

| | |
|-----------------|---|
| volvidas | <p>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.</p> <p>b) Desenvolvimento</p> <p>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.</p> <p>c) Conclusão</p> <p>Para a conclusão desta etapa, os grupos de alunos concluem a respeito da hipótese elaborada.</p> <p>Observações:</p> <p>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.</p> <p>c) O professor será um facilitador, auxiliando os grupos de alunos quando solicitado.</p> |
|-----------------|---|

Quadro 15 - 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 16 – 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 | 1hora-aula (55 min por aula) |
| Recursos | Guia de Atividade 2 – Fase Pós-experimental; |
| Objetivos de Ensino | A Atividade 2 – Fase Pós-experimental deverá: <ol style="list-style-type: none"> Desenvolver no aluno habilidades de articulação de diferentes conceitos e leis físico-químicas para tratar uma situação-problema prática experimental; Desenvolver no aluno habilidades de argumentação científica. |
| Objetivos de Aprendizagem | Habilidade geral a ser desenvolvida pelo aluno: <ol style="list-style-type: none"> Desenvolver a argumentação científica. Verificar hipóteses a partir do confronto entre hipóteses prévias e resultados experimentais. Habilidades específicas a serem desenvolvidas pelo aluno: <ol style="list-style-type: none"> Lembrar conceitos e leis físico-químicas, reconhecendo-os em fenômenos práticos experimentais. Interpretar fenômenos físico-químicos com base em pressupostos teóricos. 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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. 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. 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. <p>Observação:</p> <ol style="list-style-type: none"> O professor será um facilitador, auxiliando os grupos de alunos quando solicitado. |

Quadro 17 - 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 | | | | | | |

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo apresentamos a análise quantitativa dos testes (teste de conhecimento e teste de motivação) bem como as discussões relacionadas a cada resultado nas seções 8.1 e 8.2. A análise qualitativa das discussões relacionadas às atividades de Calorimetria e Termometria, a opinião dos alunos e da pesquisadora estão apresentadas nas seções 8.3 a 8.6.

8.1 Desempenho dos participantes no teste de conhecimentos

O desempenho dos participantes no teste de conhecimentos aplicado antes e após as atividades experimentais realizadas neste trabalho foi analisado utilizando a estatística não paramétrica de Wilcoxon pareado unilateral. O desempenho está apresentado na Tabela 7 (Pág. 110) no item 8.1.4 desta seção e demonstra os escores obtidos de cada um dos participantes no pré-teste e no pós-teste.

8.1.1 Fidedignidade do teste

Para investigar a fidedignidade do teste de conhecimentos utilizamos a estatística de Kuder-Richardson (KR-20). O coeficiente resultante representa a média de todos os coeficientes de fidedignidade bipartidos possíveis. Como o teste de conhecimentos é composto de itens com apenas uma alternativa correta, o KR-20 pode ser utilizado na análise da fidedignidade do teste.

A fidedignidade do teste de conhecimentos esta apresentada no Quadro 18, indicando o índice no pré-teste e para o pós-teste. Os cálculos foram realizados usando o pacote estatístico para o Excel disponíveis gratuitamente na rede (ZAIONTZ, 2015).

Quadro 18 – Índice de fidedignidade do teste de conhecimentos

| Índice | Pré-teste | Pós-teste |
|--------------------------|-----------|-----------|
| Kuder-Richardson (KR-20) | 0,71 | 0,90 |

O quadro acima apresenta os índices resultantes do pré-teste e do pós-teste, observa-se que o índice obtido no pós-teste apresentou um maior coeficiente. De acordo com Moreira et al. (2013) são aceitáveis coeficientes de fidedignidade da ordem de 0,70 e portanto os índices resultantes do pré-teste e do pós-teste, apresentam índices superiores a 0,70 atestando a confiabilidade do teste.

Com base nos autores (op. cit) o teste é considerado perfeitamente fidedigno quando indica o índice 1,00, porém quando o teste indica o índice 0,00, representa a ausência de fidedignidade ou valores aleatórios relativos à mensuração do resultado.

8.1.2 Análise de itens do teste

Para a análise dos itens do teste de conhecimentos foi avaliado a eficiência dos itens (questões) e analisados conforme o cálculo do índice de dificuldade do item e do índice de discriminação do item. Os cálculos foram realizados usando o pacote estatístico para o Excel disponíveis gratuitamente (“Education.com”, 2015; ZAIONTZ, 2015). Neste estudo, foram estabelecidos critérios para a retirada de itens do teste, conforme apresentado no Quadro 19.

Quadro 19 - Critérios estabelecidos para a retirada de itens do teste de conhecimentos

| Índice | Critérios |
|---------------|------------------------------------|
| Dificuldade | Superior a 0,90 ou inferior a 0,20 |
| Discriminação | Inferior a 0,30 |

Com base nestes critérios estabelecidos, foram retirados do teste de conhecimentos 03 (três) itens, a saber: 11, 12 e 14. Estes itens estão destacados no Quadro 20 apresentado abaixo.

Quadro 20 - Itens do teste de conhecimentos (pós-teste), após análise dos critérios estabelecidos para os índices de dificuldade e de discriminação.

| Item | Dificuldade | Discriminação |
|-----------|-------------|---------------|
| 1 | 0,86 | 0,67 |
| 2 | 0,71 | 0,67 |
| 3 | 0,86 | 0,50 |
| 4 | 0,79 | 0,50 |
| 5 | 0,71 | 0,83 |
| 6 | 0,71 | 0,67 |
| 7 | 0,79 | 0,67 |
| 8 | 0,71 | 0,67 |
| 9 | 0,36 | 0,33 |
| 10 | 0,86 | 0,33 |
| 11 | 1,00 | 0,00 |
| 12 | 0,06 | 0,17 |
| 13 | 0,43 | 0,67 |
| 14 | 0,50 | -0,04 |
| 15 | 0,86 | 0,33 |

Todos os participantes acertaram o item 11, por consequência seu índice de dificuldade foi de 1,0 enquanto o índice de discriminação foi de 0,0 (zero) o que representa que este item não estava discriminando os participantes na análise estatística, portanto este item foi retirado do teste de conhecimento para análise do KR20.

Somente 01 (um) participante acertou o item 12, indicando um alto grau de dificuldade do item para os demais alunos, apresentando um índice de dificuldade inferior a 2,0 e um índice de discriminação inferior a 0,3. De acordo com os critérios estabelecidos este item foi retirado do teste de conhecimento para análise do KR20.

Para o item 14 como metade da turma acertou e a outra metade errou a questão o seu índice de dificuldade correspondeu a 0,50, consequentemente seu índice de discriminação teve um valor negativo de -0,04 e, portanto este item também foi retirado da análise do KR20.

8.1.3 Estatística descritiva para o teste de conhecimentos

A Tabela 4 apresenta os dados estatísticos correspondentes ao teste de conhecimentos (pré-teste e pós-teste), esta tabela apresenta os dados da média, mediana, desvio

padrão e a faixa interquartil obtida pelos participantes, comparando os resultados do pré-teste e do pós-teste.

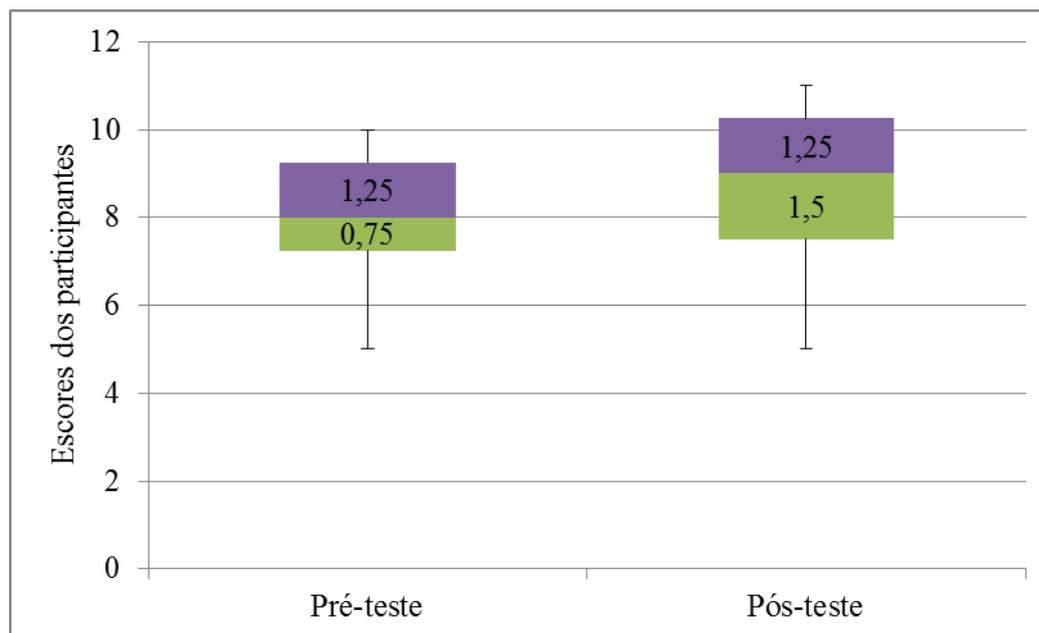
Tabela 4 - Dados estatísticos do teste de conhecimentos

| | Participantes | Média | Desvio Padrão | Mediana | Faixa Inter-quartil |
|-----------|---------------|-------|---------------|---------|---------------------|
| Pré-teste | 8 | 7,63 | 2,45 | 8,00 | 2,00 |
| Pós-teste | 8 | 8,63 | 2,20 | 9,00 | 2,75 |

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4, a média dos escores obtida no pós-teste foi superior à média obtida no pré-teste, por consequência, o desvio padrão diminuiu no pós-teste indicando que a dispersão dos escores obtidos pelos participantes, em relação à média, foi um pouco menor do que a dispersão obtida no pré-teste.

Com base na Tabela 5 apresentada abaixo na forma de diagrama de caixas, podemos demonstrar com maior facilidade os dados apresentado na Tabela 4, permitindo visualizar e comparar os dados da mediana e da faixa interquartil, bem como analisar a dispersão dos escores obtidos no pré-teste e no pós-teste. Esta forma de diagrama de caixas nos possibilita uma análise geral da turma apresentando de outra forma os dados obtidos no teste de conhecimentos.

Tabela 5 - Escores dos participantes no pré-teste e pós-teste



Os dados da mediana podem ser visualizados no diagrama de caixas apresentado na acima (Tabela 5), a mediana é definida como o 2º quartil e esta representada na linha que divide as caixas: inferior (1º quartil) e superior (3º quartil), portanto fica evidente um aumento dos escores dos participantes no pós-teste em relação ao pré-teste.

No diagrama de caixas acima, também podemos observar um aumento na dispersão da faixa interquartil no pós-teste, representado pelo aumento nos escores obtidos pelos participantes, ou seja, os escores foram maiores no pós-teste. A faixa interquartil (1º e 3º quartil) representada no pós-teste indica uma “simetria melhor” na dispersão dos resultados, isto é demonstra um aumento nos escores em relação ao pré-teste, o que significa que os participantes que obtiveram os escores mais baixos no pré-teste melhoraram no pós-teste (0,75 para 1,5), enquanto que os alunos que obtiveram os maiores escores no pré-teste apenas aumentaram seus escores no pós-teste, não modificando o número de amostra do 3º quartil permanecendo constante a dispersão no pós-teste (1,25).

No pré-teste ocorre uma pequena dispersão representada no primeiro quartil, enquanto que no pós-teste, percebe-se um aumento na dispersão do primeiro quartil indicando o aumento dos escores dos participantes que obtiveram escores menores.

É importante salientar que os conteúdos abordados no teste de conhecimentos já haviam sido estudados pelos participantes, tanto no currículo do ensino médio como nos

componentes curriculares de química geral da graduação, portanto os conteúdos já faziam parte dos conhecimentos prévios dos participantes, fato que explica a pequena variação da mediana.

Cabe salientar, que nesta amostra existiam alguns participantes que não expressaram uma real compreensão dos conteúdos contidos no teste de conhecimentos.

8.1.4 Teste de Hipóteses do desempenho no teste de conhecimentos

Para a verificação do desempenho dos participantes no teste de conhecimentos aplicado antes e após as atividades experimentais realizadas neste trabalho, fizemos uso da estatística não paramétrica de Wilcoxon pareado unilateral para testar a hipótese nula e alternativa dos escores obtidos pelos participantes no pré-teste e no pós-teste (ZAIONTZ, 2015).

A Tabela 6, apresenta as probabilidades obtidas com o teste de Wilcoxon pareado unilateral para o teste de conhecimentos, com base nos escores obtidos pelos 08 (oito) participantes no pré-teste e no pós-teste.

Tabela 6 - Probabilidades obtidas com Wilcoxon pareado unilateral para o teste de conhecimentos

| Número de Participantes | Nível de significância | Valor - p |
|-------------------------|------------------------|-----------|
| 08 | 0,05 | 0,009 |

A hipótese nula relacionada ao desempenho (H_0D) foi rejeitada com nível de confiança de 95%, pois o nível de significância resultante foi $p = 0,05$ (nível de confiança = $1-p = 95%$) contra a hipótese alternativa relacionada ao desempenho (H_1D).

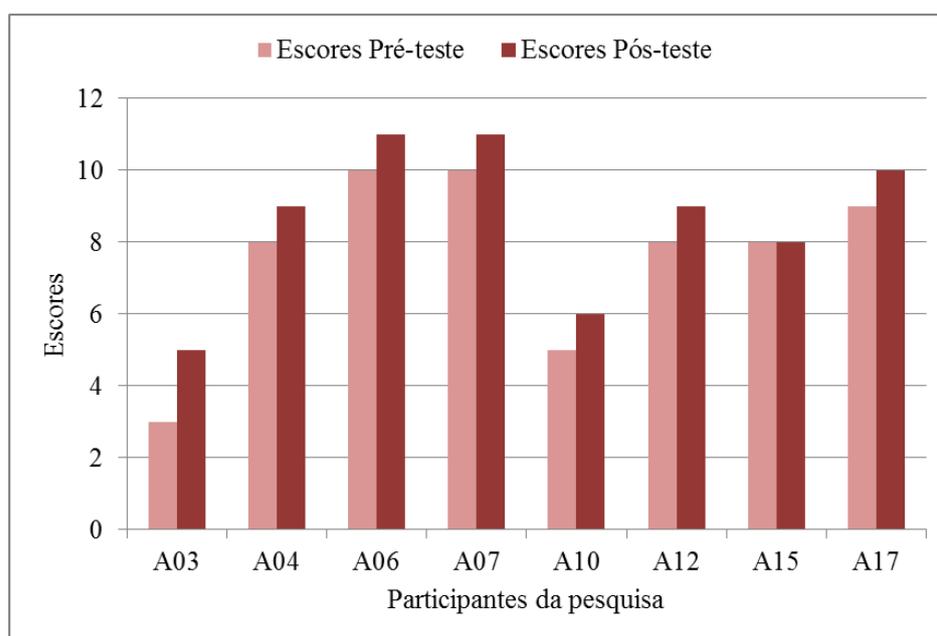
A Tabela 7, apresentada abaixo, demonstra os escores obtidos de cada um dos participantes no pré-teste e no pós-teste.

Tabela 7 - Escores dos participantes no pré-teste e pós-teste de conhecimentos

| Participantes | Escore | | Diferenças entre escores (Pós-teste) - (Pré-teste) |
|---------------|-----------|-----------|---|
| | Pré-teste | Pós-Teste | |
| A03 | 3 | 5 | 2 |
| A04 | 8 | 9 | 1 |
| A06 | 10 | 11 | 1 |
| A07 | 10 | 11 | 1 |
| A10 | 5 | 6 | 1 |
| A12 | 8 | 9 | 1 |
| A15 | 8 | 8 | 0 |
| A17 | 9 | 10 | 1 |

Para representar os escores do pré-teste e do pós-teste obtidos para cada um dos participantes, apresentamos na Tabela 8, um histograma comparando os escores obtidos pelos participantes no pré-teste e no pós-teste.

Tabela 8 - Histograma comparativo dos escores obtidos pelos participantes no teste de conhecimentos



Analisando o histograma apresentado na Tabela 8, podemos perceber ao comparar os escores obtidos no pré-teste com os escores obtidos no pós-teste, que todos os participantes obtiveram um aumento nos escores do pós-teste, realizado após a aplicação das atividades práticas experimentais propostas neste trabalho.

8.2 Motivação para aprender dos participantes

A Tabela 9, apresenta os dados estatísticos correspondentes ao teste de motivação para aprender (pré-teste e pós-teste), representando os dados da média, mediana, desvio padrão e a faixa interquartil obtida pelos participantes e comparando os resultados do pré-teste e do pós-teste.

Tabela 9 - Dados estatísticos do teste de motivação para aprender

| Participantes | | Média | Desvio Padrão | Mediana | Faixa Interquartil | |
|---------------|---|------------|---------------|---------|--------------------|------|
| Pré-teste | 8 | Extrínseca | 36,13 | 2,85 | 36,00 | 3,75 |
| | | Intrínseca | 43,38 | 1,51 | 43,5 | 1,25 |
| | | Total | 79,51 | 2,78 | 78,50 | 4,55 |
| Pós-teste | 8 | Extrínseca | 39,25 | 2,25 | 40,00 | 4,00 |
| | | Intrínseca | 45,88 | 1,96 | 45,50 | 3,25 |
| | | Total | 85,13 | 3,60 | 85,00 | 4,00 |

De acordo com os dados apresentados na Tabela 9, constatamos que os resultados obtidos no teste de motivação para aprender, revelam um maior envolvimento e comprometimento dos participantes em relação às atividades práticas experimentais. Esta observação pode ser feita ao compararmos os resultados do pré-teste em relação ao pós-teste, devido ao aumento da motivação extrínseca e intrínseca observada nos resultados dos participantes do teste.

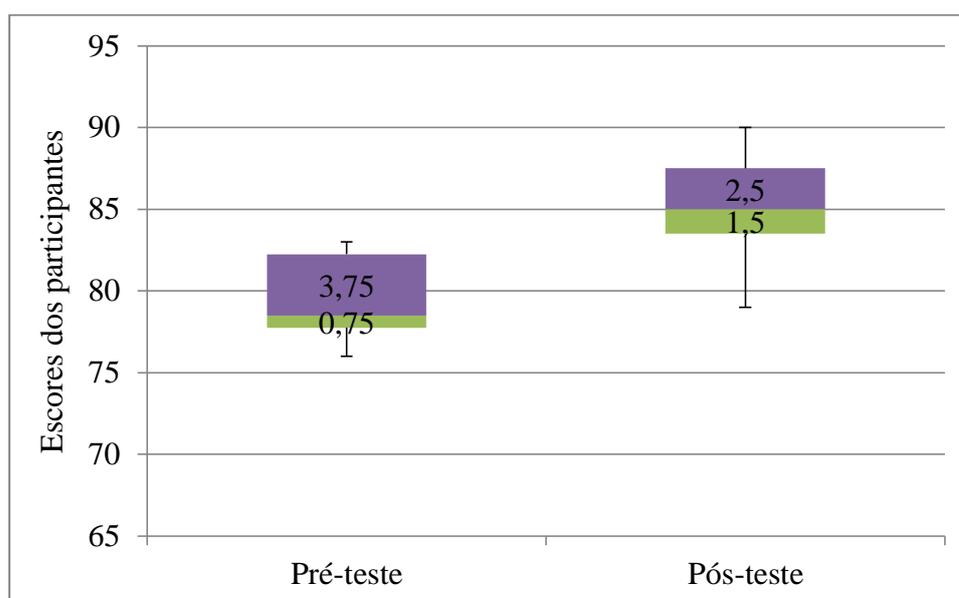
Destaca-se ainda, em relação aos resultados da motivação intrínseca, obtidos pelos participantes no pré-teste e no pós-teste, que a média dos escores dos participantes foi maior no pós-teste, isto é efetivamente todos os participantes aumentaram ou mantiveram seus escores, no entanto, isto não revela que esta média refere-se ao aumento proporcional dos escores de todos os participantes da amostra.

Os resultados dos escores dos participantes da amostra revelam ainda a evidência de que houve um aumento no desvio padrão do pós-teste (1,96) em relação ao pré-

teste (1,51), indicando que ocorreu uma maior variação dos escores na motivação intrínseca.

Com base na Tabela 10, podemos demonstrar com maior facilidade, na forma de diagrama de caixas os dados apresentado na Tabela 9, permitindo visualizar e comparar os dados da mediana e da faixa interquartil, bem como analisar a dispersão dos escores obtidos no pré-teste e no pós-teste. Esta forma de diagrama de caixas nos possibilita uma análise geral dos dados resultantes da motivação para aprender do participante.

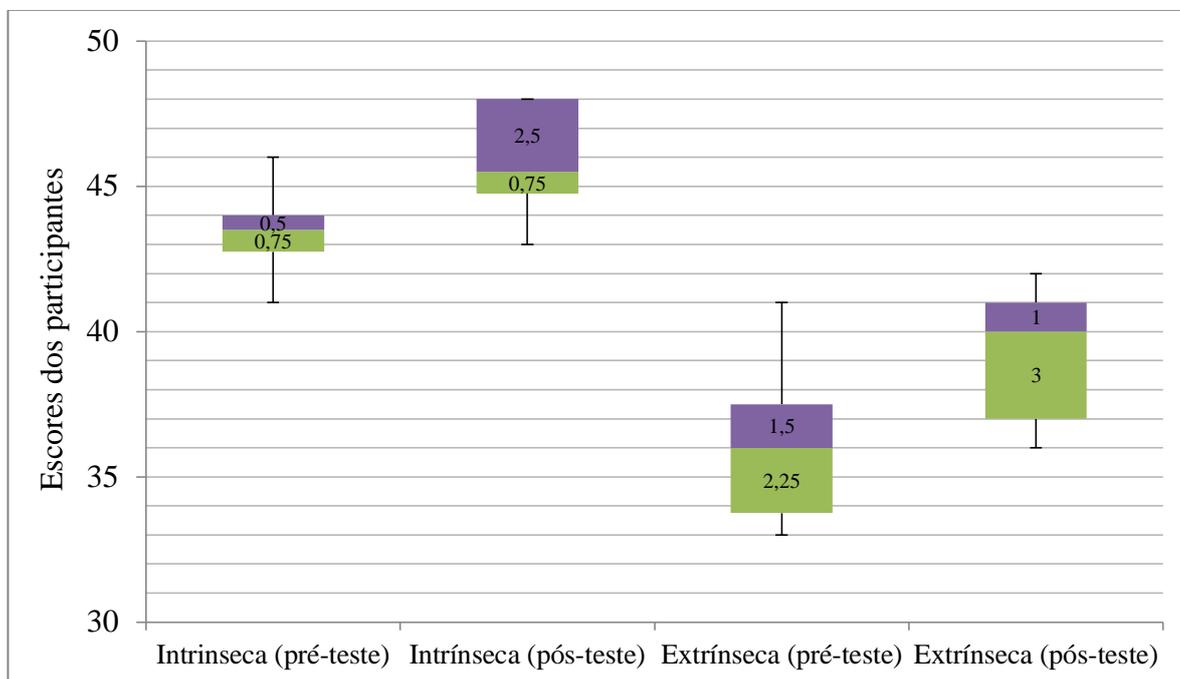
Tabela 10 - Diagrama de caixa para os escores totais obtidos pelos participantes do teste de motivação para aprender



Podemos observar um aumento nos dados da mediana em decorrência dos escores totais obtidos pelos participantes da amostra no pós-teste em relação ao pré-teste. Neste diagrama, nota-se também uma melhor simetria na dispersão dos resultados na faixa interquartil (1º e 3º quartil), demonstrando um aumento nos escores em relação ao pré-teste, o que significa que os participantes que obtiveram os escores mais baixos no pré-teste melhoraram no pós-teste (Q1 - 0,75 para 1,5), sendo assim, alcançaram escores mais elevados no pós-teste, resultaram numa distribuição mais simétrica da faixa interquartil (1º e 3º quartil) no pós-teste e uma diminuição na dispersão no 3º quartil (Q3 - 3,75 para 2,5) representada pelos participantes que obtiveram os maiores escores no pós-teste.

A Tabela 11, apresenta os dados resultantes da motivação intrínseca e da motivação extrínseca do participante no teste de motivação para aprender.

Tabela 11 - Diagrama de caixa para os escores do teste de motivação para aprender



De acordo com os dados apresentados na Tabela 11, podemos destacar que:

- A mediana obtida com os dados da motivação intrínseca dos participantes no pós-teste foi maior que no pré-teste (43,5 para 45,50);

- Percebe-se que houve um grande aumento na dispersão de 3º quartil (0,5 para 2,5) representado pelos participantes que obtiveram escores mais altos no pós-teste, atingindo o escore máximo (48);

- Apesar de ocorrer um aumento nos escores do pós-teste, a amostra de participantes que permaneceram no escore mínimo ($Q1 - \text{mínimo} = 1,75$) e no 1º quartil ($Q1 = 0,75$) no pré-teste e no pós-teste manteve-se constante, indicando que o número de participantes da amostra que obtiveram os escores mais baixos no pré-teste ($Q1 - \text{mínimo} = 41$) também obtiveram os escores mais baixos no pós-teste ($Q1 - \text{mínimo} = 43$) permanecendo constante o número de participantes.

Em relação à motivação extrínseca apresentada na Tabela 11, podemos destacar que:

- A mediana apresentada no diagrama revela um aumento nos escores obtidos pelos participantes no pós-teste (43,5 para 45,50);

- Percebe-se também que a faixa interquartil (1º e 3º quartil) foi maior no pós-teste (3,75 para 4,00), indicando que ocorreu um aumento na dispersão dos resultados obtidos no 1º quartil pelos participantes do teste, em consequência houve uma redução nos resultados obtidos no 3º quartil pelos participantes no pós-teste.

8.2.1 Teste de hipóteses para a variável motivação para aprender

Para a verificação do desempenho dos participantes no teste de motivação para aprender aplicado antes e após as atividades experimentais realizadas neste trabalho, fizemos uso da estatística não paramétrica de Wilcoxon pareado unilateral para testar a hipótese nula e alternativa dos escores obtidos pelos participantes no pré-teste e no pós-teste de acordo com a Tabela 12 apresentada abaixo (ZAIONTZ, 2015).

Tabela 12 - Tabela - Probabilidades obtidas com Wilcoxon pareado unilateral para teste de motivação para aprender (pré-teste e pós-teste)

| Número de Participantes | Nível de significância | Motivação Intrínseca | Motivação Extrínseca | Motivação |
|-------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|-----------|
| | | Valor-p | Valor-p | Valor-p |
| 08 | 0,05 | 0,009 | 0,009 | 0,006 |

A hipótese nula relacionada ao desempenho (H0D) foi rejeitada com nível de confiança de 95%, pois o nível de significância resultante foi $p = 0,05$ (nível de confiança = $1-p = 95\%$) contra a hipótese alternativa relacionada ao desempenho (H1D).

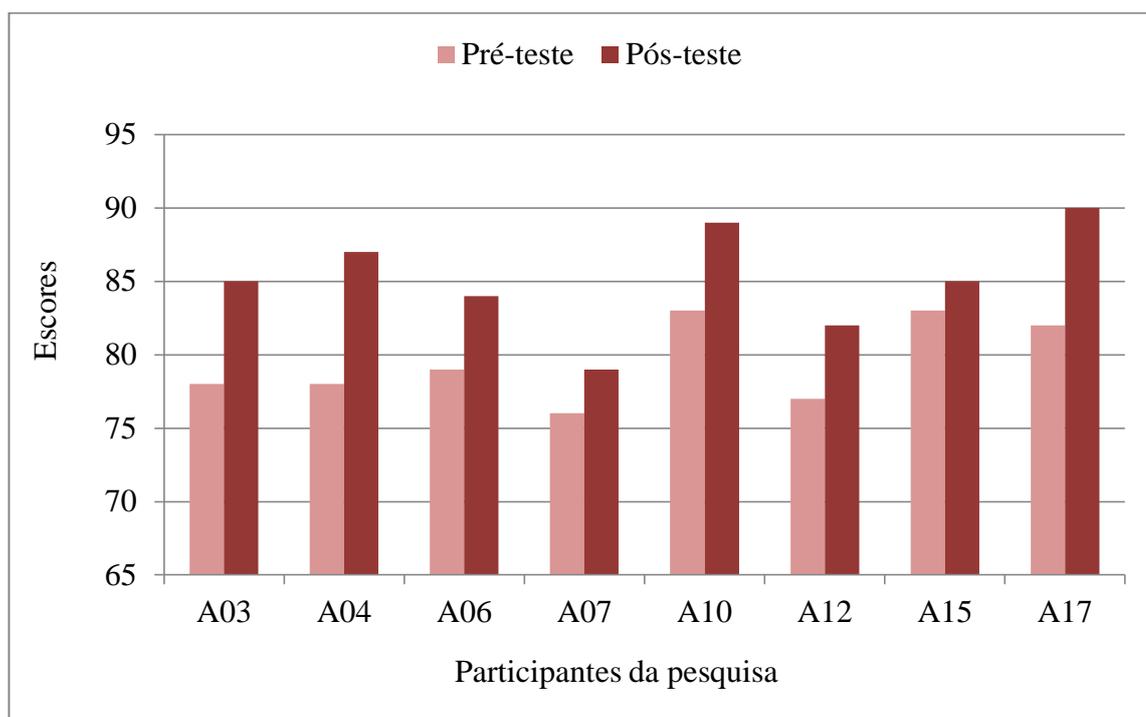
Os escores obtidos pelos participantes para o teste de motivação para aprender (pré-teste e pós-teste) são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Escores obtidos de cada um dos participantes no teste de motivação (Pré-teste e Pós-teste)

| Aluno | Motivação para aprender | | | | | |
|-------|-------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | Intrínseca | | Extrínseca | | Total | Total |
| | Pré-teste | Pós-teste | Pré-teste | Pós-teste | Pré-teste | Pós-teste |
| A03 | 44 | 48 | 34 | 37 | 78 | 85 |
| A04 | 41 | 46 | 37 | 41 | 78 | 87 |
| A06 | 43 | 44 | 36 | 40 | 79 | 84 |
| A07 | 43 | 43 | 33 | 36 | 76 | 79 |
| A10 | 42 | 48 | 41 | 41 | 83 | 89 |
| A12 | 44 | 45 | 33 | 37 | 77 | 82 |
| A15 | 44 | 45 | 39 | 40 | 83 | 85 |
| A17 | 46 | 48 | 36 | 42 | 82 | 90 |

Para representar os escores do pré-teste e do pós-teste obtidos de cada participante, apresentamos na Tabela 14, um histograma comparando os escores obtidos pelos participantes no pré-teste e no pós-teste.

Tabela 14 - Histograma dos escores obtidos pelos participantes no pré-teste e no pós-teste de motivação para aprender



Analisando o histograma apresentado na Tabela 14, percebemos na comparação dos escores obtidos que as atividades práticas experimentais propostas e realizadas no

laboratório didático contribuíram para que houvesse um aumento nos escores dos participantes no pós-teste de motivação para aprender.

Os resultados obtidos com relação ao teste de motivação para aprender revelam a motivação intrínseca e extrínseca dos participantes, sendo extremamente importantes para auxiliar na análise e no planejamento de trabalhos na área do ensino.

Neste sentido, podemos perceber que ao comparar os resultados dos participantes em relação à motivação intrínseca, estes se apresentaram mais motivados para a realização de atividades prático-experimentais diferentes do contexto do laboratório didático em que estão inseridos, como observamos nos resultados obtidos no pós-teste.

Esta constatação revela ainda que, a motivação intrínseca é determinada pelas necessidades humanas de competência, de autonomia e de fazer parte de um contexto (GUIMARÃES, 2001).

Por outro lado, em relação à motivação extrínseca, os dados obtidos neste estudo revelam que os participantes também se apropriaram do trabalho prático experimental realizado no laboratório didático, estas análises podem ser feitas quando observamos os resultados obtidos pelos participantes no teste de motivação para aprender nos itens que revelam a motivação extrínseca do participante.

Segundo (GUIMARÃES, 2001), a motivação extrínseca por diversos fatores, dentre eles, destacamos a regulação identificada e a regulação integrada, onde os alunos desenvolvem a autonomia e envolvem-se pela importância e pela interação com a atividade experimental.

8.3 Atividade de Calorimetria

Os dados coletados das respostas dos participantes, descritas nos guias da atividade de calorimetria, foram analisados com o auxílio do instrumento de análise desenvolvido para este trabalho, conforme apresentado no APÊNDICE F.

Figura 30 - Análise individual por item e por participante da atividade de Calorimetria

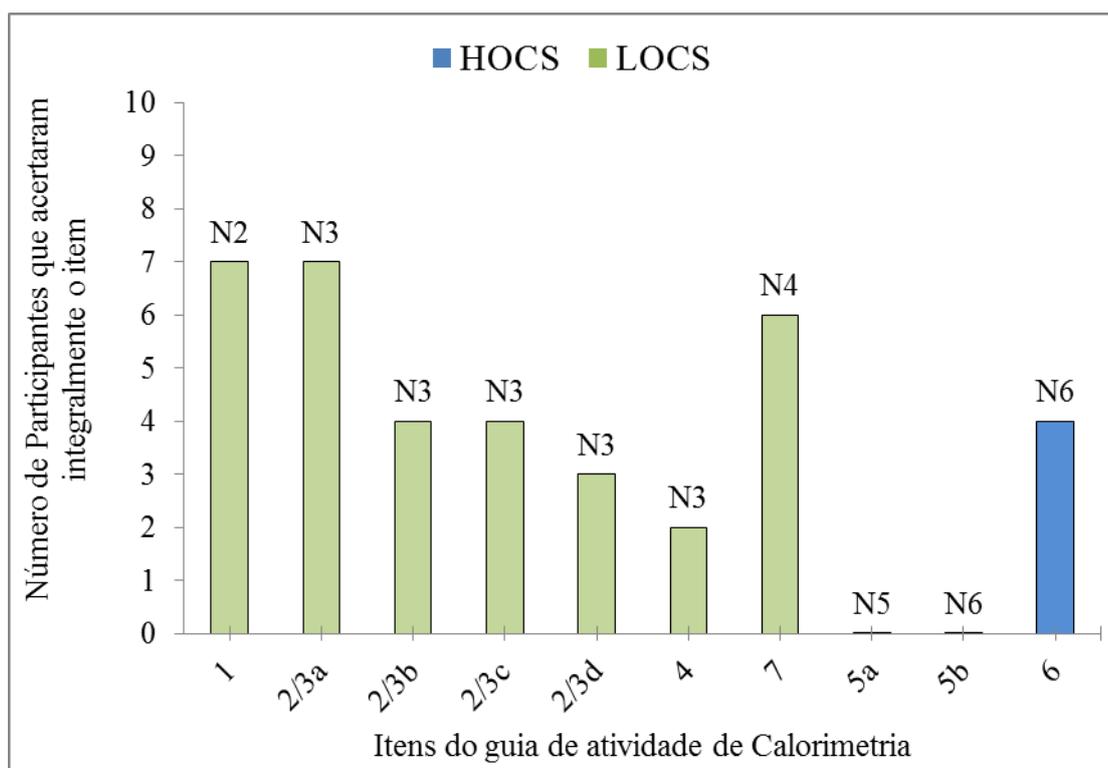
| Análise por item e por participante da atividade de Calorimetria | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Categoria | Nível Cognitivo | Habilidade (alvo) | Questão / Item | Pontuação dos participantes da pesquisa | | | | | | | |
| | | | | A03 | A04 | A06 | A07 | A10 | A12 | A15 | A17 |
| LOCS | N2 | Identifica as grandezas a serem medidas, demonstrando compreensão da situação-problema. | 1 | 2 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | N3 | Executa procedimentos adequados para a coleta de dados experimentais e lê corretamente os dados medidos. | 2/3a | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| | | Representa e interpreta tabela de dados e gráficos, demonstrando compreensão da situação-problema (unidades, eixos, grandezas). | 2/3b | 0 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 | 2 |
| | | Operacionaliza cálculos envolvendo grandezas físicas medidas experimentalmente de modo a se obter resultados medidos indiretamente. | 2/3c | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| | | Usa corretamente unidades das grandezas medidas na operacionalização dos cálculos. | 2/3d | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 | 2 |
| | Compara erros experimentais da situação-problema | 4 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | |
| N4 | Aplica conhecimentos físico-químicos em situações familiares experimentais ou hipotéticas. | 7 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | |
| HOCS | N5 | 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. | 5a | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | N6 | Avalia resultados experimentais quanto à sua consistência e concordância com resultados esperados. | 5b | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | | Avalia aspectos da utilização e desempenho de diferentes tipos de instrumentos de medida. | 6 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| Somatório da pontuação atingida por participante | | | | 9 | 16 | 18 | 9 | 17 | 8 | 7 | 18 |

Em relação a Figura 30, cabe salientar que para cada questão/item do guia de atividades de calorimetria, num total de 10 questões/itens, utilizamos de 3 parâmetros para análise das respostas, onde: 0 (zero) equivale a não contempla; 1 (um) equivale a contempla parcialmente e 2 (dois) contempla totalmente conforme apresentado no APÊNDICE F.

Numa visão geral dos resultados descritos na Figura 30 - Análise individual por item e por participante da atividade de Calorimetria, podemos observar que, metade dos participantes obtiveram resultados satisfatórios e a outra metade obtiveram resultados insatisfatórios.

Na Figura 31, apresentamos para cada item do guia, o número de participantes que acertaram integralmente a questão/item, destacando os níveis cognitivos categorizados em LOCS, representando as habilidades cognitivas de baixa ordem (N2, N3 e N4) e HOCS, representando as habilidades cognitivas de alta ordem (N5 e N6).

Figura 31 - Número de participantes com acerto integral de cada item do guia de atividade de Calorimetria.



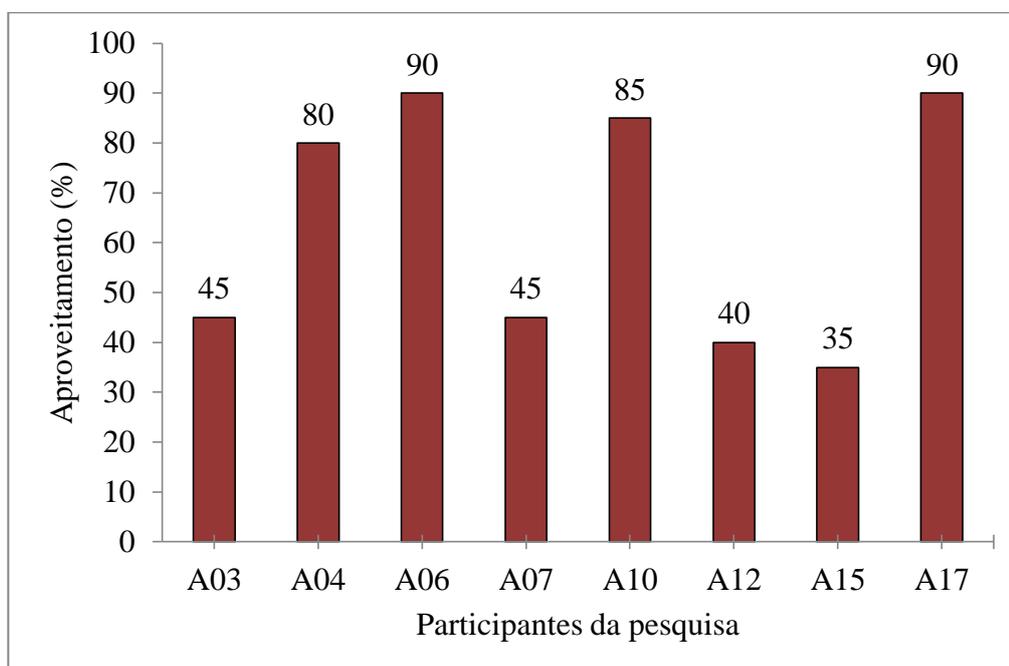
A observação dos dados da Figura 31, nos permite afirmar que os participantes conseguiram atingir com maior frequência os níveis cognitivos de baixa ordem (LOCS)

dentro das habilidades com menor exigência de cognição, por outro lado, em relação aos níveis cognitivos de alta ordem (HOCS) os participantes possuem uma maior dificuldade em desenvolver processos cognitivos mais elevados, como analisar e avaliar.

Cabe salientar que apesar de não conseguirem desenvolver processos cognitivos mais elevados, metade dos participantes conseguiram atingir o nível pretendido nos objetivos de aprendizagem na questão/item 06, em que era necessário avaliar os aspectos da utilização e desempenho de diferentes tipos de instrumentos de medida.

A Figura 32 apresenta o aproveitamento individual dos participantes na atividade de calorimetria.

Figura 32 - Aproveitamento percentual dos participantes na atividade de Calorimetria



Numa análise individual dos resultados descritos na Figura 32, podemos observar que metade dos participantes obtiveram um aproveitamento percentual satisfatório no conjunto da amostra.

8.4 Atividade de Termometria

A atividade de termometria compreende 3 guias de atividades, e sua análise qualitativa foi realizada com o auxílio do instrumento de análise desenvolvido para este trabalho.

Cabe salientar que o guia desta atividade compõe um total de 20 questões/itens, e para sua análise foram utilizados 3 parâmetros para análise das respostas, onde: 0 (zero) equivale a não contempla; 1 (um) equivale a contempla parcialmente e 2 (dois) contempla totalmente conforme estabelecido no instrumento de análise construído para a atividade de termometria apresentada no APÊNDICE G.

A Figura 33, apresentada abaixo, representa a análise individual por item e por participante da atividade de Termometria.

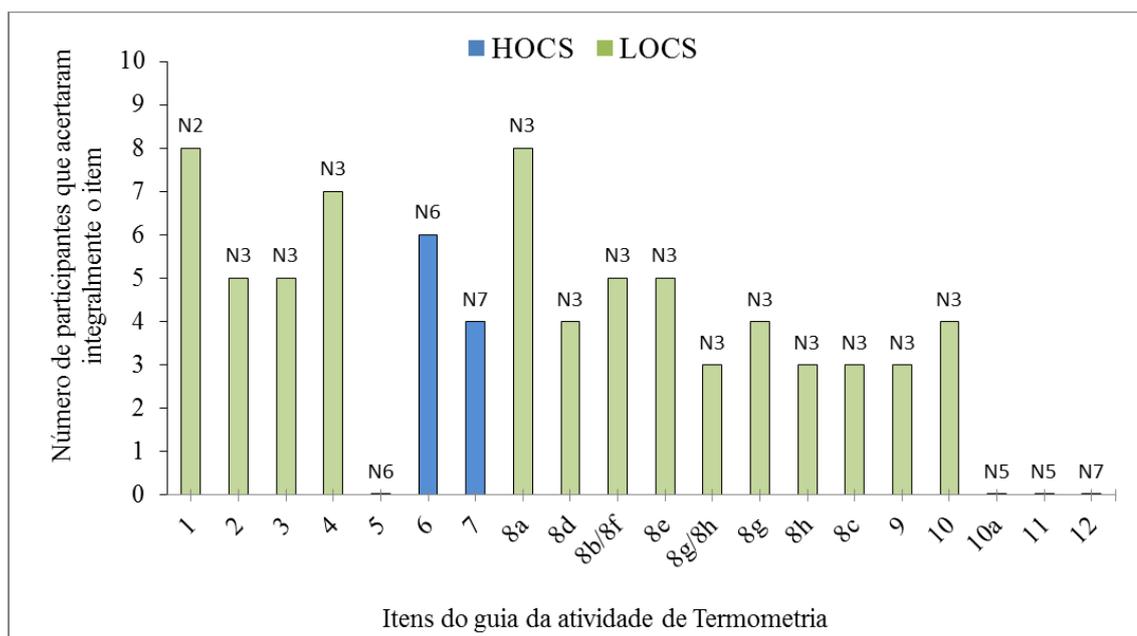
Figura 33 - Análise individual por item e por participante da atividade de Termometria

| Análise por item e por participante da atividade de Termometria | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|---|----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| Categoria | Nível Cognitivo | Habilidade (alvo) | Questão / Item | Pontuação dos participantes da pesquisa | | | | | | | | |
| | | | | A03 | A04 | A06 | A07 | A10 | A12 | A15 | A17 | |
| LOCS | N2 | Identifica as grandezas a serem medidas, demonstrando compreensão da situação problema. | 8a | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | | Classifica aspectos/equipamentos de segurança necessários à situação-problema e avalia o nível de risco envolvido. | 8d | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | |
| | N3 | Planeja procedimentos adequados para a coleta de dados/evidências e escolhe adequadamente os instrumentos ou equipamentos e reagentes disponíveis no laboratório. | 8b - 8f | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | |
| | | Planeja o destino dos resíduos gerados no experimento (tratamento ou descarte). | 8e | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | 2 | |
| | | Executa procedimentos adequados para a coleta de dados experimentais e lê corretamente os instrumentos de medida. | 8g - 8h | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | |
| | | Identifica observações relevantes nos dados/evidências coletados, e as reporta por escrito. | 8g | 0 | 2 | 2 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | |
| | | Representa e interpreta tabela de dados e gráficos, demonstrando compreensão da situação-problema (unidades, eixos, grandezas). | 8h | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | |
| | | Interpreta fenômenos físico-químicos com base em pressupostos teóricos. | 9 | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | |
| | | Compara resultados experimentais com predições. | 10 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | |
| | | Compara e faz inferências acerca de erros experimentais da situação-problema. | 8c | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 2 | |
| | | Faz predição correta acerca da situação-problema. | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| | | Indica dados/evidências para uma correta predição. | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | |
| | | Explica predição com base em pressupostos teóricos ou experimentais. | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | |
| | | Explica porque a predição feita não poderia ser outra(s) alternativa(s) proposta. | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | |
| HOCS | N5 | Avalia resultados experimentais quanto a sua consistência e concordância com resultados esperados. | 10a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Avalia hipóteses elaboradas e as confronta com dados/evidências experimentais. | 11 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | |
| | N6 | Propõe contra-argumento(s) para discordar da opção escolhida. | 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| | | Propõe argumentos para sustentar sua escolha. | 6 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | |
| | N7 | Sugere ou elabora hipótese(s) acerca da compreensão da situação-problema ou de relações causais da situação-problema. | 7 | 1 | 2 | 0 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | |
| | | Verifica hipótese(s), a partir de confrontando de resultados experimentais com predições. | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Somatório da pontuação atingida por participante | | | | 19 | 29 | 30 | 27 | 31 | 18 | 20 | 32 | |

A Figura 33, demonstra os dados relativos a análise das respostas dos participantes deste estudo descritas nos 3 guias que compõem a atividade de termometria.

Na Figura 34, apresentamos para cada item do guia, o número de participantes que acertaram integralmente a questão/item, destacando os níveis cognitivos categorizados em LOCS, representando as habilidades cognitivas de baixa ordem (N2, N3 e N4) e HOCS, representando as habilidades cognitivas de alta ordem (N5 e N6).

Figura 34 - Número de participantes com acerto integral de cada item do guia de atividade de Termometria. Os níveis cognitivos estão também indicados na figura, categorizados em LOCS e HOCS



A observação dos dados da Figura 34, nos permite afirmar que os participantes conseguiram atingir com maior frequência os níveis cognitivos de baixa ordem (LOCS) dentro das habilidades com menor exigência de cognição, por outro lado, em relação aos níveis cognitivos de alta ordem (HOCS) os participantes possuem uma maior dificuldade em desenvolver processos cognitivos mais elevados, como analisar e avaliar.

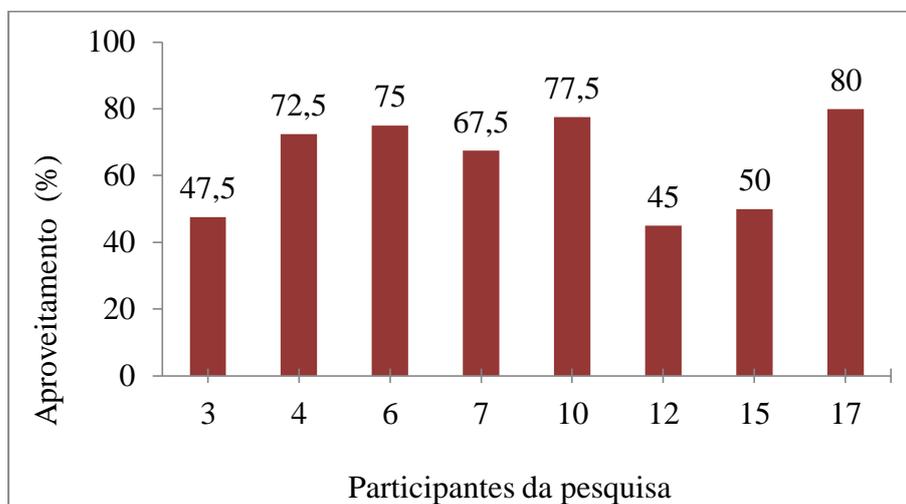
Salienta-se que os objetivos de aprendizagem pretendidos nas questões/itens 06 e 07, observou-se que 6 participantes conseguiram desenvolver processos cognitivos mais elevados na questão/item 06, e que metade dos participantes da amostra na questão/item 07 também conseguiram atingir processos cognitivos mais elevados.

Outra questão a ser salientada é que nas questões/itens 10a, 11 e 12, nenhum participante conseguiu desenvolver habilidades de argumentação, de avaliação de resultados experimentais e de verificação de hipóteses confrontando os dados/evidências

obtidos na fase experimental com a predição manifestada perante a situação-problema na fase pré-experimental.

A Figura 35 representa o aproveitamento individual dos participantes na atividade de termometria.

Figura 35 - Aproveitamento percentual dos participantes na atividade de Termometria



Na análise individual dos resultados demonstrada na Figura 35, podemos observar que apesar dos participantes não atingirem os níveis cognitivos de alta ordem (HOCS) pretendidos na atividade de termometria, eles mantiveram um aproveitamento percentual satisfatório nos níveis cognitivos de baixa ordem (LOCS).

8.5 Opinião dos participantes

As questões propostas aos participantes, apresentada no APÊNDICE H, formam:

1) O que mais chamou sua atenção nas aulas experimentais de Físico-Química sobre Curva de Resfriamento e Entalpia de Reação? Justifique.

2) Qual(is) dificuldade(s) você encontrou para responder às questões nos guias das atividades destas aulas?

3) Qual(is) dificuldade(s) você encontrou para desenvolver as atividades experimentais nestas aulas?

4) Como você avalia o uso do termômetro eletrônico com aquisição de dados nestas aulas?

5) De que forma os conhecimentos teóricos lhe auxiliaram nestas aulas experimentais?

6) Como você avalia estas aulas?

Considerando as relações propostas na Figura 3 entre os participantes (sujeitos) e os conhecimentos de química (objetos de conhecimento), mediados pelo instrumento, aqui entendido como o termômetro eletrônico com o sistema de aquisição automática de dados e demais instrumentos técnicos presentes no laboratório, com as relações percebidas pelos participantes da pesquisa apresentadas no Quadro 21, passamos a apresentar e discutir a opinião dos participantes.

Quadro 21 – Relações percebidas pelos participantes da pesquisa

| Relação | Descrição das relações |
|-----------|--|
| Relação 1 | Relações percebidas pelo participante entre ele e o(s) instrumento(s). |
| Relação 2 | Relações percebidas pelo participante entre o(s) instrumento(s) e o(s) objeto(s) de conhecimento(s). |
| Relação 3 | Relações percebidas pelo participante entre ele e o(s) objeto(s) de conhecimento(s) |
| Relação 4 | Relações triádica percebidas pelo participante entre ele, o(s) objeto(s) de conhecimento(s) e o(s) instrumento(s). |

8.5.1 Respostas dos participantes acerca do que mais chamou a atenção deles nas aulas experimentais de físico-química sobre curva de resfriamento e entalpia de reação

As respostas dadas pelos participantes estão apresentadas no Quadro 22. A maioria dos participantes (6 dentre 8 participantes) destacou a relação entre eles próprios, os sujeitos, e o(s) instrumento(s) que foram utilizados para a realização das atividades experimentais (A03, A04, A06, A07, A10, A12). Esta relação é identificada no Quadro 21 como Relação 1.

Quadro 22 - Respostas à Questão 1 acerca do que mais chamou atenção dos participantes nas aulas de físico-química experimental. A sigla NDR indica nenhuma das relações

| Participante | Resposta | Relações percebidas conforme Quadro 21 |
|--------------|---|--|
| A03 | A facilidade de obter os gráficos com o termômetro eletrônico. | Relação 1 |
| A04 | O termômetro eletrônico, pois existe a formação do gráfico em tempo real e a medição precisa da temperatura. | Relações 1, 2 |
| A06 | Utilização de meios computacionais para obtenção mais precisa e mais exata de dados. | Relação 1 |
| A07 | A utilização de um termômetro preciso e fácil de usar, o termômetro eletrônico. | Relação 1 |
| A10 | A variação que existe nas medidas capturadas pelos dois tipos de termômetros usados, destacando, o termômetro eletrônico, onde a precisão e exatidão são melhores e através do software, à realização das curvas no momento das variações de temperatura. | Relações 1, 2 e 4 |
| A12 | O uso do termômetro eletrônico. | Relação 1 |
| A15 | Entender o equilíbrio de fases, ver como é em prática. | Relação 3 |
| A17 | O que mais chamou minha atenção foi à metodologia utilizada. Investigar as concepções prévias dos alunos sobre o assunto, depois fazermos o experimento e a seguir escrever nossas conclusões, fazem com que a aula seja mais produtiva e satisfatória. | NDR |

Na relação identificada pelos 6 dos 8 participantes (Relação 1), 5 deles destacaram o uso do termômetro eletrônico (A03, A04, A07, A10, A12) pela obtenção de gráficos ou dados em tempo real (A03, A04, A06, A10), ou pela facilidade de uso (A03, A07). A precisão e exatidão de dados, dentre eles a temperatura, a que se referem (A04, A06, A07, A10) foram percebida por eles como importante, que é relacionada à atividade experimental de Calorimetria, em que os acadêmicos realizaram procedimentos para medidas de temperatura na determinação da capacidade calorífica do calorímetro utilizado e da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio; para ambos os procedimentos, os acadêmicos executaram os procedimentos, ora com o termômetro de vidro, ora com o termômetro eletrônico, comparando os dados obtidos pelo uso do termômetro de líquido em vidro e pelo uso do termômetro eletrônico. De fato, essa percepção na diferença entre o uso instrumentos de medida de temperatura nesta atividade experimental era esperada, uma vez que o planejamento desta atividade pretendeu justificar o uso do termômetro eletrônico construído neste trabalho frente ao uso do termômetro de líquido em vidro.

A Relação 2, entre os instrumentos e os objetos de conhecimento de química (Quadro 21), foi percebida pelos participantes A04 e A10, com desta que para o uso do termômetro eletrônico para a “realização das curvas no momento das variações

de temperatura” (A10) e para “a formação do gráfico em tempo real” (A04). Um dos participantes (A10), em sua resposta, sugere uma relação triádica entre ele próprio, o instrumento termômetro eletrônico e os objetos de conhecimentos representacionais em química (Relação 4 do Quadro 21).

A Relação 3 foi destacada pelo participante A12 entre ele próprio e os objetos de conhecimento, quando se refere que o que chamou sua atenção foi “Entender o equilíbrio de fases, ver como é em prática.

A resposta apresentada pelo participante A17 revela que a metodologia utilizada na atividade experimental de termometria foi o que mais chamou sua atenção, desse modo a participante não se enquadra em nenhuma das relações apresentadas no Quadro 21, porém ela explicita exatamente o que a atividade de Termometria pretendia nas três etapas propostas, primeiro a refletissem sobre o experimento (Fase da Predição), depois na fase experimental a execução do experimento e na fase pós-experimental a verificação, ou seja, a conclusão das hipóteses elaboradas na predição frente ao experimento.

8.5.2 Resposta dos participantes em relação à avaliação quanto ao uso do termômetro eletrônico com aquisição de dados nas aulas experimentais de físico-química

Quadro 23 - Respostas à Questão 4 relacionada a avaliação dos participantes acerca uso do termômetro eletrônico com aquisição de dados nas aulas

| Participante | Resposta | Relações percebidas conforme Quadro 21 |
|--------------|---|--|
| A03 | Bom, é de grande ajuda na hora de obter os gráficos, torna a aula mais rápida. | Relações 1 e 2 |
| A04 | Bastante prático. É uma maneira precisa e fácil de medir determinadas temperaturas. | Relação 1 |
| A06 | O armazenamento de dados e a construção de gráficos são importantes para todo cientista avaliar seus resultados. O termômetro eletrônico facilitou estas funções. | Relações 1, 2, 3 e 4 |
| A07 | O T.E.A.A.D é bastante fácil de usar, preciso e interessante. | Relação 1 |
| A10 | Muito boa, pois permite a visualização de desenvolver o gráfico, mostrando o crescimento ou o decaimento da curva. | Relações 1, 2, 3 e 4 |
| A12 | Muito bom, super interessante e muito útil. | Relação 1 |
| A15 | Bem mais preciso, facilitando ler um resultado melhor. | Relação 1 |
| A17 | Bem útil e preciso, com dados claros, mais exatos e sem tanta perda de informação quanto o de vidro. Fora o fato de ainda expressar um gráfico. | Relação 1, 2 |

Todos os participantes identificaram a relação entre eles e o instrumento, o termômetro eletrônico (Relação 1); eles destacam as vantagens na utilização do termômetro eletrônico, dentre elas, facilidades de uso do termômetro (A04, A06, A07, A15), precisão (A04, A07, A15 e A17), por ser útil (A12, A17), por ser interessante, provavelmente querendo se referir ao aspecto da novidade (A07, A12) e na comparação de medidas de leitura ao termômetro de líquido em vidro (A17).

A relação entre os instrumentos e os objetos de conhecimento de química (Relação 2, Quadro 21), foi percebida pelos participantes quando destacam a obtenção, desenvolvimento ou construção de gráficos (A03, A06, A10, A17).

Quanto a relação entre o participante, o instrumento e o objeto de conhecimento, os participantes A06 e A10 sugerem uma relação triádica entre estes 3 elementos em suas respostas, uma vez que há ênfase no “armazenamento de dados... importante para todo cientista avaliar seus resultados” (A06) e na “visualização ao desenvolver gráficos mostrando o crescimento ou decaimento da curva” (A10).

8.6 O que diz a pesquisadora

Esta pesquisa se insere no laboratório didático de química do ensino superior, com base experiência profissional da pesquisadora, que atua como técnica em química nos laboratórios didáticos de ensino da Universidade. Nesta perspectiva, a pesquisadora desenvolve diariamente trabalhos técnicos envolvendo preparação, desenvolvimento e o acompanhamento das atividades prático-experimentais voltadas ao ensino de química, bem como atividades voltadas à pesquisa científica na graduação e cursos de extensão da Instituição.

O olhar da pesquisadora, oriundos de sua experiência discente, profissional e de sua formação química, não se restringe apenas na execução de trabalhos técnicos em laboratórios didáticos de forma mecânica. A concepção da pesquisadora sempre envolveu questionamentos sobre a aprendizagem dos discentes, durante as atividades experimentais, tais como: “o que o aluno está aprendendo?”, ou ainda, “será que eles não estão conseguindo entender algo?”.

Diante destes questionamentos, a pesquisadora sempre colaborou com os docentes, que utilizam o laboratório didático, no intuito de ajudá-los a planejar didaticamente atividades experimentais de outra forma, ou seja, tentar outras metodologias, por meio

de novos experimentos ou pela utilização de outras soluções, equipamentos, procedimentos, etc. Esta busca para melhorar o processo de ensino aprendizagem dos discentes, se deve ao fato de conhecer a importância pedagógica das atividades práticas experimentais na formação acadêmica dos alunos e também por saber que estas atividades influenciarão diretamente na carreira dos acadêmicos, independente da área de atuação pretendida.

Diante desta realidade, surge à aluna do mestrado profissional em ensino de ciências, trazendo consigo todos estes questionamentos, entre eles refletir sobre sua prática e sobre a prática docente necessária para contribuir efetivamente na melhoria das atividades experimentais dos laboratórios didáticos de química.

No decorrer da aplicação das atividades didáticas, propostas por este trabalho, percebemos que atividades prático-experimentais são importantes no processo de ensino e aprendizagem nos laboratórios didáticos. Estas atividades oportunizam aos acadêmicos a experiência em situações que envolvem diferentes experimentos, ocorrendo à interação do acadêmico com os instrumentos de aprendizagem.

Entendemos que no processo de planejamento destas atividades, o professor deve definir as habilidades cognitivas que deseja que os acadêmicos atinjam e apoiadas na capacidade argumentativa dos acadêmicos. Esta interação entre o sujeito e o objeto do conhecimento, bem como entre o instrumento e objeto de conhecimento, são essenciais na formação dos acadêmicos, promovendo assim a autonomia do profissional, o caráter investigativo, além de aproximar o acadêmico de situações reais que serão encontradas no mercado de trabalho, contribuindo plenamente para uma melhoria no ensino de química.

Podemos dizer que, diante da análise dos resultados obtidos nos guias de atividade, das duas atividades propostas por este estudo, a maioria dos acadêmicos demonstraram níveis cognitivos concentrados em LOCS. Contudo, destacaram-se alguns acadêmicos da amostra, mesmo que inicialmente, conseguiram desenvolver habilidade com níveis HOCS. Estes baixos resultados em HOCS nos comprovam que, os acadêmicos não estão acostumados com atividades que envolvam argumentação, pensamento crítico e científico. Em relação à análise qualitativa das atividades, confirmamos que os acadêmicos não estão familiarizados com atividades práticas experimentais e teóricas que envolvam argumentação e reflexão.

Neste sentido, pensamos que, a presença deste tipo de atividades fizesse parte da rotina dos acadêmicos em todos os componentes curriculares dos cursos da área de química, eles teriam por hábito, argumentar, fundamentar, elaborar hipóteses, propor argumentos e contra argumentos que confirmariam que eles dominam o conhecimento teórico e prático-experimental, fundamentando uma justificativa para sua explicação de forma coerente em termos de sua conclusão (HOCS).

As atividades propostas neste trabalho podem ser aplicadas de forma mais aprofundada, desenvolvendo mais a parte teórica e relacionando os dados obtidos na proposição de atividades complementares. Porém, este estudo tem como foco principal a construção e avaliação do termômetro eletrônico com aquisição automática de dados.

No entanto, este trabalho sugere propostas de atividades didáticas aplicadas no ensino de físico-química experimental, como também propõe a utilização de outros materiais complementares, entre eles, destacam-se: o teste de conhecimento e o teste de motivação. Estes materiais complementares foram discutidos, analisados e validados no corpo deste trabalho e demonstraram-se extremamente satisfatórios para fins didáticos.

9 CONCLUSÃO

O ensino de química, atualmente vem sendo discutido amplamente entre educadores e pesquisadores da área, e os estudos sobre este assunto tem revelado que existem diversos fatores que ocasionam a desmotivação dos alunos, acarretando uma grande dificuldade na compreensão dos conceitos e/ou fenômenos químicos. Em relação ao ensino superior, esta realidade não se tem demonstrado muito diferente, visto que, mesmo em cursos de graduação, o ensino de química ainda segue os modelos das atividades prático-experimentais, realizadas nos laboratórios de ensino tradicional.

Do ponto de vista educacional, o uso da tecnologia não garante vantagens no aprendizado, mas pode ser um auxiliar quando utilizada em conjunto com estratégias instrucionais adequadas. A utilização de sistemas de instrumentação com sensores e aquisição automática de dados potencializa abordagens diferenciadas para as aulas de ciências, enfatizando-se a compreensão dos fenômenos físicos e minimizando o tempo gasto no trabalho de registro e tratamento estatístico dos dados. A abordagem adotada neste trabalho permite ampliar a função tradicional do laboratório didático dos currículos atuais, caracterizada como complementar às aulas teóricas ou com ênfase na aprendizagem procedimental, tornando o laboratório um espaço de aprendizagem mais dinâmico, participativo e integrado as demais disciplinas, em especial propiciando espaço para atividades argumentativas e reflexivas.

Este estudo teve como foco principal o projeto, a construção e a avaliação de um termômetro eletrônico com termistor, associado à plataforma Arduino, para a aquisição de dados e para a comunicação digital com o computador. A avaliação deste produto compõe dois momentos: a construção e calibração do instrumento de medida de temperatura e como apoio no planejamento e implantação de atividades didáticas experimentais investigativas voltadas à compreensão dos fenômenos químicos e ao desenvolvimento de habilidades de argumentação científica.

O termômetro eletrônico desenvolvido caracteriza-se como um produto educacional resultante desta dissertação, apresentou excelente exatidão e facilidade de uso, aliado ao baixo custo de construção e simplicidade de projeto, tornando viável aos interessados replicarem o equipamento para uso em outros projetos educacionais. A aplicação

do termômetro eletrônico desenvolvido em atividades práticas de físico-química validou com sucesso a sua aplicação em atividades didáticas.

Este estudo proporcionou aos acadêmicos situações experimentais pouco exploradas nos laboratórios didáticos, provavelmente pelo tempo dedicado na coleta de dados necessários à construção de uma curva de resfriamento, ou pela dificuldade de coleta de dados e imprecisão de dados obtidos, seja na calibração do calorímetro ou na medição de variação de temperaturas muito pequenas, comumente resultantes de reações químicas, dificultando assim, a determinação da entalpia de reação. Estas dificuldades foram supridas pela utilização do termômetro eletrônico com aquisição automática de dados, tornando possível desenvolver experimentos com mais agilidade na coleta de dados, menor demanda de tempo e representação gráfica em tempo real, sobrando mais tempo para refletir sobre o fenômeno envolvido.

As atividades didáticas experimentais não foram somente planejadas para avaliar a utilização do termômetro eletrônico construído, mas também para propor o desenvolvimento de habilidades cognitivas mais complexas, numa perspectiva de laboratório investigativo, envolvendo o acadêmico em situações diferentes do ensino tradicional, contribuindo assim no seu crescimento intelectual.

A atividade experimental de termometria foi planejada, segundo a teoria argumentativa de Lawson, prevendo 3 fases (predição, experimentação e verificação), onde procuramos possibilitar aos acadêmicos desenvolver sua capacidade argumentativa, articulando os conceitos teóricos à prática-experimental, instigando seu pensamento crítico e reflexivo, promovendo enfim, a checagem de hipóteses e despertando seu caráter investigativo, contribuindo assim para um processo de aprendizagem mais satisfatório dos acadêmicos envolvidos nas atividades.

Os objetivos de aprendizagem das atividades, sugeridas neste estudo, foram planejadas e organizadas com base nos níveis cognitivos, propostos na Taxonomia de Bloom revisada de Objetivos Educacionais. Esta ferramenta (Taxonomia) foi de suma importância em todo o processo da pesquisa, pois contribuiu no planejamento didático da atividade, auxiliando tanto na elaboração dos guias de atividade no que se refere à organização das questões, quanto na construção dos instrumentos de análise construídos

neste estudo para cada atividade, o que possibilitou à pesquisadora uma análise qualitativa dos guias.

A utilização de sistemas com aquisição automática de dados na área do ensino de química dentro das Universidades restringem-se em geral aos laboratórios de pesquisa ou análise química. Evidenciam-se poucos estudos da área de ensino de química que associam a utilização da aquisição automática de dados a atividades experimentais. Esses trabalhos diferem-se da proposta deste estudo por terem seu foco restrito à parte experimental durante sua execução, ou seja, detalham a parte experimental, apresentando detalhes construtivos de alguns equipamentos e projeto de experimentos. No entanto, nenhuma dos trabalhos anteriores teve como foco a aplicação para fins didáticos. Sendo assim, não relatam os resultados obtidos dentro de uma sala de aula, como a proposta apresentada neste trabalho, que além de construir um termômetro eletrônico com aquisição automática de dados, avaliou a utilização deste instrumento de apoio a atividades práticas experimentais no laboratório didático de físico-química experimental bem como, possibilitou a análise de resultados quantitativamente e qualitativamente.

É importante relatar, que atividades envolvendo a utilização de instrumentos acoplados a sistemas de aquisição de dados, como as atividades experimentais propostas neste estudo, oportunizam o acadêmico o contato com práticas reais, instrumentos comuns utilizados no mercado de trabalho, sendo assim, este tipo de aplicação de atividades didáticas que utilizam sistemas de aquisição de dados para a área do ensino de química justifica a importância e a relevância deste estudo. Acreditamos que o planejamento de atividades práticas utilizando tais sistemas represente uma inovação nas formas de ensinar e de aprender ciências, e contribua efetivamente na difusão de novas práticas experimentais que permitam o desenvolvimento mais acelerado de processos cognitivos de ordem mais elevada nos estudantes.

Cabe salientar, ainda como resultado deste trabalho que os instrumentos de apoio construídos para auxiliar as atividades experimentais, bem como o teste de conhecimento construído para este estudo e o teste motivação para aprender utilizado neste trabalho demonstraram que os acadêmicos conseguiram reconstruir conceitos teóricos e conhecimentos empíricos, além de comprovar uma maior apropriação de conceitos físico-químicos demonstrados nas atividades práticas experimentais propostas neste estudo.

Neste sentido, podemos afirmar que o desenvolvimento de atividades prático-experimentais bem planejadas, que utilizam novas práticas docentes e novas percepções sobre o ensino de química na Universidade, desperta o interesse dos acadêmicos por aprender, instiga o caráter investigativo, o pensamento crítico e reflexivo, e contribui assim, para uma melhoria do ensino de química nas instituições de ensino superior, propiciando efetivamente uma aprendizagem baseada na construção do conhecimento e da argumentação científica.

REFERÊNCIAS

- Arduíno.** Disponível em: <www.arduino.cc>. Acesso em: 16 maio. 2015.
- ATKINS, P. W. **Físico-Química-Fundamentos.** 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC Livros Técnico e Científicos Editora, 2003.
- 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.
- BORUCHOVITCH, E. ESCALA DE MOTIVAÇÃO PARA APRENDER DE UNIVERSITÁRIOS (EMA-U): PROPRIEDADES PSICOMÉTRICAS. **Avaliação Psicológica-Unicamp**, v. 7, n. 2, p. 127–134, 2008.
- 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.
- BZUNECK, J. A. A motivação do aluno: aspectos introdutórios. In: BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A. (Eds.). **A motivação do aluno: contribuições da psicologia contemporânea.** Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2001. p. 183.
- 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.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 4, p. 4503–4503, 2011.
- CHAIL, T.; DRAXLER, R. R. Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? – Arguments against avoiding RMSE in the literature. **Geosci. Model Dev**, v. 7, p. 1247–1250, 2014.
- COLL, C.; MARTÍ, E. Aprendizagem e desenvolvimento: a concepção genético-cognitiva da aprendizagem. In: COLL, CÉSAR; MARCHESI, ÁLVARO; PALACIOS, J. (ORGS) (Ed.). **Desenvolvimento psicológico e educação: psicologia da educação escolar.** V.2 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. p. 472.
- DALE, E. **Audio-Visual Methods in Teaching.** 1. ed. New York: Dryden Press, 1946.
- Education.com.** Disponível em: <<http://www.education.com/reference/article/item->

analysis/>. Acesso em: 23 maio. 2015.

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.

GIL PEREZ, D. et al. Tiene Sentido Seguir Distinguiendo Entre Aprendizaje De Conceptos, Resolucion De Problemas De Lapiz Y Papel Y Realizacion De Practicas De Laboratorio? **Enseanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas**, v. 17, n. 2, p. 311–320, 1999.

GOMES, A. D. T. et al. Formação e desenvolvimento das habilidades relativas ao processo de investigação científica mediado por sensores. In: MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. (Eds.). . **II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Valinhos, SP: ABRAPEC, 1999. v. Iip. 1–9.

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.

GUADAGNINI, P. H.; ROCHA, F. S. DA; BARLETTE, V. E. Projeto de um sensor eletrônico baseado em extensometria para medição de força. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31 n.1, p. 124–148, 2011.

GUIMARÃES, S. É. R. Motivação intrínseca, extrínseca e o uso de recompensas na sala de aula. In: BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A. (Eds.). . **A motivação do aluno: contribuições da psicologia contemporânea**. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2001. p. 183.

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.

HANSMAN, J. R. J. Characteristics of Instrumentation. In: **Measurement, instrumentation, and sensors handbook**. New York: CRC Press LLC, 1999.

HIRÇA, N. The Influence of Hands on Physics Experiments on Scientific Process Skills According to Prospective Teachers' Experiences. **European J of Physics Education**, v. 4, p. 1–9, 2013.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 299–313, 1994.

KRATHWOHL, D. R. A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. **College of Education, The Ohio State University**, v. 41, n. 4, 2002.

LAUDARES, F. A. L. et al. Instrumentação para Ensino de Física da UFRuralRJ: experiências docentes para a introdução tecnológica. **Revista de Formación e Innovación Educativa Universitária**, v. 7, p. 51–58, 2014.

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.

LOPES, B. DE M. M. I. Termometria e Física Térmica através do computador. 2007.

MARTINAZZO, C. A. et al. ARDUINO : UMA TECNOLOGIA NO ENSINO DE FÍSICA. **PERSPECTIVA, Erechim**, v. 38, n.143, p. 21–30, 2014.

MARZZACCO, C. J. The effect a change in the catalyst on the entalpy of decomposition of hydrogen peroxide. **Journal od Chemical Education**, v. 13, n. November, p. 16–17, 2008.

MATTOS, I. L. DE et al. Peróxido De Hidrogênio: Importância E Determinação. **Quim. Nova**, v. 26, n. 3, p. 373–380, 2003.

MELLIS, D. A.; IGOE, T. Arduino : An Open Electronics Prototyping Platform. p. 1–11, 2007.

MIRALDO, J. R. **EXPERIMENTAÇÃO EM QUÍMICA : ALTERNATIVAS PARA A TERMOQUÍMICA NO ENSINO MÉDIO** Aluno : João Rogério Miraldo Orientador : Prof . Dr . José de Alencar Simoni Fevereiro de 2008. [s.l.] UNICAMP, 2008.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. 1. ed. São Paulo, SP: Editora Livraria da Física, 2011.

NETO, A. J. S.; ZOLNIER, S. Avaliação de circuito eletrônico para medição de temperatura em instalações agrícolas por meio da porta aberta de um computador. v. 276, n. 2006, p. 1111016, 2008.

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.

REGO, T. C. **Vigotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. 22. ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2011.

ROCHA, F. S. DA; GUADAGNINI, P. H. Sensor sonar de movimento para ensino de Física experimental. **Caderno**, v. 4 n.2, p. 306–315, 2010.

ROCHA, F. S. DA; GUADAGNINI, P. H. Projeto de um sensor de pressão manométrica para ensino de física em tempo real. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 124 – 148, 2013.

ROSA, P. R. D. S.; MOREIRA, M. A. **Uma Introdução a Pesquisa Quantitativa em**

Ensino. [s.l.] Ed. UFMS, 2013.

SANTOS, A. L. A. DOS. **Desenvolvimento de equipamentos de baixo custo. Nova metodologia para o ensino de química no nível secundário.** Lisboa: Universidade de Lisboa. Faculdade de Ciências, 2005.

SARDÁ, J.; SANMARTÍ & ANNA, P. N. Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 3, p. 405–422, 2000.

SIAS, D. B. Textos de apoio ao professor de física: aquisição automática de dados como elemento motivador de discussões conceituais. 2008.

SIAS, D. B.; RIBEIRO-TEIXEIRA, R. M. Resfriamento de um Corpo : a Aquisição Automática de Dados Propiciando Discussões conceituais no Laboratório Didático de Física no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 360–381, 2006.

SOKOLOFF, DAVID R LAWS, PRISCILLA W THORNTON, R. K. Active learning of introductory optics : Strategies for the U . S . and the developing World. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 6, n. August, p. 16–22, 2012.

SOKOLOFF, DAVID R; LAWS, PRISCILLA W; THORNTON, R. K. : Active Learning Labs Transforming the Introductory Laboratory. **European Journal of Physics**, v. 28, n. 3, p. S83–S94, 2007.

SOURCE, O. **Discover an open source world.** Disponível em: <<http://opensource.com/resources/what-open-source>>. Acesso em: 16 maio. 2015.

SOUZA, A. R. DE et al. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 01–05, 2011.

STEFFENS, C. A. Um olhar sobre medidas em física. 2008.

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

SUART E MARCONDES. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa Resultados e Discussão. **International Journal**, v. 1, n. 6, p. 2002–2002, 2008.

THORNTON, R. Effective learning environments for computer supported instruction in the physics classroom and laboratory. **Research in Physics Education With Teacher Education**, 2008.

URBAN, P. L. Open-Source Electronics As a Technological Aid in Chemical Education. p. 751–752, 2014.

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

VEIT, E. A.; SILVA, L. F. Uma experiência didática com aquisição automática de dados no laboratório de física do ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 3, p. 18–32, 2006.

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.

ZAIONTZ, C. **Real Statistics Using Excel**. Disponível em: <<http://www.real-statistics.com>>. Acesso em: 23 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 A - Teste de Conhecimentos

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 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e o ponto de ebulição normal da água é $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. É correto afirmar que:

- as fases sólida e líquida da água podem existir num estado de equilíbrio a 1 atm de pressão quando a temperatura for $100\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- as fases sólida e líquida da água podem existir num estado de equilíbrio a 1 atm de pressão quando a temperatura for $0\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- as fases líquida e gasosa da água podem existir num estado de equilíbrio a 1 atm de pressão quando a temperatura for $0\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 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.

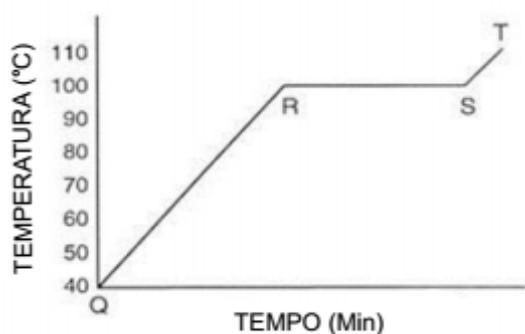
| Composto | Ponto de ebulição ($^{\circ}\text{C}$) |
|-----------------------|--|
| HF(l) | 19,4 |
| CH ₃ Cl(l) | -22,2 |
| CH ₃ F(l) | -78,6 |
| HCl(l) | -83,7 |
| HI(l) | -34,0 |

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

- HF(l);
- CH₃F(l);
- CH₃Cl(l);
- HCl(l);
- 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 inter-

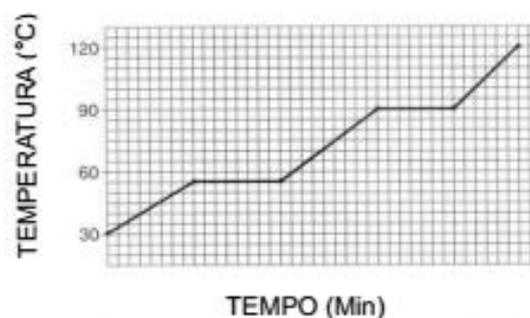
moleculares e no segmento RS as moléculas de água têm sua energia cinética elevada, com conseqüente aumento de temperatura da amostra;

c) No segmento QR as moléculas de água têm sua energia cinética elevada, com conseqüente 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.



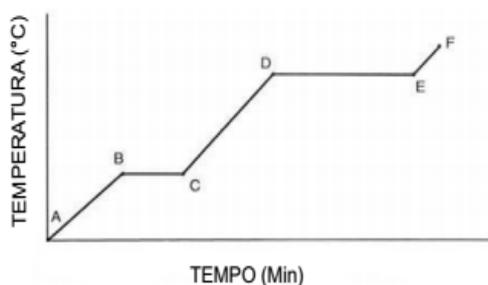
Pode-se afirmar que o ponto de fusão desta substância é:

- 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 condu-

tividade 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 con-

tém 500,0 g de água, o calor envolvido na reação de combustão do propano é:

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

14) Considerando que o vaso calorimétrico contendo o oxigênio e o propano seja definido como um sistema fechado de volume constante, e o banho de água a vizinhança deste sistema, 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 da vizinhança, ΔT ;
- d) Variação de energia interna do sistema fechado, ΔU ;
- e) Variação de energia de Gibbs do sistema fechado, 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

APÊNDICE B - Guia da Atividade Experimental de Calorimetria

DETERMINAÇÃO DA ENTALPIA DE DECOMPOSIÇÃO DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

| |
|--|
| <p>Introdução:</p> <p>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.</p> |
| <p>Objetivo:</p> <p>Determinar a entalpia molar de decomposição do peróxido de hidrogênio em solução aquosa, utilizando fermento biológico como catalisador.</p> <p>A reação é exotérmica: $\text{H}_2\text{O}_{2(l)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)} + 1/2 \text{O}_{2(g)}$</p> |
| <p>Fundamentação para o trabalho experimental:</p> <p>Etapa 1 – Determinação da entalpia molar de reação de decomposição do peróxido de hidrogênio</p> <p>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:</p> $q = m c \Delta T \quad (1)$ <p>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).</p> <p>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 béquer 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.</p> <p>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_j, segundo:</p> $q = m_{\text{H}_2\text{O}} c_{\text{H}_2\text{O}} \Delta T + C_{\text{cal}} \Delta T \quad (2)$ <p>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</p> |

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.

Etapa 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 100mL;
- Béquer de 100mL.

Procedimento:**Etapa 1 – Determinação da entalpia molar de reação de decomposição do peróxido de hidrogênio****Questão 2)**

- g) Feche o calorímetro posicionando o sensor do termômetro eletrônico de modo que a extremidade inferior do sensor fique próximo do fundo do calorímetro;
- h) Ajuste o software de aquisição de dados para iniciar o registro de temperatura;
- i) Adicionar 100,0 mL de H₂O₂ 3% m/v (com o auxílio de um funil pequeno);
- j) Aguarde a temperatura da solução estabilizar e anote a sua temperatura inicial (*T_i*);
- k) Adicionar 1 espátula de fermento biológico (com o auxílio de um funil pequeno) no interior do calorímetro;
- l) Agite levemente o calorímetro;
- m) 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;
- n) 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);

- o) Calcule a variação de temperatura da solução no interior do calorímetro segundo: $\Delta T = T_f - T_i$.
- p) 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)

- g) 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 ;
- h) Aquecer cerca de 70 mL água até cerca de 70°C em um béquer. 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 .
- i) Adicionar rapidamente a água aquecida no calorímetro, utilizando um funil pequeno;
- j) 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} .
- k) Calcule a diferença de temperatura entre a mistura e a água a temperatura ambiente, segundo $\Delta T_a = T_{mist} - T_1$;
- l) Calcule a diferença de temperatura entre a água aquecida e a mistura, segundo $\Delta T_b = T_2 - T_{mist}$.
- m) Repita o procedimento (passos de 1 a 6) utilizando um termômetro de líquido em vidro para as medidas de temperatura;
- n) Sistematize os dados obtidos na tabela abaixo:

| | $T_1 / ^\circ\text{C}$ | $T_2 / ^\circ\text{C}$ | $T_{mist} / ^\circ\text{C}$ | $\Delta T_a / ^\circ\text{C}$ | $\Delta T_b / ^\circ\text{C}$ |
|--------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Termômetro Eletrônico | | | | | |
| Termômetro de líquido em Vidro | | | | | |

Espaço para cálculos:

- o) 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 | $m_{H_2O}(aquecida)$ | | |
| Massa de água a temperatura ambiente | $m_{H_2O}(ambiente)$ | | |
| 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 ($-94,6$ 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?

APÊNDICE C - Guia da Atividade Experimental de Termometria – Fase da Predição

ATIVIDADE 02 - PRÁTICA EXPERIMENTAL PARA LEVANTAMENTO DA CURVA DE RESFRIAMENTO DO ÁCIDO ESTEÁRICO – FASE PRÉ-EXPERIMENTAL – PREDIÇÃO¹

Considere a seguinte situação-problema:

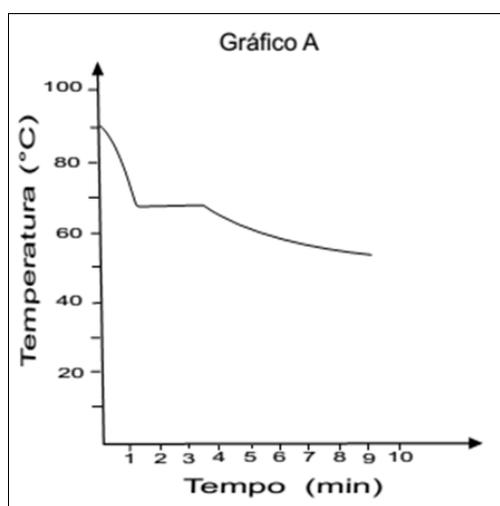
Em um experimento realizado em laboratório (à pressão constante) para estudar as mudanças de fase em substâncias puras, uma amostra de ácido esteárico líquido, cujo ponto de fusão é $69,3^{\circ}\text{C}$ é resfriada, e sua temperatura é registrada em função do tempo por 10 min. Os dados/evidências são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



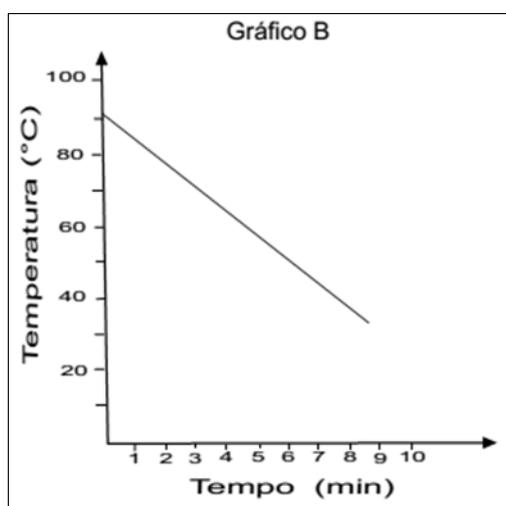
Fonte: Construção do Autor

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

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

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:

APÊNDICE D - Guia da Atividade Experimental de Termometria – Fase da Experimentação

PRÁTICA EXPERIMENTAL PARA LEVANTAMENTO DA CURVA DE RESFRIAMENTO - FASE EXPERIMENTAL

Colocação da situação-problema:

| |
|--|
| <p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. |
| <p>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.</p> |
| <p>a) Identificar as variáveis a serem medidas:</p> |
| <p>(b) Escolher os equipamentos e reagentes necessários, disponíveis no Laboratório Didático de Química:</p> |
| <p>c) Avaliar as principais fontes de erro experimental envolvidas:</p> |

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:

APÊNDICE E - Guia da Atividade Experimental de Termometria – Fase da Verificação

PRÁTICA EXPERIMENTAL PARA LEVANTAMENTO DA CURVA DE RESFRIAMENTO

FASE PÓS-EXPERIMENTAL – VERIFICAÇÃO

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.

APÊNDICE F - 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. | | | |

APÊNDICE G - 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. | | | |
| | | 8d | Classifica aspectos/equipamentos de segurança necessários à situação-problema e avalia o nível de risco envolvido. | | | |
| | N3 | 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. | | | |

APÊNDICE H - Questionário Opiniário

Prezado Acadêmico, gostaria que você respondesse às questões abaixo de acordo com a sua opinião. Sua colaboração é muito importante.

Obrigada!

| | | |
|--|--------|--------|
| Data: | Idade: | Turma: |
| Sexo: <input type="checkbox"/> Feminino <input type="checkbox"/> Masculino | | |

Questionário

- 1) O que mais chamou sua atenção nas aulas experimentais de Físico-Química sobre Curva de Resfriamento e Entalpia de Reação? Justifique.
- 2) Qual(is) dificuldade(s) você encontrou para responder às questões nos guias das atividades destas aulas?
- 3) Qual(is) dificuldade(s) que você encontrou para desenvolver as atividades experimentais nestas aulas?
- 4) Como você avalia o uso do termômetro eletrônico com aquisição automática de dados nestas aulas?
- 5) De que forma os conhecimentos teóricos lhe auxiliaram nestas aulas experimentais?
- 6) Como você avalia estas aulas?

APÊNDICE I - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPAÇÃO EM PESQUISA

Prezado Estudante,

Eu, Adriane Röedel Hirdes, sou mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa (PPGEC/UNIPAMPA), e estou enviando este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para solicitar sua autorização no que se refere a sua participação na pesquisa que realizo chamada “Projeto, Construção e Avaliação de um Termômetro Eletrônico com Aquisição Automática de Dados Aplicada ao Ensino de Físico-Química Experimental”.

A parte aplicada da pesquisa se desenvolverá no mês de abril de 2015 na UNIPAMPA, na cidade de Bagé, RS, e é vinculada ao PPGEC/UNIPAMPA. O objetivo geral deste estudo é o projeto, construção e avaliação de um termômetro eletrônico com aquisição automática de dados para o ensino e a aprendizagem de físico-química experimental, cuja finalidade é contribuir para a qualificação na formação inicial de professores de química. Este trabalho é realizado sob a orientação do Prof. Paulo Henrique Guadagnini, docente da UNIPAMPA.

Todo o processo será registrado, do início ao final da pesquisa, por meio de registros escritos nos guias de atividades dos estudantes, testes e questionários, e por registros orais e vídeo-filmados de episódios de ensino. Esses registros são parte instrumental deste estudo e tem finalidade apenas de cunho acadêmico e educativo, e não outro fim, enfatizando que a sua participação implica na utilização das informações fornecidas nesses registros unicamente com esta finalidade.

Nesta pesquisa, não são previstos riscos físicos ou psicológicos. Vale lembrar que você pode desistir de participar desta pesquisa a qualquer momento, sendo que a sua desistência não irá acarretar qualquer prejuízo a você. Ressalto que a sua participação na pesquisa é voluntária; portanto, caso você não queira tomar parte no estudo, você não deve assinar este Termo de Consentimento. Ressalta-se, também, que esta pesquisa não é remunerada, e, portanto, não caberá nenhum tipo de remuneração a você em razão desta pesquisa.

Os resultados desta pesquisa serão divulgados, posteriormente, em eventos científicos, em livros ou revistas técnicas ou científicas. Além disso, um relatório de pesquisa sobre o estudo será realizado por mim, na qualidade de pesquisadora. Como é usual em pesquisas deste tipo, o nome da Instituição e dos participantes serão mantidos em total sigilo, ou seja, não serão mencionados nomes em relatórios ou artigos, ou qualquer outro tipo de trabalho acadêmico, técnico ou científico que possam vir a ser publicados. Cabe-lhe, também, o direito de fazer perguntas sobre a pesquisa e de conhecer os resultados dela.

Local e Data: Bagé, 25 de março de 2015.

Nome do Pesquisador Responsável: Adriane Röedel Hirdes

Assinatura do Pesquisador Responsável: _____

TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Pelo presente Termo de Consentimento, eu, _____
 declaro que fui informado dos objetivos do estudo e concordo em participar do mesmo.

Local e Data: _____, _____ de _____ de 2015

Assinatura do Estudante Participante: _____

ANEXO A - Teste de motivação para aprender de universitários (BORUCHOVYTCH, 2008)

| Itens da Escala | Marque com um "X" somente uma alternativa abaixo | | | |
|--|--|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| | Concordo totalmente | Concordo parcialmente | Discordo parcialmente | Discordo totalmente |
| 1. Eu estudo porque estudar é importante para mim | | | | |
| 2. Eu faço faculdade para arranjar um emprego melhor | | | | |
| 3. Eu tenho vontade de estudar e aprender assuntos novos | | | | |
| 4. Eu só estudo para não me sair mal na universidade | | | | |
| 5. Eu estudo porque estudar me dá prazer e alegria | | | | |
| 6. Eu prefiro estudar assuntos fáceis | | | | |
| 7. Eu fico tentando resolver uma tarefa, mesmo quando ela é difícil para mim | | | | |
| 8. Eu estudo apenas aquilo que os professores avisam que vai cair na prova | | | | |
| 9. Eu faço meus trabalhos acadêmicos porque acho importante | | | | |
| 10. Eu só estudo porque quero tirar notas altas | | | | |
| 11. Eu estudo porque gosto de adquirir novos conhecimentos | | | | |
| 12. Eu faço faculdade por obrigação | | | | |
| 13. Eu gosto de estudar assuntos difíceis | | | | |
| 14. Eu desisto de fazer uma tarefa acadêmica, quando encontro dificuldade | | | | |
| 15. Eu procuro saber mais sobre os assuntos que gosto, mesmo sem meus professores pedirem | | | | |
| 16. Eu prefiro as tarefas relativamente simples e diretas | | | | |
| 17. Eu gosto de ir à faculdade porque aprendo assuntos interessantes lá | | | | |
| 18. Eu estudo apenas os conteúdos acadêmicos que irão cair na prova | | | | |
| 19. Eu fico interessado(a) quando meus professores começam um conteúdo novo | | | | |
| 20. Eu só estudo para ter um bom emprego no futuro | | | | |
| 21. Eu estudo porque quero aprender cada vez mais | | | | |
| 22. Eu estudo porque fico preocupado(a) que as pessoas não me achem inteligente | | | | |
| 23. Eu estudo mesmo sem ninguém solicitar | | | | |
| 24. Eu acredito que não tem sentido fazer um bom trabalho acadêmico se mais ninguém souber disso | | | | |
| 25. Eu gosto de estudar assuntos desafiantes | | | | |
| 26. Eu me esforço bastante nos trabalhos da faculdade, mesmo quando não vão valer como nota | | | | |

ANEXO B – Créditos das imagens

Figura 26 – Ácido esteárico à temperatura de 23 °C. Créditos à Luís Roberto Brudna Hölzle

Figura 27 – Ácido esteárico à temperatura ambiente após solidificação. Créditos à Luís Roberto Brudna Hölzle