

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO  
MESTRADO PROFISSIONAL EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA

Júlio César de Souza

APRENDIZAGEM ATIVA EM AULAS DE FÍSICA:  
o uso do Arduino em experimentos de Termodinâmica

Belo Horizonte

2019

Júlio César de Souza

APRENDIZAGEM ATIVA EM AULAS DE FÍSICA:  
o uso do Arduino em experimentos de Termodinâmica

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação e Docência da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação e Docência.

Linha de pesquisa: Ensino de Ciências

Orientador: Prof. Dr. Orlando Gomes de Aguiar Júnior

Belo Horizonte

2019

S729a  
T

Souza, Júlio César de, 1983-  
Aprendizagem ativa em aulas de física [manuscrito] : o uso do arduino em experimentos de termodinâmica / Júlio César de Souza. - Belo Horizonte, 2019. 173 f. : enc, il.

Dissertação -- (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

Orientador: Orlando Gomes de Aguiar Júnior.

Bibliografia: f. 67-70.

Apêndices: f. 71-173.

1. Educação -- Teses. 2. Ciências (Ensino médio) -- Estudo e ensino -- Teses. 3. Física -- Estudo e ensino (Ensino médio) -- Meios auxiliares -- Teses. 4. Física -- Estudo e ensino (Ensino médio) -- Métodos de ensino -- Teses. 5. Física -- Métodos experimentais -- Teses. 6. Arduino (Controlador programável) -- Teses. 7. Ciências (Ensino médio) -- Métodos experimentais -- Teses. 8. Ciências (Ensino médio) -- Métodos de ensino -- Teses. 9. Termodinâmica -- Estudo e ensino -- Teses. 10. Termodinâmica -- Métodos de ensino -- Teses. 11. Aprendizagem experimental -- Teses.

I. Título. II. Aguiar Júnior, Orlando Gomes de. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

CDD- 530.07

**Catálogo da Fonte : Biblioteca da FaE/UFMG (Setor de referência)**

Bibliotecário: Ivanir Fernandes Leandro CRB: MG-002576/O



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Aprendizagem ativa em aulas de Física: o uso do Arduino em experimentos de Termodinâmica**

**JÚLIO CÉSAR DE SOUZA**

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA/MP, como requisito para obtenção do grau de Mestre em EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA, área de concentração ENSINO E APRENDIZAGEM.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2019, pela banca constituída pelos membros:

  
Prof(a). Orlando Gomes de Aguiar Junior - Orientador  
UFMG

  
Prof(a). Juarez Melgaco Valadares  
UFMG

  
Prof(a). Helder de Figueiredo e Paula  
UFMG

Belo Horizonte, 27 de fevereiro de 2019.

Este trabalho é dedicado a todos os  
estudantes e a seus professores.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha esposa, Luciana, pelo apoio, ajuda e carinho incondicionais;

Aos meus pais, Margarida e Fedro, pelos exemplos de vida e por nunca medirem esforços para que eu pudesse estudar e alcançar meus objetivos;

À minha irmã, Camila, pela alegria e por sempre estar disposta a ajudar;

Ao meu orientador, Professor Orlando, pela confiança, ajuda e colaboração, indispensáveis para a realização deste trabalho;

Aos professores Fernando, Cláudia, Cassimiro, Miriã, Renata, Eduardo, Alber, Carlos Heitor, Renato, José Guilherme, Ronald, Nilma, Renata Áspis, Maria Amália, Juarez, Hélder, Suzana, Luiz Gustavo, Célio, Josiley e Alfredo, pelo apoio, colaboração e por compartilharem comigo suas valiosas experiências e conhecimentos;

Aos estudantes que participaram desta pesquisa;

Aos colegas do PROMESTRE turma de 2017, por compartilharem dessa jornada e por eu sempre poder contar com vocês;

Aos secretários do PROMESTRE, Roberta e Rafael, pela solicitude e simpatia;

Aos colegas da Oficina Mecânica, do Departamento de Química/UFMG, Anderson e Leonardo, pela imensa ajuda com os protótipos mecânicos e pelas dicas infalíveis;

Aos companheiros de Eletrônica, do Departamento de Química/UFMG, Nayara e Fernando, pelo incentivo, amparo e ajuda durante minhas ausências para a realização do curso;

Às colegas da Secretaria Administrativa do Departamento de Química/UFMG, Maria, Renata e Géssyca, pela ajuda, apoio e prontidão;

Ao chefe do Departamento de Química, professor Ruben, pela confiança, apoio e pelas preciosas orientações sobre patentes;

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho de pesquisa.

## RESUMO

A disciplina Física normalmente é motivo de desânimo para estudantes no ensino médio. É consenso entre professores que os educandos apresentam bastante desinteresse e falta de engajamento em relação à disciplina. Dessa forma, nesse trabalho de pesquisa desenvolvemos e testamos um produto educacional que é composto por atividades de ensino nas quais experimentos didáticos são utilizados como ferramentas para responder perguntas. No desenvolvimento de nosso produto educacional também utilizamos o Arduino para criar uma interface eletrônica que permite conectar sensores de temperatura e pressão ao computador, assim possibilitando a visualização, manipulação e armazenamento dos dados das medições. Esses recursos foram associados para criar situações em que os estudantes tenham a oportunidade de efetuarem medidas, representá-las, analisá-las, discuti-las, e assim refletir sobre o que está acontecendo, de maneira que possam se sentir mais atuantes em relação ao conhecimento e ao conteúdo da disciplina. Nas atividades foram tratados temas pertinentes à Termodinâmica, relacionados aos conceitos de calor, temperatura e à 1ª Lei da Termodinâmica. Os resultados mostraram que as atividades tiveram efeitos positivos sobre o engajamento e aprendizagem dos estudantes, sendo que foram observados claros indícios de apropriação da linguagem científica.

**Palavras-chave:** Aprendizagem ativa. Física em tempo real. Arduino. Termodinâmica.

## **ABSTRACT**

Physics is usually reason for dismay for high school students. It is a consensus among teachers that learners present a great deal of disinterest and lack of engagement in relation to the discipline. Thus, in this work we develop and test an educational product that is composed of teaching activities in which didactic experiments are used as tools to answer questions. In the development of our educational product we also use the Arduino to create an electronic interface that allows the connection of temperature and pressure sensors to the computer, thus allowing visualization, manipulation and storage of measurement data. These resources have been associated to create situations in which students have the opportunity to take action, to represent them, to analyze them, to discuss them, and to reflect on what is happening, so that they may feel more knowledge and content of the discipline. Activities related to thermodynamics related to the concepts of heat, temperature and the 1st Law of Thermodynamics were dealt with in the activities. The results showed that the activities had positive effects on students' engagement and learning, and clear evidence of appropriation of scientific language was observed.

**Keywords:** Active learning. Real-time physics. Arduino. Thermodynamics.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - Introdução</b> .....	10
1.2 O que é o Arduino?.....	11
1.2 Justificativa do trabalho .....	12
1.3 Objetivos da pesquisa .....	15
1.3.1 <i>Objetivos gerais</i> .....	15
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	16
<b>CAPÍTULO 2 - APRENDIZAGEM ATIVA NO AMBIENTE ESCOLAR</b> .....	17
2.1 Aprendizagem ativa.....	17
<b>CAPÍTULO 3 - PERCURSO METODOLÓGICO</b> .....	22
3.1 Caracterização do ambiente de ensino e aprendizagem .....	23
3.2 Desenho da pesquisa.....	27
3.3 Produto educacional.....	30
3.4. Estudo Piloto.....	30
3.5 Planejamento das atividades .....	31
3.5.1. <i>Justificando a escolha das atividades e conteúdos</i> .....	33
3.5.2 <i>Atividade 2: Simulação Computacional do Modelo Cinético dos Gases</i> .....	36
3.5.3 <i>Atividade 3: Expansão Térmica de um Gás</i> .....	41
<b>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS: DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES EM SALA DE AULA</b> .....	46
4.1 Estudo piloto: Atividade 1– Transformações de Energia no lançamento de uma bolinha .....	46
4.2 Atividade 2 - Simulação computacional: modelo cinético dos gases .....	48
4.3 Atividade 3 – Laboratório: Expansão térmica de um gás.....	51
<b>CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	63
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	67
<b>APÊNDICES</b> .....	71
<b>APÊNDICE A – ATIVIDADE 1– TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA NO LANÇAMENTO DE UMA BOLINHA</b> .....	71

<b>APÊNDICE B – ATIVIDADE 2 – SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO MODELO CINÉTICO DOS GASES</b>	<b>78</b>
<b>APÊNDICE C – ATIVIDADE 3 – EXPANSÃO TÉRMICA DE UM GÁS</b>	<b>80</b>
<b>APÊNDICE D – ATIVIDADE 4 – TERMÔMETRO DE GÁS</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICE E – ATIVIDADE 5 – MÁQUINAS TÉRMICAS</b>	<b>85</b>
<b>APÊNDICE F – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) – PAIS E/OU RESPONSÁVEIS POR ALUNOS (AS)</b>	<b>87</b>
<b>APÊNDICE G - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DO MENOR (TALE)</b>	<b>89</b>
<b>APÊNDICE G - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) – PROFESSOR DOS ALUNOS (AS) ENVOLVIDOS (AS)</b>	<b>91</b>
<b>APÊNDICE H - AUTORIZAÇÃO DA ESCOLA PARA REALIZAÇÃO DA PESQUISA</b>	<b>93</b>
<b>APÊNDICE I – PRODUTO EDUCACIONAL</b>	<b>96</b>

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

A disciplina Física normalmente é motivo de desânimo para estudantes no ensino médio. É consenso entre professores que os educandos apresentam bastante desinteresse e falta de engajamento em relação à disciplina. Também é notório que os estudantes apresentam dificuldades em se apropriar de conceitos fundamentais para o entendimento dos conteúdos abordados em Física. Chamar a atenção para a importância dos conhecimentos da Física é um verdadeiro desafio a ser superado pelos professores da disciplina.

Em parte esse quadro pode ser entendido devido à relação bancária com o conhecimento, geralmente encontrada nas escolas. Nessa relação os estudantes têm um papel secundário e passivo de mero expectador (FREIRE, 1982). Por outro lado, os conceitos em Física podem parecer muito abstratos para os estudantes, sem conexão com a vida cotidiana, o que reforça a apatia e desinteresse pela disciplina.

Nesse trabalho de pesquisa desenvolvemos e testamos um produto educacional que é composto por atividades de ensino nas quais experimentos didáticos são utilizados como ferramentas para responder perguntas. Nesses experimentos serão utilizados sensores que permitem realizar medidas em tempo real<sup>1</sup>. Acreditamos que, com isso, estaremos contribuindo para tornar as aulas de Física, no Ensino Médio, mais cativantes.

Paralelamente às atividades desse trabalho de pesquisa tivemos a oportunidade de colaborar com outra pesquisa do mestrado profissional da FAE/UFMG (ALVARENGA, 2018), na qual estudantes do ensino médio construíram um protótipo para medir a qualidade do ar. Essa vivência foi interessante, pois com ela pudemos perceber como os estudantes ficaram bastante engajados nas atividades que envolveram o uso da tecnologia para estudarem a qualidade do ar. O protótipo construído pelos estudantes também foi apresentado na Feira XIX UFMG Jovem. Com os sensores, medimos a quantidade de monóxido de carbono emitido por veículos automotores, permitindo fazer uma discussão ampliada sobre poluição atmosférica e modelo de transporte nos grandes centros urbanos. Para construir o artefato, utilizamos a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino, que é uma plataforma de código aberto. O

---

<sup>1</sup> Nesse trabalho utilizamos o termo “tempo real” no sentido de que o processo de medição de uma grandeza física (a temperatura de um objeto, a pressão de um gás, entre outras) é muito rápido, de maneira que podemos considerá-lo praticamente instantâneo para efeito de análise.

fato de ser de código aberto implica que o acesso à sua documentação é livre, e pode ser copiado, reproduzido ou alterado sem necessidade de licenciamento (é um modelo colaborativo de produção intelectual).

No desenvolvimento de nosso produto educacional também utilizamos o Arduino para criar uma interface eletrônica que permite conectar sensores de temperatura e pressão ao computador, assim possibilitando a visualização, manipulação e armazenamento dos dados das medições. Existem interfaces eletrônicas similares a que desenvolvemos disponíveis comercialmente<sup>2</sup>, no entanto elas têm custo bastante elevado o que as torna inacessíveis para a maioria dos professores e escolas públicas brasileiras. O custo da interface que desenvolvemos, em valores atuais, está em torno de R\$ 200,00 (duzentos reais), incluindo um sensor de temperatura e um sensor de pressão. Um sistema equivalente comercial custaria em torno de R\$ 2.500,00 (dois mil e quinhentos reais). Para realizar os testes em sala de aula construímos quatro interfaces com um sensor de temperatura e um sensor de pressão (outros sensores podem ser conectados). Além disso, disponibilizamos, nos Apêndices e no Produto Educacional que acompanha esta dissertação, todas as informações necessárias para que os professores interessados tenham condições de construir suas próprias interfaces.

## 1.2 O que é o Arduino?

Criado pelo professor Massimo Banzi e colaboradores em 2005, na cidade de Ivrea, Itália, como uma ferramenta para ensinar Eletrônica para alunos com nenhuma experiência no assunto, o Arduino pode ser definido sucintamente como:

[...] um computador minúsculo que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos que conectar a ele. O Arduino é o que chamamos de plataforma de computação física ou embarcada. Por exemplo, um uso simples de um Arduino seria ascender uma luz por um determinado período, digamos, durante 30 segundos, depois que um botão fosse pressionado. Nesse exemplo, o Arduino teria uma lâmpada conectada a ele, bem como um botão. O Arduino aguardaria pacientemente até que o botão fosse pressionado. Ao pressionar o botão, o Arduino ascenderia a lâmpada e iniciaria a contagem. Depois de 30 segundos, apagaria a lâmpada e continuaria no aguardo de um novo apertar do botão. (MCROBERTS, 2017, p. 27).

---

<sup>2</sup> Empresas internacionais que produzem equipamentos similares voltados para o ensino: PASCO (Estados Unidos), PHYWE (Alemanha), Vernier (Estados Unidos). Empresas nacionais: Cidepe, Nova Didacta (comercializa as interfaces e sensores da PHYWE) e MSR Laboratórios e Processos (comercializa as interfaces e sensores da PASCO).

Dessa forma, a proposta dos criadores do Arduino é que ele seja de fácil utilização por pessoas que queiram construir protótipos que integrem sensores, motores e outros dispositivos eletrônicos sem precisarem para isso ter formação específica em Eletrônica. Além disso, outra vantagem de utilizar o Arduino é que, devido a sua popularização, hoje estão disponíveis vários tipos de sensores e acessórios a preços cada vez mais baixos e facilmente encontrados no comércio. Por exemplo, a placa Arduino utilizada para desenvolver a interface utilizada nesse trabalho de pesquisa foi o Arduino Uno<sup>3</sup> e foi comprada pela internet por R\$ 20,00 (vinte reais). Uma curiosidade: a denominação Arduino veio do nome de um bar na cidade de Ivrea, bastante frequentado pelo professor Massimo Banzi, o Bar di Re Arduino. Por sua vez, o nome do bar é uma homenagem a Arduin, rei italiano do século XI.

Existem outras plataformas de desenvolvimento de protótipos eletrônicos, no entanto, devido ao seu baixo custo, facilidade de compra e grande variedade de acessórios compatíveis, optamos por utilizar o Arduino para integrar nosso produto educacional, com o objetivo de facilitar e tornar viável sua reprodução e utilização por professores da rede pública de ensino.

## **1.2 Justificativa do trabalho**

A forma como a disciplina Física é apresentada no ensino médio normalmente leva os estudantes a terem uma postura passiva em relação ao conteúdo. Usualmente, os professores iniciam com uma apresentação de definições e equações, seguidas por resolução de exercícios. O resultado é o desinteresse e apatia dos estudantes. Neste trabalho pretendemos investigar uma abordagem de ensino na qual haja mais situações que favoreçam uma postura mais ativa e colaborativa dos estudantes. Para isso, utilizaremos recursos tecnológicos tais como computadores, sensores e outros instrumentos de medida para criar situações em que os estudantes tenham a oportunidade de:

- a) Analisarem um fenômeno físico e buscarem previsões e explicações para questões propostas;
- b) Fazerem suas próprias perguntas e suposições;
- c) Efetuarem medições, representá-las, analisá-las e discuti-las;

---

<sup>3</sup> <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>

- d) Refletirem sobre os eventos físicos que estão sendo estudados, de maneira que possam se sentir mais atuantes em relação ao conhecimento e ao conteúdo da disciplina.

Importante salientar que o uso de recursos como computadores e sensores no laboratório, por si só, não garante que os estudantes estarão mais motivados em aprender Física (THORNTON, 1987). Para uma aprendizagem mais significativa é importante que, em conjunto com esses recursos, sejam adotadas estratégias de ensino nas quais primeiramente o professor apresente um fenômeno físico e os estudantes discutam a situação proposta e os conceitos físicos a ela relacionados. Então, após discussão, os estudantes são incentivados a fazer previsões sobre o comportamento do sistema físico. Somente após essa etapa inicial de discussão e elaboração de previsões é que os estudantes devem passar para fase de coleta de dados. Essa dinâmica é apresentada em Sokoloff, Laws e Thornton (2007):

Como um exemplo da abordagem adotada em Física em Tempo Real: Mecânica<sup>4</sup> nós vamos considerar uma atividade crítica de LBM<sup>5</sup>, relacionando força e movimento. Após um estudo cuidadoso da cinemática e o desenvolvimento de uma escala de força em atividades laboratoriais anteriores, os alunos são solicitados a prever como força e movimento estão relacionados. Em seguida, eles discutem suas previsões em seus grupos de laboratório. Muitos estudantes acreditam que quando uma força é exercida sobre um objeto, o objeto se move com uma velocidade proporcional à força aplicada. Essa pré-concepção fundamental de que existe uma relação proporcional entre força e velocidade é um grande impedimento para a compreensão da segunda lei de Newton [...] Os alunos são convidados a testar suas previsões de força e movimento em uma montagem na qual um sensor de força está conectado a um carrinho de baixa fricção. Então, eles podem empurrar e puxar o carrinho para criar uma força variável enquanto a velocidade e a aceleração do carrinho são registradas usando um sensor de movimento [...] É claro que, a cada momento, é a aceleração e não a velocidade que é proporcional à força aplicada ao carrinho de baixa fricção (SOKOLOFF; LAWS; THORNTON, 2007, p. s87, tradução nossa).

Pensamos, portanto, que criando oportunidades para que os estudantes efetuem medidas de grandezas físicas por meio de sensores conectados ao computador, de modo que possam visualizar os resultados e fazer análises (em tempo real), estaremos, na verdade, dando a oportunidade para eles testarem ideias acerca de determinados conceitos, e assim gerando um ambiente mais favorável à aprendizagem.

<sup>4</sup> SOKOLOFF, David R.; THORNTON, Ronald K.; LAWS, Priscilla W. *RealTime physics active learning laboratories*. Chichester: Wiley, 2011. 288 p. Module 1: Mechanics.

<sup>5</sup> Abreviação de Laboratórios Baseados em Microcomputador, tradução livre de *Microcomputer-Based Laboratories*, no original.

Além disso, há trabalhos que apontam para o fato de que atividades de cunho colaborativo são mais eficientes em favorecer a aprendizagem dos estudantes: “[...] a literatura mostra claramente que os métodos de ensino com ênfase nos alunos que interagem uns com os outros em pequenos grupos são mais efetivos na promoção da compreensão conceitual [...]” (HARLOW; HARRISON; MEYERTHOLEN, 2016, tradução nossa). Adicionalmente, é importante, também, salientar o papel crucial da atuação do professor sobre o desenvolvimento da aprendizagem. De acordo com Driver, Asoko, Leach, Mortimer e Scott:

Os professores têm um papel importante a desempenhar no diagnóstico dos entendimentos atuais dos alunos, na tomada de decisões sobre o que podem ser atividades de aprendizagem úteis e na interação com os alunos para ajudá-los a interpretar essas atividades de maneira apropriada (DRIVER; ASOKO; LEACH; MORTIMER; SCOTT, 1994, p. 104, tradução nossa).

A importância da ação docente para a aprendizagem também é apontada por Wertsch (c1985, p. 15), ao afirmar que “para Vygotsky a interação social e os processos mentais são altamente dependentes das formas de mediação (como a linguagem) envolvidas”. Assim, por meio do processo de mediação o professor pode contribuir para que os aprendizes se desenvolvam.

Dessa forma, acreditamos ser importante que as atividades dos estudantes que serão investigadas nesse trabalho sejam organizadas de maneira que os alunos estejam em pequenos grupos (entre cinco e seis integrantes) de forma que tenham a oportunidade de discutir as ideias e conceitos envolvidos na atividade entre si e com o professor e depois estimulados a interpretar dados e resultados com o auxílio de interfaces gráficas. Essa configuração de dinâmica em classe encontra respaldo em Driver, Asoko, Leach, Mortimer e Scott, que afirmam que:

O que os estudantes aprendem com as atividades das aulas, quer envolvam conversa, texto escrito ou trabalho prático, depende não apenas da natureza das tarefas definidas, mas também dos esquemas de conhecimento que os estudantes trazem para estas tarefas; a aprendizagem envolve, portanto, uma interação entre os esquemas nas cabeças dos aprendizes e as experiências fornecidas. As experiências podem ajustar-se às expectativas dos estudantes, caso em que é necessária pouca mudança nos esquemas dos estudantes. Por outro lado, a experiência pode ser nova e os estudantes podem alterar ou adaptar seus esquemas de conhecimento como resultado. Esse processo de usar e testar as ideias atuais em novas situações requer um envolvimento ativo do aprendiz em seus esquemas atuais, relacionando-os a novas tarefas (DRIVER; ASOKO; LEACH; MORTIMER; SCOTT, 1994, p. 84, tradução nossa).

Outro aspecto importante que deve ser levado em conta é a grande presença das tecnologias digitais na vida das pessoas (e dos estudantes), principalmente por meio dos computadores.

Ademais, entendemos que o computador pode ser uma importante ferramenta cognitiva, o que vai depender de como ele será utilizado nas atividades escolares. O papel que o computador pode desempenhar no processo de ensino-aprendizagem em sala de aula é destacado no trabalho de Cavalcante, Tavolaro e Molisani (2011):

É inegável que o computador é uma importante ferramenta cognitiva, isto é, permite ao estudante desenvolver habilidades, interiorizar conhecimentos e organizá-los de modo a construir uma interpretação do mundo que o cerca. [...] O estudante pode observar o fenômeno, prever o resultado, isto é, formular hipóteses, rapidamente comparar os resultados obtidos com os previstos pelo modelo teórico, explicar possíveis diferenças entre o previsto e o observado e ainda, reformular suas hipóteses, fazer ajustes experimentais e testá-las novamente. O dinamismo desse processo provoca a curiosidade e maior interesse dos estudantes já que a aula de laboratório torna-se desafiadora (CAVALCANTE; TAVOLARO; MOLISANI, 2011, p. 1).

Desse modo, entendemos que a utilização do computador para realizar medidas de grandezas físicas no laboratório aliado ao uso de estratégias que estimulem os educandos a fazerem previsões e compará-las com os resultados obtidos experimentalmente, podem estabelecer condições favoráveis para a aprendizagem.

### **1.3 Objetivos da pesquisa**

Este trabalho tem um duplo objetivo: de um lado, disponibilizar para professores uma proposta de ensino de Física baseada em atividades experimentais utilizando sensores conectados ao computador, na qual os estudantes tenham oportunidade de fazer previsões, examinar resultados e construir explicações para fenômenos físicos em tempo real. De outro, aplicar esta proposta de ensino em sala de aula de uma escola pública estadual e examinar seus efeitos na motivação e aprendizagem dos estudantes.

#### ***1.3.1 Objetivos gerais***

- a) Apresentar e justificar os elementos práticos e teóricos desta proposta de ensino, de modo a encorajar e incentivar professores de Física a implementá-la em salas de aula;
- b) Investigar se o uso desses recursos em ambiente de aprendizagem ativa tem efeito benéfico sobre a aprendizagem e motivação dos estudantes do ensino médio.

### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- a) Conhecer e o ambiente escolar no qual serão realizadas as atividades de pesquisa;
- b) Desenvolver atividades de ensino de cunho experimental, que utilizem recursos tecnológicos tais como sensores e computadores;
- c) Desenvolver os artefatos tecnológicos;
- d) Aplicar as atividades em sala de aula;
- e) Verificar e analisar os efeitos da aplicação das atividades na motivação dos estudantes.
- f) Examinar os fatores que potencializam (ou que limitam) a aprendizagem dos estudantes neste ambiente, tais como formas de intervenção e apoio dos professores, características dos roteiros, entre outros.

## CAPÍTULO 2 - APRENDIZAGEM ATIVA NO AMBIENTE ESCOLAR

Nessa seção vamos apresentar o referencial que consideramos pertinente ao desenvolvimento desse trabalho de pesquisa, no que diz respeito ao planejamento das atividades propostas e à condução dos trabalhos com os estudantes.

### 2.1 Aprendizagem ativa

As demandas por maior protagonismo e agentividade dos estudantes na aprendizagem escolar em ciências remontam os trabalhos de Dewey, nos anos 1930 (DEWEY, 1976), tendo sido enfatizadas na década de 1980 a partir do movimento construtivista (TOBIAS; HAKE, 1988). Para além da manipulação de objetos e experimentos, a influência da perspectiva histórico-cultural na educação em ciências veio enfatizar o papel das interações sociais e da mediação por artefatos culturais na promoção da aprendizagem. Por exemplo, em 1991, o Departamento de Educação dos Estados Unidos financiou um estudo no qual foi ressaltado que atividades em sala de aula, nas quais os estudantes eram engajados em discutir, analisar, sintetizar e avaliar durante a resolução de problemas, tinham grande impacto em sua aprendizagem (BONWELL; EISON, 1991).

Diante disso, esse estudo propôs que fossem utilizadas estratégias em sala de aula que promovessem a aprendizagem ativa, que foram definidas como “atividades instrucionais que envolvem os estudantes em fazer coisas e pensar a respeito do que eles estão fazendo” (BONWELL; EISON, 1991, p.iii, tradução nossa). Também são características de estratégias que promovem a aprendizagem ativa em sala de aula:

- Os estudantes estão empenhados em algo mais do que apenas ouvindo;
- Menos ênfase é dada em transmissão da informação e mais em desenvolver as habilidades dos estudantes;
- Os estudantes são envolvidos em atividades de pensamento de ordem superior tais como análise, síntese e avaliação;
- Os estudantes estão engajados em atividades tais como leitura, discussão, escrita; (BONWELL; EISON, 1991, p.xx , tradução nossa).

Na aprendizagem ativa os estudantes são incentivados a agir e refletir sobre suas ações e pensamentos, tendo uma parcela importante de responsabilidade sobre a própria aprendizagem. O papel do professor nesse contexto é de conduzir as discussões, além de ser o responsável pelo planejamento das atividades. Nota-se, portanto, mudança significativa nas

funções desempenhadas por professores e estudantes no processo de ensino e aprendizagem em relação às abordagens mais tradicionais, nas quais o ensino é considerado como um processo de transferência de conhecimento do professor para o estudante. Em um ambiente de aprendizagem ativa os estudantes são engajados em processo colaborativo contínuo de construção e reformulação de sua compreensão como uma consequência de suas experiências e interações autênticas com o mundo, incluindo o acesso às informações científicas (GRABINGER; DUNLAP, 1995). Dessa maneira reforçam a característica colaborativa entre os estudantes em um ambiente de aprendizagem ativa:

O primeiro atributo de um ambiente de aprendizagem ativa é que ele é centrado no estudante. Ambientes de aprendizagem centrados no estudante colocam uma grande ênfase no desenvolvimento da aprendizagem intencional e habilidades que incluem a capacidade de construir perguntas de ordem mais elevada para guiar a aprendizagem, refletir sobre as consequências e implicações das ações (GRABINGER; DUNLAP, 1995, p. 15, tradução nossa).

O documento *Active Learning in Optics and Photonics* da UNESCO (2006) aponta que na estratégia de aprendizagem ativa em Física os estudantes realizam observações orientadas de sistemas físicos para aprimorarem a compreensão de conceitos básicos. Para que esse processo aconteça, é utilizado o ciclo de aprendizagem definido como PODS “*Prediction, Observation, Discussion and Synthesis*” (“Previsão, Observação, Discussão e Síntese”, em tradução livre para o português), no qual os alunos discutem em pequenos grupos e elaboram previsões sobre o comportamento de um sistema físico, confrontam essas previsões com os resultados observados a partir da realização do experimento e depois reelaboram os conceitos discutidos anteriormente. Também é apontado que ao confrontarem suas previsões com os resultados dos experimentos os estudantes podem tomar consciência das diferenças entre suas concepções e o conhecimento científico estabelecido. O documento compara as características de um ambiente de aprendizagem ativa com um ambiente de aprendizagem tradicional, conforme explicitado no Quadro 1.

Quadro 1 – Diferenças entre o ambiente de aprendizagem tradicional e o ambiente de aprendizagem ativa

<b>Ambiente de aprendizagem tradicional</b>	<b>Ambiente de aprendizagem ativa</b>
Professor (e livro didático) são os detentores do conhecimento.	Os estudantes constroem seu conhecimento a partir de observações práticas.
As concepções dos estudantes raramente são levadas em consideração.	Usa um ciclo de aprendizagem no qual os alunos são desafiados a comparar previsões (baseadas em suas concepções) com observações experimentais.
Os alunos quase nunca são levados a reconhecer as diferenças entre suas concepções e os conceitos científicos.	Modifica as concepções dos alunos quando eles são confrontados por diferenças entre suas observações e suas concepções.
O professor exerce o papel de autoridade.	O professor exerce o papel de orientador no processo de ensino e aprendizagem.
Discussões entre os estudantes frequentemente são desencorajadas.	Discussões entre os estudantes frequentemente são encorajadas.
As aulas frequentemente apresentam os “fatos” da Física com pouca referência a experimentos.	Resultados de experimentos são observados de maneira que sejam compreensíveis.
Atividades de laboratório, quando acontecem, são usadas para confirmar teorias supostamente aprendidas em aula.	Atividades de laboratório são usadas para aprender conceitos básicos.

Fonte: UNESCO (2006), adaptado pelos autores.

Um ponto importante assinalado no Quadro 1 é a mudança no papel do professor, que deixa de exercer a função de autoridade, no sentido de impor o conhecimento científico aos estudantes, para exercer o papel de orientador, no sentido de guiar as discussões e explorações dos alunos.

Outro aspecto pertinente diz respeito ao termo aprendizagem ativa, que pode levar a entender que existe “uma aprendizagem passiva”. Entendemos que o processo de aprendizagem em si é sempre seguido de um esforço, de uma ação do aprendiz no sentido de aprender algo. Portanto, seria inadequado se referir a uma “aprendizagem passiva”. Além disso, as características apontadas relacionadas à aprendizagem ativa dizem respeito ao ambiente de aprendizagem ativa, que seria um ambiente que, de modo geral, apresenta qualidades que favorecem os aprendizes a realizarem ações que vão favorecer sua aprendizagem.

O documento também faz referência ao fato de que para os professores pode ser difícil realizar a transição do papel de autoridade, que fornece todas as respostas aos seus estudantes, para o papel de guia, que orienta os estudantes, que faz apontamentos, indicações, direcionando os estudantes:

Pode ser um desafio para o professor de Física se afastar de seu papel tradicional de explicar tudo como a autoridade, para um papel de guia através de materiais de aprendizagem ativa. Para que essa transição seja bem-sucedida, é necessário aceitar a evidência de que os alunos iniciantes geralmente não aprendem com eficácia, mesmo com as explicações mais lógicas dos instrutores (UNESCO, 2006, p. 4, tradução nossa).

O fato de ser uma pedagogia centrada na atividade dos estudantes não diminui em nada a importância e papel do professor no processo. A ele cabe não apenas criar situações relevantes e desafiadoras, como também sustentar o engajamento dos alunos no processo e, ainda, cuidar para que o entendimento dos alunos evolua de modo a convergir com o conhecimento científico estabelecido. Ou seja, ao professor cumpre a tarefa de ser o representante da comunidade científica em sala de aula, introduzindo os estudantes na lógica, valores, linguagens, modelos e representações compartilhadas por esta comunidade. Esse processo de enculturação, para ser efetivo, demanda atividade autêntica dos estudantes, convencimento, troca e debate de ideias.

Quem aprende precisa ter acesso não apenas às experiências físicas, mas também aos conceitos e modelos da ciência convencional. O desafio está em ajudar os aprendizes a se apropriarem desses modelos, a reconhecerem seus domínios de aplicabilidade e, dentro desses domínios, a serem capazes de usá-los. Se ensinar é levar os estudantes às idéias convencionais da ciência, então a intervenção do professor é essencial, tanto para fornecer evidências experimentais apropriadas como para disponibilizar para os alunos as ferramentas e convenções culturais da comunidade científica. O desafio é como alcançar com êxito esse processo de enculturação na rotina da sala de aula comum. Além disso, os desafios são especialmente importantes quando a perspectiva científica que o professor está apresentando é conflitante com os esquemas de conhecimento prévio dos alunos (DRIVER; ASOKO; LEACH; MORTIMER; SCOTT, 1999, p. 34).

Nesse sentido, Couto (2009, p. vii), em trabalho que discute a efetividade das atividades experimentais no ensino de Física tendo como foco professores de Física que se destacaram em suas escolas pelo ensino realizado com base em experimentos, conclui que as práticas “contribuem para o interesse e maior participação dos estudantes nas aulas de Física, além de fornecer suporte ao processo de construção e validação de modelos físicos”. Ao tratar dessas atividades o autor utiliza ambientes com características semelhantes às descritas para um

ambiente de aprendizagem ativa. Assim, ao realizar a pesquisa, Couto verificou que as atividades conduziram os alunos a uma participação significativa e maior envolvimento na aula identificado por meio de expressões corporais e frases exclamativas. Entretanto, esclarece que o resultado positivo é conseguido quando há um cuidado entre as manipulações da montagem, que emergem das problematizações, e os enunciados teóricos desenvolvidos a partir desse processo, o que reforça que a dedicação do docente é elemento crucial na construção da aprendizagem por meio das atividades experimentais.

Portanto, é nítido que o professor exerce um papel fundamental em um ambiente de aprendizagem ativa, que vai além de ser o responsável pelo planejamento das atividades, pois também coordena e sustenta esse processo. Neste trabalho nossa atenção esteve voltada para o estudante em um ambiente de aprendizagem ativa, porém, ressaltamos que a atuação do professor é essencial para sua estruturação e manutenção.

Dessa forma, nesse trabalho adotamos o conceito de ambientes de aprendizagem ativa estabelecido por Bonwell e Eison (1991), pois apresenta as características que consideramos importantes para alcançarmos os objetivos propostos por essa pesquisa.

### CAPÍTULO 3 - PERCURSO METODOLÓGICO

Nesta pesquisa investigamos a efetividade de um ambiente de ensino construído de modo a permitir aos estudantes estudarem sistemas físicos com o auxílio de sensores e do computador em aulas práticas de Física. Além do uso desses artefatos tecnológicos faz parte desse ambiente de ensino uma pedagogia na qual os estudantes são incentivados a fazerem previsões, discutirem os resultados das medições e desenvolverem explicações durante a realização das atividades.

A pesquisa foi desenvolvida em uma escola da rede estadual localizada na região da Pampulha, em Belo Horizonte, Minas Gerais. Podemos, assim, dizer que a validação da proposta de ensino será aqui examinada a partir de um estudo de caso. Os estudos de caso ajudam na sistematização de experiências (favoráveis ou desfavoráveis), com a captação da complexidade e profundidade de um fenômeno no tempo e no espaço. Segundo Gil (2012, p. 57) “O estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado”. A pesquisa foi aplicada aos alunos da 2<sup>a</sup> série do Ensino Médio, no segundo semestre do ano letivo de 2018, após as autorizações cabíveis.

A pesquisa foi desenvolvida a partir das seguintes etapas:

- a) Ambientação do pesquisador com a escola, professora e estudantes;
- b) Elaboração de um conjunto de atividades experimentais tendo como referência trabalhos semelhantes encontrados na literatura;
- c) Proposição de estratégias de ensino nas quais os estudantes interajam entre si com o objetivo de investigar um fenômeno físico por meio de discussões e elaborando previsões para os resultados esperados das medidas das grandezas físicas envolvidas nas atividades;
- d) Consultas à professora para que as atividades desenvolvidas estejam relacionadas ao conteúdo de ensino trabalhado em sala de aula e condizentes com sua metodologia de ensino, ainda que introduzindo novidades metodológicas;
- e) Acompanhamento da aplicação das atividades nesses contextos de ensino;
- f) Análise dos resultados produzidos pela aplicação das atividades por meio do material escrito e oral produzido pelos estudantes.

### 3.1 Caracterização do ambiente de ensino e aprendizagem

A presente pesquisa foi realizada em uma escola da rede pública estadual, situada na região da Pampulha, em Belo Horizonte, Minas Gerais. A escola conta com boa estrutura física, possuindo 24 salas de aula, um auditório, uma biblioteca, um laboratório de informática com internet banda larga, um laboratório de ciências, um refeitório e duas quadras de esportes cobertas. As salas de aula em geral são pequenas para a quantidade de alunos em sala (em torno de 40), de forma que é difícil para o professor circular entre as mesas dos estudantes durante a aula. A escola atende alunos dos três anos do ensino médio (1.727 matrículas<sup>6</sup>), dos quatro anos finais do ensino fundamental (329 matrículas) e educação de jovens e adultos (196 matrículas). No turno da manhã todas as turmas são de ensino médio, no turno da tarde há turmas de ensino médio e ensino fundamental (6º ao 9º ano) e no noturno há turmas de ensino médio e educação de jovens e adultos.

O laboratório de informática possui área de aproximadamente 40 m<sup>2</sup>, com 10 computadores disponíveis para os estudantes. Os computadores estão em bom estado de conservação e possuem configuração de *hardware* razoável<sup>7</sup>, com sistema operacional Linux Educacional 5.0 instalado. O laboratório de informática também possui conexão com a internet de banda larga (velocidade de conexão de 100 *megabits* por segundo). Atualmente o laboratório tem condições de atender até 20 estudantes (metade de uma turma), com dois alunos compartilhando o mesmo computador, trabalhando em duplas. A escola conta também com apoio de um técnico de informática que comparece à escola periodicamente para realização de manutenções nos computadores. Além dos 10 computadores já mencionados, no laboratório de informática também havia mais alguns computadores que não estavam funcionando. Apesar de atualmente atender somente 20 estudantes, há espaço para expansão da capacidade de atendimento do laboratório de informática.

O laboratório de ciências possui aproximadamente 63 m<sup>2</sup>, duas bancadas grandes, seis mesas e 45 assentos. Também possui armários, vidrarias, alguns reagentes químicos e pia. É compartilhado entre os professores de Física, Química e Biologia. Além disso, contém alguns materiais e equipamentos para realização de experimentos. O tamanho do laboratório é

---

<sup>6</sup> Censo Escolar de 2017.

<sup>7</sup> Processador Intel Pentium(R) CPU G2020, 4GB de memória RAM e disco rígido de 500GB.

suficiente para comportar 40 alunos, mas nesse caso a circulação do professor fica comprometida.

No turno da manhã são oito turmas de 1º ano, oito turmas de 2º ano e sete turmas de 3º ano. As turmas possuem em média 40 estudantes. A maioria dos estudantes está na idade normal para a série e são frequentes às aulas. São três professores de Física para atender a todos os alunos do turno da manhã. Além disso, neste turno o mesmo professor de Física ministra as aulas para todas as turmas de um determinado ano, ou seja, todas as aulas de Física do 1º ano do ensino médio são regidas pelo mesmo professor, o mesmo ocorre com as turmas do 2º e 3º ano. A partir do segundo semestre de 2018 a escola passou a contar com a colaboração de oito estudantes de graduação em Física, participantes do Programa de Residência Pedagógica<sup>8</sup> da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). Em anos anteriores também houve na escola estudantes de graduação em Física, provenientes do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência<sup>9</sup> (Pibid), do Ministério da Educação.

As aulas são de 50 minutos, sendo que os estudantes têm duas aulas de Física por semana (igualmente em Química e Biologia). A disciplina de Educação Física ocorre no mesmo turno das demais aulas. O turno da manhã é dividido em cinco horários de 50 minutos, sendo que as aulas se iniciam às 07h00 e se encerram às 11h30. Há um intervalo de 20 minutos entre os 3º e 4º horários, às 9h30.

A pesquisa foi realizada no turno da manhã em uma turma do 2º ano do ensino médio e contou com a colaboração de um dos professores da escola que nos cedeu algumas de suas aulas para que pudéssemos realizar as intervenções, uma vez que não somos professores da instituição objeto da pesquisa. A docente colaboradora é formada em Física pela UFMG e leciona nos turnos da manhã, tarde e noite na mesma escola.

O acompanhamento das turmas teve início no princípio do ano letivo de 2018, com o propósito de obter familiaridade com os estudantes e conhecer o ambiente e a rotina da escola. Nessa fase foi importante o uso do caderno de campo para registro de comportamentos observados, das relações existentes entre os indivíduos e reflexões sobre a pesquisa.

---

<sup>8</sup> <http://capes.gov.br/educacao-basica/programa-residencia-pedagogica>

<sup>9</sup> <http://portal.mec.gov.br/pibid/pibid>

Foram assistidas aulas em todas as oito turmas, durante aproximadamente um mês. Depois disso foi possível, inclusive, substituir a docente em algumas aulas (pois precisou se ausentar por questões de saúde), o que consideramos salutar para a pesquisa, uma vez que possibilitou maior interação com os estudantes e estabeleceu um vínculo de confiança. Indício disso foi o fato de no início do processo os alunos se referiam a mim por “estagiário” e depois de um período de convivência comecei a ser chamado de “professor”.

Durante as observações constatamos que o interesse dos educandos em muitos momentos é baixo. Afirmamos isso baseando-nos na observação de que muitos estudantes não levam o livro didático de Física consigo para a sala de aula. Outros sinais de falta de dilação pela disciplina são: baixa participação dos estudantes nas aulas; poucos fazem os exercícios que são passados para casa; raramente fazem anotações no caderno. Não obstante, é importante ressaltar que se os estudantes identificam nas notas de aula da professora algo que consideram importante é comum tirarem fotos do quadro com o celular.

O livro didático tem um papel importante na rotina de aulas das turmas observadas, tanto pelo fato de ser referência para os conteúdos programáticos vistos em sala, quanto por ser constantemente utilizado pela docente em atividades de leituras em voz alta, leitura silenciosa e resolução de exercícios (em sala e para casa). O livro foi distribuído para todos os alunos da escola, também há livros didáticos extras na biblioteca que podem ser emprestados aos estudantes.

Embora o número de estudantes que levaram o livro consigo nas aulas tenha sido baixo, observamos também situações em que houve grande adesão dos discentes às atividades de leitura em voz alta. Nessas aulas, notamos a participação, inclusive, dos que não levaram o livro, nesse caso pediram emprestado a um colega. Assim, podemos dizer que predomina um cenário de desmotivação e desinteresse, mas isso não acontece em todos os momentos, havendo também situações de participação e interesse pelas atividades desenvolvidas em sala.

Há turmas em que há mais momentos de adesão às atividades e em outras há menos momentos, mas, mesmo assim, eles acontecem. Por exemplo, em uma atividade de resolução de exercícios a professora pediu que alguém se voluntariasse em resolver um exercício no quadro (o tema do exercício era fontes de energia). Uma aluna levantou-se e foi até o quadro e transcreveu a resolução de seu caderno. Depois que ela terminou e a professora confirmou que

a solução estava correta, alguns estudantes tiraram fotos com o celular da resolução apresentada pela estudante.

Outra situação interessante aconteceu em uma aula na qual inicialmente o interesse estava razoavelmente baixo, todavia com o andamento da aula a turma se aquietou e notamos que quando a professora interrompeu a explicação do conteúdo de Física e começou a explicar algumas coisas de Matemática, a turma como um todo prestou bastante atenção. Ao final da aula, ao questionar a docente sobre esse fato, ela confirmou que isso já aconteceu várias vezes e ela atribuíra isso ao fato de que “eles prestam atenção em Matemática porque eles sabem que precisam”. Fato interessante foi que durante as observações os estudantes várias vezes questionaram por que alguém resolve fazer o curso de graduação em Física, dando a entender que eles não viam importância na disciplina.

É importante destacar também que durante as observações ficamos com a impressão que o horário em que ocorrem as aulas também influencia na dinâmica das aulas, no que diz respeito ao tempo efetivo disponível para o professor. Percebemos que, em geral, nos 1º e 4º horários era bem mais difícil para a professora conseguir desenvolver as atividades. Nesses horários, o tempo da aula ficava mais comprometido. Por exemplo, no 1º horário, como os alunos ainda estavam chegando, havia mais interrupções e mais conversas entre os estudantes sobre outros assuntos, de forma que, quando a docente conseguia entrar em um ponto em que a turma estava mais concentrada no assunto da aula, poucos minutos depois já chegava ao fim do horário. O mesmo ocorria no 4º horário, logo depois do intervalo. Nos demais horários o tempo de aula era melhor aproveitado, porém mesmo assim não eram uniformes. Por exemplo, no 3º horário, que antecede o intervalo, à medida que vai se aproximando o final da aula (9h30) os estudantes começam a ficar mais agitados e a sua atenção fica mais dispersa. O horário no qual identificamos que havia menos problemas relacionados ao comprometimento do tempo de aula foi o 2º horário. O 5º horário, que, apesar de ser o último, também foi um dos quais percebemos haver menos problemas de interrupção e dispersão da atenção dos estudantes. Essas percepções foram relevantes para selecionar a turma na qual seriam realizadas as intervenções da pesquisa, pois entendemos que seria mais interessante para a pesquisa realizar as atividades em horários que houvesse mais “tempo efetivo” de aula.

### 3.2 Desenho da pesquisa

Nesse trabalho investigamos a aplicação de algumas atividades experimentais, conjugadas a estratégias de aprendizagem ativa, com o objetivo de criar situações que favorecem a aprendizagem e motivação dos estudantes.

Para apoiar as atividades experimentais foram desenvolvidos artefatos que permitem conectar sensores de temperatura e pressão ao computador, de forma que os estudantes pudessem visualizar os resultados das medições dessas grandezas instantaneamente na tela do computador e na forma de gráficos bidimensionais.

As atividades experimentais foram planejadas de forma que o sistema físico em análise desperte a curiosidade dos estudantes por meio de um comportamento “inesperado”, e assim, estimule discussões entre os estudantes. Essa dinâmica de previsão e verificação é fundamental para a pedagogia proposta.

A proposta foi desenvolvida com todas as oito turmas de 2º ano da Escola, porém coletamos dados por meio de gravação de aulas e análise das respostas dos estudantes aos roteiros em apenas uma delas. As atividades foram realizadas no laboratório de ciências e as turmas foram divididas em duas partes, uma parte ficou em sala com a professora e a outra foi para o laboratório com o pesquisador, que foi quem aplicou as atividades. Escolhemos essa configuração porque dispúnhamos de recursos limitados para confeccionar a quantidade necessária de artefatos para atender todos os estudantes de uma turma. Foram produzidos quatro *kits* que são compostos por: uma interface, dois sensores de temperatura e um sensor de pressão. Ademais, cada *kit* precisa de um computador para ser conectado, o conjunto *kit* mais computador pode ser utilizado por um grupo com até seis alunos. Lembrando que cada turma tem aproximadamente 40 alunos, e cada grupo composto por cerca de cinco estudantes, então com quatro *kits* conseguimos atender metade de uma turma.

Na aplicação das atividades do projeto contamos, em algumas turmas, com a colaboração de dois estudantes de licenciatura em Física da UFMG<sup>10</sup>, bolsistas do Projeto Residência Pedagógica. Eles auxiliaram no atendimento aos estudantes e, sobretudo, na observação e

---

<sup>10</sup> Jefferson Duarte e Taís Bastani. A eles, nossos sinceros agradecimentos.

avaliação das atividades realizadas no laboratório de informática (simulação do comportamento de gases) e laboratório de ciências (experimentos com sensores e interface gráfica).

Como foi mencionado na seção anterior, o tempo efetivo de aula foi um fator importante para determinar em qual turma aplicaríamos as atividades. Considerando que estávamos interessados em observar o uso do produto e seus efeitos, seria salutar trabalhar em uma turma na qual o tempo de aula fosse mais favorável ao desenvolvimento das atividades, inclusive para termos condições de avaliar melhor o tempo necessário para os alunos realizarem as atividades. Por isso, optamos por dar um peso considerável para esse critério, e escolhemos uma turma cujas aulas de Física aconteciam em dias distintos da semana, respectivamente no 5° e 2° horários.

Outro fator relevante para a escolha da turma foi o nível médio de interesse. Julgamos que trabalhar com turmas nas quais o interesse era bastante reduzido seria prejudicial para o processo de avaliação das atividades, principalmente porque as atividades envolviam uso de equipamentos e outros materiais de laboratório. Assim, optamos por escolher uma turma na qual o interesse fosse levemente acima da média. Além disso, o desenvolvimento e avaliação desse produto faz parte de um programa de pesquisa e estamos em sua fase inicial de validação e ajuste da proposta, de forma que futuramente pretendemos avaliar sua aplicação em situações e condições distintas.

Os conteúdos de Física abordados nas atividades foram definidos a partir de sua relevância para o ensino de Física e, ainda, considerando o planejamento que estava sendo seguido pela professora. Dessa forma, nas atividades de laboratório foram tratados temas pertinentes à Termodinâmica, relacionados aos conceitos de calor, temperatura e a 1ª Lei da Termodinâmica.

No laboratório os estudantes foram organizados em quatro grupos. Os materiais para realização das atividades já foram deixados sobre as bancadas. Foi entregue para cada aluno uma cópia do roteiro com as orientações e questões. Apesar de as atividades serem realizadas em grupo, os alunos foram orientados a responder às questões individualmente, de modo a evitar dispersão de membros do grupo.

Optou-se por registrar em vídeo as discussões de somente um grupo devido às limitações de tempo para análise das filmagens. Foi escolhido o grupo de alunos que durante a fase de observações apresentou mais indícios de disciplina, organização e que demonstravam ter maior afinidade entre si. Durante as aulas no laboratório foram colocadas duas filmadoras: uma foi posicionada em frente à bancada do grupo escolhido para ser acompanhado, a outra câmera foi colocada ao fundo do laboratório, de forma que captasse todos os grupos. A intenção da segunda filmadora registrando a sala inteira foi para dar uma ideia geral das movimentações dos alunos e do pesquisador durante a aula.

Por limitação de tempo, optamos neste trabalho por utilizar apenas os registros escritos dos estudantes às atividades propostas, sem transcrição e análise de interações discursivas dos estudantes trabalhando em grupos. No entanto, o acesso a esses registros foi fundamental para que tivéssemos uma compreensão do ambiente de aprendizagem e evidências de engajamento e envolvimento dos estudantes com a proposta. A câmera que utilizamos estava configurada para tirar fotos periodicamente de modo automático. Nesses registros, flagramos o olhar atento dos alunos para a interface gráfica do programa no monitor do computador, para o equipamento experimental e, ainda, posturas corporais que indiciam um trabalho efetivo em grupo, com atenção ao que dizem os colegas. A gravação de voz das interações entre os estudantes também revela momentos de surpresa, de insegurança e busca de informações, formulação de problemas, emissão de hipóteses e início de argumentação. Notamos, ainda, forte dependência dos estudantes com relação ao professor, sobretudo nos momentos em que suas previsões não eram confirmadas pelos experimentos.

O projeto de pesquisa foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética da Pesquisa da UFMG. Os riscos foram considerados baixos ou inexistentes, uma vez que as gravações em vídeo e áudio, imagens e respostas escritas dos estudantes foram utilizadas apenas para fins acadêmicos. Foram tomados procedimentos para a desidentificação dos informantes e para o anonimato da professora e escola. Os benefícios, ao contrário, são altos, pois a nova metodologia enriquece o acervo de práticas e possibilidades de ensino de Física na escola. A pesquisa se apresentou, ainda, como convite a outros professores da escola a adotarem metodologias ativas em suas aulas e a utilizarem o laboratório de informática e de ciências da escola.

### 3.3 Produto educacional

Para a realização dessa pesquisa desenvolvemos um produto educacional que é composto, por:

- a) Roteiros das atividades de ensino com comentários e sugestões para professores;
- b) Interface eletrônica, que leva os dados dos sensores para o computador;
- c) Aplicativo que será executado no computador e realizará o registro das medidas;
- d) Tutorial de uso da interface, sensores e aplicativo para professores realizarem a montagem da interface eletrônica e conexão dos sensores.

A intenção do tutorial de montagem é orientar professores na construção de sua própria interface eletrônica, caso tenham interesse. Além disso, é importante frisar que o produto é o artefato mais a abordagem pedagógica. Daí a importância do trabalho de pesquisa para o desenvolvimento e teste do produto.

Os roteiros das atividades estão disponíveis nos Apêndices A, B, C, D e E.

### 3.4. Estudo Piloto

Durante a fase de aproximação com a escola, professora e turmas de 2º ano, no primeiro semestre de 2018, decidimos realizar um estudo piloto com a metodologia de ensino que seria desenvolvida no semestre seguinte. A intenção desse estudo piloto foi acertar os detalhes de configuração do ambiente da sala de aula ou laboratório em que as atividades seriam realizadas e, ainda, verificar se a proposta teria uma boa aceitação pelos estudantes e professora.

Para tal, produzimos uma proposta de atividade com o conteúdo que a professora estava trabalhando no momento, a saber, energia mecânica. Decidimos propor um experimento de lançamento horizontal de uma esfera rolando a partir de um trilho, com foco nas transformações de energia potencial gravitacional em cinética. O fenômeno foi investigado utilizando sensores de distância e interface com computador, além de trena, papel carbono e roteiro para o trabalho dos alunos em pequenos grupos. O roteiro da atividade encontra-se no Apêndice A e a síntese dos resultados será apresentada no Capítulo 4.

Podemos antecipar que o estudo piloto foi fundamental para escolhas feitas de modo a viabilizar a atividade no contexto da escola. O laboratório de informática mostrou-se inadequado para abrigar toda a turma e o tamanho das mesas não comportaria os materiais necessários para realização da prática, então optamos por atender os alunos no laboratório de ciências, dividindo as turmas. Essa configuração mostrou-se viável e foi adotada na pesquisa. Além disso, o estudo piloto nos levou a rever a extensão das atividades tendo em vista a duração das aulas na escola (50 minutos menos o deslocamento e acomodação dos alunos no laboratório). Criou-se, também, uma expectativa muito favorável por parte dos alunos e da professora em relação ao prosseguimento do trabalho.

### **3.5 Planejamento das atividades**

Para planejar e desenvolver as atividades de ensino foi fundamental o contato com a professora responsável pelas turmas, seja assistindo suas aulas ou conversando com ela nos intervalos. Esse contato e aproximação foram importantes para entender melhor a dinâmica das turmas e o estilo de trabalho da docente. Mesmo sabendo que nossas intervenções representariam mudanças na rotina das aulas, pretendíamos que elas fossem inseridas da forma mais harmoniosa possível. Por exemplo, o fato de ela usar o livro didático como referência foi determinante para definirmos os assuntos das atividades. Além disso, foi crucial contar com a adesão da docente ao nosso projeto, desde o princípio. Na etapa de observação, ela sempre fez questão de falar do projeto para as turmas e incentivar os estudantes a participarem, dizendo que o projeto traria novas metodologias para as aulas tornando-as mais interessantes. Certamente esse incentivo teve influência sobre os discentes.

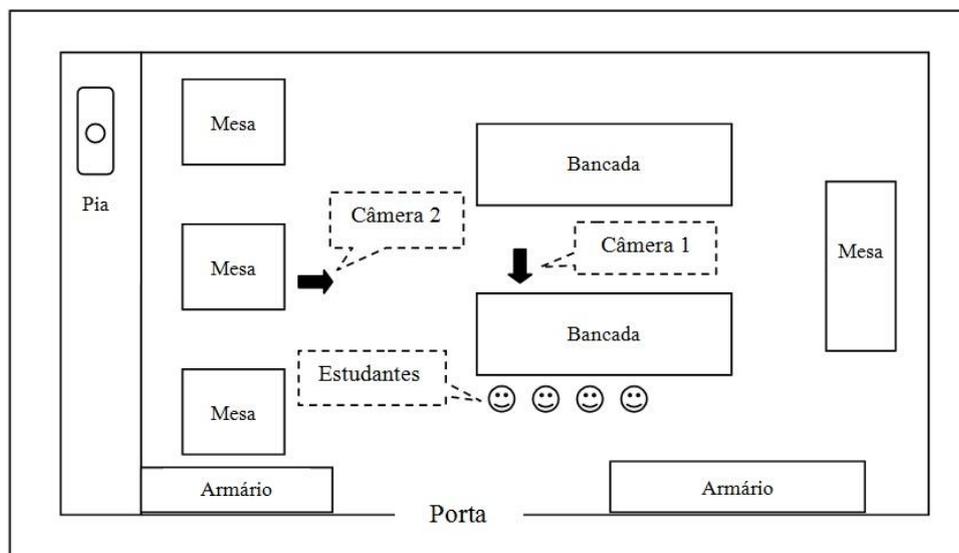
Também contamos com o importante apoio do diretor e do vice-diretor do turno da manhã. Isso foi crucial para o desenvolvimento do projeto, uma vez que, para realizar nossas intervenções, precisaríamos fazer algumas alterações no laboratório de ciências, pois lá não havia computadores e necessitaríamos, de alguma forma, providenciar esses equipamentos para a realização das atividades naquele ambiente.

Durante a fase de planejamento uma dificuldade que exigiu esforço e tempo para ser superada foi o fato de não haver computadores no laboratório de ciências, mas essa era uma situação que prevíamos que seria encontrada na escola, o que certamente é o comum na maioria das escolas públicas ou privadas: não é usual utilizar o computador para realizar medições no

laboratório. Isso mostra, de certa forma, o caráter incipiente das práticas que estamos introduzindo com essa pesquisa. Todavia, depois de conseguir recuperar quatro computadores que não estavam sendo utilizados na sala de informática e convencer o diretor a autorizar o deslocamento desses equipamentos para o laboratório de ciências pudemos, prosseguir com o trabalho de preparação e teste das atividades. Por se tratar de uso com o qual não é comum nas escolas é compreensível que haja alguma resistência inicial a esse movimento, porém, feitos os devidos esclarecimentos, não foi difícil perceber os benefícios em potencial que podem provir de tais aplicações.

Uma vez superada essa dificuldade, foi preciso ainda modificar a disposição das bancadas e mesas do laboratório de forma que os quatro grupos pudessem manipular os objetos sobre as bancadas e interagir com o computador de forma que todos pudessem visualizar as informações no monitor. A melhor configuração que encontramos é mostrada na Figura 1.

Figura 1 – Configuração das bancadas no laboratório de ciências e posição das câmeras



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 2 mostra uma fotografia do laboratório de ciências onde foram realizadas as atividades experimentais investigadas nessa pesquisa.

Figura 2 – Laboratório de ciências



Fonte: Os autores.

### ***3.5.1. Justificando a escolha das atividades e conteúdos***

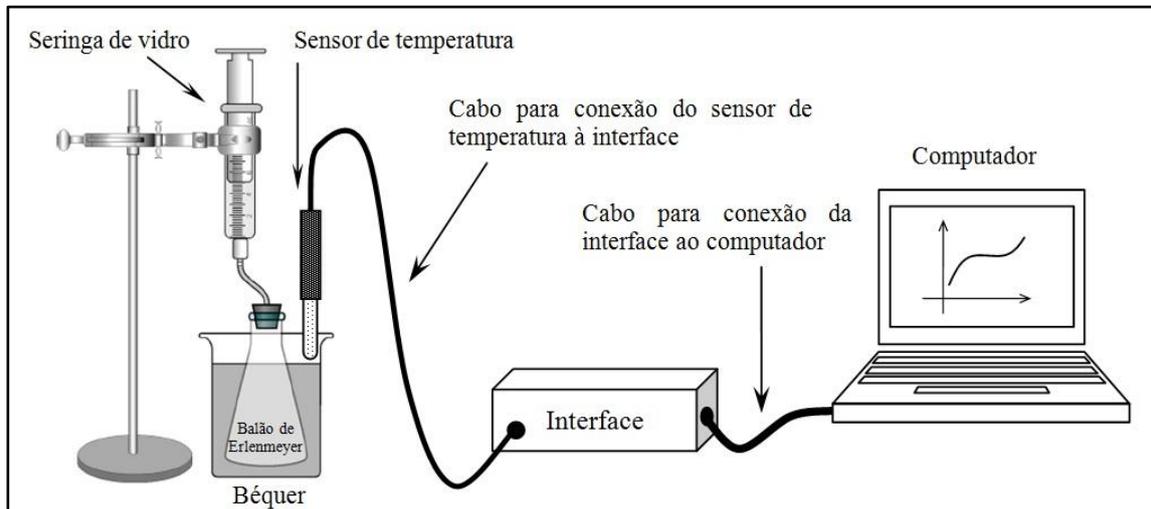
Optamos por trabalhar com conteúdos de termodinâmica e, mais especificamente, com o conceito de energia em contextos termodinâmicos, dada sua relevância e centralidade no currículo, reconhecida pela escola e pelas orientações curriculares da Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2007).

Como dissemos, a professora fazia um uso consistente do livro didático adotado, a saber Pietrocola, Pogibin, Andrade e Romero (2016), seguindo a sequência dos conteúdos propostos por ele. Na unidade de Termodinâmica, o livro adotado iniciava com um capítulo denominado “Calor como Energia”. Nesse capítulo, era apresentado um breve histórico dos modelos científicos para o calor e, na sequência, apresentado o modelo cinético molecular, a interpretação cinética da temperatura e a medida de temperatura. O capítulo se encerrava com o modelo cinético – transformações gasosas e interpretação física da pressão de um gás.

Decidimos propor como arranjo experimental um termômetro de gás operando a pressão constante. O equipamento consistia, basicamente, em uma lata de refrigerante (depois substituído por um erlenmeyer de vidro, por seu menor volume) conectada por uma mangueira de silicone a uma seringa de vidro que poderia expandir livremente. Para medir a temperatura e pressão do gás utilizamos sensores acoplados a uma placa Arduino (interface) conectada a um computador, conforme esquema mostrado na Figura 3 e fotografias mostradas

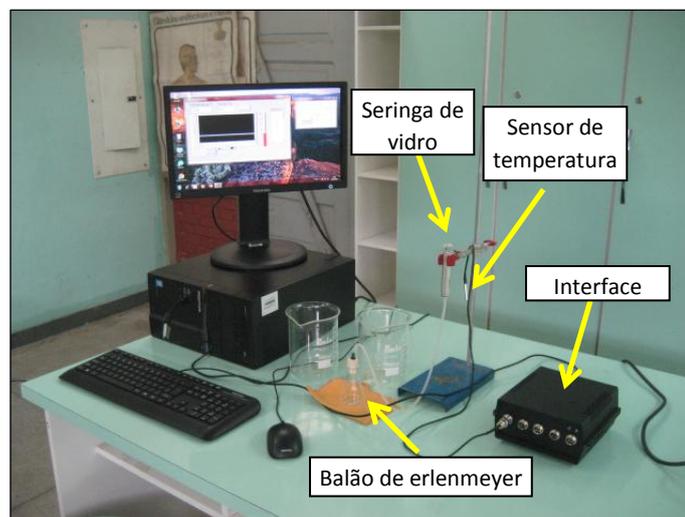
nas Figuras 4 e 5. Os detalhes da montagem desse experimento e escolha dos materiais encontram-se no Produto Educacional que acompanha esta dissertação.

Figura 3 – Esquema do arranjo experimental utilizado no laboratório



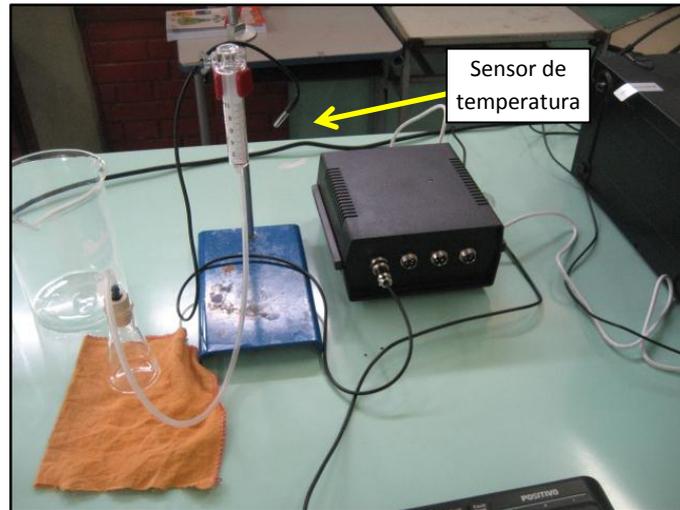
Fonte: JACKSON; LAWS, 2016, p. 95, adaptado pelos autores.

Figura 4 – Imagem do arranjo experimental utilizado no laboratório



Fonte: Os autores.

Figura 5 – Imagem do arranjo experimental utilizado no laboratório.



Fonte: Os autores.

A escolha do experimento foi orientada pelo forte apelo visual do fenômeno da expansão gasosa e sua conexão com o modelo cinético dos gases e com a 1ª lei da Termodinâmica, temas que faziam parte do planejamento da professora. Nesta pesquisa, analisamos apenas a primeira parte do experimento (Atividade 3 - “Expansão Térmica de um Gás”<sup>11</sup>). No Produto Educacional, incluímos outros dois roteiros que foram utilizados nas quinzenas posteriores, como desdobramento deste mesmo arranjo experimental (Atividade 4 - “Termômetro de Gás” e Atividade 5 - “Máquinas Térmicas”).

Ao anteciparmos as possíveis respostas que os alunos trariam na realização da atividade experimental sobre expansão térmica dos gases, decidimos reforçar ideias do modelo cinético molecular que pudessem auxiliar os estudantes a estabelecerem relações entre o fenômeno em escala macro (movimento do êmbolo da seringa ao aquecer o gás contido no erlenmeyer) e micro (movimento das partículas e ação destas sobre o êmbolo). Como a literatura reporta recorrente dificuldade dos estudantes em se apropriarem das ideias básicas do modelo cinético molecular e, sobretudo, em utilizá-las para análise de fenômenos (JACKSON; LAWS, 2006), resolvemos utilizar uma simulação computacional sobre comportamento de gases, que deveria anteceder a realização do primeiro experimento.

<sup>11</sup> O nome que demos à atividade utilizada na escola foi “Termômetro de Gás”, dividido em Parte I e Parte II. Vimos que o nome da primeira atividade (Termômetro de Gás – Parte I) não correspondia ao seu conteúdo e objetivos, posto que nesta primeira parte, não utilizávamos a montagem como um termômetro, antes com um fenômeno de expansão gasosa a ser investigado. Por isso, alteramos o nome da primeira atividade experimental.

### 3.5.2 Atividade 2: Simulação Computacional do Modelo Cinético dos Gases

O produto educacional em desenvolvimento nesta pesquisa precisa de um computador para ser conectado a ele. É na tela do computador que os estudantes visualizam os resultados das medidas dos sensores, em indicadores numéricos e gráficos. Dessa forma é importante e desejável que os estudantes tenham alguma familiaridade com o uso de computadores, como por exemplo, abrir um programa, utilizar o mouse e o teclado para interagir com a interface gráfica dos programas.

A escola na qual foi realizada a presente pesquisa conta com um laboratório de informática, possuindo 10 computadores em bom estado e configuração de *hardware* razoável<sup>12</sup>, com o sistema operacional Linux Educacional 5.0 instalado. Apesar disso, os alunos declararam não ter, até então, realizado nenhuma atividade no laboratório de informática da escola. Diante disso e do interesse dos alunos em explorar aquele ambiente, decidimos desenvolver uma atividade que antecederesse as atividades no laboratório de ciências e pudesse ser realizada no laboratório de informática. Entretanto, embora os equipamentos do laboratório de informática estivessem em bom estado, a disposição das mesas e dos gabinetes dificultava a acomodação dos alunos nas cadeiras, além disso, alguns computadores precisavam de alguns ajustes na configuração. Após quatro dias de preparação do espaço, o laboratório de informática ficou do modo que consideramos funcional.

Tendo em vista que a professora de Física estava iniciando o conteúdo de Termodinâmica, e que, seguindo a sequência do livro didático adotado, o assunto que começaria a ser abordado em sala de aula seria “Modelo cinético dos gases”, optamos por desenvolver e aplicar uma atividade baseada em simulação computacional, na qual fosse simulado o comportamento de um gás, no que diz respeito ao movimento de suas moléculas. Com isso esperávamos que os alunos recuperassem o sentido da interpretação cinética da temperatura de um gás e, ainda, tivessem oportunidades em lidar com representações dinâmicas do comportamento de um gás confinado em um recipiente, fenômeno que seria examinado experimentalmente nas aulas seguintes.

---

<sup>12</sup> Processador Intel Core-2-Duo, 2GB de memória RAM e disco rígido de 80GB.

Na Termodinâmica a temperatura de um gás está relacionada ao nível médio de agitação de suas moléculas e a pressão está relacionada à frequência e intensidade com que as moléculas do gás colidem com as paredes do recipiente no qual o gás está confinado. Então, pensamos que interagir com a simulação forneceria aos estudantes elementos conceituais para compreender melhor os assuntos pertinentes ao tema que a professora estava abordando em sala e que seriam úteis para os estudantes nas atividades de laboratório. Outro conceito importante relacionado à temperatura é o fato de ela ser um parâmetro intensivo<sup>13</sup>, ou seja, a temperatura de um objeto não depende de suas dimensões ou quantidade. Por exemplo, pensemos em uma garrafa com um litro de café, ao servir uma xícara a temperatura do café dentro da garrafa não será alterada. Então, pelo fato de a temperatura de um gás estar relacionada ao nível médio de agitação de suas moléculas ao serem adicionadas mais molécula ao recipiente, com o mesmo nível médio de agitação, a temperatura permanecerá a mesma.

A simulação computacional escolhida está disponível na internet<sup>14</sup>, e foi desenvolvida por pesquisadores da Universidade do Colorado<sup>15</sup> (Estados Unidos). Nessa simulação, cujo título é Propriedades dos Gases<sup>16</sup>, há uma animação gráfica representando uma câmara vazia, na qual partículas podem ser adicionadas ou retiradas. O aluno também pode variar o volume total do recipiente, assim como aquecê-lo ou resfriá-lo, colocando-o em contato com fogo ou gelo. Nesse recipiente representado na simulação estão conectados medidores de pressão e temperatura, cujos valores variam de acordo com as modificações realizadas pelo usuário (estudante). O volume ocupado pelo gás, embora não informado, é visível na tela. A Figura 6 mostra a página inicial da simulação “Propriedade dos Gases”.

---

<sup>13</sup> Se o valor do parâmetro muda ao se modificar o tamanho do sistema (ao dividi-lo em subsistemas, por exemplo) dizemos que o parâmetro é extensivo. Um exemplo de parâmetro extensivo é o volume de uma substância.

<sup>14</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)

<sup>15</sup> Fundado em 2002, o projeto PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências. As simulações PhET baseiam-se em pesquisas em educação, publicadas na página eletrônica do projeto. As simulações, traduzidas em vários idiomas, envolvem os alunos por meio de um ambiente gráfico, permitindo alto grau de interatividade com o usuário.

<sup>16</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/gas-properties](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/gas-properties)

Figura 6 – Tela do simulador “Propriedade dos Gases”, PhET Colorado



Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/gas-properties](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/gas-properties)

Desenvolvemos e aplicamos a atividade intitulada “Atividade 2 – Simulação Modelo Cinético dos Gases”, cujo roteiro está no apêndice B e no Produto Educacional que acompanha essa dissertação. Nessa atividade nossos principais objetivos foram:

- a) Fornecer aos estudantes a possibilidade de se familiarizarem com os computadores disponíveis na escola e com o uso de aplicativos gráficos;
- b) Disponibilizar ambiente com representações dinâmicas de um gás confinado em um recipiente, de modo que os estudantes fossem desafiados a interpretar e prever o comportamento do sistema diante de mudanças;
- c) Fornecer aos estudantes oportunidades para o entendimento conceitual da temperatura de acordo com o modelo cinético molecular<sup>17</sup>.

<sup>17</sup> Embora a simulação inclua a medida da pressão e dê elementos para interpretação cinética da pressão de um gás, esse conceito não foi explorado no roteiro, pois a professora não havia, até então, trabalho com este conceito em suas aulas. A questão 7 (e) do roteiro é a que mais se aproxima do conceito, que não é, no entanto, evocado explicitamente.

Adotando a pedagogia de fazer uma previsão antes de realizar uma ação e depois comparar com os resultados obtidos, elaboramos sete questões (algumas subdivididas em subitens) seguindo esses princípios.

Como exemplo, temos os itens dois, três e quatro do roteiro, nos quais solicitamos aos estudantes que fizessem previsões e discutissem sobre a relação entre a quantidade de partículas (quantidade de matéria) de um objeto e sua respectiva temperatura, mostrados na Figura 7.

Figura 7 – Atividade 2: questões 2, 3 e 4

2. No campo gás na câmara, clique no controle numérico e insira 4 partículas (espécie leve). Qual o valor indicado pelo termômetro agora?
3. O que você acha que ocorrerá com a temperatura mostrada pelo termômetro se inserirmos mais partículas na câmara? Discuta com seus colegas e justifique sua resposta.
4. Vá até a opção gás na câmara e insira mais partículas (espécie leve) até completarem 20 ou mais. O valor indicado pelo termômetro está de acordo com a sua resposta do item 3? Se não, tente explicar.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na questão cinco solicitamos que os estudantes façam previsões acerca da relação entre o movimento das partículas do gás e sua temperatura. No item seis os estudantes são orientados a verificarem as previsões que fizeram no item cinco, como mostra a Figura 8.

Figura 8 – Atividade 2: questões 5 e 6

5. a) O que você acha que aconteceria com o movimento das partículas se fosse fornecido energia ao sistema?  
b) E com a temperatura?  
c) Existe uma relação entre o movimento das partículas e a temperatura do sistema?
6. Adicione energia ao sistema. O que aconteceu com o movimento das partículas e com a temperatura do sistema? Foi de acordo com sua previsão? Caso não, justifique o que você acha que realmente aconteceu.

Fonte: Elaborado pelos autores.

No item sete tentamos fazer com que a atenção dos estudantes se voltasse para as características do movimento das partículas e para o fato de que a temperatura está relacionada à média das velocidades, havendo partículas mais rápidas e outras mais lentas, e que existem interações entre elas. A questão sete está reproduzida na Figura 9.

Figura 9 – Atividade 2: questão 7

7. Descreva o movimento das partículas na câmara:
- a) Todas têm a mesma velocidade?
  - b) O movimento é ordenado, ou seja, as partículas seguem uma trajetória bem definida?
  - c) As partículas colidem entre si?
  - d) O que acontece com o módulo da velocidade de uma partícula quando ela colide com outra mais lenta?
  - e) O que acontece com o módulo da velocidade de uma partícula quando ela colide com as paredes da câmara?

Fonte: Elaborado pelos autores.

No item oito procuramos trabalhar o conceito matemático de agitação térmica média, ou seja, a média da energia cinética das partículas do gás. Reproduzimos a questão oito na Figura 10.

Figura 10 – Atividade 2: questão 8

8. a) Clique em Reiniciar. Insira 1 partícula (leve). Anote o valor da temperatura da câmara.
- b) Depois clique em opções avançadas, marque a opção temperatura das novas partículas (K) e digite o valor 50 nesse campo. Agora insira 1 partícula (leve). Anote o valor da temperatura da câmara.
- c) Qual a explicação para o valor final da temperatura da câmara? Como podemos calculá-lo?

Fonte: Elaborado pelos autores.

Antes de chegar nessa versão da atividade foram necessários fazer vários ajustes na escrita do roteiro, e o mais significativo foi o de separar em questões diferentes as partes de previsão e verificação. Quando os dois comandos ficam muito próximos os estudantes geralmente não realizam a parte da previsão, fazendo somente a verificação. Outro cuidado foi não reforçar a noção intuitiva de atribuir a temperatura a uma molécula de gás, posto que a temperatura é um conceito estatístico (energia cinética média das partículas de um sistema).

### 3.5.3 Atividade 3: *Expansão Térmica de um Gás*

Ao planejar e desenvolver a atividade intitulada “Expansão Térmica de um Gás” (disponível no Apêndice C, e no Produto Educacional que acompanha essa dissertação), nossos objetivos foram:

- a) Familiarização com o ambiente do laboratório;
- b) Familiarização com a interface de aquisição de dados;
- c) Introdução ao processo de medição de temperatura;
- d) Introduzir a noção de que um gás pode realizar trabalho;
- e) Estabelecer uma relação entre a temperatura ( $T$ ) de um gás e o seu volume ( $V$ ), sob pressão constante.

Para realizar a atividade são necessários os seguintes materiais:

- a) Dois béqueres de 1000 ml;
- b) Um erlenmeyer de 50 ml;
- c) Uma seringa de vidro de 10 ml;
- d) Um ebulidor;
- e) 30 cm de mangueira de silicone;
- f) Um suporte universal;
- g) Uma pinça com mufa para condensador;
- h) Um Sensor de temperatura;
- i) Uma Interface (placa Arduino);
- j) Um Computador.

Essa atividade seria a segunda realizada no laboratório de ciências (a primeira havia sido a atividade piloto) e a primeira que utilizaria os artefatos para medição de temperatura e visualização no computador, por isso foi importante incluir alguns passos que permitissem aos estudantes se familiarizarem com os instrumentos e sensores. As questões um e dois foram elaboradas para esse fim. Assim como o roteiro utilizado para a simulação, este sofreu alterações, algumas delas após a aplicação em sala de aula. Reproduzimos na Figura 11 as duas primeiras questões da atividade. A Figura 12 mostra a tela do aplicativo desenvolvido para visualização das medidas e utilizado nesta atividade.

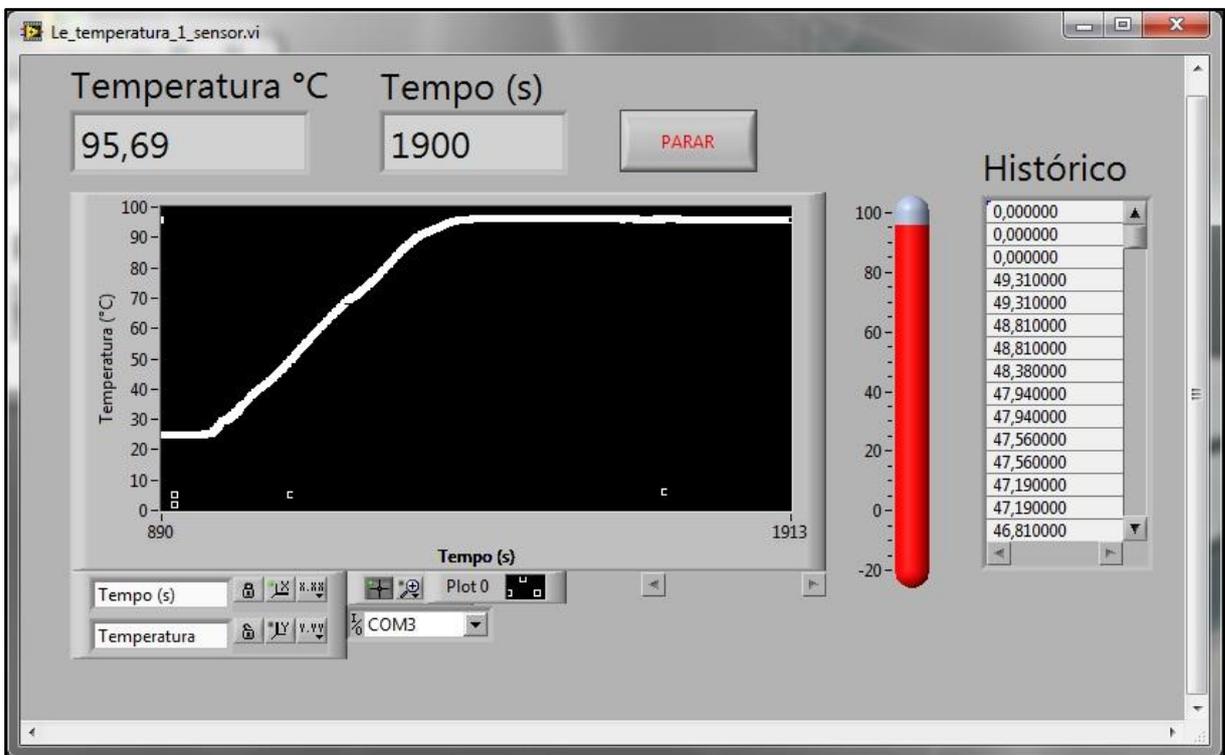
Figura 11 – Atividade 3: questões 1 e 2

Questão 1) Qual o valor da temperatura do ar?

Questão 2) Colocando o sensor de temperatura na água qual o valor medido? Dica: o sensor leva um tempo para “estabilizar” na temperatura correta. Portanto, é necessário esperar até que o valor indicado fique constante.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 12 – Tela do aplicativo desenvolvido para visualização das medidas de temperatura



Fonte: Elaborado pelos autores.

Uma vez que os estudantes tenham identificado o sensor de temperatura, verificado o seu funcionamento e localizado na tela do computador os indicadores das medidas, a questão três propõe que eles pensem e discutam sobre o ar que está dentro do sistema erlenmeyer e seringa. A Figura 13 mostra a questão três e seus subitens.

Figura 13 – Atividade 3: questão 3

Questão 3) **Antes** de fazer o experimento, responda as questões:

- a) Existe **ar dentro** do erlenmeyer?
- b) O que você acha que acontecerá com o **sistema erlenmeyer + seringa** se colocarmos o erlenmeyer na água que foi aquecida?
- c) Ao ser aquecido, o que acontece com o ar que está no erlenmeyer?
- d) O que você acha que acontecerá na seringa?

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na questão quatro eles deveriam verificar o que de fato acontece com o sistema. Iniciamos provocando os alunos a identificarem o ar no interior do erlenmeyer como foco de atenção. Mesmo aqueles que dão resposta negativa à primeira questão, são levados a pensar no comportamento do ar aquecido para fazer suas previsões. Neste roteiro, o comportamento inesperado do sistema é o movimento de expansão do gás (ar) que está dentro do erlenmeyer e que, ao se expandir, desloca para cima o êmbolo da seringa de vidro. Na Figura 14 reproduzimos o enunciado da questão quatro e seus subitens.

Figura 14 – Atividade 3: questão 4

**Procedimento 1)** Coloque o erlenmeyer dentro do béquer com água aquecida e observe o comportamento do sistema.

Questão 4) **Depois** de fazer o **procedimento 1**, responda:

- a) O que você observou?
- b) Qual sua explicação para o que aconteceu?
- c) O que acontece com a pressão do sistema?
- d) Desenhe o que você acha que acontece com o ar dentro do erlenmeyer e da seringa.

Fonte: Elaborado pelos autores.

As questões cinco e seis foram planejadas para que os estudantes pudessem pensar e refletir sobre o processo inverso ao que eles haviam analisado na questão anterior, ou seja, se o volume do gás aumentou ao ser aquecido, será que ao retorná-lo para a temperatura ambiente o seu volume voltará ao valor inicial? A Figura 15 mostra o enunciado das questões cinco e seis.

Figura 15 – Atividade 3: questão 5 e 6

Questão 5) O que você acha que acontecerá se colocarmos o erlenmeyer em um béquer com água que não foi aquecida? Explique o seu raciocínio.

**Procedimento 2)** Coloque o erlenmeyer no béquer com água que não foi aquecida e observe a seringa.

Questão 6) **Após** fazer o **procedimento 2**, responda:

- a) O que você observou?
- b) Qual sua explicação para o que aconteceu?

Fonte: Elaborado pelos autores.

Por fim, na questão sete gostaríamos que os estudantes formulassem perguntas sobre o assunto estudado. Entendemos que a elaboração de perguntas pertinentes e coerentes sobre o tema visto na atividade poderia ser um indício de interesse e curiosidade sobre o assunto. Reproduzimos na Figura 16 a questão sete.

Figura 16 – Atividade 3: questão 7

Questão 7) Ao final desta atividade quais perguntas você gostaria de fazer para o seu professor? Quais dúvidas você tem e gostaria de discutir com o professor?

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao planejarmos essa atividade, pensamos que 40 minutos seriam suficientes para sua realização. Contudo, tratava-se apenas de uma estimativa inicial e avaliamos durante a aplicação da atividade se esse tempo foi adequado.

Neste trabalho, não iremos apresentar os dados e resultados das atividades seguintes (Atividades 4 e 5, denominadas respectivamente “Termômetro de Gás” e “Máquinas Térmicas”). Os roteiros estão disponíveis nos Apêndices D e E, e no Produto Educacional associado a esta dissertação. Na atividade 4, utilizamos o mesmo equipamento da atividade 3 para fazer medidas de temperatura e volume ocupados pelo gás e, a partir delas, elaborar um gráfico temperatura x volume. Desse modo, foi possível utilizar o equipamento como um termômetro, ou seja, utilizá-lo para inferir o valor de temperatura do gás a partir do volume

por ele ocupado. Na atividade 5, a montagem foi ligeiramente alterada. Em primeiro lugar, foi incluído um sensor de pressão entre a seringa e o erlenmeyer; além disso, sobre o êmbolo da seringa foi colocado um peso, de modo a evidenciar a realização de trabalho que acompanha a expansão do gás a pressão constante. O foco, neste caso, foi o de interpretar a conversão de parte da energia térmica cedida ao gás em trabalho mecânico e as implicações disso para o funcionamento de máquinas térmicas.

## **CAPÍTULO 4 - RESULTADOS: DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES EM SALA DE AULA**

Foram aplicadas em sala de aula cinco atividades, sendo que o conteúdo de quatro delas foi relacionado à Termodinâmica e um relacionado à Energia Mecânica (estudo piloto). O estudo piloto foi aplicado no mês de junho de 2018, as demais atividades foram aplicadas nos meses de setembro, outubro e novembro, a cada 15 dias e intercalados com aulas regulares de Física.

### **4.1 Estudo piloto: Atividade 1 - Transformações de Energia no lançamento de uma bolinha**

A atividade piloto foi aplicada em sala de aula nos dias 07/06/2018 e 08/06/2018, intitulada “Atividade 1 - Transformações de Energia no lançamento de uma bolinha”, cujo roteiro está disponível no Apêndice A e no Produto Educacional que acompanha esta dissertação. Decidimos desenvolver e aplicar atividade com conteúdo de Mecânica com o objetivo principal de realizar alguns testes preliminares.

Nesse primeiro teste a atividade de ensino foi aplicada pelo pesquisador no laboratório de ciências da escola, em sete turmas escolhidas de forma aleatória. As turmas foram divididas de forma que 20 estudantes foram para o laboratório e 20 permaneceram em sala com a professora responsável. A divisão da turma foi feita por ordem de chamada: os 20 primeiros da lista foram para o laboratório. A decisão por aplicar a atividade com metade da turma foi feita tendo em vista os objetivos específicos para esse teste, por se tratar de uma fase de ajustes e reconhecimento, entendemos que com metade da turma seria mais produtivo para uma avaliação inicial dos objetivos e categorias pertinentes à essa fase da pesquisa.

Os objetivos e categorias de análises estabelecidos para a primeira atividade de ensino estão discriminados no Quadro 2.

Quadro 2 – Dados obtidos a partir da aplicação da Atividade 1

<b>Categoria</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Resultados</b>
Tempo para realização da atividade	Verificar se o tempo estipulado para realização da atividade é suficiente para o tempo disponível de aula.	A atividade foi estipulada para ser realizada em 2 aulas. Verificamos que serão necessárias de 3 a 4 aulas para concluí-la.
Motivação inicial dos estudantes para realizar a atividade	Verificar se os estudantes estão motivados em realizar atividades de caráter prático.	Verificamos que no primeiro momento a motivação maior é em poder sair da sala de aula. No início da atividade a motivação cai para os patamares observados em uma aula normal.
Motivação dos estudantes durante a realização da atividade	Verificar se a motivação dos estudantes aumenta com o decorrer da prática.	Aumenta significativamente. Observamos empenho dos estudantes em realizar o que é pedido e responder às questões propostas.
Motivação dos estudantes para realizar outras atividades semelhantes	Verificar se ao final da prática os estudantes se sentem mais motivados para realizar outra prática.	Verificamos que os estudantes se sentem motivados para realizar outra prática. Vários ao final manifestaram o interesse explicitamente. Vários também disseram que deveria ter mais aulas nesse estilo.
Dificuldade dos estudantes	Verificar dificuldades dos estudantes com o roteiro e manuseio dos materiais.	Dificuldades em interpretar o que está sendo pedido no roteiro, em manusear a trena para medir distâncias e identificar as unidades de medida. Foi necessário ajustar o roteiro para facilitar a interpretação.
Dificuldades do professor	Verificar dificuldades do professor em aplicar a prática e em realizar a mediação.	Dificuldade inicial de coordenação dos grupos, no sentido de direcionar os esforços e a euforia para a realização das atividades.
Qualidade das medições	Verificar a qualidade das medições feitas pelos estudantes, se os resultados das medidas são consistentes.	Resultados com boa qualidade e consistência. Convergência entre valores obtidos por diferentes grupos e em turmas distintas.
Surpresa/conflito entre previsões e resultados experimentais	Verificar reações impactantes e de espanto nos estudantes quando verificarem discrepâncias entre suas previsões e os resultados de uma medição específica. Questão 1-5 da atividade.	Muitas reações de espanto e surpresa. Praticamente em todas as turmas essas reações foram observadas. Também notamos que o resultado despertou a curiosidade de muitos estudantes em conseguir explicar o resultado observado experimentalmente.

Fonte: Elaborado pelos autores.

## 4.2 Atividade 2 - Simulação computacional: modelo cinético dos gases

A atividade intitulada “Atividade 1 - Simulação Modelo Cinético dos Gases” foi aplicada nos dias 19/09/2018 e 20/09/2018 em metade da turma, e nos dias 26/09/2018 e 27/09/2018 com o restante da turma. Como dito, procuramos concentrar atenção para o conceito de temperatura de um gás, associando-o à energia média de suas partículas. Pretendíamos, ainda, oferecer oportunidades para os estudantes fazerem previsões e trabalharem com representações dinâmicas do modelo cinético das partículas.

Nos itens dois, três e quatro do roteiro nossa expectativa era que, de modo geral, os estudantes considerariam que quanto mais partículas, maior a temperatura do sistema. E então, ao adicionarem mais partículas ao sistema (com a mesma energia cinética média), eles esperariam ver o valor da temperatura aumentar, o que não seria confirmado pelo simulador. Com isso nossa intenção era causar neles o sentimento de surpresa e a necessidade de buscar uma nova explicação para o comportamento do sistema. Dessa forma pretendíamos estimular o interesse deles em entender melhor as ideias subjacentes ao conceito de temperatura, que é uma medida da energia cinética média das partículas do gás. Ademais, na atividade seguinte, no laboratório de ciências, eles teriam a oportunidade de fazer medições de temperatura.

Ao analisar as respostas fornecidas pelos estudantes e as filmagens da sala de aula consideramos que nossas expectativas foram confirmadas. A maioria dos alunos esperava, realmente, que a temperatura do gás aumentasse ao serem adicionadas mais partículas. Outro ponto importante que observamos com a aplicação dessa atividade é que os estudantes ficam com bastante receio quando usamos o verbo “achar” no texto das perguntas, como por exemplo, o que foi pedido na questão três da Atividade 2: “o que você acha que ocorrerá com a temperatura mostrada pelo termômetro se inserirmos mais partículas na câmara”? Ao lerem essa pergunta vários estudantes indagaram ao professor se era para responderem o que eles achavam “mesmo”. Na Figura 17 mostramos a transcrição de algumas dessas indagações.

Figura 17 – Algumas perguntas dos estudantes feitas ao professor no início da Atividade 2

<p>“Mas professor é para dizer o que eu acho mesmo”? “Mas e se estiver errado”?</p> <p>“Eu vou perder ponto”?</p>
---

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Por isso, foi muito importante nesses momentos dialogar com os estudantes de forma a deixar claro para eles que nestas questões não era para se preocuparem com “certo” e “errado”, pois estávamos interessados no que eles realmente pensavam.

Uma vez feito os esclarecimentos aos estudantes, obtivemos alguns registros por escrito que consideramos interessantes. Reproduzimos na Figura 18 o enunciado das questões dois e três e as respostas que alguns estudantes<sup>18</sup> forneceram.

Figura 18 – Enunciado das questões 2 e 3 da Atividade 2 e algumas respostas dos estudantes

Questão 2) No campo gás na câmara, clique no controle numérico e insira 4 partículas (espécie leve). Qual o valor indicado pelo termômetro agora?

Questão 3) O que você acha que ocorrerá com a temperatura mostrada pelo termômetro se inserirmos mais partículas na câmara? Discuta com seus colegas e justifique sua resposta.

Estudante Paula:

“O valor é 50K. A temperatura vai aumentar pois pensamos que aumentando as partículas a temperatura também aumentaria. Após pensar mais lembrei da água que independente da sua quantidade a temperatura de ebulição é a mesma, ou seja, em 20 partículas a temperatura é 50K”.

Estudante Viviane:

“Ao inserir 4 partículas de espécie leve, o termômetro indica 50°. Ao inserir mais 20 partículas, eu acho que a temperatura do termômetro vai aumentar.”

Estudante Eliane:

“50K, acho que vai subir, pois acho que mesmo estando na leve quanto maior as partículas, a tendência é aumentar”.

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

---

<sup>18</sup> Para manter o anonimato dos estudantes, usamos nomes fictícios.

Da mesma forma na Figura 19 mostramos a transcrição do enunciado da questão quatro acompanhada de algumas respostas dos estudantes.

Figura 19 – Enunciado da questão 4 da Atividade 2 e algumas respostas dos estudantes

Questão 4) Vá até a opção gás na câmara e insira mais partículas (espécie leve) até completarem 20 ou mais. O valor indicado pelo termômetro está de acordo com a sua resposta do item 3? Se não, tente explicar.

Estudante Viviane:

“Não, o valor do termômetro continuou em 50°, ao contrário do que previ. Eu acho que as partículas não interferem.”

Estudante Eliane:

“Não foi o previsto, continuou o mesmo, mas não sei porque não aumentou, pensei que quanto mais partículas maior ficaria, continuou constante. Mas acho que não subiu pois não interfere em nada”

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Comparando essa aula no laboratório de informática com as aulas tradicionais em sala de aula, tivemos evidências de que os estudantes se envolveram mais na realização das tarefas, apresentando maior engajamento cognitivo. Todavia, é importante deixar claro que os estudantes relataram que foi a primeira vez que eles foram ao laboratório de informática da escola, de forma que talvez a novidade desse novo ambiente explique o comportamento dos estudantes e não necessariamente a abordagem com que os temas de Física foram tratados nesse ambiente.

Em relação ao tempo gasto para a realização da atividade, o pensado inicialmente foi de que uma aula de 50 minutos seria suficiente para discutir e responder a todos os itens, mas na prática foram necessárias duas aulas de 50 minutos. Na primeira aula a maioria dos estudantes conseguiu ir até o item seis, tendo sido o restante realizado na segunda aula. Outro aspecto que consideramos relevante em relação ao tempo necessário para realizar a atividade é que na segunda aula os estudantes começaram a fazer a atividade mais rapidamente. Atribuímos isso ao fato de que na primeira aula eles gastaram uma parte do tempo, justamente, se familiarizando com os computadores e com a interface gráfica da simulação e também observamos na primeira aula que alguns estudantes ficaram “explorando” os controles da

interface gráfica e executando processos que não estavam no roteiro – o que consideramos positivo.

Também notamos que após confrontarem os resultados de sua previsão com o observado a atitude deles era, na maioria das vezes, de obter a explicação correta perguntando ao professor. Vemos que esta metodologia, por alterar as relações e papéis esperados de professor e alunos, requer negociação de um novo contrato didático com os estudantes, no sentido proposto por Brousseau (2002). Segundo este autor, o contrato didático consiste em normas culturalmente aceitas e usualmente implícitas, que estabelecem “o conjunto de comportamentos do professor que são esperados pelos alunos e o conjunto de comportamentos do aluno que são esperados pelo professor”. Assim, os estudantes não consideram pertinente que o professor peça que eles respondam o que “acham” sobre uma dada situação, posto que no sistema tradicional devem responder às perguntas dos professores contando com uma informação considerada correta que lhes tenha sido anteriormente informada. Ainda contam com o professor como fonte única de informações que pode ser acessada quando necessário. Em uma nova configuração didática, como a proposta neste trabalho, essas expectativas devem ser revistas e novas normas devem ser estabelecidas.

### **4.3 Atividade 3 - Laboratório: Expansão térmica de um gás**

A atividade experimental que aqui denominamos “Expansão Térmica de um Gás” foi aplicada nos dias 19/09/2018 e 20/09/2018 em metade da turma, e nos dias 26/09/2018 e 27/09/2018 com o restante da turma. A atividade foi aplicada pelo pesquisador. Nessa atividade, cujo roteiro está no apêndice C, e no Produto Educacional que acompanha esta dissertação, nossos principais objetivos foram:

- a) Familiarização com o ambiente do laboratório;
- b) Familiarização com a interface de aquisição de dados;
- c) Introdução ao processo de medição de temperatura;
- d) Introduzir a noção de que um gás pode realizar trabalho;
- e) Estabelecer uma relação entre a temperatura ( $T$ ) de um gás e o seu volume ( $V$ ), sob pressão constante.

Segundo relato dos estudantes, essa foi a segunda vez que eles foram ao laboratório de ciências da escola<sup>19</sup> (a primeira foi durante o estudo piloto). Assim, tínhamos consciência que o tempo estimado de uma aula para realização da prática provavelmente seria excedido. No entanto, desde o começo foi possível observar que os estudantes ficaram bem concentrados na atividade durante todo o tempo da aula. Outra característica marcante dessa aula é que o professor foi bem mais solicitado pelos alunos do que em uma aula convencional.

Como foi explicado no capítulo anterior, as questões um e dois foram elaboradas com a intenção de permitir aos estudantes contato e familiarização com os equipamentos e materiais da prática, com o medidor de temperatura e com os controles do aplicativo no computador.

Na questão três, a ideia era levá-los a pensar sobre o sistema que eles tinham diante deles: um erlenmeyer, com ar dentro dele, conectado a uma seringa de vidro por meio de uma mangueira de silicone. Como eles haviam feito há uma semana a atividade na qual simularam o comportamento de um sistema muito parecido com o que eles tinham no laboratório, esperávamos que eles percebessem as semelhanças entre os dois sistemas, o que não aconteceu de imediato.

Outro aspecto importante diz respeito ao fato de que eles tinham que prever o que aconteceria com o êmbolo da seringa quando o ar dentro do erlenmeyer fosse aquecido. A literatura indica que normalmente os estudantes não imaginam que o êmbolo vai se deslocar (JACKSON, LAWS; 2005), o que ocorre devido à expansão do ar. A literatura também indica que ao serem confrontados com os resultados experimentais os estudantes ficam bastante surpresos (JACKSON, LAWS; 2005). Reproduzimos na Figura 19 a questão 3, seguida por comentários das respostas escritas dos estudantes.

---

<sup>19</sup> As equipes do PIBID na escola fizeram a revitalização deste espaço, mas ele foi pouco utilizado depois da desativação do projeto, em 2016. Segundo relato dos professores, atividades experimentais simples são, algumas vezes, utilizadas por eles na própria sala de aula, evitando tempo de deslocamento e, ainda, esforço na reorganização e limpeza do espaço do laboratório.

Figura 19 – Enunciado da questão 3 da Atividade 3 e algumas respostas dos estudantes

Questão 3) **Antes** de fazer o experimento, responda as questões:

a) Existe **ar dentro** do erlenmeyer?

b) O que você acha que acontecerá com o **sistema erlenmeyer + seringa** se colocarmos o erlenmeyer na água que foi aquecida?

c) Ao ser aquecido, o que acontece com o ar que está no erlenmeyer?

d) O que você acha que acontecerá na seringa?

Fonte: Elaborado pelos autores.

Foi interessante constatar que, ao contrário do que esperávamos, algumas respostas (8 em 30) para o item (a) da questão três diziam que “não existia ar dentro do erlenmeyer”. O item (a) é uma espécie de condição prévia para a atividade, posto que as demais perguntas demandam pensar o que acontece com ar atmosférico que se encontra no interior do erlenmeyer, da mangueira e da seringa. Os estudantes do grupo acompanhado negaram a existência do ar no item (a), mas responderam no item (c) que “o ar existente no sistema condensará, virando vapor”. Como dito, o roteiro conduz intencionalmente os estudantes a pensarem no que ocorre com o ar e o professor encorajava os alunos a recuperarem as representações utilizadas na atividade com a simulação do PhET. A Figura 20 mostra as respostas de alguns estudantes ao item (a) da questão 3.

Figura 20 – Respostas de alguns estudantes ao item (a) da questão 3

“Sim, existe, pois só não possui ar no vácuo”.

“Sim, pois havia ar dentro do balão antes de ele ser fechado”.

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Nos dados da turma investigada, notamos que todos os estudantes indicaram que algo iria acontecer. Nos registros escritos aos itens (c) e (d) da questão três encontramos: “o ar vai subir”, “vai ser transferido para a seringa”, “vai empurrar o êmbolo”, e assim por diante. No entanto, a causa dessas previsões é bastante variada. Alguns estudantes falam de mudanças qualitativas no ar ao ser aquecido, com base, sobretudo, nas observações de condensação de vapor d’água no béquer e em experiências cotidianas semelhantes, sem qualquer alusão ao modelo cinético dos gases ou ao que podemos identificar como variáveis termodinâmicas. Na Figura 21 transcrevemos algumas respostas ao item (c) da questão três.

Figura 21 – Respostas de alguns estudantes ao item (c) da questão 3

“vai condensar e virar vapor”  
 “vai fazer com que transpire”  
 “Eu acho que a água vai transferir calor para o vidro, fazendo com que ele transpire”.

Fonte: Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Outros mencionam o fato do ar quente subir sendo então transferido do erlenmeyer para a seringa, como mostra a Figura 22:

Figura 22 – Respostas de alguns estudantes ao item (d) da questão 3

“vai subir”  
 “vai flutuar e subir”

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Outras previsões evocam a pressão do ar, aumentada ao ser aquecido. No entanto, convém destacar o conceito de pressão utilizado pelos estudantes nem sempre corresponde ao científico, como nas respostas seguintes, conforme transcrição na Figura 23.

Figura 23 – Respostas de alguns estudantes ao item (d) da questão 3

“quando fica na água aquecida ela recebe uma pressão e a pressão vai para a seringa”  
 “a pressão vai direto para a seringa”  
 “irá ficar cheio de pressão por que irá sugar o ar que está dentro da seringa”.  
 “vai subir devido à pressão”

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

No sistema observado, ao contrário da suposição de aumento da pressão do ar, ela se mantém constante, pois há uma expansão do volume ocupado por ele. No entanto, no arranjo experimental, não havia sensor de pressão neste experimento, prevalecendo a intuição dos estudantes quanto ao fato de que o ar “empurra o êmbolo”. Assim, consideramos um avanço a atribuição da pressão do gás aquecido como causa da expansão do volume.

Finalmente, tivemos aqueles que mencionam a agitação do ar aquecido, como responsável pela subida do êmbolo, com diferentes níveis de sofisticação e apropriação da linguagem

científica para descrever o fenômeno. Em todos eles, destaca-se o uso do modelo cinético molecular, foco da atividade realizada com o simulador do PhET, duas semanas antes. A Figura 24 mostra as transcrições de tais respostas.

Figura 24 – Respostas de alguns estudantes ao item (d) da questão 3

“se agitam e fogem para a seringa”  
“as moléculas do ar ficam agitadas e o ar aquecido procura um jeito de escapar pela mangueira”  
“irá subir pois as partículas se agitarão devido ao aumento de temperatura”  
“as partículas presentes no recipiente irão ficar agitadas com isso poderia fazer a seringa subir”

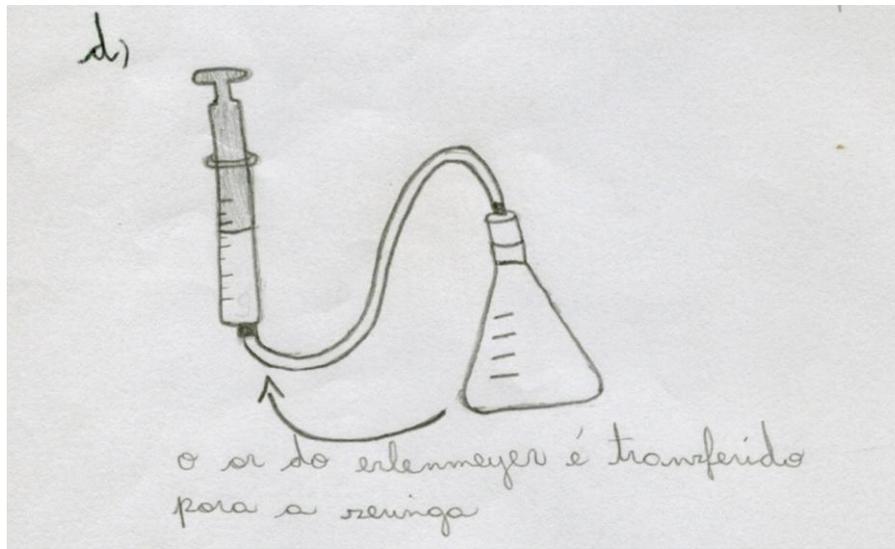
Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Apesar da previsão correta, ao efetuarem o procedimento, acompanhamos vivas manifestações de surpresa dos estudantes de todas as turmas. Nas explicações dadas ao fenômeno, o que mais nos chamou atenção foi o nível de sofisticação das respostas da questão 4 (explicação do fenômeno após experimento) quando comparadas com a questão 3 (previsão do que deveria acontecer). Isso indica uma mudança de sentidos provocada pela atividade e uma apropriação progressiva do modelo e linguagem científica para interpretar o fenômeno. Dois exemplos serão utilizados para indicar essa progressão nas respostas dos estudantes, mostrados nas Figuras 25 e 26.

Figura 25 – Respostas de uma estudante aos itens das questões 3 e 4

Estudante Viviane:

- 3.a) Não existe ar dentro do erlenmeyer.
- 3.b) O erlenmeyer irá aquecer e “transpirar”
- 3.c) O ar existente no sistema condensará, virando vapor.
- 3.d) O ar vai ser transferido para a seringa.
- 4.a) A seringa subiu, pois o ar foi transferido.
- 4.b) A pressão do ar empurra a seringa.
- 4.c) A pressão oscila de acordo com a temperatura.
- 4.d)



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Figura 26 – Respostas de uma estudante aos itens das questões 3 e 4

Estudante Sara:

3.a) Sim, pois havia ar dentro do balão antes de ele ser fechado.

3.b) A temperatura da água faz com que o ar lá dentro passe pela mangueira e chega na seringa. Sua parte interna irá subir de acordo com a pressão do ar.

3.c) As moléculas do ar irão ficar agitadas com o aquecimento e procuram um jeito de escapar pela mangueira.

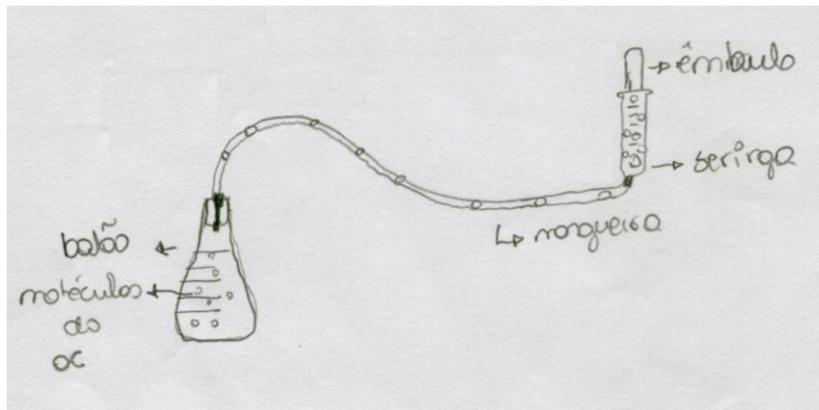
3.d) Sua parte interna, que marca os ml, irá subir de acordo com a pressão do ar.

4.a) Como eu havia imaginado, o balão foi colocado na água e o êmbolo da seringa deslocou, saindo da marcação zero e chegando a 6 ml.

4.b) As moléculas do ar dentro do balão se agitaram, escapando dali, passando através da mangueira e elevando o êmbolo da seringa.

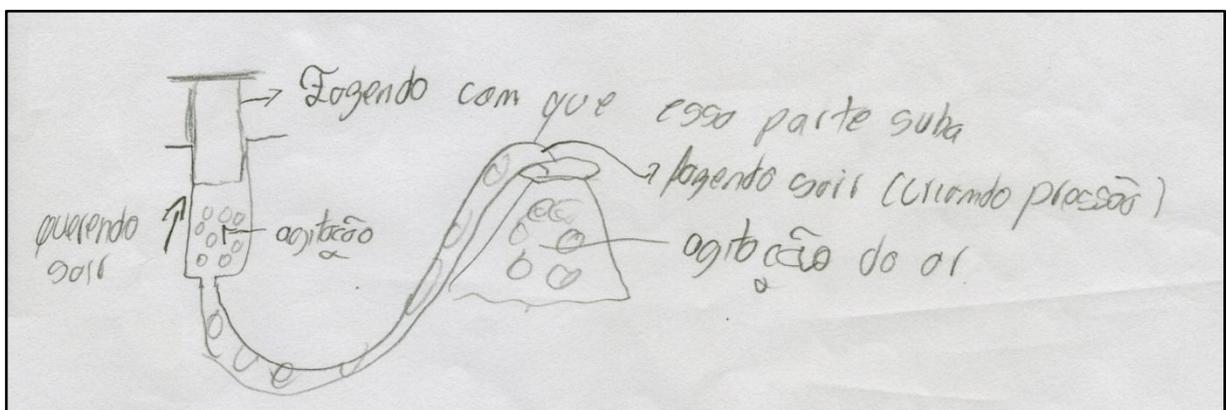
4.c) A pressão abaixava a medida que o ar escapou pela mangueira.

4.d)



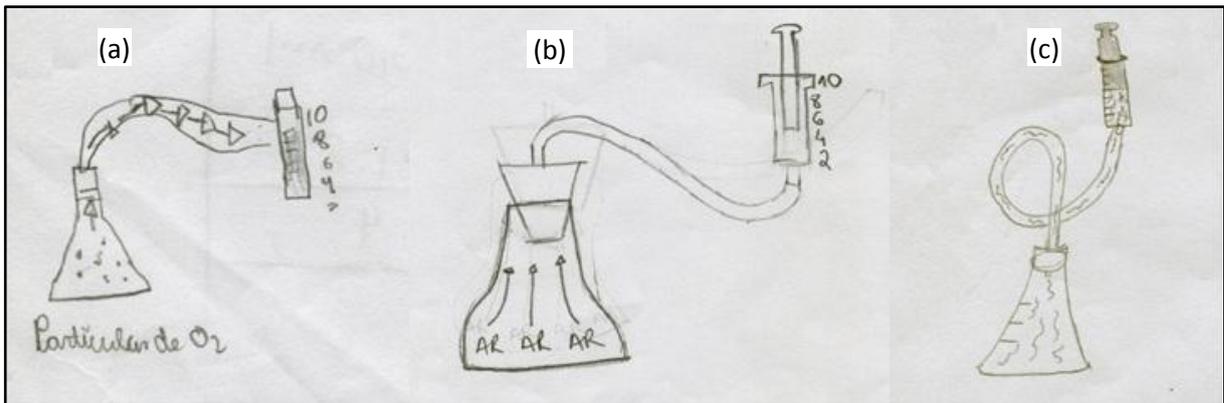
Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Figura 27 – Resposta a questão 4 item (d)



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Figura 28 – Respostas de 3 estudantes a questão 4 item (d)



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

As respostas dadas pelas estudantes Viviane e Sara nos itens (4b), (4c) e (4d) mostram que o conceito de pressão é acompanhado por representações do modelo cinético molecular, indicando um progresso no entendimento do problema por parte desses alunos. O que também é evidenciado pelos desenhos feitos pelos estudantes em resposta ao item (4d) como é mostrado nas Figuras 27 e 28(a). Nas ilustrações (b) e (c) da Figura 28 as representações para o ar dentro do erlenmeyer não são correspondentes ao modelo cinético dos gases, no qual um gás é composto por partículas.

Na questão quatro, um dos itens pede que os estudantes tentem explicar por que o êmbolo subiu. Em algumas respostas (7 em 30) os estudantes disseram que “a pressão do ar empurra a seringa”. Ficamos surpresos com essa resposta, pois nas aulas da professora, até então, não havia sido trabalhado com eles o conceito de pressão. Assim, nos parece que eles tenham se apoiado nas representações da simulação do PhET para interpretar o movimento do êmbolo se valendo do conceito de pressão. Outras respostas atribuíram o deslocamento do êmbolo ao aumento no grau de agitação das moléculas (21 em 30), de forma que consideramos que a dinâmica da atividade foi bastante profícua.

Ao planejar essa atividade decidimos por não colocar o medidor de pressão, uma vez que como se trata de uma expansão isobárica (a pressão constante), nós pensamos que o medidor de pressão não acrescentaria muito à atividade. Todavia, depois de receber várias respostas atribuindo o deslocamento do êmbolo ao aumento da pressão do sistema, percebemos que seria melhor, como um melhoramento para essa atividade, incluir o sensor de pressão em uma próxima oportunidade.

Nas questões cinco os estudantes são incentivados a pensar na situação inversa, ou seja, o que acontecerá com o êmbolo da seringa se o ar do sistema for resfriado até a temperatura ambiente? Depois de fazerem as previsões os discentes foram orientados a confrontar suas previsões com os resultados do experimento e registrar suas explicações e reflexões na questão seis. Reproduzimos as questões cinco e seis na Figura 29.

Figura 29 – Questões 5 e 6 da Atividade 3

Questão 5) O que você acha que acontecerá se colocarmos o erlenmeyer em um béquer com água que não foi aquecida?

Questão 6) Após fazer o procedimento 2, responda:

a) O que você observou?

b) Qual sua explicação para o que aconteceu?

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nesse caso, imaginamos que depois de verem que o êmbolo se desloca para cima ao colocar o erlenmeyer na água aquecida eles fariam o raciocínio inverso e concluiriam que ao colocar o erlenmeyer na água que não foi aquecida, portanto a temperatura ambiente, o êmbolo voltaria para a posição original. De fato, houve estudantes com esse raciocínio, mas também aqueles que pensaram que o êmbolo permaneceria na mesma posição, indicando que de acordo com o raciocínio deles o ar “normal” não faz nada, não tem pressão. A Figura 30 mostra algumas dessas respostas.

Figura 30 – Transcrição das respostas de alguns estudantes para a questão 5

“Quando está na água aquecida as moléculas se agitam e faz com que a seringa saia do lugar e quando está na água fria as moléculas permanecem da mesma forma, assim como a seringa.”

“Quando aquece o erlenmeyer as moléculas internas se agitam levantando o ar dentro da seringa. Logo após colocarmos o erlenmeyer em um recipiente frio as moléculas se estabilizam em temperatura ambiente.”

“A seringa se manterá levantada, pois a água fria não terá diferença para o ar que já está armazenado na seringa, sendo assim a temperatura da água fria será constante.”

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Outros associaram que, com menor temperatura, a agitação das moléculas do ar diminuiria, e com menor agitação o ar estabiliza e a seringa desceria, conforme mostrado na Figura 31.

Figura 31 – Transcrição das respostas de alguns estudantes para a questão 5

“O ar voltará pro erlenmeyer, pois irá contrair as moléculas, logo abaixando a parte interna da seringa novamente.”

“Quando está na aquecida as moléculas se agitam e faz com que a seringa saia do lugar, e quando está na água fria as moléculas ficam normais e a seringa volta para o lugar.”

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Também houve aqueles que fizeram a interpretação correta respondendo que com menor temperatura há menor agitação das moléculas. Em alguns casos, acrescentavam que, desse modo, a pressão diminuiria fazendo o êmbolo voltar à posição original (o que não corresponde à explicação correta, pois não incluía a ação da pressão externa e do êmbolo sobre o gás, mas indica avanço na explicação dada ao fenômeno). Conforme ilustrado pelas transcrições mostradas na Figura 32.

Figura 32 – Transcrição das respostas de alguns estudantes para a questão 5

“A agitação das moléculas foram inferiores devido a sua temperatura, assim a pressão foi menor.”

“Quando está na aquecida as moléculas se agitam e faz com que a seringa saia do lugar, e quando está na água fria as moléculas ficam normais e a seringa volta para o lugar.”

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Para exemplificar o confronto das explicações dadas antes e após o experimento, reproduzimos as respostas de duas estudantes na Figura 33.

Figura 33 – Transcrição das respostas de duas estudantes para as questões 5 e 6

Estudante Viviane:

5) Eu acho que não acontecerá nada.

6.a) A seringa desceu. Eu achei que a seringa ia se manter levantada .

6.b) Eu acho que a pressão abaixou, fazendo o ar do erlenmeyer passar para a seringa.

Estudante Sara:

5) O êmbolo da seringa irá voltar a sua antiga posição, marcando 0 ml. Com a pressão da seringa o ar vai voltar para o balão.

6.a) O êmbolo da seringa voltou a marcar 0 ml quando colocamos o balão na água não aquecida.

6.b) Com a temperatura do balão alterada, a pressão caiu e a pressão da seringa voltou para o balão.

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Desse modo, alguns estudantes estabeleceram uma relação direta entre temperatura, agitação das moléculas e pressão, o que indica uma apropriação parcial do modelo cinético molecular de um gás. Também começaram a relacionar propriedades microscópicas (agitação das moléculas) com propriedades macroscópicas (temperatura, pressão e deslocamento do êmbolo).

Fato interessante é que os estudantes que esperavam que o êmbolo permanecesse na mesma posição, ao verem que isso não acontecia, ficaram tão surpresos quanto no primeiro momento, no qual verificaram o deslocamento inicial do êmbolo. Os estudantes que fizeram a previsão de que o êmbolo desceria também “comemoram” quando verificam que suas previsões foram confirmadas.

Na última questão da atividade pedimos que os estudantes formulassem perguntas sobre o tema estudado. A elaboração da pergunta foi opcional. A nossa expectativa era que, dependendo do grau de profundidade das perguntas, elas poderiam ser consideradas como indício de interesse genuíno sobre o conteúdo da atividade. Entre todos os 30 estudantes que realizaram a prática 11 formularam perguntas. Para exemplificar, algumas são apresentadas na Figura 34.

Figura 34 – Algumas perguntas formuladas pelos estudantes na questão 7

Questão 7) Ao final desta atividade quais perguntas você gostaria de fazer para o seu professor? Quais dúvidas você tem e gostaria de discutir com o professor?

Estudante Viviane:

A pressão está relacionada a temperatura?

Estudante Sara:

Eu gostaria de saber exatamente o que acontece entre o balão e a seringa. Por que o êmbolo subiu com o aumento da temperatura do ar? Por que ele desceu quando colocamos o balão dentro da água não aquecida? Como o balão funciona?

Outros estudantes:

“Se o erlenmeyer não tivesse saída de ar poderia acabar estourando”?

“O que aconteceu com o ar que estava na seringa, após o balão ser colocado na água fria? Continua a ter ar no balão após colocado na água fria”?

“Por que a temperatura da água interfere no experimento”?

Fontes: Dados da pesquisa (2018).

Notamos que a ideia de que a pressão é algo que se transfere é recorrente. Também percebemos que alguns ficaram interessados em saber como a temperatura e pressão estão relacionadas.

Diante do exposto, consideramos que a aplicação da atividade foi bastante interessante e profícua, uma vez que pudemos observar que os estudantes se engajaram em realizar as atividades durante todo o período da aula, o que foi evidenciado pela postura dos alunos e diálogos entre eles. Também foi notório que eles precisaram se empenhar em pensar e raciocinar para responder as questões propostas. Constatamos um progresso visível nas elaborações das respostas dadas pelos estudantes, aproximando-se da explicação científica dada ao fenômeno. Além disso, ao final da aula vários alunos manifestaram que gostariam de ter mais aulas como aquela.

A atividade foi planejada para ser realizada em uma aula de 50 minutos, contudo foram necessárias duas aulas para concluir a atividade aqui apresentada. Acreditamos que não foi possível realizar toda a atividade em uma aula porque os estudantes ainda não estavam acostumados com o ambiente do laboratório e com os instrumentos.

## CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao elaborar este trabalho de pesquisa nos colocamos dois objetivos que se complementavam:

- a) Desenvolver uma proposta de ensino de Física pautada em atividades de cunho experimental na qual os estudantes utilizassem os experimentos como ferramentas para responder perguntas valendo-se, para isso, de recursos tecnológicos tais como sensores e computadores para realizar medições no laboratório da escola;
- b) Aplicar essa proposta em sala de aula em uma escola da rede pública estadual e examinar os seus efeitos na motivação e aprendizagem dos estudantes.

Consideramos que os objetivos foram alcançados. Desenvolvemos cinco atividades ancoradas nos princípios da pedagogia proposta, nas quais os estudantes precisam pensar, discutir e refletir sobre um sistema físico, elaborar previsões sobre o seu comportamento e confrontar essas previsões com resultados experimentais. Também produzimos os artefatos necessários para viabilizar a realização das atividades em consonância com os princípios da pedagogia proposta.

Aplicamos as atividades na escola e constatamos que nossa proposta é viável e possível de ser implementada como um conjunto de atividades na instituição pesquisada. Além da exequibilidade, verificamos que a proposta trouxe resultados positivos para a motivação dos estudantes, o que certamente contribuiu para a sua aprendizagem. Uma evidência da viabilidade de implementação dessas atividades no ambiente escolar pesquisado foi o fato de que, após terminados os trabalhos de coleta de dados, dois estudantes do Programa Residência Pedagógica<sup>20</sup> elaboraram e aplicaram duas atividades na mesma escola e nas mesmas turmas: uma atividade sobre calor específico e uma sobre calor latente. Esses estudantes de graduação utilizaram o laboratório da escola e foram supervisionados pela professora responsável pelas turmas. As atividades desenvolvidas se basearam nos mesmos princípios da pedagogia proposta na presente pesquisa e utilizaram os mesmos recursos que nós desenvolvemos, com a diferença que eles aplicaram as atividades com a turma inteira, sem dividi-la. Isso foi possível porque, durante a aplicação das atividades que eles elaboraram, não havia a necessidade de coleta de dados para pesquisa, o que permitiu acomodar toda a turma no laboratório de

---

<sup>20</sup> Como dito, os estudantes de licenciatura em Física, Jefferson Duarte e Taís Bastani, haviam acompanhado e auxiliado na realização das atividades desta pesquisa com as turmas de 2º ano da escola.

ciências, e também porque os experimentos foram elaborados de forma que os alunos poderiam realizar medidas de temperatura também com os termômetros de álcool disponíveis na escola. Então metade da turma utilizou o *kit* que desenvolvemos e a outra metade utilizou termômetros de álcool. Dessa forma, ressaltamos que o fato dos residentes terem demonstrado interesse em aplicar atividades parecidas, valendo-se do material produzido, mostra que a proposta pode ser atraente também aos professores, já que os estudantes estão se preparando e serão os futuros docentes.

Em relação aos efeitos sobre a motivação dos estudantes, além dos resultados já mencionados, podemos acrescentar que, durante a aplicação das atividades ao final de todas as aulas, sempre vinham até nós ao menos dois ou três estudantes manifestar abertamente que gostariam de fazer mais atividades como aquelas que estávamos realizando. Quando avisamos que estávamos finalizando as atividades na escola ele nos indagaram se não poderíamos continuar. Outro fato que nos faz acreditar que os efeitos foram realmente positivos foram as conversas com a professora responsável que, inclusive, manifestou interesse de incluir as atividades no programa regular de aula e de construir seu próprio *kit*. Também recebemos declarações positivas do diretor e do vice-diretor do turno da manhã que foram ao laboratório e acompanharam algumas aulas e tiraram fotos. Houve um episódio em que o vice-diretor da manhã comentou com os demais professores da escola, durante o período do intervalo na sala dos professores, que ele estava “empolgado” com o nosso trabalho e que dava muita “alegria de ver” como os alunos estavam participando das aulas de laboratório. O diretor também manifestou interesse em comprar os materiais para que a escola pudesse ter os próprios *kits* para os alunos utilizarem. Todas essas declarações, em nosso entendimento, são indícios de que os efeitos positivos sobre a motivação dos estudantes não são apenas circunstanciais.

Outro aspecto interessante em relação ao caráter dinâmico desse processo é que nós, professores, também aprendemos muito com ele, uma vez que quando o aluno revela o que realmente está pensando o professor pode compreender melhor o raciocínio do estudante e, assim, encontrar formas mais adequadas para ajudá-lo a ir na direção da aprendizagem. Estar aberto para o que os alunos “realmente acham” abre um mar de possibilidades que pode ser navegado em favor da aprendizagem dos estudantes. Para que isso aconteça, é importante conquistar a confiança deles e não censurar opiniões e afirmações que podem não estar parcialmente ou totalmente de acordo com o conhecimento científico estabelecido.

Durante o desenvolvimento e aplicação das atividades percebemos a necessidade de fazer vários ajustes nos roteiros. Estamos cientes de que outros serão necessários, já que é com a prática que se percebe se as questões e procedimentos do roteiro contribuem ou não para a condução de discussões sobre o tema tratado. Os ajustes feitos, seja nos roteiros ou nos procedimentos das práticas, são importantes para o seu aprimoramento e para a contribuição efetiva ao processo de ensino e aprendizagem. Foi muito interessante perceber como os estudantes são rigorosos com o que estava sendo solicitado nos procedimentos: houve determinado momento em que foi necessário ajustar a quantidade de água que deveria ser colocada nos béqueres, porém o valor dessa quantidade ainda não havia sido corrigido no roteiro. Quando informamos aos alunos que eles deveriam colocar no béquer uma quantidade diferente da que estava escrita, mais da metade deles questionou o fato de no roteiro estar escrito um valor diferente. Ficaram hesitantes em fazer o que o professor pedia, contrariando as instruções.

Outra alteração que percebemos ser importante após o desenvolvimento de uma das práticas foi a inclusão do sensor de pressão na atividade sobre expansão térmica de um gás. Não esperávamos que os estudantes recorreriam ao conceito de pressão para explicar o deslocamento do êmbolo da seringa, mas foi o que aconteceu. Nesse caso, a prática indicou que o sensor de pressão teria sido essencial para esclarecer dúvidas dos estudantes.

Percebemos que os recursos tecnológicos que utilizamos têm muito potencial e que existem mais possibilidades a serem exploradas. Por exemplo, quando realizamos a atividade sobre máquinas térmicas, na qual há um medidor de pressão entre o erlenmeyer e a seringa, verificamos que, em uma fração bem curta de tempo antes de o êmbolo se deslocar, o sensor mostra que há um aumento na pressão do gás e assim que o deslocamento se inicia a pressão se mantém constante, enquanto o gás se expande. Além disso, o valor do aumento na pressão do gás corresponde à força necessária para deslocar o peso do êmbolo da seringa. Isso demonstra que trabalhar com esses recursos possibilita complementar os conteúdos abordados nos livros didáticos.

Neste trabalho analisamos os efeitos das atividades aplicadas em sala de aula sob condições específicas. Logo, como sugestões para trabalhos futuros, gostaríamos de apontar que poderia ser interessante desenvolver e analisar os efeitos dessas e outras atividades semelhantes sob outras condições e com outros temas e conteúdos em foco. A interface que desenvolvemos

pode ser conectada a outros sensores tais como sensores de luminosidade, cor, campo magnético, posição, velocidade, aceleração, umidade, força, inclinação, concentração de gás, potencial de hidrogênio e tantos outros, que possibilitariam desenvolver experimentos para estudar mais conteúdos de Física e também de outras disciplinas.

## REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, Márcia Pires Fiuza de. *Investigando a qualidade do ar: como podemos avaliar a qualidade do ar que respiramos?* Orientadora: Nilma Soares da Silva. 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação e Docência) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.
- BONWELL, C. C.; EISON, J. A. *Active learning: creating excitement in the classroom*. Washington: The George Washington University, 1991.
- BROUSSEAU, Guy. *Theory of didactical situations in mathematics: didactique des mathématiques, 1970-1990*. New York: Kluwer Academic, 2002.
- CARVALHO, Vagner Luis da Silveira. *Uma experiência didática no ensino de óptica no Colégio de Aplicação da UFRGS*. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues Caetano; MOLISANI, Elio. Física com arduino para iniciantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 33, n. 4, out./dez. 2011.
- CHEN, Robert F. et al (ed.). *Teaching and learning of energy in K-12 education*. New York: Springer, 2014.
- COUTO, Francisco Pazzini. *Atividades experimentais em aulas de Física: repercussões na motivação dos estudantes, na dialogia e nos processos de modelagem*. 2009. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- DEWEY, John. *Experiência e educação*. Tradução: Anísio Teixeira. 2. ed. São Paulo: Editora Nacional, 1976.
- DRIVER, Rosalind; ASOKO, Hilary; LEACH, John; MORTIMER, Eduardo; SCOTT, Philip. Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, v. 23, n. 7, p. 5-12, 1994.
- DRIVER, Rosalind; ASOKO, Hilary; LEACH, John; MORTIMER, Eduardo; SCOTT, Philip. Construindo conhecimento científico na sala de aula. Tradução: Eduardo Mortimer. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 9, maio 1999.
- DRIVER, Rosalind. The Construction of Scientific Knowledge in School Classrooms. In: MILLAR, Robin (ed.). *Doing science: images of science in science education*. Bristol: Taylor & Francis, 1989.
- DUIT, Reinders. Teaching and learning the physics energy concept. In: CHEN, Robert F. et al (ed.). *Teaching and learning of energy in K-12 education*. New York: Springer, 2014. p. 67-86.

- FREIRE, Paulo. *Pedagogia do oprimido*. 11. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1982.
- GIL, Antonio Carlos. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- GOK, Tolga. The impact of peer instruction on college students' beliefs about physics and conceptual understanding of electricity and magnetism. *International Journal of Science and Mathematics Education*, v. 13, n. 3, p. 561-582, jun. 2015.
- GRABINGER, R. Scott; DUNLAP, Joanna C. Rich environments for active learning: a definition. *Research in Learning Technology*, v. 3, n.2, p. 5-34, 1995.
- GRAZIANO, Kevin J. Peer teaching in a flipped teacher education classroom. *TechTrends*, p. 1-9, May 2016.
- HAKE, Richard R. Interactive-engagement vs traditional methods: a six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, v. 66, p. 64-74, 1998.
- HARLOW, Jason J. B.; HARRISON, David M.; MEYERTHOLEN, Andrew. Effective student teams for collaborative learning in an introductory university physics course. *Physical Review Physics Education Research*, v. 12, n. 1, Jan./June 2016.
- HESTENES, David; WELLS, Malcolm; SWACKHAMER, Gregg. Force concept inventory. *The Physics Teacher*, v. 30, p. 141-158, Mar. 1992.
- HOELLWARTH, Chance; MOELTER, Matthew J. The implications of a robust curriculum in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, v. 79, n. 5, p. 540- 545, May 2011.
- JACKSON, David P.; LAWS, Priscilla W. Syringe thermodynamics: the many uses of a glass syringe. *American Journal of Physics*, v. 74, n. 2, p. 94-101, Feb. 2006.
- LASRY, Nathaniel; CHARLES, Elizabeth; WHITTAKER, Chris. Effective variations of peer instruction: the effects of peer discussions, committing to an answer, and reaching a consensus. *American Journal of Physics*, v. 84, p. 639-645, 2016.
- LIU, Xiufeng ; PARK, Mihwa. Contextual Dimensions of the energy concept and implications for energy teaching and learning. In: CHEN, Robert F. et al (Ed.). *Teaching and learning of energy in K-12 education*. New York: Springer, 2014. p. 175-186.
- MCROBERTS, Michael. *Arduino básico*. 2. ed. rev. ampl. São Paulo: Novatec, 2017.
- MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. 21. ed. Petrópolis: Vozes, 2002.
- MILNER-BOLOTIN, Marina. Helping physics teacher-candidates develop questioning skills through innovative technology use. AIP CONFERENCE PROCEEDINGS, 1697., 2014, Waterloo. *Conference Proceedings...* New York: AIP Publishing, 2015.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação. *Proposta curricular CBC: Física, ensino médio*. Belo Horizonte, 2007.

MORTIMER, E. F. *Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais*. 1994. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994.

MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change?. *Science & Education*, n. 4, p. 265–287, 1995.

MORTIMER, E. F. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

PIETROCOLA, Maurício; POGIBIN, Alexander; ANDRADE, Renata de; ROMERO, Talita Raquel. *Física em contextos, 2: ensino médio*. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.

PRINCE, Michael. Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, v. 93, n. 3, p. 223-231, 2004.

RUDSBERG, Karin; ÖSTMAN, Leif; ÖSTMAN, Elisabeth Aaro. Students' meaning making in classroom discussions: the importance of peer interaction. *Cultural Studies of Science Education*, p.1-30, July, 2016.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SOKOLOFF, David R.; LAWS, Priscilla W.; THORNTON, Ronald K. RealTime Physics: active learning labs transforming the introductory laboratory. *European Journal of Physics*, v. 28, n. 3, p. s83-s95, May 2007.

SOKOLOFF, David R.; LAWS, Priscilla W.; THORNTON, Ronald K. *RealTime Physics: active learning laboratories: module 2: heat and thermodynamics*. New York: Wiley, c2012.

SOLOMON, Joan. *Getting to knowabout energy – in school and society*. London: The Falmer Press, 1992.

THORNTON, R.K. Tools for scientific thinking: microcomputer-based laboratories for physics teaching. *Physics Education*, v. 22, n. 4, 1987.

TOBIAS, Sheila. *They're not dumb, they're different: stalking the second tier* (occasional paper on neglected problems in science education). Tucson: Research Corporation, 1994.

TOBIAS, Sheila; HAKE, R. R. Professors as physics students: what can they teach us?. *American Journal of Physics*, v. 56, p. 786-794, 1988.

UNESCO. *Active learning in optics and photonics: training manual*. 2006. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000217100>. Acesso em: 06 fev. 2019.

YEO, Shelley; ZADNIK, Marjan. Introductory thermal concept evaluation: assessing students' understanding. *The Physics Teacher*, v. 39, p. 496-504, Nov. 2001.

WERTSCH, James V. *Vygotsky and the social formation of mind*. Cambridge: Harvard University Press, c1985.

WERTSCH, James V. *Mind as action*. New York: Oxford University Press, c1998.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – ATIVIDADE 1– TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA NO LANÇAMENTO DE UMA BOLINHA

#### Objetivos

- Verificar a relação entre a energia potencial e energia cinética de um objeto descendo em queda-livre sobre uma rampa inclinada.

#### Introdução

Nesta atividade você investigará o movimento de alguns objetos descendo livremente sobre um plano inclinado. Para realizar este estudo você contará com a ajuda de um sensor de movimento (radar ultrassônico) conectado ao computador. Este sensor é capaz de determinar a posição de um objeto por meio do uso de ondas sonoras. Além disso, também será necessário utilizar uma trena para fazer algumas medidas de distância e uma balança para medir a massa dos objetos.

Um conceito importante para este estudo é o conceito de *energia*. Partindo da ideia de energia como algo que se conserva nas transformações e que tem a propriedade de realizar trabalho, vamos investigar como a energia potencial de uma bolinha é transformada em energia cinética a medida que ela desce uma rampa inclinada.

#### Parte 1: Objetos se movendo sobre uma rampa inclinada

A proposta desta investigação é aprender como avaliar a transformação de energia potencial em energia cinética de um objeto que desce livremente sobre uma rampa inclinada.

**Questão 1-1:** O que podemos dizer sobre a velocidade dos objetos a medida que eles descem a rampa? Ela aumenta? Permanece constante? Objetos com massas diferentes descem mais rápido? Escreva o que você pensa sobre essas questões.

### Materiais necessários:

- Trena
- Rampa
- Suporte para a rampa
- Balança
- Bolinhas de plástico e metal
- Fita crepe (pedaços)
- Folhas de papel em branco tamanho A4
- Folha de papel carbono tamanho A4
- Régua de 15 cm
- Massinha de modelar
- Computador
- Interface
- Sensor de movimento

### Atividade 1-1: Lançando a bolinha de plástico horizontalmente e medindo o seu alcance

1. Utilizando uma montagem semelhante com o que está esquematizado na Figura 1, solte a bolinha de plástico do topo da rampa e procure observar em qual ponto ela toca primeiro no chão. Nessa posição cole no chão uma folha de papel em branco juntamente com uma folha de papel carbono. A folha de carbono deve ficar em cima da folha em branco.

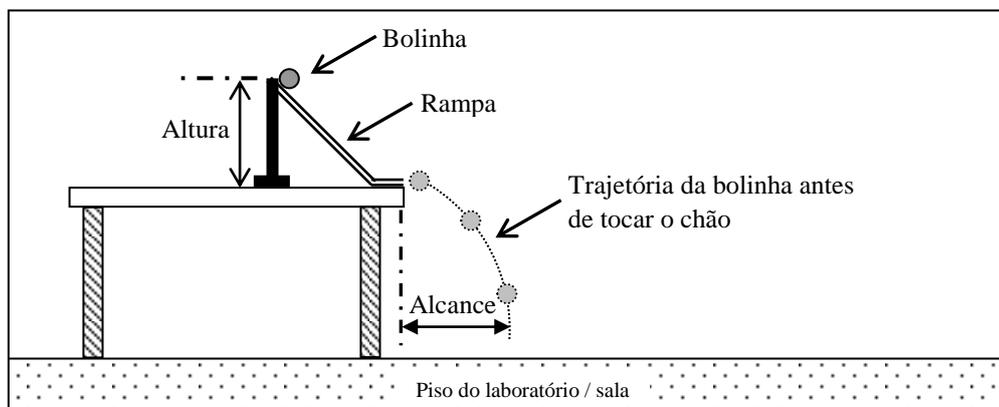


Figura 1 – Esquema da montagem experimental.

2. Utilizando a trena meça a distância entre o ponto em que a bolinha caiu no chão e a beira da bancada de onde a bolinha foi lançada. Este é o seu *alcance*. Faça uma tabela contendo as medidas do alcance da bolinha e a altura da qual ela foi solta. Uma dica: meça a altura em relação ao tampo da bancada.

**Tabela 1**

Altura (cm)	Alcance (cm)

**Questão 1-2:** Descreva o que ocorre com o alcance da bolinha de borracha se você soltá-la de alturas diferentes?

**Questão 1-3:** Como você poderia explicar os resultados obtidos em termos de energia? Como a altura e o alcance estão relacionados?

**Questão 1-4:** Se soltarmos uma bolinha de aço (que é bem mais pesada do que a de borracha) de uma altura igual a altura da qual a bolinha de plástico foi solta, ela atingirá um alcance *maior*, *igual* ou *menor* do que o alcance atingido pela bolinha de plástico? Justifique sua **previsão**.

3. Escolha uma altura fixa na rampa para soltar as bolinhas de plástico e aço (anote o valor na tabela 2). Solte as bolinhas de plástico e aço dessa altura que vocês escolheram e meça o alcance com uma trena (procure fazer mais de um lançamento para cada bolinha). Anote as medidas na tabela 2. Antes de fazer os lançamentos meça as massas das bolinhas com uma balança.

**Tabela 2**

<b>Material da bolinha</b>	<b>Massa da bolinha (g)</b>	<b>Alcance (cm)</b>	<b>Altura (cm)</b>
Plástico			
Aço			

**Questão 1-5:** Os resultados das medições coincidiram com os que vocês haviam previsto? Caso não, tente explicar o motivo da diferença. Pergunte aos colegas de outros grupos se os resultados que eles obtiveram foram parecidos com os do seu grupo.

**Questão 1-6:** Coloque um pote com massa de modelar no local onde as bolinhas atingem o solo. Repita os lançamentos das bolinhas de uma mesma altura e compare a deformação que produzem na argila em cada caso. Qual delas atinge o solo com maior energia? Explique os resultados.

## Parte 2: Energia potencial e energia cinética

Nessa etapa da atividade vocês utilizarão um sensor de movimento para determinar a velocidade final dos objetos depois de terminarem de descer a rampa.

**Questão 2-1:** Considerando que nosso objetivo é calcular a *energia cinética* dos objetos quando estes chegam ao final da rampa porque a medida da *velocidade final* é importante?

**Questão 2-2:** Como podemos saber o valor da *energia potencial* dos objetos na posição de lançamento? Quais informações são necessárias?

### Atividade 2-1: Avaliando a energia cinética dos objetos

1. Utilizando uma montagem semelhante a que está esquematizado na Figura 2, solte a bolinha de plástico do topo da rampa e registre os gráficos de **posição x tempo** do movimento. A partir dos gráficos obtenha a *velocidade da bolinha quando esta chega ao final da rampa*. Discuta com seus colegas como fazer isso.

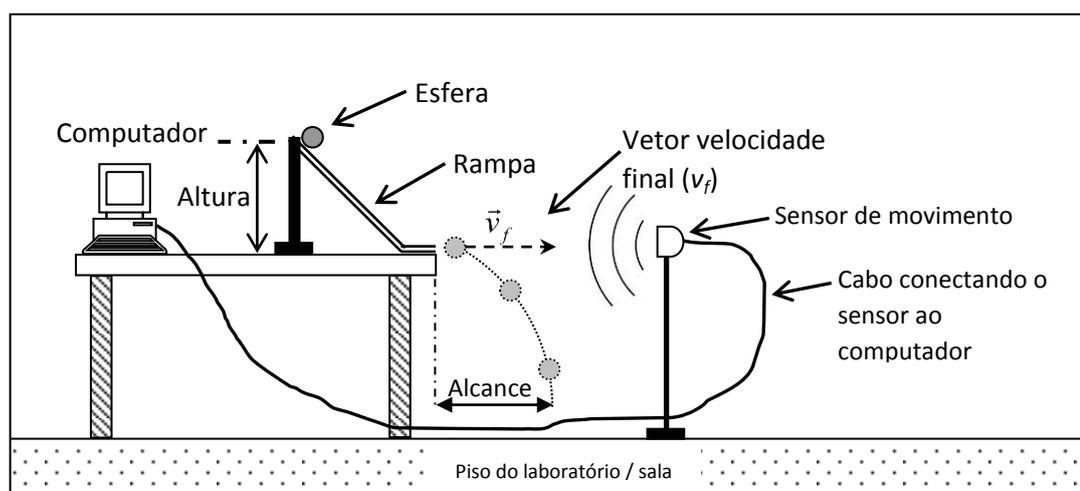


Figura 2 – Representação esquemática da montagem experimental.

2. Faça vários lançamentos com bolinhas de materiais diferentes e anote as medidas obtidas na Tabela 3. Calcule a energia potencial da bolinha no ponto de lançamento e a energia cinética da bolinha quando esta chega ao final da rampa. Para os lançamentos, escolhamos uma altura de 5 cm e depois repetimos com uma altura duas vezes maior (10 cm) e quatro vezes maior (20 cm). O mesmo procedimento é feito com cada uma das 2 bolinhas para comparar resultados.

**Tabela 3**

Material	Massa (Kg)	Altura(m)	V. final (m/s)	E. Potencial (J)	E. Cinética (J)	Alcance (m)
Aço		0,05				
		0,10				
		0,20				
Plástico		0,05				
		0,10				
		0,20				

**Questão 2-3**

- a) Que relações podemos estabelecer entre as energias potencial e cinética de um mesmo objeto? Existem perdas de energia no sistema **bolinha + rampa + ambiente**? Caso existam perdas, faça uma estimativa de sua ordem de grandeza. Para resolver essa questão discuta com os colegas do seu grupo e de outros grupos também, compare os resultados.
- b) A massa da bolinha tem alguma influência sobre o valor da velocidade final?
- c) A massa da bolinha tem alguma influência sobre o valor da energia cinética ao final da rampa?

**Considerações finais:** Relate resumidamente o que você realizou nessa atividade. O que você acredita ter sido o mais importante? Quais as dificuldades encontradas? Aconteceu algo que te surpreendeu? O que foi e por quê?

## APÊNDICE B – ATIVIDADE 2 – SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO MODELO CINÉTICO DOS GASES

### Objetivos

- Familiarização com ambientes computacionais;
- Introdução ao conceito de temperatura de acordo com o modelo físico para calor e matéria.

### Introdução

Nesta atividade você utilizará um programa de computador para *simular* o movimento de moléculas confinadas em um recipiente (câmara). No procedimento de simulação são utilizadas regras matemáticas para *imitar* o funcionamento de processos do mundo real, ou seja, são utilizados *modelos* para se estudar o comportamento de sistemas reais. Porém, é importante salientar que a simulação também tem suas limitações.

Sabemos que todo corpo (ou substância) é resultado do arranjo de moléculas ou átomos. *A temperatura representa a medida do grau de agitação térmica média das partículas que compõe uma substância.*

---

Para responder às questões propostas o livro didático pode ser consultado.

1. Abra o arquivo da simulação e maximize a tela. Identifique o medidor de pressão (**manômetro**), o medidor de temperatura (**termômetro**). Explore os controles para variar o volume do recipiente e inserir partículas.
2. No campo **gás na câmara**, clique no controle numérico e insira **4 partículas (espécie leve)**. Qual o valor indicado pelo termômetro agora?
3. O que você acha que ocorrerá com a temperatura mostrada pelo termômetro se inserirmos mais partículas na câmara? Discuta com seus colegas e justifique sua resposta.
4. Vá até a opção **gás na câmara** e insira mais partículas (**espécie leve**) até completarem 20 ou mais. O valor indicado pelo termômetro está de acordo com sua resposta do item 3? Se não estiver de acordo, tente explicar.

5. a) O que você acha que aconteceria com o movimento das partículas se fosse fornecido energia ao sistema?

b) E com a temperatura?

c) Existe uma relação entre o movimento das partículas e a temperatura do sistema?

6. Adicione energia ao sistema. O que aconteceu com o movimento das partículas e com a temperatura do sistema? Foi de acordo com sua previsão? Caso não, justifique o que você acha que realmente aconteceu.

7. Descreva o movimento das partículas na câmara:

a) Todas têm a mesma velocidade?

b) O movimento é ordenado, ou seja, as partículas seguem uma trajetória bem definida?

c) As partículas colidem entre si?

d) O que acontece com o módulo da velocidade de uma partícula quando ela colide com outra mais lenta?

e) O que acontece com o módulo da velocidade de uma partícula quando ela colide com as paredes da câmara?

## APÊNDICE C – ATIVIDADE 3 – EXPANSÃO TÉRMICA DE UM GÁS

### Objetivos

- Familiarização com o ambiente do laboratório;
- Familiarização com a interface de aquisição de dados;
- Introdução ao processo de medição de temperatura.

### Introdução

Nessa atividade experimental você investigará o que acontece com o volume de um gás (ar) quando variamos a sua temperatura. Utilizaremos uma **seringa de vidro** de **10 ml** de volume e um **balão de erlenmeyer** de **50 ml** de volume. Também utilizaremos um **sensor de temperatura** conectado ao **computador** por meio de uma **interface**, o que permitirá a visualização das medidas de temperatura na tela do computador.

### Procedimentos Experimentais

O experimento utilizará a montagem mostrada na Figura 1. A Figura 2 mostra o béquer e o erlenmeyer.

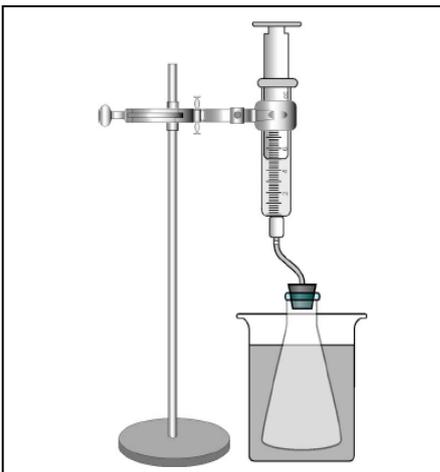


Figura 1 – Montagem experimental.

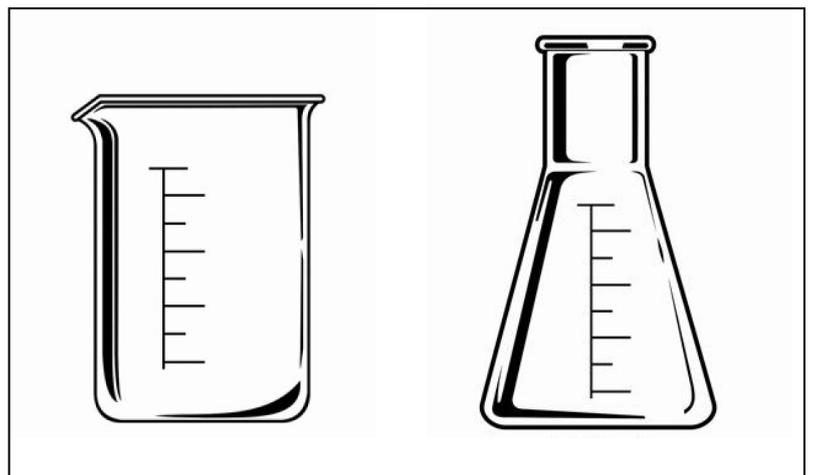


Figura 2 – Vidrarias utilizadas em laboratório: Béquer (à esquerda) e Balão de Erlenmeyer (à direita).

Questão 1) Qual o valor da temperatura do ar?

Questão 2) Colocando o sensor de temperatura na água qual o valor medido? **Dica:** o sensor leva um tempo para “estabilizar” na temperatura correta. Portanto, é necessário esperar até que o valor indicado fique constante.

Com o auxílio do professor ou monitor utilize um **ebulidor** para aquecer a água de um béquer até a temperatura de aproximadamente **70°C**. Mantenha o sensor de temperatura dentro do béquer enquanto a água é aquecida. Acompanhe no computador a **evolução** da temperatura.

**ATENÇÃO! SEJA CUIDADOSO! A ÁGUA NESTA TEMPERATURA PODE CAUSAR QUEIMADURAS GRAVES. EVITE BRINCADEIRAS E CONVERSAS QUE POSSAM DESVIAR A SUA ATENÇÃO DURANTE ESTE PROCEDIMENTO.**

Questão 3) **Antes** de fazer o experimento, responda as questões:

- a) Existe **ar dentro** do erlenmeyer?
- b) O que você acha que acontecerá com o **sistema erlenmeyer + seringa** se colocarmos o erlenmeyer na água que foi aquecida?
- c) Ao ser aquecido, o que acontece com o ar que está no erlenmeyer?
- d) O que você acha que acontecerá na seringa?

**Procedimento 1)** Coloque o erlenmeyer dentro do béquer com água aquecida e observe o comportamento do sistema.

Questão 4) **Depois** de fazer o **procedimento 1**, responda:

- a) O que você observou?
- b) Qual sua explicação para o que aconteceu?
- c) O que acontece com a pressão do sistema?
- d) Desenhe o que você acha que acontece com o ar dentro do erlenmeyer e da seringa.

Questão 5) O que você acha que acontecerá se colocarmos o erlenmeyer em um béquer com água que não foi aquecida? Explique o seu raciocínio.

**Procedimento 2)** Coloque o erlenmeyer no béquer com água que não foi aquecida e observe a seringa.

Questão 6) **Após** fazer o **procedimento 2**, responda:

- a) O que você observou?
- b) Qual sua explicação para o que aconteceu?

Questão 7) Ao final desta atividade quais perguntas você gostaria de fazer para o seu professor? Quais dúvidas você tem e gostaria de discutir com o professor?

## APÊNDICE D – ATIVIDADE 4 – TERMÔMETRO DE GÁS

### Objetivos

- Introdução à análise de dados no computador;
- Estabelecer uma relação entre a **temperatura** (T) de um gás e o seu **volume** (V), sob **pressão constante**.

### Introdução

Na primeira parte dessa atividade experimental você observou que *um gás ao ser aquecido aumenta o seu volume*. Nessa segunda parte você investigará como a **temperatura** e o **volume** de um gás **estão relacionados matematicamente**. Para realizar essa tarefa você utilizará o computador e um programa específico para análise dados.

### Procedimentos Experimentais

**Procedimento 1)** Desenhe uma tabela com uma coluna para **temperatura**, uma coluna para o **volume da seringa** e outra para o **volume total**, de forma parecida com o mostrado abaixo.

Temperatura (°C)	Volume da seringa (ml)	Volume total (ml)

**Procedimento 2)** Coloque aproximadamente **600 ml de água** em cada um dos dois béqueres. Em seguida, com o auxílio do professor ou monitor, aqueça a água de um dos béqueres com o ebulidor até a temperatura de aproximadamente **40°C**. (Dica: desligue o ebulidor antes da temperatura chegar em 40°C, pois depois de desligar o ebulidor a temperatura da água ainda sobe um pouquinho.)

**ATENÇÃO! SEJA CUIDADOSO! A ÁGUA NESTA TEMPERATURA PODE CAUSAR QUEIMADURAS GRAVES. EVITE BRINCADEIRAS E CONVERSAS QUE POSSAM DESVIAR A SUA ATENÇÃO DURANTE ESTE PROCEDIMENTO.**

**Procedimento 3)** Coloque o erlenmeyer dentro do béquer com água aquecida. Aguarde o êmbolo da seringa se deslocar. Anote o valor do volume da seringa e da temperatura na tabela que você desenhou.

**Procedimento 4)** Aqueça a água novamente até aproximadamente **50° C** e repita o procedimento 5. Refaça esses procedimentos até obter **5 pares** de medidas de **temperatura e volume**.

**Questão 1)** Depois de realizar o procedimento 6, responda:

- a) Ao analisar a tabela com os valores de temperatura e volume, você acha que existe alguma relação matemática entre essas duas grandezas?
- b) Por quê?

**Questão 2)** Desenhe um esboço de como você acha que seria o gráfico Temperatura x volume total.

**Procedimento 5)** No computador abra o programa **SciDavis**. Digite os valores de temperatura e volume total na tabela e peça ajuda ao professor ou monitor para fazer o gráfico **temperatura x volume total**.

**Questão 3)** Após fazer o procedimento 6, responda:

- a) O gráfico obtido é parecido com o que você esboçou na questão 9?
- b) A relação entre temperatura e volume total é linear?

**Desafio!**

- a) A partir do gráfico temperatura x volume total encontre a expressão matemática que relaciona temperatura e volume.
- b) Suponhamos que o erlenmeyer seja colocado em um béquer com água com temperatura desconhecida. A partir da leitura do volume de ar deslocado na seringa é possível determinar a temperatura da água?
- c) Como?

## APÊNDICE E – ATIVIDADE 5 – MÁQUINAS TÉRMICAS

### Objetivos

- Verificar experimentalmente o processo de expansão a pressão constante (**isobárica**) de um gás;
- Introdução ao funcionamento de uma máquina térmica simples.

### Introdução

Nas atividades experimentais anteriores você pode observar que *um gás, ao ser aquecido, aumenta o seu volume*. Muitas questões surgiram a respeito do que acontece com a pressão do gás durante o processo de expansão. Nessa atividade você poderá aprofundar nessas questões.

Outro conceito que será explorado nesta atividade diz respeito ao **trabalho realizado por um gás**. Ao se expandir o gás pode realizar um trabalho, essa propriedade é fundamental para o funcionamento das **Máquinas Térmicas**. Em uma máquina térmica a **energia térmica é convertida em trabalho mecânico**. Exemplos de uso dessa tecnologia são os motores a combustão utilizados em automóveis, caminhões, ônibus e aviões.

### Procedimentos Experimentais

Nessa atividade utilizaremos a montagem experimental que está esquematizada na figura 1.

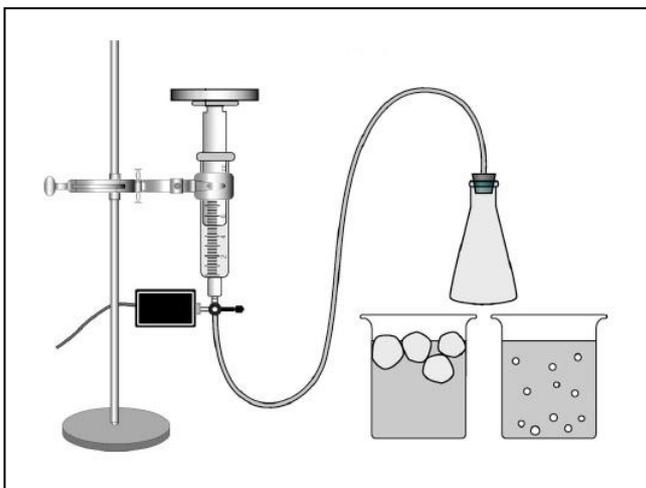


Figura 1 – Montagem experimental.

Nessa montagem um béquer conterá **água gelada** enquanto o outro conterá **água quente!**

**Questão 1)** Descreva o que você acha que acontecerá com o sistema **Seringa + Mangueira + Erlenmeyer** quando o Erlenmeyer é colocado no Becker com **água gelada** e depois é transferido para o Becker com **água quente**.

**Questão 2)** O que você **ACHA** que acontece com pressão do sistema **Seringa + Mangueira + Erlenmeyer** quando o Erlenmeyer é colocado no Becker com **água gelada** e depois é transferido para o Becker com **água quente**?

**Questão 3)** O que você **ACHA** que acontecerá se colocarmos uma massa de aproximadamente 90 g sobre o pistão da seringa e repetirmos o procedimento de colocar o erlenmeyer na água **gelada** e depois na água **quente**?

---

Depois de terminar de responder a **questão 3** chame o professor!

**Questão 4 a)** O que você observou em relação ao valor da pressão do sistema durante a expansão do gás?

**b)** Podemos dizer que o gás realizou trabalho?

**c)** Por quê?

**Questão 5)** Para a realização de trabalho é necessário energia. No caso do sistema **Seringa + Mangueira + Erlenmeyer** quais são as fontes de energia?



Como você faria para investigar se existe uma relação entre as temperaturas das águas dos béqueres e a quantidade de trabalho realizado pela seringa?

**APÊNDICE F – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)  
PAIS E/OU RESPONSÁVEIS POR ALUNOS (AS)**

Aos Srs. Pais e/ou Responsáveis pelos alunos da 2ª série do Ensino Médio da Escola \_\_\_\_\_ da Rede Estadual de Educação de Belo Horizonte/MG.

**Srs. Pais ou responsáveis pelo (a) aluno (a)** \_\_\_\_\_

Eu, Júlio César de Souza, aluno do Mestrado Profissional Educação e Docência da Universidade Federal de Minas Gerais, gostaria de convidar o menor sob sua responsabilidade para participar da pesquisa “Aprendizagem ativa em aulas de Física: o uso do Arduino em experimentos de Termodinâmica”. Nesta pesquisa, pretendemos investigar se a aplicação de estratégias de aprendizagem ativa no laboratório de Física, na Escola Estadual \_\_\_\_\_, favorece o engajamento e aprendizagem conceitual dos estudantes.

A pesquisa será realizada apenas com o consentimento dos pais e/ou responsáveis e de todos os alunos que participarão. A participação na pesquisa não envolverá gastos de qualquer natureza, tanto para você, quanto para os demais envolvidos. Os gastos previstos serão custeados por mim, pesquisador principal, e assumo os riscos e danos que por ventura vierem a acontecer com os equipamentos e incidentes com os alunos, durante o processo.

Esta pesquisa será realizada por meio da utilização do computador e sensores eletrônicos em aulas práticas de Física. Além disso, os estudantes serão incentivados a discutirem os resultados das medições durante a realização da aula. Nossa pesquisa é um estudo de caso. A pesquisa envolverá coleta de dados por meio de repostas a exercícios e atividades realizadas em sala de aula, tanto escritos em papel como por meio do uso do computador, e gravação em vídeo das aulas de Física com o objetivo de analisar os impactos do uso das atividades de ensino sobre a aprendizagem dos alunos e sobre a prática do professor aplicador. Será focalizada a participação dos estudantes em momentos de discussão coletiva, as participações verbais durante as aulas e as suas produções escritas diversas.

Os alunos não serão obrigados a fazer qualquer atividade que extrapole suas tarefas escolares comuns e os dados obtidos serão de uso exclusivo para fins da pesquisa. Os resultados estarão à sua disposição quando da finalização da pesquisa. É assegurado o anonimato dos alunos, pois serão utilizados nomes fictícios no lugar dos nomes nas publicações resultantes da pesquisa, e, assim, as informações que fornecerem não serão associadas ao nome em nenhum documento. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão sob os cuidados do professor orientador desta pesquisa, Prof. Dr. Orlando Gomes de Aguiar Júnior, durante o período de 5 (cinco) anos, arquivados em seu gabinete situado na Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, no endereço: Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte – MG.

Durante todo o período da pesquisa, o (a) senhor (a) tem o direito de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer outro esclarecimento, bastando para isso entrar em contato comigo por meio do telefone (xx) xxxx-xxxx ou pelo e-mail: e também com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP/UFMG) para esclarecimento de dúvidas éticas, cujos contatos estão no final desse documento.

A pesquisa apresenta riscos mínimos à saúde e bem estar dos alunos, porém estaremos atentos e dispostos a minimizá-los. Entendemos que o principal risco envolvido nesta pesquisa é a divulgação indevida da identidade dos participantes, sendo assim, nos propomos a realizar todos os esforços para assegurar a privacidade dos mesmos. Caso você deseje recusar a participação do menor sob sua responsabilidade ou retirar o seu consentimento em qualquer fase da pesquisa tem total liberdade para fazê-lo, sendo que a recusa ou a desistência

Rubrica do pesquisador: \_\_\_\_\_

Rubrica do participante: \_\_\_\_\_

não acarretam nenhum prejuízo, uma vez que serão oferecidas atividades alternativas, de conteúdo correspondente ao programa curricular da escola, que serão aplicadas pelo professor responsável pela disciplina, em sala de aula.

Sentindo-se esclarecido (a) em relação à proposta e concordando em participar voluntariamente desta pesquisa, peço-lhe a gentileza de assinar e devolver o Termo de Assentimento Livre e esclarecido do Menor (TALE), assinando em duas vias, sendo que uma das vias ficará com você e a outra será arquivada pelos pesquisadores por cinco anos, de acordo com a Resolução 466/2012.

Atenciosamente,

Júlio César de Souza  
Pesquisador  
(xx) xxxx-xxxx  
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Orlando Gomes de Aguiar Júnior  
Orientador da pesquisa  
(xx) xxxx-xxxx  
Universidade Federal de Minas Gerais

- ( ) Concordo e autorizo a realização da pesquisa.  
( ) Discordo e desautorizo a realização da pesquisa.

\_\_\_\_\_  
Nome completo do aluno

\_\_\_\_\_  
Nome completo do pai e/ou responsável

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pai e/ou responsável

Belo Horizonte \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_.

**Comitê de Ética na Pesquisa/Universidade Federal de Minas Gerais**

Av. Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º andar/ sala 2005

Campus Pampulha – Belo Horizonte, MG – CEP- 31270-901

Fone: (31) 3409-4592

E-mail: [coep@prpq.ufmg.br](mailto:coep@prpq.ufmg.br)

## APÊNDICE G - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DO MENOR (TALE)

Aos alunos da 2ª série do Ensino Médio da Escola Estadual \_\_\_\_\_.

### Prezados alunos,

Eu, Júlio César de Souza, aluno do Mestrado Profissional Educação e Docência da Universidade Federal de Minas Gerais, gostaria de convidá-lo (a) para participar da pesquisa “Aprendizagem ativa em aulas de Física: o uso do Arduino em experimentos de Termodinâmica”. Nesta pesquisa, pretendemos investigar se a aplicação de estratégias de aprendizagem ativa no laboratório de Física, na Escola Estadual \_\_\_\_\_, favorece o engajamento e aprendizagem conceitual dos estudantes.

A pesquisa será realizada apenas com o consentimento dos pais e/ou responsáveis e de todos os alunos que participarão. A participação na pesquisa não envolverá gastos de qualquer natureza, tanto para você, quanto para os demais envolvidos. Os gastos previstos serão custeados por mim, pesquisador principal, e assumo os riscos e danos que por ventura vierem a acontecer com os equipamentos e incidentes com os alunos, durante o processo.

Esta pesquisa será realizada por meio da utilização do computador e sensores eletrônicos em aulas práticas de Física. A pesquisa envolverá coleta de dados por meio de repostas a exercícios e atividades realizadas em sala de aula, tanto escritos em papel como por meio do uso do computador, e gravação em vídeo das aulas de Física com o objetivo de analisar os impactos do uso das atividades de ensino sobre a aprendizagem dos alunos e sobre a prática do professor aplicador. Será focalizada a participação dos estudantes em momentos de discussão coletiva, as participações verbais durante as aulas e as suas produções escritas diversas. Além disso, será incentivada a discussão sobre os resultados das medições durante a realização da aula.

Vocês não serão obrigados a fazer qualquer atividade que extrapole suas tarefas escolares comuns e os dados obtidos serão de uso exclusivo para fins da pesquisa. Os resultados estarão à sua disposição quando da finalização da pesquisa. Serão utilizados nomes fictícios nas publicações resultantes da pesquisa, mantendo, assim, sua identidade preservada. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão sob os cuidados do professor orientador desta pesquisa, Prof. Dr. Orlando Gomes de Aguiar Júnior, durante o período de 5 (cinco) anos, arquivados em seu gabinete situado na Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, no endereço: Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte – MG.

Durante todo o período da pesquisa você tem o direito de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer outro esclarecimento, bastando, para isso, entrar em contato comigo por meio do telefone (xx) xxxx-xxxx ou pelo e-mail \_\_\_\_\_ e também com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP/UFMG) para esclarecimento de dúvidas éticas, cujos contatos estão no final desse documento.

A pesquisa apresenta riscos mínimos à sua saúde e bem estar, porém estaremos atentos e dispostos a minimizá-los. Entendemos que o principal risco envolvido nesta pesquisa é a divulgação indevida de sua identidade, sendo assim, nos propomos a realizar todos os esforços para assegurar privacidade a vocês. Caso você não queira participar ou tenha interesse em retirar o seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, tem total liberdade para fazê-lo, sendo que a recusa ou a desistência não acarretam nenhum prejuízo, uma vez que serão oferecidas atividades alternativas, de conteúdo correspondente ao programa curricular da escola, que serão aplicadas pelo professor responsável pela disciplina, em sala de aula.

Rubrica do pesquisador: \_\_\_\_\_

Rubrica do participante: \_\_\_\_\_

Sentindo-se esclarecido (a) em relação à proposta e concordando em participar voluntariamente desta pesquisa, peço-lhe a gentileza de assinar e devolver o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido do Menor (TALE), assinando em duas vias, sendo que uma das vias ficará com você e a outra será arquivada por nós pesquisadores por 5 (cinco) anos, de acordo com a Resolução 466/2012.

Atenciosamente,

Júlio César de Souza  
Pesquisador  
(xx) xxxx-xxxx  
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Orlando Gomes de Aguiar Júnior  
Orientador da pesquisa  
(xx) xxxx-xxxx  
Universidade Federal de Minas Gerais

- 
- Concordo e autorizo a realização da pesquisa.  
 Discordo e desautorizo a realização da pesquisa.

---

Nome completo do aluno

---

Assinatura do aluno

Belo Horizonte \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_.

**Comitê de Ética na Pesquisa/Universidade Federal de Minas Gerais**  
Av. Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º andar/ sala 2005  
Campus Pampulha – Belo Horizonte, MG – CEP- 31270-901  
Fone: (31) 3409-4592  
E-mail: [coep@prpq.ufmg.br](mailto:coep@prpq.ufmg.br)

## **APÊNDICE G - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) PROFESSOR DOS ALUNOS (AS) ENVOLVIDOS (AS)**

Ao professor referência, responsável pelos alunos do 2º ano do Ensino Médio da Escola \_\_\_\_\_.

Prezado Professor,

Eu, Júlio César de Souza, aluno do Mestrado Profissional Educação e Docência da Universidade Federal de Minas Gerais, gostaria de convidá-lo para participar da pesquisa “Aprendizagem ativa em aulas de Física: o uso do Arduino em experimentos de Termodinâmica”.

Estive em contato com a Direção da Escola e obtive o consentimento para a realização deste estudo no local. A pesquisa tem por objetivo investigar se a aplicação de estratégias de aprendizagem ativa no laboratório de Física, na Escola Estadual \_\_\_\_\_, favorece o engajamento e aprendizagem conceitual dos estudantes.

As aulas pesquisadas ocorrerão nos horários habituais no segundo semestre do ano letivo de 2018. As atividades enquadram-se nas perspectivas da proposta curricular da Escola, tendo como diferencial novos recursos metodológicos a serem utilizados. A sua participação nessa pesquisa ocorrerá por meio da realização das atividades de sala de aula em parceria com o pesquisador.

Todos os dados obtidos em campo, por meio do caderno de campo, entrevista e eventuais gravações de áudio, vídeo e fotografia serão arquivados ficarão sob os cuidados do professor orientador desta pesquisa, Prof. Dr. Orlando Gomes de Aguiar Júnior, durante o período de 5 (cinco) anos, arquivados em seu gabinete situado na Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, no endereço: Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte – MG. O acesso a estes dados será restrito apenas aos envolvidos na pesquisa.

A pesquisa apresenta riscos mínimos à sua saúde e bem estar dos participantes, porém estaremos atentos e dispostos a diminuir ao máximo esses riscos e desconfortos. Entendemos que o principal risco envolvido nesta pesquisa está na divulgação indevida de sua identidade e nos propomos a realizar todos os esforços possíveis para preservá-la. Os registros em vídeo não serão, portanto, utilizados para avaliação de condutas dos alunos e professor, nem para público externo ou interno. Os resultados da pesquisa serão comunicados utilizando nomes fictícios para os estudantes, professor e escola, que terão, assim, sua identidade preservada.

A pesquisa será realizada apenas com o seu consentimento, com o consentimento de pais e/ou responsáveis e de todos os alunos que participarão. A participação na pesquisa não envolverá gastos de qualquer natureza, tanto para você quanto para os demais envolvidos. Os gastos previstos serão custeados por mim, pesquisador principal, e assumo os riscos e danos que por ventura vierem a acontecer com os equipamentos e incidentes com os alunos, durante o processo.

Ao final, apresentaremos os resultados para todos os participantes do projeto e demais interessados, em dia e local a serem definidos pela direção da escola. Durante todo o período da pesquisa você tem o direito de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer outro esclarecimento, bastando, para isso, entrar em contato comigo por meio do telefone (xx) xxxx-xxxx ou pelo e-mail: \_\_\_\_\_ e também com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP/UFMG) para esclarecimento de dúvidas éticas, cujos contatos estão no final desse documento. Caso deseje recusar a participação ou retirar o

Rubrica do pesquisador: \_\_\_\_\_ Rubrica do participante: \_\_\_\_\_

seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, tem total liberdade para fazê-lo.

Sentindo-se esclarecido em relação à proposta e concordando em participar voluntariamente desta pesquisa, peço-lhe a gentileza de assinar e devolver o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), assinado em duas vias, sendo que uma das vias ficará com o Senhor (a) e a outra será arquivada por nós pesquisadores por cinco anos, de acordo com a Resolução 466/2012.

Atenciosamente,

Júlio César de Souza  
Pesquisador –  
(xx) xxxxxx-xxxxx  
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Orlando Gomes de Aguiar Júnior  
Orientador da pesquisa  
(xx) xxxxx-xxxx  
Universidade Federal de Minas Gerais

- 
- (  ) Concordo e autorizo a realização da pesquisa nos termos propostos.  
(  ) Discordo e desautorizo a realização da pesquisa.

---

Nome do professor

---

Assinatura do professor

Belo Horizonte \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**Comitê de Ética na Pesquisa/Universidade Federal de Minas Gerais**

Av. Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º andar/ sala 2005

Campus Pampulha – Belo Horizonte, MG – CEP- 31270-901

Fone: (31) 3409-4592

E-mail: [coep@prpq.ufmg.br](mailto:coep@prpq.ufmg.br)

## APÊNDICE H - AUTORIZAÇÃO DA ESCOLA PARA REALIZAÇÃO DA PESQUISA

Ilmo. Sr. \_\_\_\_\_  
Diretor da Escola Estadual \_\_\_\_\_

Eu, Júlio César de Souza, responsável principal pelo projeto de pesquisa “Aprendizagem ativa em aulas de Física: o uso do Arduino em experimentos de Termodinâmica”, pertencente ao Programa de Mestrado Profissional Educação e Docência da Universidade Federal de Minas Gerais, venho convidar esta instituição, por meio de Vossa Senhoria, para participar do referido projeto. Nesta pesquisa pretendemos investigar se a aplicação de estratégias de aprendizagem ativa no laboratório de Física, na Escola Estadual \_\_\_\_\_, favorece o engajamento e aprendizagem conceitual dos estudantes. A presente proposta está sob a orientação do Professor Dr. Orlando Gomes de Aguiar Júnior.

Conforme definição do professor da disciplina, a pesquisa será aplicada aos alunos da 2ª série do Ensino Médio, no segundo semestre do ano letivo de 2018, após as autorizações cabíveis.

Espera-se que esse estudo contribua para a construção de uma metodologia de ensino que enriqueça a aprendizagem em Física e contribua para a prática de ensino de Física nesta instituição.

A participação é voluntária. Esclarecemos que não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela participação dos alunos, professores ou funcionários. Apresentamos a garantia expressa de liberdade de o participante recusar-se a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado.

Procuraremos garantir sigilo quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa. Os nomes dos alunos, de funcionários e da escola não serão citados em nenhum documento produzido na pesquisa. A coleta de dados é imprescindível para a análise, portanto, solicito a possibilidade de filmar, usar áudio e/ou fotografar algumas atividades. Entretanto, todos os registros produzidos ficarão guardados sob nossa responsabilidade e apenas poderão ser consultados por pessoas diretamente envolvidas nessa proposta. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão sob os cuidados do professor orientador desta pesquisa, Prof. Dr. Orlando Gomes de Aguiar Júnior, durante o período de 5 (cinco) anos, arquivados em seu gabinete situado na Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, no endereço: Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte – MG.

A participação dessa Instituição não envolverá gastos de qualquer natureza, tanto para V. S<sup>a</sup>., quanto para os demais envolvidos. Os gastos previstos serão custeados por mim, pesquisador principal, e assumo os riscos e danos que por ventura vierem a acontecer com os equipamentos e incidentes com os alunos durante o processo.

A pesquisa apresenta riscos mínimos à saúde e bem estar dos alunos, porém estaremos atentos e dispostos a minimizá-los. Entendemos que o principal risco envolvido nessa pesquisa é a divulgação indevida da identidade dos participantes, sendo assim, nos propomos a realizar todos os esforços para assegurar a privacidade dos mesmos.

Para o caso de desconforto e constrangimento frente às filmagens, fotografias ou outras situações ocasionadas pela pesquisa, procuraremos corrigir a falha e criar condições para que todos se sintam à vontade para se expressarem. Deixamos bem claro que os participantes têm direito a esclarecimentos adicionais, antes, durante e depois da pesquisa.

Rubrica do pesquisador: \_\_\_\_\_ Rubrica do participante: \_\_\_\_\_

Ao final, apresentaremos os resultados para todos os participantes do projeto e demais interessados, em dia e local que V. S<sup>a</sup>. definir. Entregaremos à Escola uma cópia da dissertação final impressa e digitalizada.

Durante todo o período da pesquisa você tem o direito de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer outro esclarecimento, bastando, para isso, entrar em contato comigo por meio do telefone (xx) xxxx-xxxx ou pelo e-mail: \_\_\_\_\_ e também com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP/UFMG) para esclarecimento de dúvidas éticas, cujos contatos estão no final desse documento.

Caso deseje recusar a participação ou retirar o seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, tem total liberdade para fazê-lo.

Sentindo-se esclarecido em relação à proposta e concordando que a Escola Estadual \_\_\_\_\_ participe voluntariamente desta pesquisa, peço-lhe a gentileza de assinar em duas vias a autorização, sendo que uma das vias ficará com V. S<sup>a</sup>. e outra será arquivada pelos pesquisadores por cinco anos, de acordo com a Resolução 466/2012.

Desde já agradecemos a sua valorosa colaboração.

Atenciosamente,

Júlio César de Souza  
Pesquisador  
(xx) xxxx-xxxx  
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Orlando Gomes de Aguiar Júnior  
Orientador da pesquisa  
(xx) xxxx-xxxx  
Universidade Federal de Minas Gerais

---

## A U T O R I Z A Ç Ã O

Após os esclarecimentos a respeito do projeto de pesquisa intitulado “**Aprendizagem ativa em aulas de Física: o uso do Arduino em experimentos de Termodinâmica**”, declaro que a Escola Estadual \_\_\_\_\_ está suficientemente esclarecida e que concorda em participar deste trabalho.

A aceitação dá-se nas seguintes condições:

- 1) Autorizo a coleta de dados por meio de gravação de imagens e áudio, fotografias além do material escrito produzido nas aulas pelos alunos para fins de pesquisa.
- 2) O uso desses dados será feito com exclusivo interesse de pesquisa e ensino.
- 3) Em nenhuma hipótese será feita qualquer divulgação desses materiais que não em meio acadêmico com propósitos educacionais. Eles ficarão sob a guarda do pesquisador e não poderão ser veiculados em qualquer mídia.
- 4) Autorizo a divulgação, em periódicos especializados e em congressos científicos, dessas análises e das transcrições, desde que sejam mantidos o anonimato, da Escola, Professores e Alunos envolvidos.

Declaro, outrossim, que tenho conhecimento de que, no caso de surgirem problemas, poderei contatar o Comitê de Ética da UFMG.

Rubrica do pesquisador: \_\_\_\_\_ Rubrica do participante: \_\_\_\_\_

Por ser verdade, firmo o presente.

Belo Horizonte, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

---

Diretor da Escola Estadual

**Comitê de Ética na Pesquisa/Universidade Federal de Minas Gerais**  
Av. Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º andar/ sala 2005  
Campus Pampulha – Belo Horizonte, MG – CEP- 31270-901  
Fone: (31) 3409-4592  
E-mail: [coep@prpq.ufmg.br](mailto:coep@prpq.ufmg.br)

## **APÊNDICE I – PRODUTO EDUCACIONAL**

**PRODUTO EDUCACIONAL**  
**FÍSICA - ENSINO MÉDIO**

**Aprendizagem Ativa em Aulas de Física:  
Experimentos Didáticos de Termodinâmica com  
o Arduino**

**Caderno do Professor**

**Júlio César de Souza**  
**Orlando Gomes de Aguiar Júnior**

**Júlio César de Souza**

# **Orientações sobre como criar um ambiente de aprendizagem ativa em sala de aula utilizando experimentos didáticos e o Arduino**

Caderno do professor contendo os roteiros comentados das atividades e orientações sobre o uso do Arduino e como utilizá-lo para realizar experimentos didáticos de Termodinâmica, com o objetivo de criar um ambiente de aprendizagem ativa.

**Linha de Pesquisa:** Ensino de Ciências

**Orientador:** Professor Dr. Orlando Gomes de Aguiar Júnior

**Público Alvo:** Professores de Ciências da Educação Básica

Belo Horizonte – MG

2019

## **OS AUTORES**

**ORLANDO GOMES DE AGUIAR JÚNIOR**

**Orientador da pesquisa**

Professor e Pesquisador da Faculdade de Educação (FaE) – UFMG

Doutor em Educação pela FaE – UFMG

Mestre em Tecnologia pelo CEFET – MG

**JÚLIO CÉSAR DE SOUZA**

Pesquisador

Técnico em Eletrônica do Instituto de Ciências Exatas – UFMG

Licenciado em Física e Mestre em Educação e Docência pela FaE – UFMG

# SUMÁRIO

<b>Apresentação .....</b>	<b>102</b>
<b>1 Introdução.....</b>	<b>104</b>
<b>2 Roteiros e comentários.....</b>	<b>107</b>
<b>2.1 Atividade 1 – Transformações de energia no lançamento de uma bolinha.....</b>	<b>107</b>
<b>2.1.1 Comentários.....</b>	<b>107</b>
<b>2.1.2 Roteiro: Transformações de energia no lançamento de uma bolinha .....</b>	<b>109</b>
<b>2.2 Atividade 2 – Simulação computacional do modelo cinético dos gases .....</b>	<b>115</b>
<b>2.2.1 Comentários.....</b>	<b>115</b>
<b>2.2.2 Roteiro: Simulação computacional do modelo cinético molecular dos gases.....</b>	<b>118</b>
<b>2.3 Atividade 3 – Expansão térmica de um gás .....</b>	<b>120</b>
<b>2.3.1 Comentários.....</b>	<b>120</b>
<b>2.3.2 Roteiro: Expansão térmica de um gás.....</b>	<b>122</b>
<b>2.4 Atividade 4 – Termômetro de gás.....</b>	<b>125</b>
<b>2.4.1 Comentários.....</b>	<b>125</b>
<b>2.4.2 Roteiro: Termômetro de gás .....</b>	<b>128</b>
<b>2.5 Atividade 5 – Máquinas térmicas .....</b>	<b>130</b>
<b>2.5.1 Comentários.....</b>	<b>130</b>
<b>2.5.2 Roteiro: Máquinas térmicas .....</b>	<b>133</b>
<b>3 Como utilizar a interface eletrônica .....</b>	<b>135</b>
<b>4 Como montar sua própria interface eletrônica .....</b>	<b>138</b>
<b>4.1 Visão Geral .....</b>	<b>139</b>
<b>4.2 O que é o Arduino? .....</b>	<b>141</b>
<b>4.2.1 Como funciona?.....</b>	<b>145</b>
<b>4.2.2 Linguagem de programação.....</b>	<b>147</b>
<b>4.2.3 Alguns exemplos .....</b>	<b>149</b>
<b>4.2.3.1 Exemplo 1.....</b>	<b>149</b>

<b>4.2.3.2 Exemplo 2.....</b>	<b>152</b>
<b>4.3 Sensores.....</b>	<b>155</b>
<b>4.3.1 Sensor de temperatura.....</b>	<b>156</b>
<b>4.3.2 Sensor de pressão .....</b>	<b>157</b>
<b>4.3.3 Sensor de distância.....</b>	<b>159</b>
<b>4.4 Montagem da interface eletrônica .....</b>	<b>160</b>
<b>5 Precisa de ajuda?.....</b>	<b>168</b>
<b>6 Dicas de leitura .....</b>	<b>169</b>
<b>Apêndice A – Lista de materiais .....</b>	<b>170</b>
<b>Apêndice B – Código fonte do programa para a interface eletrônica .....</b>	<b>171</b>

## **Apresentação**

Este material foi desenvolvido tendo como base o trabalho de pesquisa do Mestrado Profissional em Educação e Docência (PROMESTRE), da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), cujo título da dissertação é “Aprendizagem ativa em aulas de física: o uso do Arduino em experimentos de Termodinâmica”. A pesquisa foi um estudo de caso realizado em uma escola da rede pública estadual em Belo Horizonte no ano de 2018. Participaram da pesquisa estudantes da segunda série do Ensino Médio.

Em nosso trabalho de pesquisa desenvolvemos e testamos algumas atividades de ensino nas quais experimentos didáticos são utilizados como ferramentas para responder perguntas. Para realizar os experimentos utilizamos o Arduino para criar uma interface eletrônica que permite conectar sensores de temperatura e pressão ao computador, possibilitando a visualização, manipulação e armazenamento dos dados das medições. Esses recursos foram associados para criar situações em que os estudantes tenham a oportunidade de efetuarem medidas, representá-las, analisá-las, discuti-las, e assim refletir sobre o que está acontecendo, de maneira que possam se sentir mais atuantes em relação ao conhecimento e ao conteúdo da disciplina. Nas atividades foram tratados temas pertinentes à Termodinâmica, relacionados aos conceitos de calor, temperatura e a 1ª Lei da Termodinâmica. Os resultados mostraram que as atividades tiveram efeitos positivos sobre o engajamento e aprendizagem dos estudantes, sendo que foram observados claros indícios de apropriação da linguagem científica.

Dessa forma, nas próximas seções vamos apresentar as cinco atividades de ensino que elaboramos e aplicamos em sala de aula, acompanhadas de sugestões e comentários, com o intuito de compartilhar nossa experiência. Os roteiros das atividades passaram por algumas modificações à medida que foram aplicados em sala de aula, sempre com a intenção de estimular a curiosidade, o engajamento e a reflexão dos estudantes em relação aos temas tratados. No entanto, eles são apenas sugestões, e de forma alguma representam um padrão rígido a ser seguido, de maneira que os professores têm total liberdade para modificá-los da forma que acharem melhor. No texto dos roteiros optamos por manter a numeração das figuras independentes da numeração do texto deste produto, com o intuito de facilitar o uso por parte dos professores que decidirem empregá-los sem modificações.

Para realizar os experimentos foram utilizados sensores de temperatura e pressão conectados ao computador, permitindo visualizar os dados na forma de gráficos e armazená-los em arquivos, o que também possibilita utilizá-los posteriormente para fazer análises e discussões. Para conectar os sensores ao computador construímos uma interface eletrônica, que funciona como um dispositivo para troca de informações entre os sensores e o computador. Essa interface foi construída utilizando uma placa eletrônica conhecida como Arduino. Nas seções seguintes forneceremos mais detalhes sobre todos esses recursos e como usá-los para realizar seus próprios experimentos em sala de aula.

# 1 Introdução

Acreditamos que todo professor de Física (e das outras disciplinas relacionadas às Ciências Naturais) sabe como pode ser um desafio manter os estudantes empenhados nas atividades em sala de aula. Além disso, enfrentamos outros problemas que prejudicam o foco dos estudantes durante as aulas. Por exemplo, as dificuldades que eles enfrentam para lidar com modelos científicos com os quais têm pouca familiaridade, sobretudo aqueles que envolvem comportamento de sistemas em nível microscópico. Além disso, os estudantes trazem consigo concepções sobre como o mundo funciona que muitas vezes não estão em consonância com as teorias científicas estabelecidas. Temos visto que o modelo tradicional de ensino, com exposição de definições e equações seguidas por exercícios, tem se mostrado ineficaz para promover o entendimento de conceitos e o engajamento dos estudantes com a aprendizagem em ciências.

Diante dessa realidade, propomos um conjunto de atividades que tem como objetivos pedagógicos criar um ambiente de aprendizagem ativa. Ao consultar a literatura especializada no Ensino de Ciências encontramos trabalhos de pesquisa que sugerem que um ambiente de aprendizagem ativa pode ser mais favorável ao engajamento dos estudantes do que um ambiente tradicional.

São características de um ambiente de aprendizagem ativa:

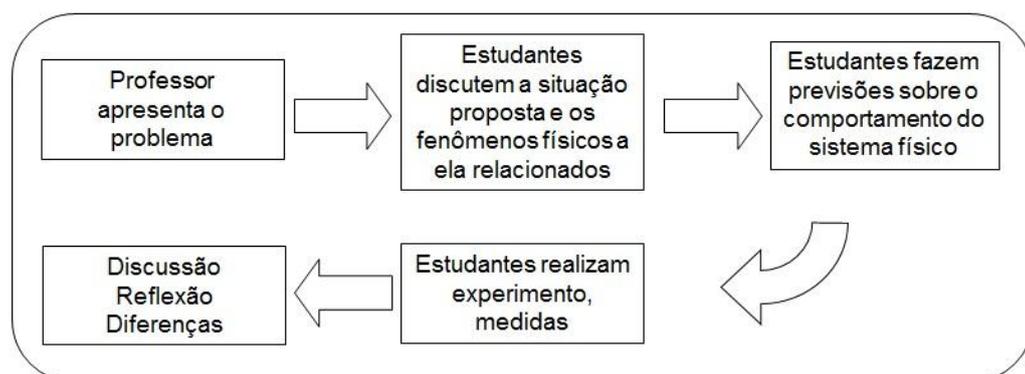
- Os estudantes estão empenhados em algo mais do que apenas assistir;
- Menos ênfase é dada em transmissão da informação e mais em desenvolver as habilidades dos estudantes;
- Os estudantes são envolvidos em atividades de pensamento de ordem superior tais como análise, síntese e avaliação;
- Os estudantes estão engajados em atividades como leitura, discussão em grupos, escrita.

Para implementar um ambiente em sala de aula com essas características desenvolvemos atividades nas quais os estudantes utilizam experimentos para responder perguntas, de forma a estimular discussões em grupo e reflexões sobre o tema estudado. Além disso, as

atividades foram planejadas para permitir aos estudantes confrontar suas concepções sobre os fenômenos com resultados observados a partir dos experimentos.

As atividades seguem a dinâmica que é esquematizada na Figura 1. Inicialmente o professor apresenta o problema que será tratado para os estudantes e eles realizam uma primeira discussão. Em seguida, são propostas questões nas quais os estudantes precisam fazer previsões sobre o comportamento do sistema. Depois os alunos realizam o experimento com o objetivo de confrontar suas previsões com os resultados experimentais. A elaboração das previsões por parte dos alunos é importante para evidenciar as diferenças entre suas concepções e os resultados do experimento. A dinâmica dessas atividades está esquematizada na Figura 1.

Figura 1 – Representação esquemática da dinâmica das atividades



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os experimentos podem ser realizados no laboratório, caso exista esse espaço na escola, ou em sala de aula. Para proporcionar os recursos para realizar as medições, visualizar os resultados graficamente e possibilitar discussões sobre os dados obtidos, construímos uma interface eletrônica utilizando o Arduino que permite conectar sensores de temperatura e pressão ao computador. Além disso, desenvolvemos um *software* (ou aplicativo) para exibir os dados das medições de forma gráfica no computador.

Os materiais necessários para montar a interface eletrônica e os sensores utilizados para realizar os experimentos propostos são facilmente encontrados no mercado brasileiro e possuem preços bem acessíveis.

Nas próximas seções vamos apresentar os roteiros experimentais, descrever o funcionamento dos sensores e interface eletrônica, assim como apresentar o passo a passo de como montar sua própria interface.

## 2 Roteiros e comentários

Desenvolvemos cinco atividades, sendo que, em quatro delas os conteúdos abordados estão relacionadas aos conceitos de calor, temperatura e à 1ª Lei da Termodinâmica. Em uma das atividades o tema abordado diz respeito às transformações da energia mecânica durante o lançamento horizontal de uma bolinha. Essa atividade que abordou um tema da Mecânica foi desenvolvida no contexto de um projeto piloto que realizamos na fase inicial da pesquisa, como primeira fase de ajuste da metodologia aqui proposta. O tema foi escolhido devido a sua pertinência em relação ao programa que estava sendo seguido pelas turmas nas quais a pesquisa foi realizada, com consentimento e participação da professora. Para realizar essa atividade utilizamos um sensor de movimento do tipo ultrassônico para medir a velocidade horizontal da bolinha depois do lançamento.

Os resultados e as discussões decorrentes da aplicação dessas atividades em sala de aula estão mais detalhados na dissertação que produzimos, intitulada “Aprendizagem ativa em aulas de física: o uso do Arduino em experimentos de Termodinâmica”.

### 2.1 Atividade 1 – Transformações de energia no lançamento de uma bolinha

Os objetivos dessa atividade são:

- Promover uma discussão sobre a relação entre a altura com que a bolinha é abandonada do repouso e sua velocidade final;
- Fazer previsões sobre efeito de variação da massa da bolinha na velocidade final alcançada, seguida de discussão e interpretação dos resultados;
- Introduzir noções sobre como obter informações do gráfico posição x tempo.

#### 2.1.1 Comentários

Nessa atividade os alunos vão estudar o movimento de duas bolinhas descendo livremente sobre uma rampa inclinada.

Normalmente os estudantes acreditam que a bolinha mais pesada terá um alcance menor do

que a bolinha mais leve. É importante dar espaço para que eles expressem suas ideias sobre o tema. Eles ficam muito surpresos quando verificam que ambas caem na mesma posição. No entanto, para obter esse resultado é importante deixar a rampa com uma inclinação de no máximo  $15^\circ$ . Em inclinações maiores a influência do atrito entre a bolinha e a rampa pode prejudicar os resultados. Uma dica importante é pedir para os alunos desenharem o contorno das bolinhas na folha de papel carbono que marca a posição delas, pois a marca que as bolinhas deixam na folha é pequena e desenhar o contorno ajuda a ter uma noção melhor da posição delas.

Outro ponto importante para a realização da atividade é utilizar bolinhas com massas bem diferentes. Em nosso caso utilizamos bolinhas de plástico com massa de 7 g (sete gramas) e bolinhas de aço com massa de 70 g (setenta gramas).

Essa atividade está dividida em duas partes, sendo que cada parte pode demandar de uma a duas aulas de 50 minutos para serem realizadas.

Além das discussões propostas, acreditamos que a atividade pode fomentar outras discussões, como por exemplo:

- O que o sensor de movimento faz para medir a posição dos objetos?
- Quais as semelhanças entre o movimento das bolinhas no plano inclinado e o movimento de queda vertical perante ação livre da gravidade? E quais as diferenças entre eles?
- Como podemos utilizar a medida do alcance das bolinhas para estimar o valor da altura da rampa de onde elas foram abandonadas?

## 2.1.2 Roteiro: Transformações de energia no lançamento de uma bolinha

### Objetivos

- Verificar a relação entre a energia potencial e energia cinética de um objeto descendo livremente sobre uma rampa inclinada.

### Introdução

Nesta atividade você investigará o movimento de alguns objetos descendo livremente sobre um plano inclinado. Para realizar este estudo você contará com a ajuda de um sensor de movimento (radar ultrassônico) conectado ao computador. Este sensor é capaz de determinar a posição de um objeto por meio do uso de ondas sonoras. Além disso, também será necessário utilizar uma trena para fazer algumas medidas de distância e uma balança para medir a massa dos objetos.

Um conceito importante para este estudo é o conceito de *energia*. Partindo da ideia de energia como algo que se conserva nas transformações e que tem a propriedade de realizar trabalho, vamos investigar como a energia potencial de uma bolinha é transformada em energia cinética à medida que ela desce uma rampa inclinada.

### Parte 1: Objetos se movendo sobre uma rampa inclinada

A proposta desta investigação é aprender como avaliar a transformação de energia potencial em energia cinética de um objeto que desce livremente sobre uma rampa inclinada.

**Questão 1-1:** O que podemos dizer sobre a velocidade dos objetos à medida que eles descem a rampa? Ela aumenta? Permanece constante? Objetos com massas diferentes descem mais rápido? Escreva o que você pensa sobre essas questões.

### Materiais necessários:

- Trena
- Rampa
- Suporte para a rampa
- Balança
- Bolinhas de plástico e metal
- Fita crepe (pedaços)
- Folhas de papel em branco tamanho A4
- Folha de papel carbono tamanho A4
- Régua de 15 cm
- Massinha de modelar
- Computador
- Interface
- Sensor de movimento

### Atividade 1-1: Lançando a bolinha de plástico horizontalmente e medindo o seu alcance

2. Utilizando uma montagem semelhante à que está esquematizada na Figura 1, solte a bolinha de plástico do topo da rampa e procure observar em qual ponto ela toca primeiro no chão. Nessa posição cole no chão uma folha de papel em branco juntamente com uma folha de papel carbono. A folha de carbono deve ficar em cima da folha em branco.

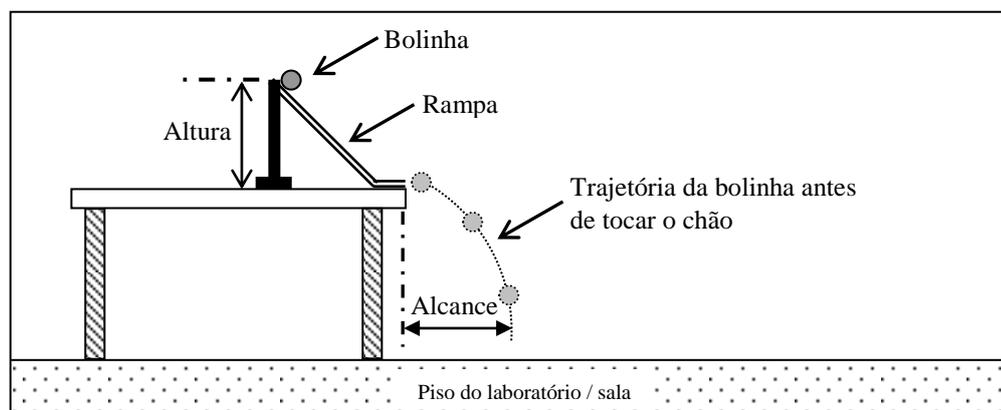


Figura 1 – Esquema da montagem experimental.

4. Utilizando a trena meça a distância entre o ponto em que a bolinha caiu no chão e a borda da bancada de onde a bolinha foi lançada. Este é o seu *alcance*. Faça uma tabela contendo as medidas do alcance da bolinha e a altura da qual ela foi solta. Uma dica: meça a altura em relação ao tampo da bancada.

**Tabela 1**

<b>Altura (cm)</b>	<b>Alcance (cm)</b>

**Questão 1-2:** Experimente e descreva os resultados: o que ocorre com o alcance da bolinha de borracha se você soltá-la de alturas diferentes?

**Questão 1-3:** Como você poderia explicar os resultados obtidos em termos de energia? Como a altura e o alcance estão relacionados?

**Questão 1-4:** Se soltarmos uma bolinha de aço (que é bem mais pesada do que a de borracha) de uma altura igual à altura da qual a bolinha de plástico foi solta, ela atingirá um alcance *maior*, *igual* ou *menor* do que o alcance atingido pela bolinha de plástico? Justifique sua **previsão**.

5. Escolha uma altura fixa na rampa para soltar as bolinhas de plástico e aço (anote o valor na tabela 2). Solte as bolinhas de plástico e aço dessa altura que vocês escolheram e meça o alcance com uma trena (procure fazer mais de um lançamento para cada bolinha). Anote as medidas na tabela 2. Antes de fazer os lançamentos meça as massas das bolinhas com uma balança.

**Tabela 2**

Material da bolinha	Massa da bolinha (g)	Alcance (cm)	Altura (cm)
Plástico			
Aço			

**Questão 1-5:** Os resultados das medições coincidiram com os que vocês haviam previsto? Caso não, tente explicar o motivo da diferença. Pergunte aos colegas de outros grupos se os resultados que eles obtiveram foram parecidos com os do seu grupo.

**Questão 1-6:** Coloque um pote com massa de modelar no local onde as bolinhas atingem o solo. Repita os lançamentos das bolinhas de uma mesma altura e compare a deformação que produzem na argila em cada caso. Qual delas atinge o solo com maior energia? Explique os resultados.

## Parte 2: Energia potencial e energia cinética

Nessa etapa da atividade vocês utilizarão um sensor de movimento para determinar a velocidade final dos objetos depois de terminarem de descer a rampa.

**Questão 2-1:** Considerando que nosso objetivo é calcular a *energia cinética* dos objetos quando estes chegam ao final da rampa, porque a medida da *velocidade final* é importante?

**Questão 2-2:** Como podemos saber o valor da *energia potencial* dos objetos na posição de lançamento? Quais informações são necessárias?

### Atividade 2-1: Avaliando a energia cinética dos objetos

- Utilizando uma montagem semelhante a que está esquematizada na Figura 2, solte a bolinha de plástico do topo da rampa e registre os gráficos de **posição x tempo** do movimento. A partir dos gráficos obtenha a *velocidade da bolinha quando esta chega ao final da rampa*. Discuta com seus colegas como fazer isso.

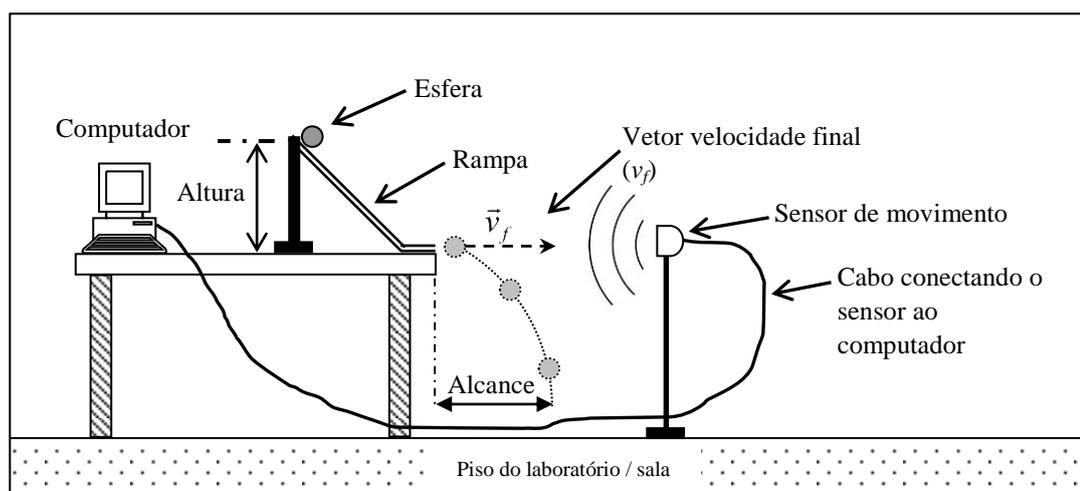


Figura 2 – Representação esquemática da montagem experimental.

4. Faça vários lançamentos com bolinhas de materiais diferentes e anote as medidas obtidas na Tabela 3. Calcule a energia potencial da bolinha no ponto de lançamento e a energia cinética da bolinha quando esta chega ao final da rampa. Para os lançamentos, escolhamos uma altura de 5 cm e depois repetimos com uma altura duas vezes maior (10 cm) e quatro vezes maior (20 cm). O mesmo procedimento é feito com cada uma das 2 bolinhas para comparar resultados.

**Tabela 3**

Material	Massa (Kg)	Altura(m)	V. final (m/s)	E. Potencial (J)	E. Cinética (J)	Alcance (m)
Aço		0,05				
		0,10				
		0,20				
Plástico		0,05				
		0,10				
		0,20				

**Questão 2-3**

- d) Quais relações podemos estabelecer entre as energias potencial e cinética de um mesmo objeto? Existem perdas de energia no sistema **bolinha + rampa + ambiente**? Caso existam perdas, faça uma estimativa de sua ordem de grandeza. Para resolver essa questão discuta com os colegas do seu grupo e de outros grupos também, compare os resultados.
- e) A massa da bolinha tem alguma influência sobre o valor da velocidade final?
- f) A massa da bolinha tem alguma influência sobre o valor da energia cinética ao final da rampa?

**Considerações finais:** Relate resumidamente o que você realizou nessa atividade. O que você acredita ter sido o mais importante? Quais as dificuldades encontradas? Aconteceu algo que te surpreendeu? O que foi e por quê?

## 2.2 Atividade 2 – Simulação computacional do modelo cinético dos gases

Os principais objetivos dessa atividade são:

- Proporcionar aos estudantes a possibilidade de se familiarizarem com o uso de computadores para realização de tarefas de cunho educacional;
- Disponibilizar ambiente com representações dinâmicas de um gás confinado em um recipiente, de modo que os estudantes fossem desafiados a interpretar e prever o comportamento do sistema diante de mudanças;
- Introduzir a noção de que um sistema físico pode ser representado por um modelo para estudar o seu comportamento em um ambiente computacional;
- Fornecer aos estudantes oportunidades para o entendimento conceitual da temperatura de acordo com o modelo cinético molecular dos gases.

### 2.2.1 Comentários

Nesta atividade os alunos vão estudar o modelo cinético molecular para um gás ideal utilizando o computador para simular o comportamento desse gás, no que diz respeito ao movimento de suas moléculas e como esse movimento está relacionado à sua temperatura e pressão.

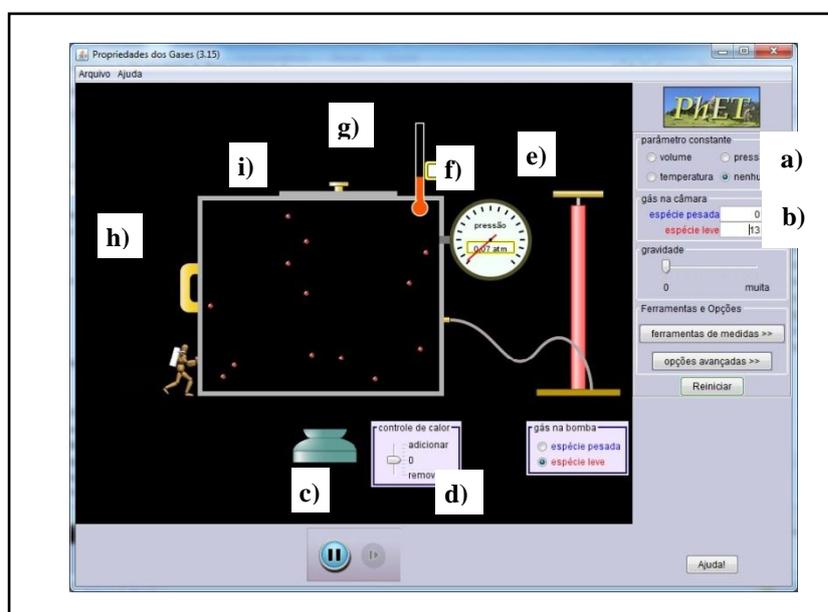
A simulação computacional utilizada para a realização dessa atividade está disponível na internet, na página eletrônica da Universidade do Colorado (Estados Unidos) e faz parte de um projeto conhecido como “PhET Simulações Interativas em Ciências e Matemática”. O projeto PhET foi fundado em 2002 e cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências. As simulações PhET baseiam-se em pesquisas em educação, publicadas na página eletrônica do projeto. As simulações, traduzidas em vários idiomas, envolvem os alunos por meio de um ambiente gráfico, permitindo alto grau de interatividade com o usuário. O título da simulação que empregamos é “Propriedade dos Gases”, e nela há uma animação gráfica representando uma câmara vazia, na qual partículas podem ser adicionadas ou retiradas. O aluno pode variar o volume total do recipiente, assim como aquecê-lo ou resfriá-lo, colocando-o em contato com fogo ou gelo. Também é possível variar a energia cinética de translação das partículas inseridas. Nesse recipiente representado na simulação estão conectados medidores de pressão e temperatura, cujos valores variam de acordo com as

modificações realizadas pelo usuário.

Uma vez acessada a página eletrônica do projeto PhET basta baixar o arquivo da simulação e executá-lo no computador. Para que tudo funcione não é necessário o uso de internet, de forma que, no caso da escola sem conexão, o professor pode levar o arquivo da simulação em um cartão de memória (*pen-drive*), por exemplo, e copiá-lo para os computadores da escola. O único requisito para que a simulação funcione no computador é ter o *Java Runtime Environment* (JRE) instalado. Esse programa pode ser baixado gratuitamente da página eletrônica da Oracle e está disponível para os sistemas operacionais Windows, Linux e MacOS.

Uma das discussões suscitadas por essa atividade diz respeito à relação entre o número de partículas que compõem o gás e sua temperatura. Normalmente os estudantes pensam que quanto maior o número de partículas, maior a temperatura do gás, sem levarem em conta que a temperatura está relacionada à energia cinética **média** de translação das partículas. Ou seja, a temperatura é uma grandeza estatística, uma medida do estado térmico de um sistema, e não de cada componente que faz parte deste sistema.

Figura 2 - Tela da simulação computacional.



Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/gas-properties](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/gas-properties)

Legenda: a) Controle para seleção de parâmetros que podem ser mantidos constantes; b) Controle para inserção de partículas; c) Controle para aquecimento ou resfriamento; d) Seleção de espécie leve ou pesada da "bomba de gás"; e) Alavanca da "bomba de gás" para inserção de uma quantidade grande de partículas; f) Medidor de pressão; g) Medidor de temperatura; h) Controle para variar o volume do recipiente; i) Tampa para fechar ou abrir o recipiente.

A Figura 2 mostra a tela do programa que realiza a simulação. Clicando no botão “opções avançadas” é possível modificar a energia cinética de translação das partículas que serão inseridas no recipiente. Com isso também procuramos trabalhar o conceito de energia cinética de translação média ao inserir partículas com valores diferentes de energia, observando seu efeito sobre a temperatura indicada pelo termômetro.

Nessa atividade os estudantes utilizaram os controles para inserção de partículas e para aquecer/resfriar a câmara. E acompanharam as modificações nos medidores de temperatura (o conceito de pressão não foi trabalhado nessa atividade). Porém, é importante notar que essa simulação pode ser utilizada para trabalhar outros conceitos, tais como:

- Pressão;
- Expansão térmica;
- Transformações isobárica e isotérmica.

A experiência que tivemos indica que uma aula de 50 minutos seja suficiente para a realização dessa atividade, o que pode variar dependendo das condições e ambiente escolar.

Endereço eletrônico do Projeto PhET:

[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)

Endereço eletrônico da simulação “Propriedades dos gases”:

[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/gas-properties](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/gas-properties)

Seção na página eletrônica do projeto PhET com orientações para professores (em inglês):

<https://phet.colorado.edu/en/teaching-resources>

Outras simulações PhET de Termodinâmica:

[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/category/physics/heat-and-thermodynamics](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics/heat-and-thermodynamics)

Endereço eletrônico da Oracle para baixar o JRE:

<https://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/jre8-downloads-2133155.html>

## 2.2.2 Roteiro: Simulação computacional do modelo cinético molecular dos gases

### Objetivos

- Familiarização com ambientes computacionais;
- Introdução ao conceito de temperatura de acordo com o modelo físico para calor e matéria.

### Introdução

Nesta atividade você utilizará um programa de computador para *simular* o movimento de moléculas confinadas em um recipiente (câmara). No procedimento de simulação são utilizadas regras matemáticas para *imitar* o funcionamento de processos do mundo real, ou seja, são utilizados *modelos* para se estudar o comportamento de sistemas reais. Porém, é importante salientar que a simulação também tem suas limitações.

Sabemos que todo corpo (ou substância) é resultado do arranjo de moléculas ou átomos. *A temperatura representa a medida do grau de agitação térmica média das partículas que compõem uma substância.*

---

Para responder às questões propostas o livro didático pode ser consultado.

1. Abra o arquivo da simulação e maximize a tela. Identifique o medidor de pressão (**manômetro**), o medidor de temperatura (**termômetro**). Explore os controles para variar o volume do recipiente e inserir partículas.
2. No campo **gás na câmara**, clique no controle numérico e insira **4 partículas (espécie leve)**. Qual o valor indicado pelo termômetro agora?
3. O que você acha que ocorrerá com a temperatura mostrada pelo termômetro se inserirmos mais partículas na câmara? Discuta com seus colegas e justifique sua resposta.
4. Vá até a opção **gás na câmara** e insira mais partículas (**espécie leve**) até completarem 20 ou mais. O valor indicado pelo termômetro está de acordo com sua resposta do item 3? Se não estiver de acordo, tente explicar.
5. a) O que você acha que aconteceria com o movimento das partículas se fosse fornecida energia ao sistema?

b) E com a temperatura?

c) Existe uma relação entre o movimento das partículas e a temperatura do sistema?

6. Adicione energia ao sistema. O que aconteceu com o movimento das partículas e com a temperatura do sistema? Foi de acordo com sua previsão? Caso não, justifique o que você acha que realmente aconteceu.

7. Descreva o movimento das partículas na câmara:

a) Todas têm a mesma velocidade?

b) O movimento é ordenado, ou seja, as partículas seguem uma trajetória bem definida?

c) As partículas colidem entre si?

d) O que acontece com o módulo da velocidade de uma partícula quando ela colide com outra mais lenta?

e) O que acontece com o módulo da velocidade de uma partícula quando ela colide com as paredes da câmara?

### 2.3 Atividade 3 – Expansão térmica de um gás

Os principais objetivos dessa atividade são:

- Proporcionar aos estudantes a possibilidade de se familiarizarem com a interface de aquisição de dados;
- Introduzir o processo de medição de temperatura;
- Introduzir a noção de que um gás pode realizar trabalho.

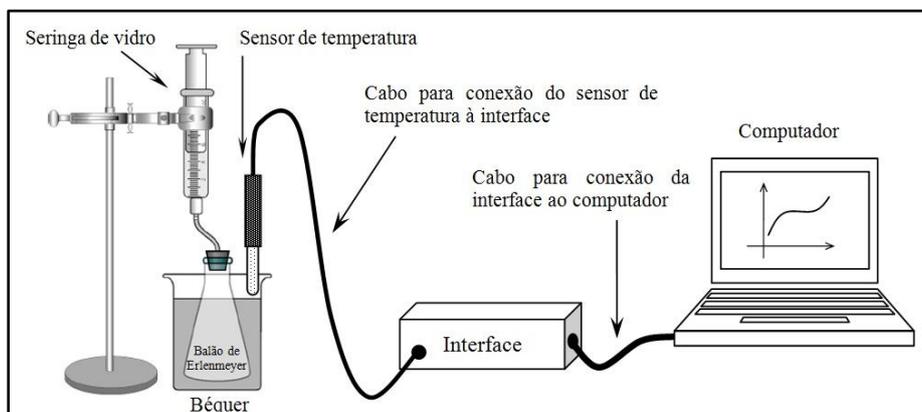
#### 2.3.1 Comentários

Nessa atividade os estudantes terão a oportunidade de observar o fenômeno da expansão térmica de um gás, utilizar um sensor para realização de medidas de temperatura e debater sobre os conceitos pertinentes ao tema, tais como calor e equilíbrio térmico.

O arranjo experimental utilizado para realização dessa atividade é mostrado esquematicamente na Figura 3, e tem como principais componentes:

- Uma seringa de vidro de 10 ml;
- Um balão de erlenmeyer de 50 ml;
- Um ebulidor;
- Um sensor de temperatura;
- Uma interface (um Arduino);
- Um computador.

Figura 3 – Representação esquemática do arranjo experimental utilizado na Atividade 3, sobre expansão térmica de um gás.



Fonte: JACKSON; LAWS, 2016, p. 95, adaptado pelos autores.

Nesse arranjo é importante que a seringa utilizada seja de vidro, pois assim o atrito entre o êmbolo e o corpo da seringa é baixo o suficiente para permitir que o êmbolo se desloque livremente quando o balão de erlenmeyer for colocado em contato com a água aquecida. Outro detalhe importante é que o volume do erlenmeyer não deve ser muito maior do que o da seringa, sendo o valor ideal da razão entre o volume da seringa e o volume do erlenmeyer igual à aproximadamente  $1/3$ . Realizamos testes com erlenmeyer de 25 ml e 50 ml e seringa de 10 ml e os resultados foram satisfatórios. Iniciamos a montagem utilizando uma lata de refrigerante e abandonamos esta opção por seu maior volume.

O fenômeno da expansão térmica de um gás tem um apelo visual muito forte, e alguns estudantes não esperam que o êmbolo da seringa se desloque quando o ar é aquecido. De forma que essa atividade tem excelente potencial para fomentar boas discussões sobre diversos conceitos relacionados ao fenômeno, tais como:

- Calor;
- Equilíbrio térmico;
- Temperatura;
- Volume;
- Pressão;
- Agitação térmica;
- Trabalho realizado por um gás;
- Dilatação;
- 1ª Lei da Termodinâmica.

Em relação ao tempo necessário para fazer a atividade em sala de aula, é possível realizá-la em uma aula de 50 minutos, mas dependendo das discussões que surgirem esse tempo pode ser estendido para no máximo duas aulas.

Mais detalhes sobre o sensor, a interface eletrônica e o Arduino serão apresentados nas seções subsequentes.

### 2.3.2 Roteiro: Expansão térmica de um gás

#### Objetivos

- Familiarização com o ambiente do laboratório;
- Familiarização com a interface de aquisição de dados;
- Introdução ao processo de medição de temperatura;
- Interpretação cinética da expansão térmica de um gás.

#### Introdução

Nessa atividade experimental você investigará o que acontece com o volume de um gás (ar) quando variamos a sua temperatura. Utilizaremos uma **seringa de vidro de 10 ml** de volume e um **balão de erlenmeyer de 50 ml** de volume. Também utilizaremos um **sensor de temperatura** conectado ao **computador** por meio de uma **interface**, o que permitirá a visualização das medidas de temperatura na tela do computador.

#### Procedimentos Experimentais

O experimento utilizará a montagem mostrada na Figura 1. A Figura 2 mostra o béquer e o erlenmeyer.

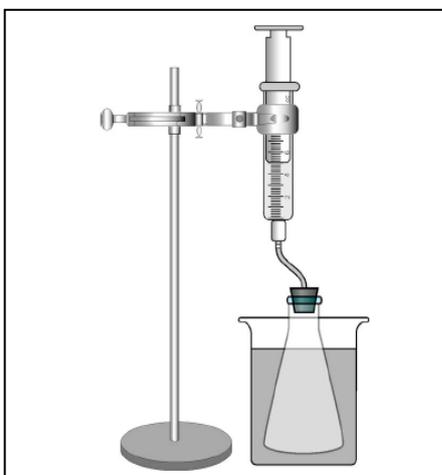


Figura 1 – Montagem experimental.

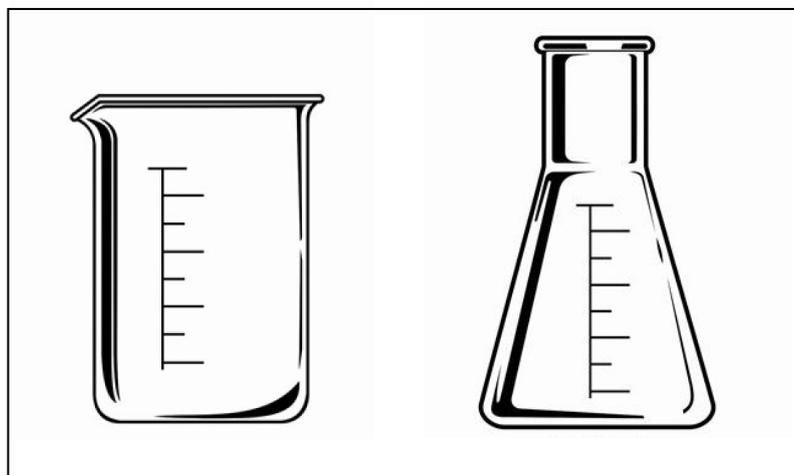


Figura 2 – Vidrarias utilizadas em laboratório: Béquer (à esquerda) e Balão de Erlenmeyer (à direita).

Questão 1) Qual o valor da temperatura do ar?

Questão 2) Colocando o sensor de temperatura na água, qual o valor medido? **Dica:** o sensor leva um tempo para “estabilizar” na temperatura correta. Portanto, é necessário esperar até que o valor indicado fique constante.

Com o auxílio do professor ou monitor utilize um **ebulidor** para aquecer a água de um béquer até a temperatura de aproximadamente **70°C**. Mantenha o sensor de temperatura dentro do béquer enquanto a água é aquecida. Acompanhe no computador a **evolução** da temperatura.

**ATENÇÃO! SEJA CUIDADOSO! A ÁGUA NESTA TEMPERATURA PODE CAUSAR QUEIMADURAS GRAVES. EVITE BRINCADEIRAS E CONVERSAS QUE POSSAM DESVIAR A SUA ATENÇÃO DURANTE ESTE PROCEDIMENTO.**

Questão 3) **Antes** de fazer o experimento, responda as questões:

- e) Existe **ar dentro** do erlenmeyer?
- f) O que você acha que acontecerá com o **sistema erlenmeyer + seringa** se colocarmos o erlenmeyer na água que foi aquecida?
- g) Ao ser aquecido, o que acontece com o ar que está no erlenmeyer?
- h) O que você acha que acontecerá na seringa?

**Procedimento 1)** Coloque o erlenmeyer dentro do béquer com água aquecida e observe o comportamento do sistema.

Questão 4) **Depois** de fazer o **procedimento 1**, responda:

- e) O que você observou?
- f) Qual sua explicação para o que aconteceu?
- g) O que acontece com a pressão do sistema?
- h) Desenhe o que você acha que acontece com o ar dentro do erlenmeyer e da seringa.

Questão 5) O que você acha que acontecerá se colocarmos o erlenmeyer em um béquer com água que não foi aquecida? Explique o seu raciocínio.

**Procedimento 2)** Coloque o erlenmeyer no béquer com água que não foi aquecida e observe a seringa.

Questão 6) **Após** fazer o **procedimento 2**, responda:

- c) O que você observou?
- d) Qual sua explicação para o que aconteceu?

Questão 7) Ao final desta atividade quais perguntas você gostaria de fazer para o seu professor? Quais dúvidas você tem e gostaria de discutir com o professor?

## 2.4 Atividade 4 – Termômetro de gás

Os principais objetivos dessa atividade são:

- Mostrar aos estudantes a possibilidade de utilizar o computador como ferramenta para fazer gráficos;
- Introduzir o processo de análise de dados numéricos no computador;
- Estabelecer uma relação entre a temperatura de um gás e o seu volume a pressão constante.

### 2.4.1 Comentários

Nessa quarta atividade são utilizados os mesmos materiais da atividade anterior, porém agora a atenção está voltada para explorar a relação qualitativa e quantitativa entre a temperatura e volume do gás. Ao final da aula ou na aula seguinte, o professor poderá expandir o entendimento dos estudantes sobre termômetros e mostrar aos alunos que o que fizeram na atividade foi a calibração de um termômetro a gás.

Então os estudantes vão anotar alguns pares de valores de temperatura e do volume correspondente de gás na seringa, e depois vão utilizar um programa de computador específico para fazer o gráfico Temperatura x Volume.

O programa utilizado para fazer o gráfico e as análises foi o SciDAVis, que é um programa gratuito de código aberto e específico para criação de gráficos e análise de dados, e está disponível para instalação em ambientes Windows, Linux e MacOs.

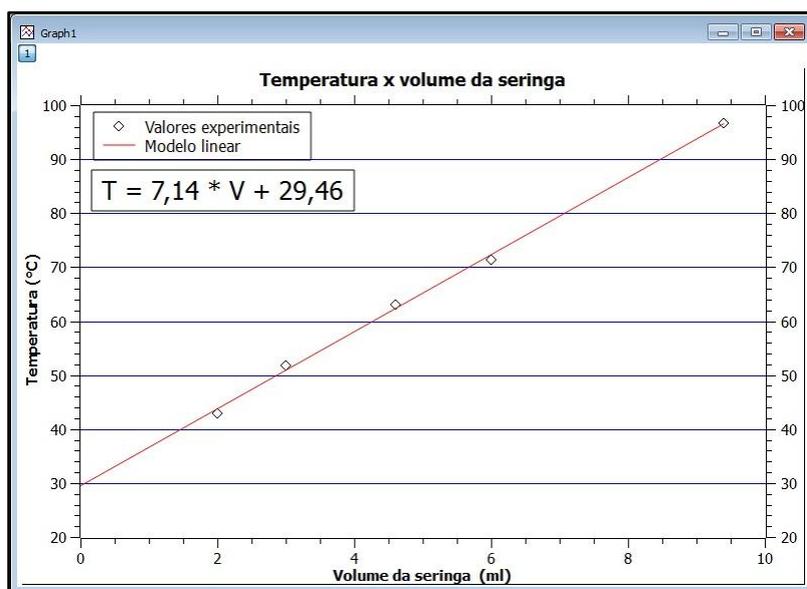
Após de alguns testes verificamos que entre 5 e 10 pares de valores (temperatura, volume) são suficientes para obter resultados interessantes. A Figura 4 mostra um gráfico feito com os dados obtidos de um grupo de alunos durante a realização dessa atividade. Em nossa experiência, uma aula de 50 minutos foi suficiente para a realização dessa atividade.

Uma vez que os estudantes tenham terminado de fazer as medidas e o gráfico esteja pronto, o professor pode orientá-los a utilizar o programa para calcular qual a reta que melhor se ajusta aos dados que eles coletaram. Para fazer esse ajuste no programa, basta clicar, em sequência, nos menus: *Analysis* → *Quick Fit* → *Fit Linear*. Com esse experimento é possível obter o valor do coeficiente de dilatação térmica do ar em concordância razoável com o valor de

referência. Por exemplo, se calcularmos o coeficiente de dilatação com os dados da Figura 4 (obtidos por um dos grupos de estudantes) o valor obtido está em concordância com o valor de referência<sup>21</sup> em 95%.

Uma última observação: deixamos para a aula seguinte a discussão sobre o que acontece com a pressão do gás durante a expansão livre. Na introdução do roteiro, afirmamos que se trata de uma expansão a pressão constante (isobárica) mas não justificamos tal afirmativa. Sabemos que os estudantes têm dificuldade em compreender isso, afinal, atribuem a expansão do gás a um aumento de pressão do gás ao ser aquecido. Esse aumento de pressão ocorre de fato, mas ela torna a cair quando o volume do gás aumenta. Assim, a pressão do gás sofre pequenas variações, mas em situações de equilíbrio ela se iguala à pressão externa (pressão atmosférica mais pressão do peso do êmbolo da seringa).

Figura 4 – Gráfico produzido por alunos utilizando o programa SciDAVis.



Fonte: Dados da pesquisa.

Com essa atividade é possível levantar discussões interessantes sobre:

- Funcionamento de um termômetro;
- Processos de calibração de instrumentos de medida;
- Propriedades de relações lineares;

<sup>21</sup> Coeficiente de expansão térmica de um gás ideal  $\alpha = \left(\frac{1}{273,15}\right)K^{-1} = 0,00366K^{-1}$ .

- Como obter informações de um gráfico;
- Dilatação térmica;
- Coeficiente de dilatação térmica de um gás;
- Escalas de temperatura.

Endereço eletrônico para baixar o programa SciDAvis:

<http://scidavis.sourceforge.net/>

Tutorial mostrando como fazer gráficos com o SciDAVis:

[http://lilith.fisica.ufmg.br/~lab1/Tutorial\\_SciDAVis\\_fim.pdf](http://lilith.fisica.ufmg.br/~lab1/Tutorial_SciDAVis_fim.pdf)

Manual completo do SciDAVis (em inglês):

<https://highperformancecoder.github.io/scidavis-handbook/>

## 2.4.2 Roteiro: Termômetro de gás

### Objetivos

- Introduzir o processo de análise de dados no computador;
- Estabelecer uma relação entre a **temperatura** (T) de um gás e o seu **volume** (V), sob **pressão constante**.

### Introdução

Na atividade experimental anterior você observou que *um gás ao ser aquecido aumenta o seu volume*. Agora você investigará como a **temperatura** e o **volume** de um gás **estão relacionados matematicamente**. Para realizar essa tarefa você utilizará o computador e um programa específico para análise dados.

### Procedimentos Experimentais

**Procedimento 1)** Desenhe uma tabela com uma coluna para **temperatura**, uma coluna para o **volume da seringa** e outra para o **volume total**, de forma parecida com o mostrado abaixo.

Temperatura (°C)	Volume da seringa (ml)	Volume total (ml)

**Procedimento 2)** Coloque aproximadamente **600 ml de água** em cada um dos dois béqueres. Em seguida, com o auxílio do professor ou monitor, aqueça a água de um dos béqueres com o ebulidor até a temperatura de aproximadamente **40°C**. (Dica: desligue o ebulidor antes da temperatura chegar em 40°C, pois depois de desligar o ebulidor a temperatura da água ainda sobe um pouquinho.)

**ATENÇÃO! SEJA CUIDADOSO! A ÁGUA NESTA TEMPERATURA PODE CAUSAR QUEIMADURAS GRAVES. EVITE BRINCADEIRAS E CONVERSAS QUE POSSAM DESVIAR A SUA ATENÇÃO DURANTE ESTE PROCEDIMENTO.**

**Procedimento 3)** Coloque o erlenmeyer dentro do béquer com água aquecida. Aguarde o êmbolo da seringa se deslocar. Anote o valor do volume da seringa e da temperatura na tabela que você desenhou.

**Procedimento 4)** Aqueça a água novamente até aproximadamente **50° C** e repita o procedimento 5. Refaça esses procedimentos até obter **5 pares** de medidas de **temperatura e volume**.

**Questão 1)** Depois de realizar o procedimento 6, responda:

- c) Ao analisar a tabela com os valores de temperatura e volume, você acha que existe alguma relação matemática entre essas duas grandezas?
- d) Por quê?

**Questão 2)** Desenhe um esboço de como você acha que seria o gráfico Temperatura x volume total.

**Procedimento 3)** No computador abra o programa **SciDavis**. Digite os valores de temperatura e volume total na tabela e peça ajuda ao professor ou monitor para fazer o gráfico **temperatura x volume total**.

**Questão 4)** Após fazer o procedimento 6, responda:

- a) O gráfico obtido é parecido com o que você esboçou na questão 9?
- b) A relação entre temperatura e volume total é linear?

**Desafio!**

- d) A partir do gráfico **Temperatura x Volume total** encontre a expressão matemática que relaciona temperatura e volume.
- e) Suponhamos que o erlenmeyer seja colocado em um béquer com água com temperatura desconhecida. A partir da leitura do volume de ar deslocado na seringa é possível determinar a temperatura da água?
- f) Como?

## 2.5 Atividade 5 – Máquinas térmicas

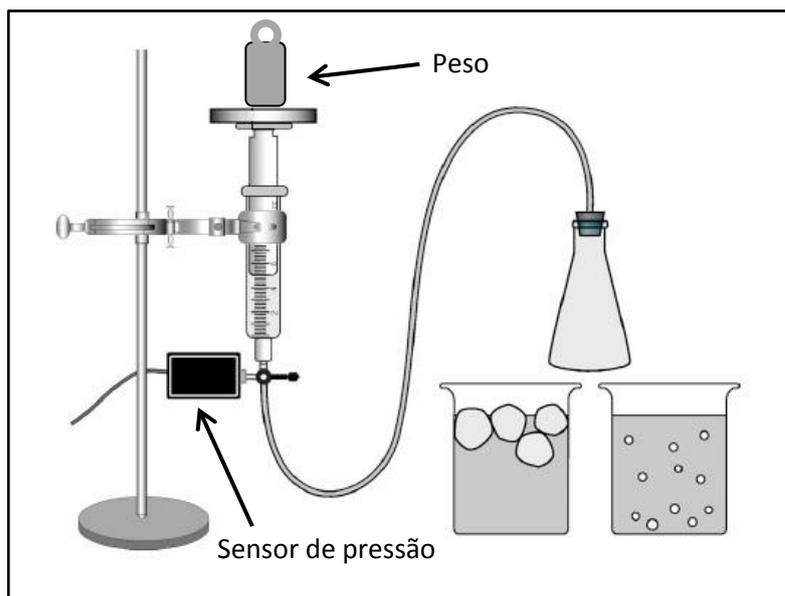
Os principais objetivos dessa atividade são:

- Verificar experimentalmente o processo de expansão a pressão constante (isobárica) de um gás;
- Evidenciar a realização de trabalho que acompanha a expansão de um gás a pressão constante;
- Discutir a conversão de parte da energia térmica cedida ao gás em trabalho mecânico;
- Introduzir noções sobre o funcionamento de uma máquina térmica simples.

### 2.5.1 Comentários

Na quinta e última atividade é utilizada a mesma montagem das duas atividades anteriores com algumas alterações. Entre a seringa de vidro e o erlenmeyer é acrescentado um sensor de pressão, sobre o êmbolo da seringa é colocado um peso (utilizamos um peso de 90 g) e acrescentamos um béquer contendo uma mistura de água e gelo. A Figura 5 mostra de forma esquemática essas modificações.

Figura 5 – Representação esquemática do posicionamento do sensor de pressão e do peso.

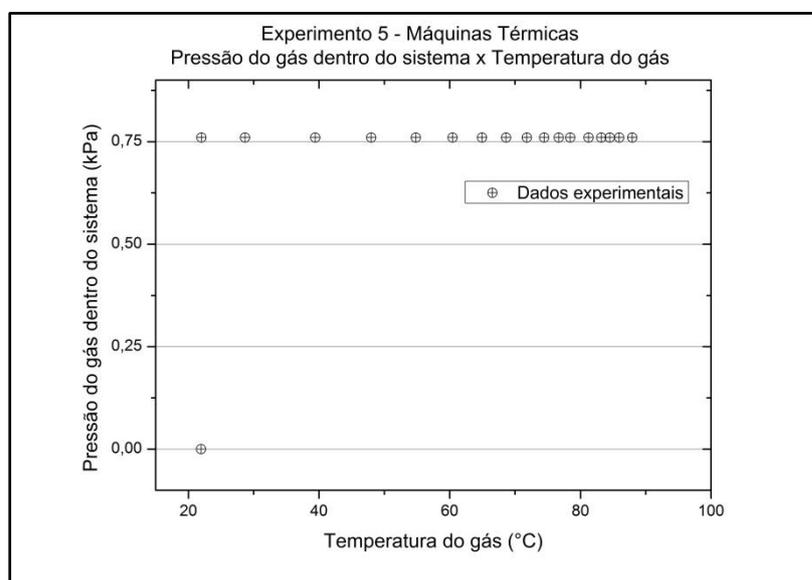


Fonte: JACKSON; LAWS, 2016, p. 99, adaptado pelos autores.

O uso da mistura de água e gelo é importante para garantir que o peso seja “levantado” pela máquina térmica. Além disso, a água do outro béquer deve estar com temperatura em torno de 60°C.

Apesar de ser uma atividade bem parecida com as duas atividades anteriores, ainda é possível realizar discussões interessantes sobre o processo de conversão da energia térmica em energia mecânica e as implicações disso para o funcionamento das máquinas térmicas. Além disso, introduzimos aqui medidas de pressão do gás durante a expansão, o que permite uma retomada do modelo cinético molecular para explicar como a pressão de um gás varia com aumentos de temperatura e de volume. A Figura 6 mostra o comportamento da pressão do gás, medida por um dos grupos na realização da atividade. Note-se que o sensor mede, na verdade, a diferença de pressão entre o interior do sistema e o ambiente, de forma que o valor 0 kPa (zero kilopascal) significa que a pressão do sistema é igual à pressão do ambiente. Além disso, é interessante atentar para o fato de que no início da expansão do gás há um aumento no valor da pressão do gás, que corresponde à força necessária para levantar o peso do êmbolo da seringa.

Figura 6 – Medida da pressão do gás durante o aumento da temperatura, realizada durante a atividade sobre máquinas térmicas



Fonte: Dados da pesquisa.

Ao final da aula ou nas aulas seguintes, o professor poderá introduzir o funcionamento de máquinas térmicas, fazendo conexões da operação de máquinas térmicas com o experimento realizado. Essas conexões não são triviais e, a princípio, os estudantes não as reconhecem. O

professor deve mostrar que máquinas térmicas (como motores a vapor ou motores de combustão interna) operam em ciclos e que a montagem apresenta apenas o ciclo de expansão, em que o gás aquecido se expande. Além disso, a última questão do roteiro pode ser retomada pelo professor ao discutir com os estudantes o rendimento de máquinas térmicas.

Em relação ao tempo necessário para os estudantes completarem a atividade, no contexto da experiência relatada vimos que uma aula de 50 minutos é suficiente.

Esse arranjo experimental pode ser utilizado, com pequenas modificações, para trabalhar outros processos termodinâmicos, tais como transformações isotérmicas e isovolumétricas. Nossa sugestão é que no caso de transformações isovolumétricas a seringa de vidro seja substituída por uma seringa convencional de plástico, pois o ar no interior da seringa de vidro escapa facilmente com o aumento da pressão interna.

Caso o professor não disponha de um laboratório em sua escola acreditamos que todas as atividades aqui apresentadas podem ser utilizadas em uma sala de aula convencional como demonstração.

## 2.5.2 Roteiro: Máquinas térmicas

### Objetivos

- Verificar experimentalmente o processo de expansão a pressão constante (**isobárica**) de um gás;
- Introduzir noções sobre o funcionamento de uma máquina térmica simples.

### Introdução

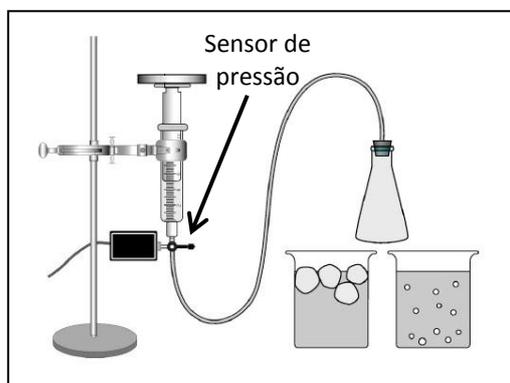
Nas atividades experimentais anteriores você pode observar que *um gás, ao ser aquecido, aumenta o seu volume*. Muitas questões surgiram a respeito do que acontece com a pressão do gás durante o processo de expansão. Nessa atividade você poderá aprofundar nessas questões.

Outro conceito que será explorado nesta atividade diz respeito ao **trabalho realizado por um gás**. Ao se expandir o gás pode realizar trabalho, essa propriedade é fundamental para o funcionamento das **Máquinas Térmicas**. Em uma máquina térmica a **energia térmica é convertida em trabalho mecânico**. Exemplos de uso dessa tecnologia são os motores a combustão utilizados em automóveis, caminhões, ônibus e aviões.

### Procedimentos Experimentais

Nessa atividade utilizaremos a montagem experimental que está esquematizada na Figura 1.

Figura 1 – Montagem experimental.



Nessa montagem um béquer conterà **água gelada** enquanto o outro conterà **água quente!**

**Questão 1)** Descreva o que você **ACHA** que acontecerá com o sistema **Seringa + Mangueira + Erlenmeyer** quando o Erlenmeyer é colocado no béquer com **água gelada** e

depois é transferido para o béquer com **água quente**.

**Questão 2)** O que você **ACHA** que acontece com pressão do sistema **Seringa + Mangueira + Erlenmeyer** quando o Erlenmeyer é colocado no Béquer com **água gelada** e depois é transferido para o béquer com **água quente**?

**Questão 3)** O que você **ACHA** que acontecerá se colocarmos uma massa de aproximadamente 90 g sobre o pistão da seringa e repetirmos o procedimento de colocar o erlenmeyer na água **gelada** e depois na água **quente**?

---

Depois de terminar de responder a questão 3 chame o professor para coletar os dados de pressão e temperatura durante a expansão do gás.

**Questão 4 a)** O que você observou em relação ao valor da pressão do sistema durante a expansão do gás? **b)** Podemos dizer que o gás realizou trabalho? **c)** Por quê?

**Questão 5)** Para a realização de trabalho é necessário energia. No caso do sistema **Seringa + Mangueira + Erlenmeyer** quais são as fontes de energia?



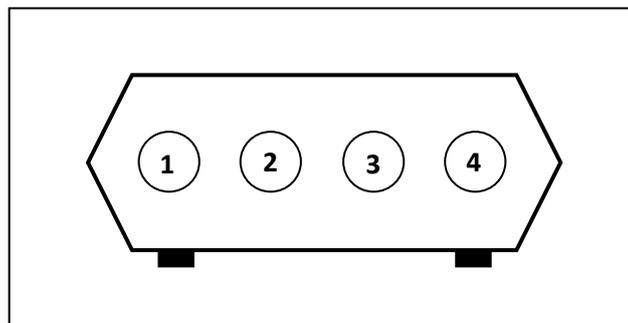
Como você faria para investigar se existe uma relação entre as temperaturas das águas dos béqueres e a quantidade de trabalho realizado pela seringa?

### 3 Como utilizar a interface eletrônica

Para enviar as informações dos sensores de temperatura e pressão para o computador é necessário utilizar uma interface eletrônica, de forma que ela funciona como um dispositivo de troca de informações. A conexão entre a interface e o computador é feita por meio de um cabo USB. Além da interface desenvolvemos um programa (aplicativo) que precisa ser executado no computador para gerenciar a comunicação entre os dispositivos e exibir os dados na tela no monitor. Esse programa funciona em ambiente Windows 7.

Na parte frontal da interface há quatro conectores circulares aos quais os sensores devem ser conectados. De acordo a representação esquemática mostrada na Figura 7 o sensor de temperatura deve ser conectado ao conector 1 ou 2, o sensor de pressão deve ser conectado ao conector 3 e o sensor de posição ao conector 4. A conexão para o computador (via cabo USB) fica no lado oposto ao lado das conexões dos sensores e o cabo utilizado é o mesmo que é usado para conectar impressoras.

Figura 7 – Representação esquemática da interface vista de frente.



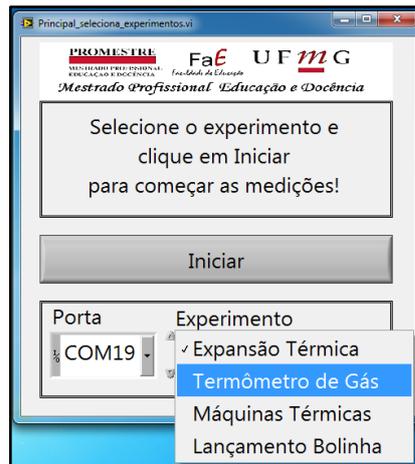
Fonte: Elaborado pelos autores.

Legenda: Conectores 1 e 2: sensor de temperatura.  
Conector 3: sensor de pressão. Conector 4: sensor de posição.

A alimentação da interface é feita pelo computador, por meio da conexão USB, de forma que não são necessárias fontes externas. Além disso, recomendamos que os sensores sejam conectados à interface antes de conectar o cabo USB ao computador. Uma vez que tudo esteja conectado o próximo passo é iniciar o programa de aquisição de dados, clicando em seu ícone na “Área de trabalho”.

Ao ser inicializado, o programa exibirá a tela mostrada na Figura 8. No campo “Experimento” selecione o experimento que deseja realizar e clique no botão “Iniciar” para começar as medições. No campo “Porta” é necessário selecionar a “porta” a qual a interface foi conectada. Quando a interface é conectada ao computador, no canto inferior direito da “Área de trabalho” é exibida uma mensagem informando qual a “porta” que a interface (Arduino) está conectada.

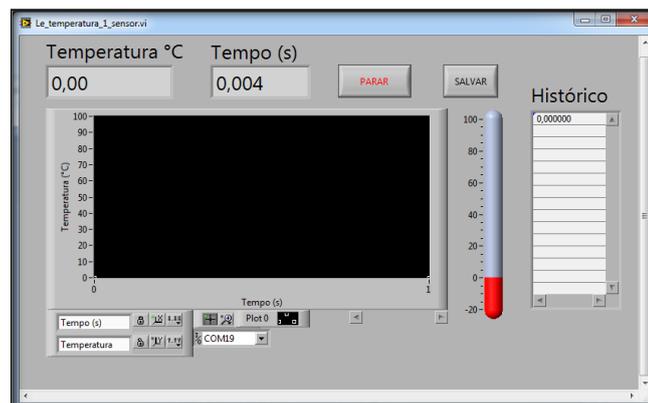
Figura 8 – Tela inicial do programa de aquisição de dados



Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao selecionar uma das opções “Expansão Térmica” ou “Termômetro de Gás” e clicar em “Iniciar” será apresentada a tela mostrada na Figura 9. Nessa tela é possível acompanhar o valor da temperatura no indicador “Temperatura” e o tempo transcorrido no indicador “Tempo”. O gráfico mostra a evolução da temperatura medida pelo sensor em função do tempo transcorrido. O botão “PARAR” encerra as medidas e “SALVAR” salva as medidas em um arquivo de texto. Para fechar a tela é só clicar no “X”, no canto superior direito.

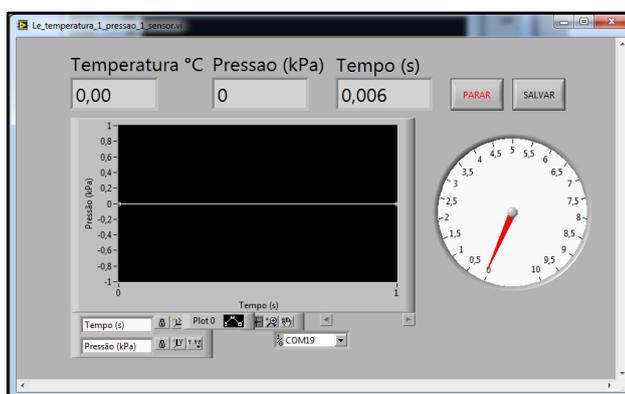
Figura 9 – Tela do programa de aquisição de dados para os experimentos “Expansão térmica” e “Termômetro de gás”



Fonte: Elaborado pelos autores.

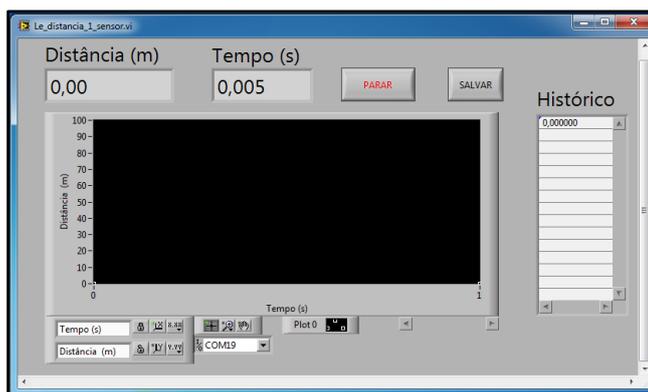
Ao seleccionar a opção “Máquinas Térmicas” e clicar em “Iniciar” será apresentada a tela mostrada na Figura 10. Os indicadores nessa tela são parecidos com os da tela da opção mostrada anteriormente, acrescidos do indicador numérico de pressão. Também há um indicador de pressão no estilo de um manômetro clássico. O gráfico mostra a evolução da pressão em função do tempo transcorrido. Para encerrar as medidas clique em “PARAR”, e em “SALVAR” para salvar as medidas em um arquivo de texto. Para fechar a janela clique no “X” no canto superior direito. A Figura 11 mostra a tela utilizada no experimento da Atividade 1, transformações de energia no lançamento de uma bolinha.

Figura 10 – Tela do programa para o experimento “Máquinas térmicas”



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 11 – Tela do programa de aquisição de dados para o experimento da Atividade 1



Fonte: Elaborado pelos autores.

As Figuras 12 e 13 mostram fotografias da interface eletrônica e dos sensores, respectivamente.

Figura 12 – Fotografia da interface eletrônica



Fonte: Os autores.

Figura 13 – Fotografia dos sensores de temperatura (esquerda) e pressão



Fonte: Os autores.

## 4 Como montar sua própria interface eletrônica

Nesta seção vamos tratar da montagem da interface eletrônica que foi desenvolvida e utilizada em nosso trabalho de pesquisa. Consideramos que ela é uma ferramenta importante para o professor aplicar a proposta pedagógica que apresentamos, desenvolvemos e aplicamos em sala de aula durante a realização de nosso trabalho de pesquisa. Sugerimos a leitura da dissertação “Aprendizagem ativa em aulas de Física: o uso do Arduino em experimentos de

Termodinâmica” para saber em mais detalhes sobre as características, a fundamentação teórica e os resultados que obtivemos ao aplicar essa metodologia de ensino. No entanto, é importante ressaltar que utilizar a interface, os sensores e o computador em sala de aula, por si só, não implica na obtenção de um maior engajamento dos estudantes em relação à disciplina.

No estudo de caso que desenvolvemos o uso desses recursos tecnológicos: interface, sensores e computadores em sala de aula, tiveram um efeito positivo sobre a motivação e aprendizagem dos estudantes. Além disso, nessa abordagem os estudantes realizaram atividades em pequenos grupos, o que incentivou a discussão e a reflexão sobre os fenômenos estudados, subsidiados pela orientação do professor no sentido de alcançar os objetivos propostos por cada atividade. Assim, queremos frisar que, apesar de esses recursos tecnológicos serem uma poderosa ferramenta que o professor tem à sua disposição, é importante também que eles sejam utilizados em conjunto com uma orientação pedagógica apropriada para que os efeitos sobre a motivação e aprendizagem dos estudantes sejam favoráveis.

#### **4.1 Visão Geral**

Dentro da proposta pedagógica apresentada em nossa pesquisa a realização de medições de grandezas físicas desempenha um papel importante. Para tornar esse processo exequível e viável, tanto tecnicamente quanto financeiramente, desenvolvemos um protótipo que permite realizar medidas de temperatura, pressão e distância de forma que seus valores possam ser armazenados e visualizados em um computador.

Esse protótipo é composto por três partes:

- Sensores;
- Interface eletrônica;
- Programa de aquisição de dados.

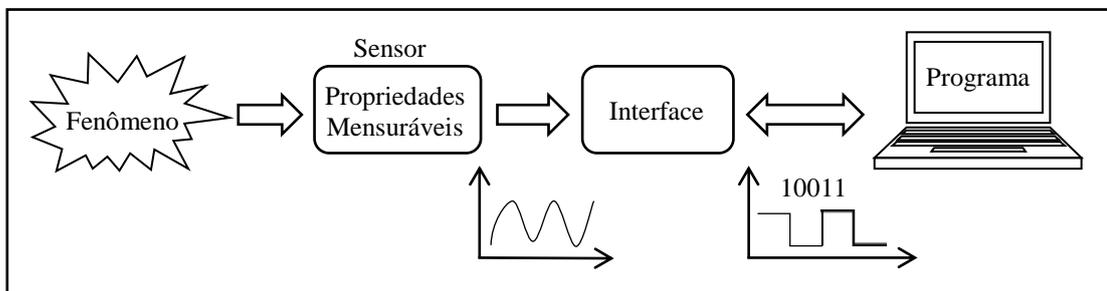
A parte responsável por realizar a medição propriamente dita são os sensores. De modo geral e simplificado, um sensor eletrônico é um dispositivo que detecta uma determinada propriedade física ou química e fornece, como resposta, um sinal elétrico proporcional ao seu valor. Por exemplo, um sensor de temperatura é um dispositivo que, em contato com um objeto ou substância, fornece um sinal elétrico cuja amplitude é proporcional à temperatura

desse objeto ou substância. Existem diversos tipos de sensores para propriedades físicas diferentes. Vamos falar de forma mais detalhada sobre eles nas seções subsequentes.

A interface eletrônica tem a função de processar os sinais elétricos providos dos sensores e transmitir mensagens para o computador contendo os valores das medidas realizadas por eles. Esse processo de troca de informações entre interface e computador é necessário porque os sinais elétricos fornecidos pelos sensores não têm as características necessárias para serem reconhecidos pelos computadores, além disso, existem várias regras para conexão e intercâmbio de informações com os computadores que não podem ser realizadas pelos sensores.

Uma vez que seja estabelecida a conexão com o computador e os dados das medições estejam sendo enviados, o programa de aquisição de dados é o responsável por coordenar a troca de mensagens entre o computador e interface, além de controlar e gerenciar a exibição das medidas e gerar os gráficos na tela do computador. A Figura 14 mostra de forma esquemática essa organização.

Figura 14 – Representação esquemática do protótipo desenvolvido e suas diferentes partes



Fonte: Elaborado pelos autores.

Portanto, dentro dessa organização, a interface precisa de recursos que permitam que ela seja capaz de:

- Reconhecer os sinais provenientes dos sensores;
- Converter e processar esses sinais (realização de operações lógicas e matemáticas);
- Converter os sinais em mensagens compatíveis com protocolos de comunicação;
- Comunicar com o computador (enviar e receber mensagens).

Para ser capaz de executar essas funções a interface precisa de recursos dos quais um computador também dispõe, tais como unidades de entrada e saída, unidade lógica e

aritmética e memória. Além disso, a interface precisa de meios para converter os sinais dos sensores em sinais adequados para o seu processamento, o que normalmente um computador não é apto a fazer. Dessa forma, para implementar a interface eletrônica de forma a atender a todos esses requisitos, acrescidos de um custo baixo e de ser facilmente acessível comercialmente, optamos por utilizar o Arduino. Ele é o componente principal para montar a interface eletrônica, e atende a todos as condições necessárias para desempenhar as funções de ler, converter, processar e transmitir as medidas dos sensores para o computador.

## 4.2 O que é o Arduino?

Se você pesquisar na internet sobre o Arduino vai encontrar várias definições. Algumas vão dizer que é o nome de uma empresa e outras vão dizer que Arduino é “uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em *hardware* e *software* fáceis de usar”. Todas essas definições estão corretas. Em linguagem simples podemos dizer que o Arduino é um computador que pode ser facilmente programado para executar tarefas específicas tais como ascender uma lâmpada, um diodo, acionar um motor e ler o sinal de sensores. Além disso, o Arduino é um produto que pode ser adquirido facilmente no comércio a um custo relativamente baixo (da ordem de algumas dezenas de reais).

Um dos objetivos do Arduino é fornecer um meio fácil de realizar projetos que envolvam eletrônica sem que a pessoa precise ter uma formação específica na área. O primeiro Arduino, lançado no ano de 2005, foi desenvolvido pelo professor italiano Massimo Banzì e colaboradores. Hoje existem vários modelos de Arduino, com recursos diferentes para atender a uma variedade de projetos. Os principais recursos são: velocidade de processamento (relacionada com o número de instruções de programa que podem ser executadas por segundo), quantidade de memória, consumo de energia, número de sensores que podem ser conectados, quantidade de dispositivos que podem ser controlados e unidades para comunicação pela internet. Na página eletrônica da empresa que desenvolve o Arduino há mais informações sobre o projeto, além de detalhes técnicos sobre cada modelo. O endereço da página principal é:

<https://www.arduino.cc/>

Um quadro comparativo de todos os modelos de Arduino está disponível em:

<https://www.arduino.cc/en/products/compare>

A Figura 15 mostra alguns modelos. As fotos foram retiradas da página eletrônica oficial. Atualmente existem aproximadamente 22 modelos disponíveis.

Figura 15 – Alguns modelos de Arduino



Fonte: <https://www.arduino.cc>.

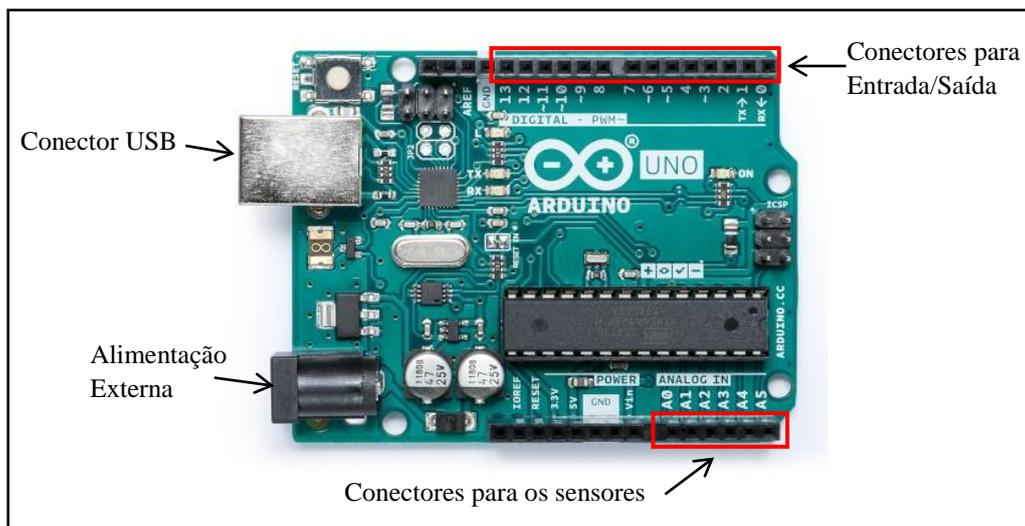
Para entender melhor as especificações vamos analisar o Arduino UNO, que foi o modelo que utilizamos para desenvolver a Interface Eletrônica. Na Tabela 1 estão listadas algumas especificações do Arduino UNO, e na Figura 16 é mostrada uma fotografia.

Tabela 1 – Algumas especificações do Arduino UNO

Parâmetro	Especificação	Comentário
Tensão de operação	5 V	Podem ser fornecidas pela porta USB
Pinos de Entrada/Saída	14	Utilizados para ler teclas, acionar chaves, ascender lâmpadas ou motores
Entradas Analógicas	6	Entradas usadas para sensores
Corrente por pino de E/S	20 mA	Corrente em cada pino
Memória de Programa	32 KB	O programa pode ter até 16.384 instruções
Memória RAM	2 KB	Memória usada para conter variáveis
Velocidade do processador	16 MHz	16 milhões de instruções por segundo
Comprimento	6,9 cm	
Largura	5,3 cm	
Peso	25 g	

Fonte: <https://www.arduino.cc>, tradução nossa.

Figura 16 – Fotografia do Arduino Uno e algumas conexões



Fonte: <https://www.arduino.cc>, adaptado pelos autores.

Cada pino de entrada/saída (E/S) pode funcionar como entrada ou saída, e a tensão de operação indica a amplitude dos sinais elétricos nesses pinos, que nesse caso é igual a 5 volts. Essas conexões de entrada e saída normalmente são utilizadas para acionar lâmpadas (saída) ou para ler botões (entrada). Também podem ser utilizadas para acionar motores. No caso do Arduino UNO são 14 pinos com essa função. Além disso, cada um desses pinos é capaz de fornecer ou drenar uma corrente de 20 mA. O que significa que se você for acionar um diodo em um desses pinos, por exemplo, a corrente não pode ultrapassar o valor de 20 mA.

O modelo UNO também possui seis entradas analógicas, o que significa que podemos conectar até seis sensores analógicos simultaneamente. Na seção 4.2 vamos detalhar como conectar um sensor ao Arduino.

De forma bem simplificada e sucinta podemos dizer que um programa é um conjunto de instruções que o computador deve realizar em sequência. Assim, o Arduino UNO possui 32 KB (quilobyte) de memória de programa, ou seja, um programa para o Arduino Uno, pode conter até 16.384 instruções. Além disso, podem ser executadas 16 milhões de instruções por segundo.

Durante a execução de um programa normalmente são realizadas operações matemáticas e lógicas, e essas operações envolvem variáveis. A memória RAM é a memória na qual essas variáveis são armazenadas durante a execução do programa. O Arduino Uno possui 2 KB de memória RAM.

Dessa forma, as principais características que vão variar de um modelo de Arduino para outro dizem respeito, principalmente, à extensão desses parâmetros, por exemplo, o Arduino MEGA possui 54 pinos de E/S e 16 entradas para sensores.

Todos esses recursos que foram mencionados até agora dizem respeito ao *hardware* do Arduino. No entanto, ele também possui importantes recursos de *software* que têm impacto direto sobre o desenvolvimento de projetos que utilizam essa plataforma.

Para programar qualquer computador é necessário escrever um programa (código fonte) em uma determinada linguagem de programação. A linguagem de programação contém uma série de palavras-chave que representam instruções específicas que o computador deve executar. Além das palavras-chave a linguagem de programação possui algumas regras de uso dessas palavras-chave de maneira a formar ações que o computador deve realizar. Então, no caso do Arduino também existe uma linguagem de programação para elaborar as instruções que ele

deve executar. Assim, outro benefício de se utilizar o Arduino é que essa linguagem é simples de usar, comparada com a de outros sistemas semelhantes.

O Arduino também conta com um Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE, *Integrated Development Environment*, em inglês). A IDE é um programa que funciona como um editor de texto para elaboração do código fonte com as instruções de programa que o Arduino deve executar. Ela também permite verificar a existência de erros no código, decorrentes do uso incorreto das palavras-chave ou das regras da linguagem de programação. Esse ambiente de desenvolvimento também tem a função de transferir o programa que foi digitado no editor de texto para a memória de programa do Arduino.

#### 4.2.1 Como funciona?

O processo de programação do Arduino pode ser dividido em duas etapas:

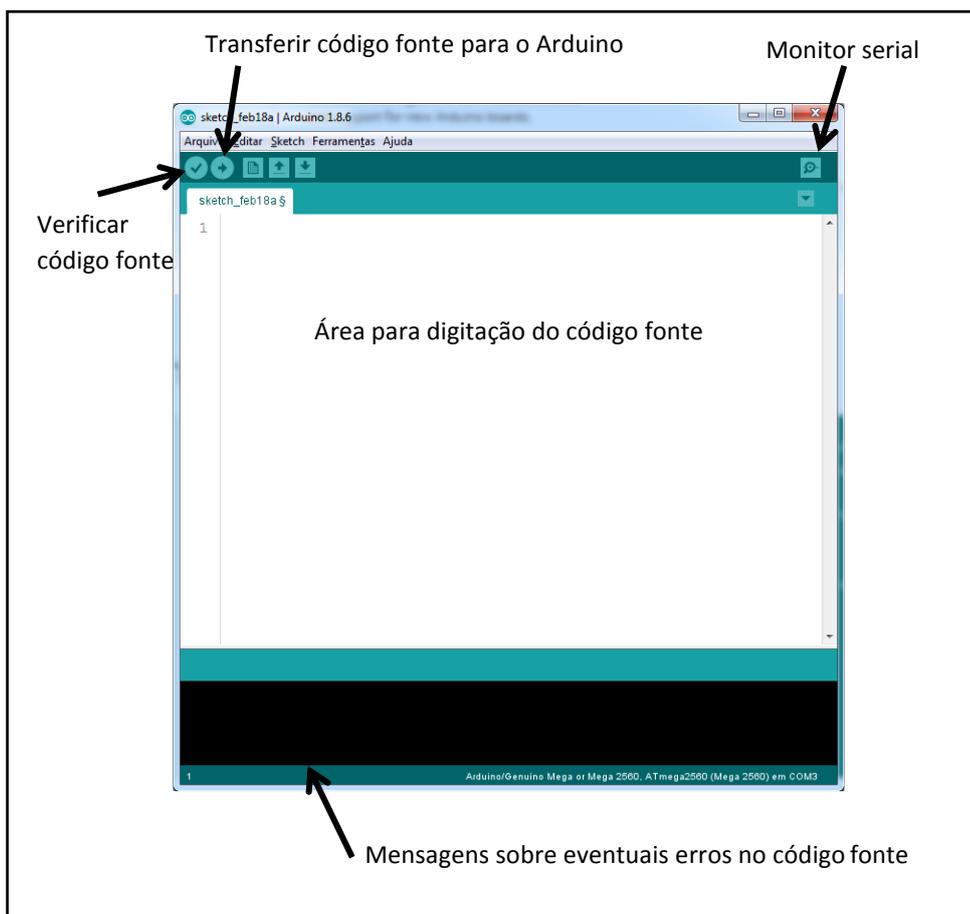
- Elaborar o código fonte contendo o conjunto de instruções de programa que serão executadas;
- Transferir as instruções para a placa (*hardware*) do Arduino.

A elaboração do código fonte e o processo de transferência do programa para o Arduino são feitos por meio do Ambiente de Desenvolvimento Integrado, que é mostrado na Figura 17. Esse Ambiente é um programa que deve ser instalado no computador e pode ser baixado gratuitamente da página eletrônica do Arduino. O endereço para baixar o instalador é:

<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

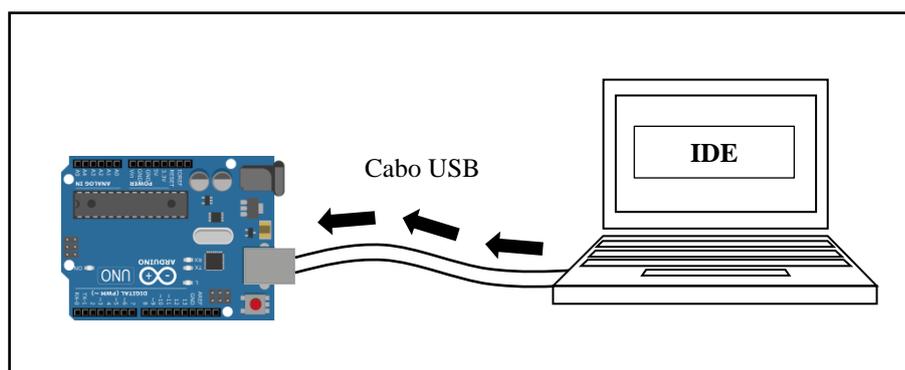
Uma vez que o código esteja pronto basta clicar em “Verificar” para que a IDE verifique o código e em “Transferir” para iniciar a transferência para a placa, que deve estar conectada ao computador por meio de um cabo USB antes de iniciar o processo de transferência do código. Outra funcionalidade interessante na IDE é o “Monitor Serial”. Clicando nele é aberta uma janela que permite monitorar o envio e recebimento de mensagens pela porta USB. A Figura 18 mostra essa conexão de forma esquemática. Uma vez que a transferência tenha sido concluída o Arduino estará programado.

Figura 17 – Ambiente de desenvolvimento do código fonte para o Arduino



Fonte: Os autores.

Figura 18 – Conexão do Arduino ao computador para transferência do código fonte



Fonte: Os autores.

## 4.2.2 Linguagem de programação

Nesta seção vamos tratar de alguns tópicos relacionados à linguagem de programação do Arduino, porém não é nossa intenção fazer uma cobertura extensa sobre o assunto. Além disso, na página eletrônica do Arduino existe uma extensa documentação em português sobre essa linguagem.

Para programar o Arduino é necessário codificar as instruções do programa em sua linguagem de programação. A linguagem utilizada para programar o Arduino é baseada na linguagem de programação C++. De forma sucinta, a linguagem de programação do Arduino é formada por palavras-chave, operadores lógicos e aritméticos e regras de sintaxe para combinar esses elementos. Alguns exemplos de palavras-chave são:

<b>int</b>	<b>if</b>	<b>void</b>
<b>char</b>	<b>for</b>	<b>return</b>
<b>float</b>	<b>while</b>	<b>switch</b>

As palavras-chave **int**, **char** e **float** são utilizadas para especificar o tipo de dado de uma variável. Isto é, para definir uma variável numérica **x**, é necessário declarar qual o tipo de número será armazenado nela. Suponhamos que a variável **x** receberá números inteiros. Então ela deve ser declarada da seguinte forma:

```
int x;
```

Além disso, cada linha de instrução deve ser encerrada com o sinal “;” (ponto-e-vírgula). Para declarar uma variável numérica que armazenará números reais deve-se utilizar a palavra-chave **float**. Quando a variável for armazenar um caractere não numérico a palavra-chave **char** deve ser utilizada.

Além das palavras-chave, a linguagem de programação também é composta por operadores lógicos e aritméticos. Eles são utilizados para definir instruções nas quais operações aritméticas ou lógicas devem ser realizadas. São exemplos de operadores aritméticos:

Adição (+)	Subtração (-)	Multiplicação (*)	Divisão (/)
------------	---------------	-------------------	-------------

Para efetuar a soma de duas variáveis, por exemplo, **x** e **y**, e atribuir o resultado a uma terceira variável **z**, poderíamos utilizar a seguinte linha de código:

```
z = x + y;
```

Em um programa, além de operações aritméticas, pode ser necessário realizar operações lógicas e de comparação. Para realizar essas operações existem operadores relacionais e lógicos. Em operações aritméticas o resultado da operação será sempre um número. No caso de operações de comparação ou lógicas o resultado é sempre um valor “verdadeiro” ou “falso”. Na linguagem de programação do Arduino um valor verdadeiro é representado pelo número 1 (um) e um valor falso é representado pelo número 0 (zero). Os operadores relacionais disponíveis são:

```
== (igualdade)           != (diferente)           > (maior)           < (menor)
>= (maior ou igual)     <= (menor ou igual)
```

Para exemplificar como eles são utilizados e quais os resultados das operações, suponhamos a seguinte linha de código:

```
x = a > b;
```

Nesse caso, se a variável **a** for maior do que a variável **b**, então será atribuído à variável **x** o valor 1 que corresponde a “verdadeiro”. Se **a** for menor do que **b**, então a variável **x** receberá o valor 0 (zero) que corresponde a “falso”. Vale chamar a atenção para o fato de que, quando queremos comparar se duas variáveis são iguais, utilizamos o operador relacional de igualdade “==” (dois sinais de igual), mas se queremos atribuir um valor a uma variável então devemos utilizar o operador de atribuição “=”.

Além das palavras-chave e dos operadores também existem estruturas que são muito importantes em qualquer linguagem de programação. Essas estruturas são as funções. Uma função em programação nada mais é do que um pedaço de código fonte que pode ser reutilizado em pontos diferentes do programa principal. Elas são importantes, pois permitem reaproveitar instruções que são executadas repetidas vezes dentro do código principal e assim economizar memória e tornar o código mais fácil de ser entendido. O uso de funções também permite aproveitar códigos que foram desenvolvidos por outras pessoas, o que favorece o trabalho colaborativo e possibilita poupar tempo no desenvolvimento do programa. Para exemplificar melhor como funcionam as funções dentro de um código, considere o seguinte pedaço de código:

```
1   float a;  
2   float raiz;  
3   a = 4.0;  
4   raiz = sqrt (a);
```

Nas linhas 1 e 2 é feita a declaração (criação) das variáveis numéricas **a** e **raiz**. Na linha 3 é feita a atribuição do valor 4 à variável **a**. Ao passo que na linha 4 é utilizada a função **sqrt** para calcular a raiz quadrada da variável **a**. Então o valor retornado pela função **sqrt** (que é o resultado do cálculo da raiz quadrada de 4) é atribuído à variável **raiz**. O número que se deseja calcular a raiz quadrada é o argumento da função **sqrt**. Portanto, foi utilizada uma função, cujo código não foi escrito por nós, para executar uma operação em nosso código fonte. A determinação de quais são os argumentos que uma função recebe e qual o seu retorno dependem de sua implementação, por isso é importante, antes de utilizar qualquer função, consultar sua documentação. Existem funções que não recebem nenhum argumento e há aquelas que não retornam nada (funções do tipo **void**). Também é possível criarmos nossas próprias funções.

### 4.2.3 Alguns exemplos

Nesta seção vamos apresentar alguns exemplos para demonstrar como utilizar as palavras-chave, operadores e funções para elaborar programas funcionais para o Arduino.

#### 4.2.3.1 Exemplo 1

Na placa do Arduino UNO tem um pequeno *LED* (do inglês *Light Emitting Diode*, diodo emissor de luz, em tradução livre) conectado ao pino 13 (pino de E/S). Nesse primeiro exemplo vamos escrever um código fonte simples que fará com que esse LED fique piscando com uma frequência de um hertz.

```

1  //Exemplo 1 - Pisca-pisca com LED
2  int led = 13;
3
4  void setup () {
5  pinMode (led, OUTPUT);
6  }
7  void loop () {
8  digitalWrite (led, HIGH);
9  delay (500);
10 digitalWrite (led, LOW);
11 delay(500);
12 }

```

Vamos analisar o código desse exemplo linha por linha. Na primeira linha foram utilizados os símbolos “//” (duas barras). Toda vez que as duas barras forem utilizadas o Ambiente irá ignorar essa linha. Isso é útil para inserir comentários e assim documentar o código. Na segunda linha é declarada uma variável numérica do tipo inteira, na mesma linha também é feita uma operação de atribuição, atribuindo o valor 13 à variável “led”.

Na linha 4 é feita a declaração da função “**setup( )**”. As funções sempre vêm acompanhadas de dois parênteses “( )”. Em todos os programas para Arduino é obrigatório a declaração da função **setup( )** e da função **loop( )**. O símbolo “{” define o início de um bloco de instruções de uma função e o símbolo “}” define o final de seu bloco de instruções. A função **setup** é executada somente uma vez, quando o Arduino é ligado. Já a função **loop** é executada infinitamente. Na linguagem de programação do Arduino as instruções de programa são executadas em sequência, linha por linha. Quando é executada a última instrução da função **loop** (que nesse caso é a linha 20) a sequência de execução do programa é desviada para a primeira instrução da função **loop** (linha 8) reiniciando a sequência. A palavra-chave **void** antes da função indica que a função não retorna nenhum valor.

Continuando com nossa análise, dentro da função **setup** existe apenas uma instrução (linha 5). Essa instrução é na verdade outra função, **pinMode**. Essa função tem a finalidade de dizer para o Arduino se um determinado pino será uma entrada ou saída. Como nesse caso queremos acender o LED, então esse pino deve ser configurado como saída, uma vez que a

corrente elétrica deve “sair” do pino. Por isso os argumentos da função **pinMode** foram (**led, OUTPUT**), de forma que o primeiro argumento é o número do pino e o segundo argumento define se o pino será entrada ou saída: INPUT para entrada e OUTPUT para saída. Lembrando que na linha 2 atribuímos o valor 13 à variável **led**, de forma que a linha **pinMode (led, OUTPUT)** é o mesmo que **pinMode (13, OUTPUT)**, ou seja, essa linha configura o pino 13 da placa do Arduino como uma saída.

Na linha 7 é feita a declaração da função **loop**. Como essa função não retorna nenhum valor, antes do nome da função precisamos usar a palavra-chave **void**. Na linha 8 temos a chamada de outra função, **digitalWrite(led, HIGH)**. Essa função tem o propósito de ligar o LED conectado ao pino 13 do Arduino, enviando uma tensão elétrica de 5 volts para esse pino (que foi configurado como saída na linha 5 do código).

Na linha 9 é utilizada a função **delay**. Essa função faz com que o Arduino espere por um intervalo de tempo igual ao valor em seu argumento multiplicado por 1 ms (um milissegundo) antes de executar a próxima linha de instrução. Nesse exemplo o tempo de espera para ir para a próxima instrução foi de 500 ms. Na linha 10 a função **digitalWrite** é utilizada novamente, porém agora ela faz com que o LED seja desligado (**LOW**). A próxima instrução é **delay(500)**, que novamente produz um atraso de 500 ms antes que o programa seja desviado para a primeira instrução dentro da função **loop** (linha 8), que tem a função de acender o LED novamente, e assim repetindo o ciclo, continuamente, de acender e apagar o LED.

O mais interessante nesse exemplo é a praticidade introduzida pelo uso das funções. No caso da linguagem de programação do Arduino há uma série de funções prontas que realizam diversas tarefas, que vão desde ações simples como ligar um pino ou gerar um atraso, até processos mais complexos como transmitir uma mensagem pela porta USB ou enviar um e-mail pela internet. Em programação, um arquivo contendo um conjunto de funções é chamado de biblioteca de funções.

### 4.2.3.2 Exemplo 2

Neste exemplo vamos escrever um código em que o Arduino vai interagir com o computador de forma que ele piscará o LED da placa caso a tecla “g” seja pressionada no teclado.

```

1      //Exemplo 2 - Comandando o LED via teclado
2
3      int led = 13;
4      char tecla;          //cria variável do tipo caractere
5
6      void setup (){
7          pinMode(led,OUTPUT);      // pino 13 como saída
8          Serial.begin(9600);      // inicializa a porta USB
9      }
10
11     void loop(){
12         if (Serial.available(>0){
13             tecla = Serial.read();
14
15         }
16
17         switch (tecla){
18             case 'g':
19                 digitalWrite(led,HIGH);      // liga o LED
20                 delay(1000);                // espera 1000ms
21                 digitalWrite(led,LOW);      // desliga o LED
22                 Serial.println("Pisca o LED verde");      // envia mens.
23                 break;
24
25             default:
26                 Serial.println("Nenhum comando valido recebido");
27             }          // fim switch
28
29             delay(1000);                // espera 1000ms
30             tecla = 0;                  // reinicia o valor de tecla
31         }          //fim do loop e retorna para o inicio do loop

```

Vamos analisar algumas linhas do código fonte do Exemplo 2. A linha 4 cria uma variável do tipo caractere de nome “tecla” **char tecla**. Na linha 8 é utilizada uma função para inicializar a comunicação com o computador por meio da porta USB, **Serial.begin(9600)**. O parâmetro passado para essa função (o valor 9600) especifica a velocidade de transmissão dos dados, 9600 bits por segundo.

Na linha 12 é feita uma combinação de instruções, por meio da palavra-chave **if**, e a função **Serial.available( )**. A função **Serial.available** tem a finalidade de informar se alguma mensagem foi recebida na porta USB. Quando uma mensagem é recebida pelo Arduino, ela retorna o valor do número de bytes presentes na porta. A instrução de decisão **if( )** permite desviar a sequência de execução do programa, caso a expressão entre os parênteses seja verdadeira. Isto é, na expressão **if (Serial.available( ) > 0)**, se algum *byte* chegar na porta

USB o resultado da expressão entre parênteses é verdadeiro, então o bloco de código entre chaves logo após o **if** será executado. Caso não tenha chegado nenhum *byte* o resultado da expressão entre parênteses é falso, logo o bloco de código entre as chaves após o **if** não será executado e a sequência de execução do programa seguirá para a próxima instrução na linha 17. No caso de algum *byte* ser recebido pela porta USB, o valor desse *byte* será transferido para a variável **tecla**, por meio da função **Serial.read()**.

A instrução na linha 17 é **switch(tecla)**, outra instrução de decisão. Se o valor da variável **tecla** for igual ao valor especificado depois da palavra **case**, então o Arduino executará as instruções seguintes até encontrar a palavra-chave **break**. Ou seja, se a variável **tecla** for igual ao caráter “g”, então o LED será ligado pela execução da função **digitalWrite(LED, HIGH)**. Em seguida será feita uma pausa de um segundo e depois será enviada a mensagem “Pisca o led verde” para o computador por meio da função **Serial.println(“Pisca o led verde”)**. Depois dessa instrução o ciclo se reinicia e o programa é desviado para a primeira instrução da função **loop** linha 12.

Dessa forma, ao executar esse programa o Arduino fica verificando (ciclicamente) se chegou alguma mensagem (*byte*) na porta USB. Se chegar alguma mensagem, ele vai comparar se o valor da mensagem é igual à letra “g”, ou seja, ele verificará se a tecla “g” foi pressionada no teclado. Se a tecla pressionada corresponde à tecla “g”, então o LED da placa do Arduino (que está conectado ao pino 13) será ligado pelo período de um segundo e, passado esse tempo, o LED será desligado. Depois disso, será enviada uma mensagem para o computador dizendo o seguinte: “Pisca o led verde”. Por outro lado, se nenhuma tecla for pressionada ou se a tecla pressionada não for a tecla “g”, então o Arduino enviará a seguinte mensagem para o computador: “Nenhum comando válido recebido”.

Para ilustrar melhor a regra de utilização do comando de decisão **if**, considere as Figuras 19 e 20. Na Figura 19 apresentamos a estrutura geral da instrução de decisão **if**. Se a expressão de teste entre parênteses for verdadeira, então as instruções dentro do bloco de código do **if** serão executadas. O bloco de código é delimitado pelas chaves “{ }”. No entanto, se a expressão de teste for falsa, as instruções dentro do bloco não serão executadas e o programa principal executará a instrução seguinte ao **if**. A Figura 20 mostra um exemplo do uso da instrução **if** para calcular o módulo de um número.

Figura 19 – Estrutura geral da instrução **if**

```

if (expressão de teste ){ ← início do bloco

instrução; ← bloco de código
instrução;

} ← fim do bloco

```

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 20 – Exemplo de uso da instrução **if** para calcular o módulo de um número

```

if (x < 0){

c = - x;
}
c = x;

```

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nesse pedaço de programa a variável **c** recebe o valor do módulo da variável **x**. Se a variável **x** for menor do que 0 (zero), então a expressão de teste será verdadeira e o bloco de código será executado. O valor do módulo de **x** será igual a (- **x**). Se, por outro lado, a variável **x** for positiva, a expressão de teste será falsa e o bloco não será executado, então o seu valor já é igual ao seu módulo e o programa irá para a próxima instrução depois do **if** e simplesmente copia o seu valor para a variável **c**.

A outra instrução de decisão que foi utilizada no exemplo 2 foi **switch**. A Figura 21 ilustra a sua forma geral de uso. No caso dessa instrução, o valor da variável ou constante dentro dos parênteses é comparado com o valor da constante em cada caso, definido pela palavra **case**. Se o valor da constante entre parênteses for igual a constante1, por exemplo, o programa será desviado para o bloco de código logo abaixo desse caso. Os blocos de código podem ter quaisquer quantidade de instruções. A sequência de execução do bloco só é interrompida quando a palavra-chave **break** é encontrada. Opcionalmente pode ser definido um caso **default**, que será executado caso a variável, ou constante, entre parênteses não seja igual a nenhum caso.

Figura 21 – Estrutura geral da instrução switch

```

switch(variável ou constante ){ ← início switch

case constante1:
instrução; ← bloco de código
break;

case constante2:
instrução;
break;
} ← fim switch

```

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com esses dois exemplos, esperamos fornecer apenas uma noção sobre o processo de programação do Arduino. Para saber mais sobre a linguagem de programação consulte os materiais indicados na seção 6. Outra fonte de informação é a página oficial do Arduino, onde está disponível a documentação de referência da linguagem Arduino em português:

<https://www.arduino.cc/reference/pt/>

No Ambiente de desenvolvimento também é possível encontrar vários exemplos de códigos prontos, que podem servir de direção para aprofundar os conhecimentos sobre a linguagem e para o desenvolvimento de seus próprios projetos.

### 4.3 Sensores

Em sentido amplo, sensor é um dispositivo que ao receber um estímulo físico emite uma resposta, de maneira que existe uma relação quantitativa entre o estímulo e a resposta. Por exemplo, um termômetro de mercúrio é um tipo de sensor de temperatura, pois o mercúrio dilata o seu volume quando é estimulado pela temperatura. Além disso, é possível relacionar quantitativamente a temperatura e o volume ocupado pelo mercúrio.

No caso dos sensores eletrônicos, a resposta ao estímulo físico envolve a mudança de alguma propriedade elétrica do sensor, tal como, condutividade, capacitância ou indutância. Assim, normalmente, os sensores eletrônicos são construídos de modo que a resposta ao estímulo físico seja traduzida em um sinal elétrico, cuja amplitude esteja relacionada quantitativamente ao estímulo ou grandeza física objeto da medição.

Duas características importantes de um sensor são a linearidade e a faixa de medição. A linearidade diz respeito ao grau de proporcionalidade da relação entre estímulo e resposta do sensor. Quanto maior a linearidade de um sensor, mais fácil é relacionar matematicamente o estímulo e a resposta.

A faixa de medição diz respeito ao intervalo de variação da grandeza física detectada em que o sensor pode trabalhar sem prejudicar o seu funcionamento ou a sua linearidade. Existem outras características dos sensores que também são relevantes, mas que consideramos não ser necessário abordá-las nesse texto.

Existem vários modelos de sensores disponíveis comercialmente para medir diferentes grandezas físicas, tais como, temperatura, pressão, distância, luminosidade, vazão, umidade, intensidade sonora, entre outras. Em nosso trabalho de pesquisa desenvolvemos atividades de ensino nas quais foram utilizados sensores de temperatura, pressão e distância conectados à interface eletrônica. Diante disso, vamos descrever nas próximas seções os sensores que utilizamos.

#### **4.3.1 Sensor de temperatura**

Para realizar as medidas de temperatura utilizamos o sensor de modelo DS18B20, que é um sensor de temperatura absoluta feito de material semicondutor. O DS18B20 é encontrado comercialmente montado em encapsulamento de aço inox que permite imergir o sensor na água, o que o tornou uma escolha interessante para os nossos objetivos. Além disso, a faixa de medição desse sensor vai de  $-55^{\circ}\text{C}$  até  $+125^{\circ}\text{C}$ , o que é adequado para as medições que realizamos em sala de aula.

Outra característica desse modelo de sensor é que ele possui circuitos eletrônicos integrados que facilitam o processo de leitura de seu sinal e possibilita conectar vários sensores a uma mesma entrada da interface eletrônica, o que pode ser vantajoso para futuras ampliações de seu uso em outros experimentos didáticos. O fabricante desse sensor também desenvolveu e disponibilizou de forma gratuita e livre uma biblioteca de funções compatíveis com a linguagem de programação do Arduino, o que favorece o desenvolvimento de programas nessa linguagem. A Figura 22 mostra uma imagem do sensor DS18B20 com o encapsulamento de aço inox.

Figura 22 – Sensor de temperatura modelo DS18B20 em encapsulamento de aço inox



Fonte: Os autores.

O DS18B20 precisa ser alimentado com uma tensão elétrica que pode variar entre 3,0V e 5,5V, o que possibilita conectá-lo diretamente ao Arduino. O sensor possui três fios, sendo que dois deles são para a alimentação e o terceiro é para leitura dos dados de temperatura. Para conectar o sensor ao Arduino é necessário apenas um resistor de 4,7K $\Omega$ , que deve ser ligado entre a alimentação e o pino de dados do sensor. Os detalhes para a montagem desse sensor na interface eletrônica serão apresentados nas seções seguintes.

O manual do sensor DS18B20 pode ser acessado no endereço eletrônico:

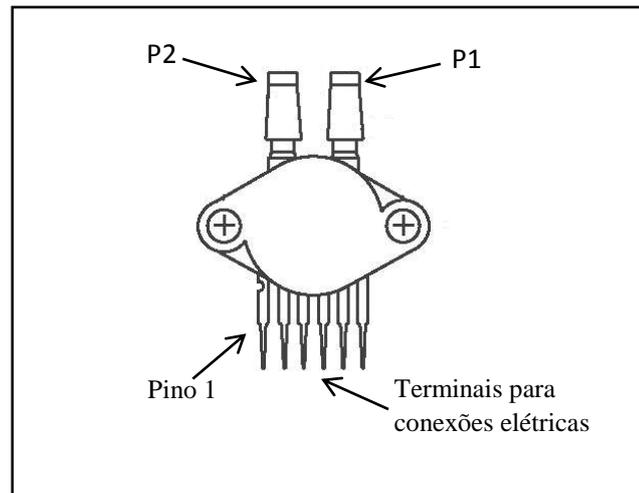
<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>

Nesse manual estão disponíveis todas as especificações do sensor de forma detalhada.

#### **4.3.2 Sensor de pressão**

As medidas de pressão foram realizadas com o sensor de modelo MPX5700DP, que é feito de material semicondutor e destinado a uma série de aplicações. Sua faixa de medição vai de 0 até 700kPa (quilopascal), e para funcionar ele precisa de uma tensão de alimentação que pode variar de 4,75 a 5,25V. A medição da pressão é feita em modo diferencial, ou seja, a pressão que ele indica em sua saída é resultado da diferença entre as pressões de duas entradas. A Figura 23 mostra uma representação esquemática do sensor. O resultado da medição da pressão é a diferença entre as pressões nos pontos P1 e P2, ou seja,  $P_D = P1 - P2$ .

Figura 23 – Representação esquemática do sensor de pressão MPX5700DP



Fonte: Manual do sensor, adaptado pelos autores.

Também estão disponíveis modelos desse mesmo sensor que trabalham em modo absoluto, porém consideramos que o modelo que funciona em modo diferencial é mais adequado para nossas aplicações, pois para descontar o valor da pressão atmosférica dos resultados basta deixar a entrada P2 do sensor em contato com o ambiente, evitando assim, a necessidade de descontar esse valor por meio de uma operação matemática na programação.

Esse sensor pode ser conectado diretamente ao Arduino, sendo necessárias três conexões elétricas: duas para alimentação (nos terminais 5V e GND do Arduino) e uma com o sinal da medida propriamente dita (no terminal A0 do Arduino). Para diminuir a interferência de ruídos no sinal de saída do sensor o manual recomenda que seja conectado um capacitor cerâmico de 470pF (picofarad). A Figura 24 mostra uma fotografia do sensor de pressão.

Figura 24 – Sensor de pressão MPX5700DP



Fonte: <https://www.digikey.com>.

O manual do sensor MPX5700DP pode ser acessado no endereço eletrônico:

<https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MPX5700.pdf>

De acordo com o manual a relação entre a pressão (estímulo) e a tensão de saída do sensor (resposta) é dada pela expressão:

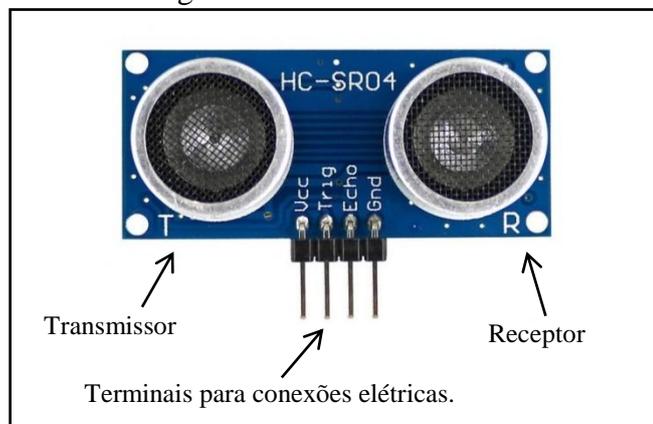
$$V_{saída} = V_s \cdot (0,0012858 \cdot P + 0,004)$$

Sendo  $V_{saída}$  a tensão de saída do sensor e  $V_s$  a tensão de alimentação e  $P$  a diferença de pressão medida pelo sensor. No manual do sensor estão disponíveis mais detalhes técnicos sobre seu funcionamento.

### 4.3.3 Sensor de distância

O sensor utilizado para medir a distância no experimento da bolinha descendo a rampa foi o HC-SR04. Este sensor utiliza ondas sonoras para medir a distância de objetos próximos. A faixa de medição dele está entre 2 e 400 cm. Para medir a distância de um objeto o sensor envia por meio de um transmissor uma sequência de oito ondas sonoras com frequência de 40 kHz (ultrassom), e mede o intervalo de tempo que essas ondas levam para serem detectadas por um receptor. A partir do valor desse intervalo de tempo e da velocidade do som no ar é calculada a distância do objeto que refletiu as ondas. A Figura 25 mostra uma fotografia do sensor HC-SR04.

Figura 25 – Sensor HC-SR04



Fonte: <https://www.adafruit.com> .

O HC-SR04 precisa de uma tensão de alimentação de 5V, que é conectado nos pinos Vcc (+) e Gnd (-). Para iniciar a medida é necessário aplicar um sinal em forma de pulso no pino Trigger do sensor. O tempo que as ondas sonoras levam para ir até o obstáculo e voltar é fornecido pelo pino Echo. Logo, para medir o tempo que o som leva para percorrer a distância entre o sensor e o obstáculo é necessário medir a duração do pulso fornecido no terminal Echo. A partir desse valor a distância é calculada, via programação, pelo Arduino. Esse sensor pode ser conectado diretamente ao Arduino, sendo que o pino Vcc do sensor deve ser conectado ao pino 5V do Arduino. O pino Gnd do sensor deve ser conectado ao pino GND do Arduino, e os pinos Trigg e Echo do sensor devem ser conectados aos pinos 4 e 5 do Arduino, respectivamente.

O manual com a documentação do sensor HC-SR04 está disponível no endereço eletrônico:

<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>

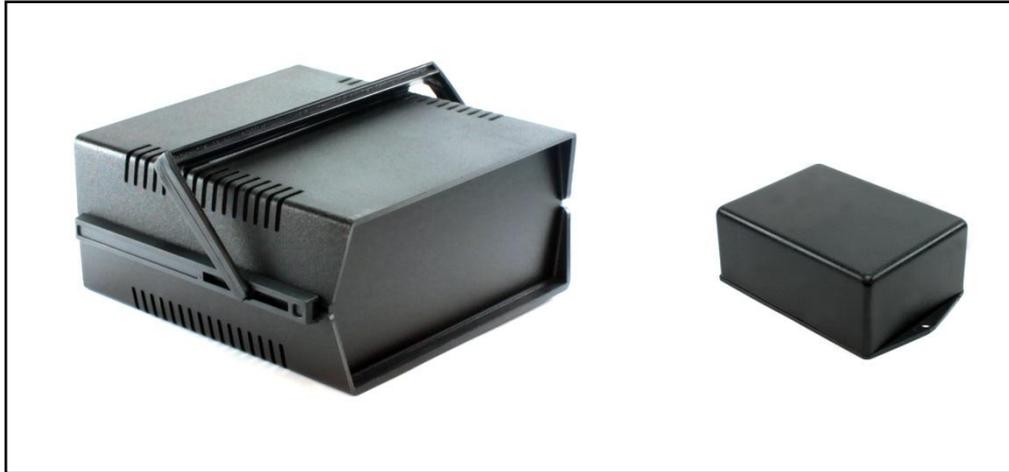
No manual há a recomendação de aguardar um intervalo mínimo de 50  $\mu$ s (microsegundo) entre duas medidas de distância.

#### **4.4 Montagem da interface eletrônica**

Nas seções anteriores vimos que o Arduino é comercializado como uma placa eletrônica, na qual os componentes estão expostos, de forma que utilizá-lo em experimentos na sala de aula pode causar algum dano a seus circuitos. Então, com a finalidade de proteger a placa e tornar prática a conexão dos sensores, montamos o Arduino e os conectores para os sensores em uma caixa plástica. O sensor de distância também foi montado em uma caixa semelhante, pois ele também é comercializado na forma de uma placa com seus circuitos expostos.

A caixa utilizada para montagem da interface eletrônica pode ser obtida comercialmente e o seu modelo é PB-209. A Figura 26 mostra uma fotografia das caixas modelo PB-209 e PB-107, essa última é utilizada para montagem do sensor de distância.

Figura 26 – Caixa modelo PB-209 à esquerda e modelo PB-107 à direita



Fonte: <http://www.patola.com.br>.

Essas caixas podem ser perfuradas facilmente, pois são feitas de plástico. Na caixa da interface é necessário fazer seis furos:

- 4 para os conectores dos sensores;
- 1 para o conector USB;
- 1 para o conector da alimentação externa do Arduino (opcional).

Na caixa do sensor de distância é necessário fazer três furos:

- 1 para o emissor;
- 1 para o receptor;
- 1 para o conector do sensor.

Na interface foram utilizados dois conectores circulares de cinco pinos para os sensores de temperatura, um conector circular de três pinos para o sensor de pressão e um conector circular de cinco pinos para o sensor de distância. Os conectores podem ser do tipo “*plug*” ou “*jack*”, e um se encaixa no outro. Nas caixas da interface e do sensor de distância foram montados os *plugs* e nos cabos foram montados os *jacks*. Na Figura 27 são mostrados os dois tipos de conectores.

Figura 27 – Conectores circulares de cinco pinos. À esquerda conectores *plug* e *jack* encaixados. Ao centro conector do tipo *jack*. À esquerda conector do tipo *plug*



Fonte: Os autores.

Antes de fixar os conectores na caixa é preciso fazer os furos. Além disso, os conectores possuem uma parte que é rosqueada, então para fixá-los na caixa é necessário apenas passar o conector pelo furo e rosquear a porca.

Uma vez que os conectores estejam todos afixados nas caixas, o próximo passo é fixar a placa do Arduino. Isso pode ser feito por meio de suportes espaçadores de plástico de 3 mm. Eles são encaixados na placa por meio de um furo. Então é preciso fazer cinco furos na parte inferior da caixa para passar os espaçadores. A placa do Arduino já vem com os furos, de forma que, uma vez que os espaçadores tenham sido encaixados nos furos feitos na caixa, o passo seguinte é encaixar a placa nos espaçadores. A Figura 28 mostra dois desses suportes espaçadores.

Figura 28 – Suportes espaçadores de plástico utilizados para fixar o Arduino na caixa plástica



Fonte: Os autores

Depois de fixar os conectores e o Arduino na caixa de plástico, a última etapa é soldar os fios nos conectores. Para fazer a conexão dos terminais na placa do Arduino com os conectores utilizamos fios do tipo “*jumper*” com terminais do tipo *plug*. A vantagem desse tipo de fio é

que os *plugs* se encaixam nos terminais do Arduino e nos terminais dos conectores circulares, facilitando a montagem. A Figura 29 mostra alguns desses fios.

Figura 29 – Fios *jumper*



Fonte: <https://www.sparkfun.com>.

Para conectar os sensores de temperatura, pressão e distância à interface eletrônica é preciso soldá-los aos conectores tipo *jack*. Feito isso eles estarão prontos para serem conectados à interface. O sensor de temperatura é comercializado com cabo, o que não acontece com os sensores de pressão e distância. Utilizamos cabos blindados de bitola 26 AWG com seis vias nos sensores de pressão e distância.

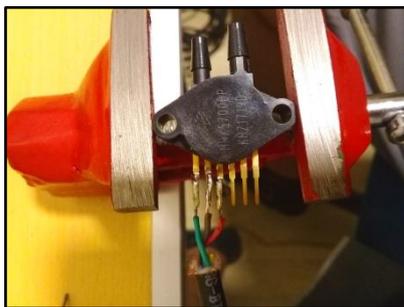
O sensor de temperatura possui três fios, dois deles são para alimentação do sensor: vermelho (+) e preto (-). O fio amarelo é para transmissão de dados.

No caso do sensor de pressão é necessário soldar três fios a ele. Os sinais de cada pino são:

- Pino 1: Dados
- Pino 2: GND (-)
- Pino 3: Alimentação (+)

O pino 1 no sensor de pressão é identificado por um pequeno corte feito no terminal. A Figura 30 mostra o sensor de pressão depois da soldagem dos fios. Para proteger os terminais podemos utilizar fita isolante ou tubo protetor termorretrátil.

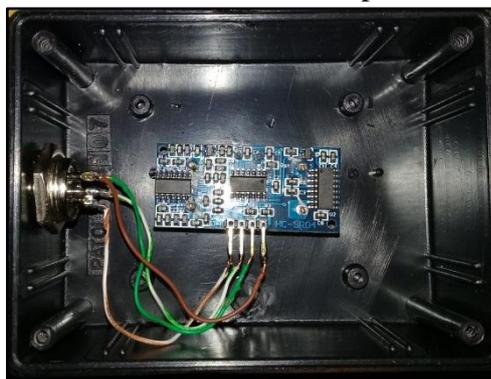
Figura 30 – Sensor de pressão depois da soldagem dos fios



Fonte: Os autores.

Processo semelhante é feito com o sensor de distância, porém ele deve ser montado em uma caixa. As Figuras 31 e 32 mostram o sensor de distância depois do processo de soldagem e fixação na caixa plástica.

Figura 31 – Sensor de distância depois da soldagem



Fonte: Os autores.

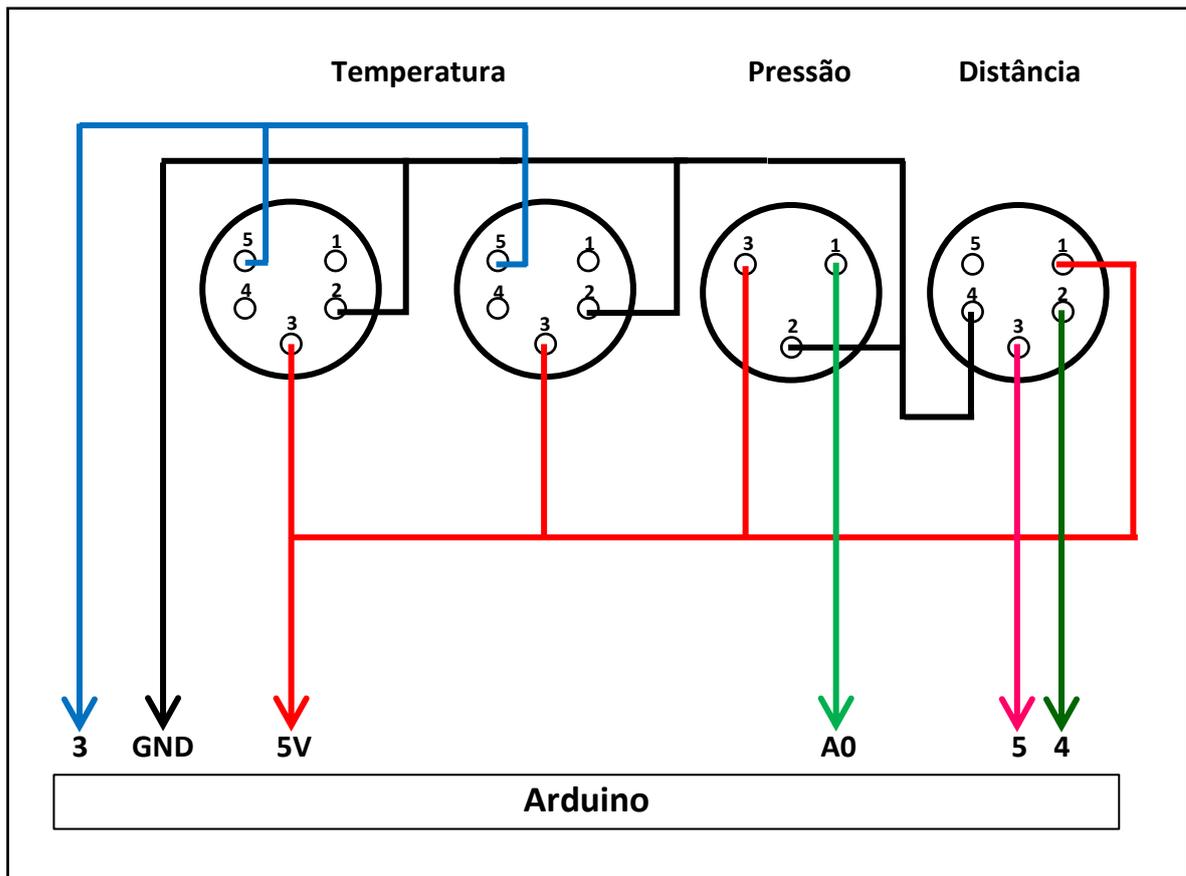
Figura 32 – Sensor de distância montado na caixa



Fonte: Os autores.

Para auxiliar a ligação dos fios aos conectores e ao Arduino as conexões foram esquematizadas na Figura 33. Lembrando que entre os pino 2 e 5 do conector do sensor de temperatura deve ser colocado um resistor de 4,7 K $\Omega$  e entre os pinos 1 e 3 do conector do sensor de pressão deve ser colocado um capacitor de 470 pF.

Figura 33 – Conexões elétricas entre os conectores dos sensores e os terminais do Arduino



Fonte: Elaborado pelos autores.

As Figuras 34, 35, 36 e 37 mostram a interface eletrônica e os sensores de temperatura, pressão e distância depois de concluídas as montagens. A listagem completa de todos os materiais necessários para montar a interface eletrônica e os sensores está disponível no Apêndice A. O código fonte do programa que precisa ser gravado no Arduino está no Apêndice B. O programa de aquisição de dados necessário para visualização gráfica das medições será disponibilizado no endereço eletrônico do PROMESTRE – FaE, juntamente com este material.

Figura 34 – Interface eletrônica



Fonte: Os autores.

Figura 35 – Interface eletrônica, vista do conector USB e alimentação externa



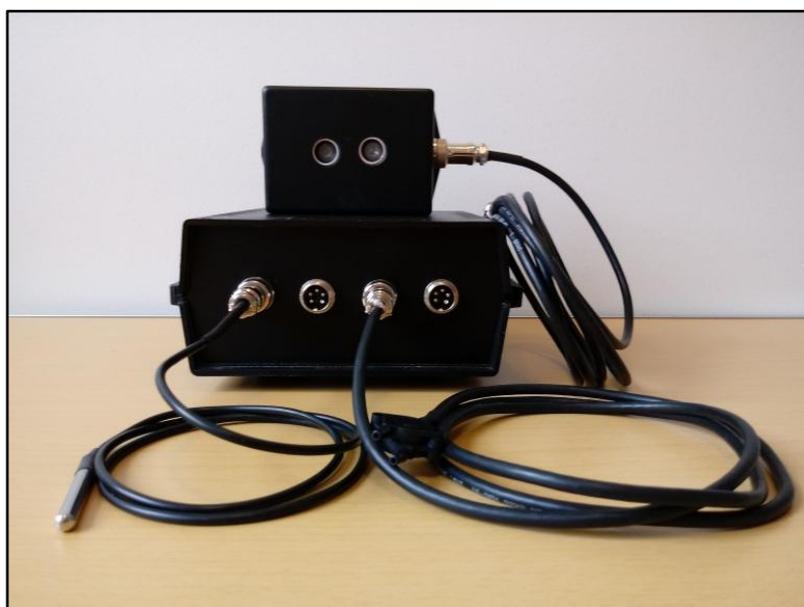
Fonte: Os autores.

Figura 36 – Interface eletrônica com sensor de distância conectado



Fonte: Os autores.

Figura 37 – Sensores de temperatura (esquerda), pressão e distância (acima)



Fonte: Os autores.

## 5 Precisa de ajuda?

Para obter ajuda sobre o funcionamento do Arduino e sua linguagem de programação visite a seção *playground* da página eletrônica do Arduino:

<http://playground.arduino.cc/>

Para obter informações sobre a linguagem de programa e as várias funções disponíveis visite:

<https://www.arduino.cc/reference/pt/>

Para ver e se inspirar em projetos desenvolvidos por outras pessoas visite:

<https://create.arduino.cc/projecthub>

Caso tenha dúvidas sobre a montagem da interface eletrônica nos envie um e-mail:

Júlio César de Souza

[juliong4486@gmail.com](mailto:juliong4486@gmail.com)

Orlando Gomes de Aguiar Júnior

[orlando@fae.ufmg.br](mailto:orlando@fae.ufmg.br)

## 6 Dicas de leitura

- MCROBERTS, Michael. *Arduino básico*. 2. ed. rev. ampl. São Paulo: Novatec, 2017.
- GUIMARÃES, Ângelo de Moura; LAGES, Newton Alberto de Castilho. *Introdução à ciência da computação*. Rio de Janeiro: LTC, 1984.
- CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues Caetano; MOLISANI, Elio. Física com arduino para iniciantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 33, n. 4, out./dez. 2011.
- COUTO, Francisco Pazzini. *Atividades experimentais em aulas de Física: repercussões na motivação dos estudantes, na dialogia e nos processos de modelagem*. 2009. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- DRIVER, Rosalind; ASOKO, Hilary; LEACH, John; MORTIMER, Eduardo; SCOTT, Philip. Construindo conhecimento científico na sala de aula. Tradução: Eduardo Mortimer. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 9, maio 1999.
- GRABINGER, R. Scott; DUNLAP, Joanna C. Rich environments for active learning: a definition. *Research in Learning Technology*, v. 3, n.2, p. 5-34, 1995.
- JACKSON, David P.; LAWS, Priscilla W. Syringe thermodynamics: the many uses of a glass syringe. *American Journal of Physics*, v. 74, n. 2, p. 94-101, Feb. 2006.

## Apêndice A – Lista de materiais

### Interface eletrônica

- 1 Caixa plástica modelo PB-209
- 1 Arduino UNO
- 3 Conectores circulares de 5 pinos (plug)
- 1 Conector circular de 3 pinos (plug)
- 1 Resistor de 4,7 K $\Omega$
- 1 Capacitor de 470pF
- 5 Suportes espaçadores de plástico de 3 mm
- 20 Fios jumper plug-plug

### Sensor de temperatura

- 1 Sensor modelo DS18B20 com encapsulamento em aço inox
- 1 Conector circular de 5 vias (jack)
- 80 cm de cabo bitola 26 AWG de 6 vias

### Sensor de pressão

- 1 Sensor MPX5700DP
- 1 Conector circular de 3 vias (jack)
- 80 cm de cabo bitola 26 AWG de 6 vias
- 5 cm de tubo protetor termorretrátil de 20 mm

### Sensor de distância

- 1 Sensor HC-SR04
- 1 Caixa plástica modelo PB-107
- 2 Conectores circulares de 5 vias (jack)
- 1 Conector circular de 5 vias (plug)
- 80 cm de cabo bitola 26 AWG de 6 vias
- 4 Fios jumper plug-plug
- 4 Parafusos rosca auto-atarraxante cabeça chata Philips 14 mm x 2,5 mm

## Apêndice B – Código fonte do programa para a interface eletrônica

```

/* Universidade Federal de Minas Gerais
 * Faculdade de Educação (FAE)
 * Mestrado Profissional em Educação e Docencia
 * Este código fonte faz parte do Produto Educacional desenvolvido
 * no trabalho de pesquisa intitulado:
 * "Aprendizagem ativa em aulas de Física:o uso do Arduino em
 * experimentos de Termodinâmica"
 *
 *
 *
 * Placa: Arduino UNO
 * Autor: Júlio César de Souza
 * Última atualização: 04/04/2019
 * e-mail: juliongc4486@gmail.com
 *****/
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Ultrasonic.h>

#define ONE_WIRE_BUS 3
#define trigger 4
#define echo 5
#define t_pressao 1

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
Ultrasonic ultrasonic(trigger, echo);

/*****
Declaração de variáveis globais
*****/

int acumula=0;
int sensorValue;
int i;
float sensorTensao;
float pressao;
float k = 0.0351906; //constante de offset obtida via calibracao o valor default do
datasheet é 0.04

char rxchar = 0;
float temperatura =0;

/*****
Função de configuração setup
Esta função é executada somente uma vez quando o Arduino é inicializado
*****/
void setup () {
  Serial.begin(9600);
  sensors.begin();
} //fim setup

/*****
Função principal
*****/
void loop() {

```

```

    if (Serial.available()>0){
        rxchar = Serial.read();
        Serial.flush();

    }//fim if

switch (rxchar){

    case 't':          //Para ler os dados da temperatura envie a letra t (1 sensor)
    letemperatura(0); //Efetua leitura da temperatura e envia para USB
    break;

    case 'p':          //Para ler os dados da pressão envie a letra p
    lepressao(10);    //Efetua leitura da pressao e envia para USB
    break;

    case 'l':          //Para ler os dados da distância envie a letra l
    ledistancia();    //Efetua leitura da distância e envia para USB
    break;

    case 'h':          //Para ler os dados do tempo transcorrido envie a letra h
    letempoatual();   //Efetua leitura do tempo transcorrido e envia para USB
    break;

    case 'y':          //Para ler os dados da temperatura envie a letra y (2 sensores)
    letemperatura(1); //Efetua leitura da temperatura e envia para USB
    break;

    default:
        //Serial.println("Nenhum comando valido recebido");
        ;
}

}

rxchar=0;
//delay(10);
}

/*****

Fim da função principal

*****/

/*****
*****
* Declaração de função utilizadas pelo código principal
*
*****/

void letemperatura(int indice){
    sensors.requestTemperatures();
    //delay (100);
    Serial.print("T");
    Serial.print(indice);
    Serial.print(":");
    Serial.print(sensors.getTempCByIndex(indice));
}

void lepressao(int filtro){
    acumula=0;
    for (i=0;i<=filtro;i++){ //calcula uma media para diminuir as flutuacoes da

```

```
//saída
  sensorValue = analogRead(A0);
  delay(t_pressao);
  acumula+=sensorValue;
} //fim for

sensorValue=acumula/(filtro+1);

sensorTensao = sensorValue*(5.0/1023);
pressao = (sensorTensao-5.0*k)/(5.0*0.0012858); //saida em kPascal
Serial.print("p:");
Serial.println(pressao,6);
//delay(100);
} //fim lepressao ()

void ledistancia(){
float cmMsec;
long microsec = ultrasonic.timing();
cmMsec = ultrasonic.convert(microsec,Ultrasonic::CM);
Serial.print("D:");
Serial.println(cmMsec);
//delay(10);

} //fim ledistancia

void letempoatual(){
unsigned long tempo;
tempo = millis();
Serial.print("ta:");
Serial.println(tempo);

} //fim letempoatual
```