



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF**

**EDMAR PEREIRA DO REGO**

**A TERMOMETRIA NO ENSINO MÉDIO MEDIADA PELO ARDUINO EM  
PRÁTICAS EXPERIMENTAIS**

**TERESINA-PI  
2021**

**EDMAR PEREIRA DO REGO**

**A TERMOMETRIA NO ENSINO MÉDIO MEDIADA PELO ARDUINO EM  
PRÁTICAS EXPERIMENTAIS**

Dissertação apresentada ao Pólo MNPEF da Universidade Federal do Piauí, junto à Sociedade Brasileira de Física, em preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho

Linha de Pesquisa: Recursos Didáticos no Ensino de Física

**TERESINA-PI**

**2021**

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências da Natureza  
Serviço de Processamento Técnico

R343t Rego, Edmar Pereira do.  
A termometria no ensino médio mediada pelo arduino em  
práticas experimentais / Edmar Pereira do Rego. – 2021.  
227 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí,  
Centro de Ciências da Natureza, Programa de Pós-Graduação  
em Ensino de Física, Teresina, 2021.

“Orientador: Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho.”

1. Física – Estudo e ensino. 2. Física experimental. 3.  
Metodologias de ensino. I. Título.

CDD: 530

**EDMAR PEREIRA DO REGO**

A TERMOMETRIA NO ENSINO MÉDIO MEDIADA PELO ARDUINO EM PRÁTICAS  
EXPERIMENTAIS

Dissertação apresentada ao Pólo MNPEF da Universidade Federal do Piauí, junto à Sociedade Brasileira de Física, em preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Linha de Pesquisa: Recursos Didáticos no Ensino de Física

Teresina, 28 de maio de 2021

**Banca Examinadora**



---

Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho - UFPI  
(Orientador / Presidente)



---

Profa. Dra. Edina Maria de Sousa Luz - UESPI  
(Examinadora Interna)



---

Prof. Dr. Renato Germano Reis Nunes - UFPA  
(Examinador Externo)



---

Profa. Dra. Claudia Adriana de Sousa Melo - UFPI  
(Suplente Interna)

*Dedico este trabalho a todos os  
professores da área da Física que se  
empenham no bom ensino desta ciência.*

## **Agradecimentos**

À Deus, pela fé, motivação e ação, necessárias para realização deste trabalho.

À minha família, pela cooperação e compreensão.

Aos meus colegas e professores do curso de mestrado que colaboraram na realização deste trabalho.

Às escolas, personificadas pela equipe gestora, funcionários e estudantes, que aceitaram a realização da Pesquisa de Campo.

Às instituições mantenedoras e desenvolvedoras deste programa de Pós-Graduação: UFPI, SBF e CAPES.

## **RESUMO**

Este trabalho tem o principal objetivo em auxiliar ao professor no ensino de Física no âmbito da Educação Básica, a nível de Ensino Médio, no que se diz respeito ao conteúdo da Termometria (parte da ciência física que engloba fenômenos relacionados ao conceito de temperatura). Para atingir tal objetivo, neste trabalho utilizaremos uma Sequência Didática fundamentada numa concepção construtivista do processo ensino-aprendizagem utilizando recursos alternativos como um manual para a construção de aparatos experimentais, proporcionando métodos práticos de se confeccionar experimentos referentes ao conteúdo da Termometria, os mesmos abordados nos livros de Ensino Médio. Tais métodos serão potencializados pelo uso de recursos computacionais gráficos, o uso do microcontrolador Arduino UNO, e de sensores como instrumento de medição para obtenção e visualização da evolução das grandezas físicas evidenciadas no fenômeno. Criamos assim, segundo o teórico em Educação Lev Vigotski, um instrumento material de mediação que facilita a compreensão de algumas leis físicas da Termometria, estas são expressas numa linguagem matemática. O objetivo é ilustrar estas leis físicas através da visualização de gráficos gerados pelo computador. Esta mediação pode ser motivadora no sentido de efetivar a aprendizagem e incentivar o senso de investigação, tanto em professores como em estudantes, através da Física Experimental. Acreditamos que este trabalho seja capaz de promover uma boa instrumentação no ensino da Física.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aprendizagem. Termometria. Aparato Experimental. Microcontrolador Arduino. Mediação.

## **ABSTRACT**

### **THERMOMETRY IN HIGH SCHOOL MEDIATED BY ARDUINO IN EXPERIMENTAL PRACTICES**

This work has the main objective of assisting the teacher in teaching Physics in the scope of Basic Education, at the level of High School, with regard to the content of Thermometry (part of physical science that encompasses phenomena related to the concept of temperature). To achieve this goal, in this work we will use a Didactic Sequence based on a constructivist conception of the teaching-learning process using alternative resources such as a manual for the construction of experimental apparatus, providing practical methods of making experiments related to the content of Thermometry, the same approached in high school books. Such methods will be enhanced using graphic computational resources, the use of the Arduino UNO microcontroller, and sensors as a measuring instrument for obtaining and visualizing the evolution of the physical quantities shown in the phenomenon. Thus, according to the education theorist Lev Vigotski, we created a material mediation tool that facilitates the understanding of some physical laws of Thermometry, these are expressed in a mathematical language. The aim is to illustrate these physical laws by viewing computer generated graphics. This mediation can be motivating to effect learning and encourage the sense of investigation, both in teachers and in students, through Experimental Physics. We believe that this work can promote good instrumentation in the teaching of Physics.

**KEYWORDS:** Learning. Thermometry. Experimental Apparatus. Arduino Microcontroller. Mediation

## Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Esquema do Termoscópio.....	26
Figura 1.1 Representação (sem escalas e cores em fantasia) da agitação das partículas .....	68
Figura 2: Esquema do termômetro de vidro com mercúrio.....	27
Figura 3: Esquema do termômetro de gás à volume constante.....	29
Figura 4: Esquema de um termopar.....	34
Figura 5: Esquema de um pirômetro óptico.....	37
Figura 6: Esquema básico de um pirômetro de radiação.....	38
Figura 7: Diferentes emissividades.....	39
Figura 8: Arduino IDE.....	44
Figura 9: Esquema de funcionamento da interface: medidas - microcontrolador – resultados.....	45
Figura 10: Esquema retirado do Datasheet do DS18B20.....	46
Figura 11: Esquema de barramento OneWire de dois sensores DS18B20 A e B.....	48
Figura 12: Programação (sketch) para sensores DS18B20 ligados em barramento.....	49
Figura 13: 1º passo para incluir uma biblioteca na programação.....	50
Figura 14: 2º passo para incluir a biblioteca na programação.....	50
Figura 15: Verificação da programação (sketch).....	51
Figura 16: Compilação terminada.....	51
Figura 17: Salvando o sketch numa pasta do computador.....	52
Figura 18: Carregando o Arduino com o sensor DS18B20.....	52
Figura 19: Arduino UNO carregado pelo Arduino IDE.....	53
Figura 20: Acesso ao Monitor serial.....	53
Figura 21: Visualização das temperaturas dos sensores.....	54
Figura 22: Esquema da mediação simbólica.....	58
Figura 23: Ilustração do processo de internalização.....	62
Figura 24: Site da plataforma Arduino .....	84
Figura 25: Capa e página 28 do manual.....	87
Figura 26: Capa e sumário da Sequência Didática.....	87

## Lista de Fotos

	Pág.
Foto 1: Termoscópio atual.....	26
Foto 2: Termômetro de vidro com mercúrio.....	28
Foto 3: Termômetro de gás a volume constante.....	30
Foto 4: Termopar tipo K – EGT.....	33
Foto 5: Comparação visual num pirômetro de filamento que desaparece.....	37
Foto 6: Pirômetro de radiação.....	39
Foto 7: Termômetro digital.....	41
Foto 8: Termovisor infravermelho.....	42
Foto 9: Sensor de temperatura DS18B20.....	42
Foto 10: Parte hardware (placa eletrônica do Arduino UNO) .....	43
Foto 11: Sensor DS18B20.....	44
Foto12: Conexão do DS18B20-Arduino UNO.....	44
Foto 13: Computador conectado ao Arduino UNO e sensor DS18B20.....	45
Foto 14: Sensor DS18B20 encapsulamento TO-92.....	46
Foto 15: Sensor DS18B20 com proteção à prova d'água.....	47
Foto 16: Encapsulamento metálico do sensor DS18B20 à prova d'água.....	47
Foto 17: Conexão: sensor - Arduino UNO – computador.....	52
Foto 18: Placa .....	59
Foto 19: Sensores e água.....	59
Foto 20: Tela do computador.....	59
Foto 21: O nascer do Sol.....	65
Foto 22: Fósforo acesso.....	66
Foto 23: Ferro incandescente.....	61
Foto 24: Materiais para 3ª Etapa.....	69
Foto 25: Fachada central do PREMEN Norte.....	77
Foto 26: Fachada central do CETI Helvídio Nunes.....	78
Foto 27: Alguns sensores para Arduino.....	83
Foto 28: Dilatômetro de trilhos.....	86
Foto 29: Dilatômetro de alavanca.....	86
Fotos 30 e 31: Dia da 1ª e 2ª etapa - PREMEN Norte.....	88
Fotos 32, 33, 34, 35 e 36: Dia da 3ª etapa – PREMEN Norte.....	89
Fotos 37, 38 e 39: Aula da 4ª etapa – PREMEN Norte.....	89

## Lista de Fotos

	Pág.
Fotos 40, 41, e 42: Dia da 5ª etapa – PREMEN Norte.....	90
Fotos 43, 44 e 45: Dia da última etapa – PREMEN Norte.....	91
Fotos 46 e 47: Dia da 1ª e 2ª etapas – CETI Helvídio Nunes.....	92
Fotos 48, 49, 50 e 51: Aulas da parte teórica – CETI Helvídio Nunes.....	93
Fotos 52, 53, 54 e 55: Dia da 3ª etapa – CETI Helvídio Nunes.....	94
Fotos 56, 57, 58 e 59: Dia das últimas etapas – CETI Helvídio Nunes.....	94
Foto 60: Amostragem de anotação dos resultados da 1ª prática – Equilíbrio Térmico.....	109
Foto 61: Amostragem de anotação dos resultados da 1ª prática – Escalas de temperatura.....	110
Foto 62: Amostragem de anotação dos resultados da 2ª prática – Dilatação linear.....	111
Foto 63: Termômetro artesanal de álcool.....	113
Foto 64: Amostragem de anotação dos resultados da 3ª prática – Dilatação de líquidos.....	113

## Lista de Tabelas

	Pág.
Tabela 1: Anotações dos resultados da 3ª prática – Dilatação linear.....	72
Tabela 2: Avaliação quantitativa do questionário de sondagem.....	97
Tabela 3: Espaço para anotações da prática da Lei do Equilíbrio Térmico.....	99
Tabela 4: Espaço para anotações para prática de Escalas de Temperatura.....	99
Tabela 5: Avaliação quantitativa do questionário da 1ª prática.....	100
Tabela 6: Espaço para anotações da prática de Dilatação Linear.....	102
Tabela 7: Avaliação quantitativa do questionário da 2ª prática.....	102
Tabela 8: Espaço para anotações da prática de Dilatação Volumétrica dos Líquidos.....	104

## Lista de Gráficos

Pág.

Gráfico 1: Pressão x Temperatura para três gases.....	30
Gráfico 2: Curvas de resfriamento e aquecimento em dois copos com água.....	60

## SUMÁRIO

Pág.

<b>1 Introdução.....</b>	<b>15</b>
<b>2 Objetivos e Perspectivas dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) e Panorama Nacional do Ensino de Física.....</b>	<b>19</b>
<b>3 Termometria.....</b>	<b>24</b>
<b>3.1 O Termoscópio.....</b>	<b>26</b>
<b>3.2 O Termômetro de Líquido.....</b>	<b>27</b>
<b>3.3 O Termômetro a Gás com volume constante.....</b>	<b>29</b>
<b>3.4 O Termopar.....</b>	<b>33</b>
<b>3.5 O Pirômetro.....</b>	<b>36</b>
<b>3.6 Os termômetros modernos.....</b>	<b>41</b>
<b>4 Compreendendo os objetos mediadores.....</b>	<b>43</b>
<b>4.1 Arduino e Sensor DS18B20.....</b>	<b>43</b>
<b>4.2 Breve tutorial do sensor de temperatura modelo DS18B20.....</b>	<b>46</b>
<b>4.3 Programando o sensor DS18B20 no Arduino IDE.....</b>	<b>48</b>
<b>5 O Arduino como objeto mediador no ensino de Física Experimental segundo a teoria da Educação de Vigotski.....</b>	<b>55</b>
<b>5.1 Panorama Atual da Cultura da Aprendizagem segundo Pozo.....</b>	<b>55</b>
<b>5.2 Aportes teóricos da obra de Vigotski.....</b>	<b>56</b>
<b>5.3 A Mediação.....</b>	<b>57</b>
<b>5.4 O Processo de Internalização.....</b>	<b>62</b>
<b>5.5 O Processo de Elaboração dos Conceitos Científicos.....</b>	<b>63</b>
<b>5.6 A Zona de Desenvolvimento Imediato (ZDI).....</b>	<b>70</b>
<b>6 Metodologia.....</b>	<b>74</b>
<b>6.1 Caracterização da Pesquisa.....</b>	<b>74</b>

<b>6.2 Campo da Pesquisa.....</b>	<b>76</b>
<b>6.3 Instrumentos de Coleta de Dados.....</b>	<b>78</b>
<b>6.4 Procedimentos de Análise de Dados.....</b>	<b>79</b>
<b>7 O Produto Educacional.....</b>	<b>83</b>
<b>7.1 Elaboração.....</b>	<b>86</b>
<b>7.2 Desenvolvimento.....</b>	<b>88</b>
<b>7.3 Análise das atividades desenvolvidas.....</b>	<b>95</b>
<b>7.4 Conclusão.....</b>	<b>115</b>
<b>8 Considerações Finais.....</b>	<b>116</b>
<b>Referências.....</b>	<b>116</b>
<b>Apêndice A – Produto Educacional.....</b>	<b>119</b>
<b>Apêndice B – Termo de Autorização Institucional (PREMEN Norte).....</b>	<b>223</b>
<b>Apêndice C – Termo de Autorização Institucional (CETI Helvídio Nunes).....</b>	<b>225</b>
<b>Apêndice D – Autorização de uso de texto do livro didático.....</b>	<b>227</b>

## 1 Introdução

Este trabalho traz a oportunidade, tanto para professores como para os estudantes, de realizar aulas experimentais e demonstrativas com o uso inovador da plataforma Arduino e de dispositivos materiais como o microcontrolador Arduino UNO e sensores apropriados. A ausência de um laboratório de ciências no ambiente escolar não impossibilita que os professores, ou gestores, procurem meios alternativos para se construir aparatos experimentais semelhante aos que já são comercializados. Acreditamos que, com a familiaridade dos aparatos didáticos já existentes, conseguimos criar e construir aparatos com materiais alternativos, dentre estes temos o Arduino e os sensores específicos. Na verdade, este trabalho reflete nossa própria experiência de usar em sala de aula instrumentos construídos para demonstrações e experimentações científicas, no intuito de reforçar o aprendizado. Atualmente, existem vários sensores eletrônicos utilizados em conjunto com o microcontrolador Arduino UNO, estes apresentam versatilidade nas aferições das grandezas físicas envolvidas num determinado fenômeno físico. Num exemplo simples temos que, um sensor de temperatura, de tamanho mais compacto e com material mais resistente, pode ser mais facilmente utilizado do que um termômetro de vidro, ou ainda, um osciloscópio para experimentos com corrente elétrica pode ser construído com uma placa Arduino UNO e um potenciômetro, dentre estas aplicações poderíamos citar várias outras para a construção de aparatos experimentais de caráter didático.

Nosso trabalho traz a possibilidade de reforçar o processo ensino e aprendizagem utilizando a metodologia de práticas experimentais e demonstrativas, destinada a professores e estudantes do Ensino Médio que procuram por uma melhor compreensão dos conceitos e fenômenos relativos à Termometria. O ensino de Termometria é parte do estudo da Física, obrigatório, como conteúdo curricular no Ensino Médio, sendo trabalhado no segundo ano (ou segunda série). Esta sequência curricular se justifica pela necessidade de conhecermos, de antemão, os conteúdos referentes às leis universais da mecânica, bem como as leis de conservação na natureza e a compreensão de algumas grandezas físicas fundamentais como massa, força, energia, potência, e quantidade de movimento. A utilização do Arduino e de sensores apropriados pode ser aplicado à parte da Termometria no intuito de facilitar o aprendizado do conceito de temperatura e do fenômeno da dilatação e contração térmica dos sólidos e líquidos.

A apropriação da metodologia de se construir aparatos experimentais fornece um meio alternativo de se obter a instrumentação básica necessária. Este presente trabalho traz a possibilidade de se obter uma parte do laboratório de Física acerca do estudo da Termometria. Vale ressaltar que, atualmente temos a oportunidade de encontrar objetos/materiais duráveis para a aquisição e confecção

dessa instrumentação. Como exemplo prático, encontramos com facilidade dispositivos hardware, software, e multimídias, os quais servem para a compilação dos dados experimentais gerando informações visuais/gráficas que simplificam a interpretação de um fenômeno de forma a mostrar este aspecto experimental no estudo da Física.

Neste trabalho formularemos uma orientação metodológica de modo que o uso do Arduino UNO (uma placa eletrônica microcontroladora) seja o elemento principal necessário no processo da coleta de medidas físicas, por intermédio de sensores apropriados (por exemplo: sensores de temperatura), finalizando com as representações gráficas geradas pelo monitor do computador.

Como o tema é pautado na utilização do Arduino no ensino da Termometria na interface da prática experimental, advém a seguinte problemática: a prática experimental mediada pelo Arduino possibilita uma melhor aprendizagem da Termometria aos alunos do 2º ano do Ensino Médio Regular?

Diante desta problemática nosso trabalho tem como primeiro objetivo geral a investigação das potencialidades da prática experimental mediada pelo Arduino no processo ensino e aprendizagem da Termometria aos estudantes do 2º ano do Ensino Médio Regular. O segundo objetivo geral consta da elaboração de uma Sequência Didática ancorada numa concepção construtivista.

Nosso referencial teórico na área da educação será a teoria sociocultural de Lev Vigotski, pois, em se tratando de práticas experimentais temos como principal aporte teórico a “mediação” evidenciada por muitos estudiosos da obra de Vigotski. Tudo isto no intuito de melhor formular o conceito de temperatura numa transposição didática ao estudante nesta referida parte curricular de ensino de Física.

O terceiro objetivo é de implantar métodos para confecção de uma aparelhagem experimental com materiais/recursos alternativos de fácil acessibilidade. O Produto Educacional concretiza-se em elaborar e propor um manual de orientações didáticas para o desenvolvimento de práticas experimentais, mediadas pelo Arduino, acerca do ensino da Termometria e noções da teoria atômica/molecular da matéria no âmbito do Ensino Médio.

Estes objetivos serão trabalhados através da inserção da prática experimental como instrumentação didática destinada aos professores de Física, o conteúdo da Termometria será inserido numa abordagem construtivista de ensino ligando os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o conteúdo de Termometria.

A justificativa do nosso trabalho é centrada na consolidação do processo de ensino-aprendizagem de modo que o conhecimento em Física proporcione aos estudantes da Educação Básica, a nível de Ensino Médio, uma compreensão fundamental dos fenômenos naturais e às diferentes formas de tecnologia existentes (evidenciadas na história). Esta compreensão torna a Física

uma ciência universal. A busca dessa compreensão, na maioria das metodologias escolares, segue o método de ensino tradicional, em que se desenvolve o conteúdo em Física apenas no seu aspecto teórico, aquele em que o conhecimento é transmitido através de aulas expositivas e teóricas, sendo que as leis físicas que estabelecem as relações entre as grandezas físicas são meramente comparadas às vivências do dia a dia do estudante. Por exemplo, o professor pede para que o estudante lembre de um fenômeno vivido pelo mesmo, de maneira que se estabeleça uma conexão com a grandeza física temperatura.

Podemos afirmar que esta maneira de ensinar pode ser comparada a um método dialético de transmissão de conhecimentos, em que, através dessa dialética o estudante é instigado a imaginar as consequências das leis físicas, trabalhadas nas aulas, na forma de uma simples comparação que está atrelada aos fenômenos já presenciados pelos órgãos sensoriais do estudante. Resumindo, o estudante deve correlacionar o conhecimento teórico apresentado pelo professor com suas vivências sensoriais diárias guardadas na sua memória. Para Carvalho (2015), Vigotski denomina esta memória sensorial como instrumento psicológico. O instrumento psicológico não é um fenômeno sobrenatural, ou supranatural, suplantado de forma impositiva de fora (plano natural e social) para dentro (plano psicológico), pelo contrário, o instrumento psicológico representa um elo entre os atos naturais e o objeto social, e ocorre de maneira volitiva por meio de conexões mentais próprias.

Este trabalho remete ao professor a importância de se desenvolver a metodologia experimental da Física necessária para que a aprendizagem dos conteúdos seja mais concreta e significativa para o estudante. Uma experiência e/ou uma prática demonstrativa bem elaborada tem um efeito não apenas de apresentar uma novidade, ou de motivar o estudante, mas também faz parte do objeto de estudo da própria ciência Física. A prática experimental proporciona ao estudante a familiaridade e a manipulação das grandezas físicas envolvidas num fenômeno específico. Por exemplo, quando os conceitos científicos de temperatura e calor são ensinados de forma correta ao estudante, ele percebe que seu sentido do tato pode enganá-lo no simples toque a um objeto que apresenta um estado térmico. Para a melhor compreensão destes conceitos, o estudante deve perceber que são necessários instrumentos materiais de medida para a compreensão dos conceitos.

O próprio funcionamento dos aparelhos e/ou instrumentos de medida utilizados numa prática experimental está atrelado a um conhecimento prévio de uma teoria. A realização de uma prática experimental remete-nos a percepção real, palpável, das grandezas físicas envolvidas. Por exemplo, é evidente que o entendimento do conceito de velocidade está atrelado ao uso de um instrumento simples como uma régua e um dispositivo como um cronômetro.

Lembrando que, a experimentação é uma das etapas do método científico, muitos historiadores da ciência atribuem a origem metodológica desta importante etapa à Galileu Galilei

(1564-1642), tal metodologia refutará, ou não, o pensamento acerca de uma hipótese ou conjectura. Percebemos então o papel desta importante etapa do método científico.

Reforçando esse entendimento, atualmente vemos em vários meios de comunicação a divulgação de muitas hipóteses atuais na área científica da Física, Química, Biologia, e outras ciências, que tentam explicar um determinado fenômeno até então não compreendido pela comunidade científica. Nesse contexto, uma pessoa comum pode verificar que o conhecimento da ciência já se encontra bem evoluído e abrangente, chegando ao ponto de não compreender claramente do que se trata de uma hipótese científica atual. A maneira pela qual esta pessoa comum pode comprovar a veracidade da ciência, seria na aplicação direta da teoria científica, ou seja, na aplicação direta no modo de produção tecnológico vinculado à sua cultura, o mesmo ocorre na aparelhagem experimental. Este exemplo demonstra o quanto as ciências, especificamente, as ciências da natureza, tem evoluído. Contudo, a ciência está impregnada no método científico do qual a experimentação tem o importante papel na comprovação de tais hipóteses.

No ambiente escolar, em geral, todas as práticas experimentais já se encontram elaboradas, ou seja, todas elas têm um carácter didático e são reproduções de experiências clássicas (aquelas bem elaboradas, estudadas e bem-sucedidas). Não há nada de novidade em se tratando de experiências inovadoras na grade curricular do Ensino Médio em questão. O estudante pode apenas ter um posicionamento crítico no que se diz respeito aos parâmetros que são eliminados numa experiência para se explicar certa teoria, esses questionamentos feitos por parte dos estudantes podem ser reforçados pelo professor para a abordagem e explicação de outras teorias mais abrangentes. Esta posição crítica do estudante é de grande importância para estabelecermos o carácter de uma verdadeira pesquisa científica, esta posição é relevante quando comentamos sobre a elaboração de uma aparelhagem experimental nos dias atuais.

Considerando o aspecto experimental da Física importante para o processo de ensino-aprendizagem do estudante, o que vemos no âmbito nacional, e mesmo regional, é a ausência de laboratórios no espaço físico de muitas escolas. Diante disso, nosso trabalho é destinado aos professores, estudantes, gestores, e tem como meta orientar na aquisição de materiais (como o Arduino UNO) e na confecção de aparelhagem experimental alternativa (construção de um dilatômetro e termômetro), ou seja, desenvolver sua própria aparelhagem experimental. Tendo em vista que o custo financeiro dos materiais a serem adquiridos para este laboratório alternativo é, significativamente, menor do que alguns aparatos experimentais já prontos no mercado atual. Tal aparelhagem alternativa será reforçada pelo uso do Arduino e de sensores próprios, de forma a gerar um método inovador e mediador na área da Física experimental.

## 2 Objetivos e Perspectivas dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) e Panorama Nacional do Ensino de Física

Os Parâmetros Curriculares Nacionais são edições escritas elaboradas pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC) em âmbito nacional, na obrigação de normatizar e orientar todas as instituições de ensino a nível de Ensino Médio regular no que se diz respeito ao conteúdo curricular das disciplinas, de forma que sua inserção no presente panorama cultural da nação seja eficaz. Estes conteúdos curriculares são agrupados pelos PCN's em áreas de conhecimento, a saber: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias (que compreendem as disciplinas de Língua Portuguesa, Línguas Estrangeiras, Artes, Literatura, e Educação Física); Ciências da Natureza (Ciências, Química, Física e Biologia); Matemática e suas Tecnologias (Matemática, Lógica); Ciências Humanas e suas Tecnologias (História, Geografia, Filosofia, e Sociologia). Dependendo do ano/série estas disciplinas são inseridas no planejamento escolar de cada instituição específica.

Para melhor esclarecimento vale ressaltar a citação abaixo dos PCN's (Parte I) no que se refere aos seus objetivos gerais:

Estes Parâmetros cumprem o duplo papel de difundir os princípios da reforma curricular e orientar o professor, na busca de novas abordagens e metodologias. Ao distribuí-los, temos a certeza de contar com a capacidade de nossos mestres e com o seu empenho no aperfeiçoamento da prática educativa. Por isso, entendemos sua construção como um processo contínuo: não só desejamos que influenciem positivamente a prática do professor, como esperamos poder, com base nessa prática e no processo de aprendizagem dos alunos, revê-los e aperfeiçoá-los. (BRASIL, 2000, p.4).

Em relação ao nosso trabalho (que trata da prática experimental da Física aplicada ao ensino) enfatizaremos as seguintes competências e habilidades ditadas pelos PCN's – Parte III.

- ❖ Primeira, com respeito ao seu caráter de **representatividade e comunicação**: “Compreender enunciados que envolvam códigos e símbolos físicos. Compreender manuais de instalação e utilização de aparelhos.” (Brasil, 2000, p. 29).
- ❖ Segunda, com respeito ao caráter da **investigação e compreensão**: “Conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes. Compreender e utilizar leis e teorias físicas.” (Brasil, 2000, p. 29).
- ❖ E a terceira, a **contextualização sociocultural**: “Dimensionar a capacidade crescente do homem propiciada pela tecnologia.” (Brasil, 2000, p. 29). A proposta do nosso trabalho se enquadra nestas competências e habilidades quando nos propusemos à construção de uma parte do laboratório destinada ao ensino da Termometria.

Quando tratamos da situação atual do ensino escolar a nível nacional é importante lembrarmos que, historicamente, o Brasil apresenta falhas na educação escolar como vemos no passado os altos índices de falta de escolaridade básica da população, isto tem ligação com o alto índice de analfabetismo do passado. Podemos afirmar que a estruturação da educação escolar nacional ao longo de sua história repercute com reflexos na atualidade, considerar as deficiências dessa educação ao longo de sua história pode nos remeter a possíveis causas das dificuldades encontradas ainda hoje na sua superestrutura. É importante esclarecermos que as causas maiores das falhas da educação escolar brasileira fogem do âmbito de nosso trabalho. Mas é notório que, atualmente, não temos um índice dessa falta de escolaridade tão alto quanto antigamente, percebemos também que a educação brasileira sempre passou por reformas e, ainda é suscetível de reformulações necessárias para se conseguir um aprendizado eficaz e significativo da população, pois, acreditamos que o objetivo principal da educação escolar seja a de colaborar com a emancipação histórica e a valorização cultural por parte dos seus cidadãos, além de introduzir o conhecimento técnico e científico fundamental para o desenvolvimento do modo de produção da nação.

Paralelo a este desafio histórico da educação brasileira temos um outro desafio atual, além de outros, a inserção da cultura e comunicação digital atrelada ao uso da informática. Ao longo de, aproximadamente, quatro décadas atrás, a revolução da informática tem se tornado uma realidade cujo alcance de suas aplicações úteis abrangem muitos campos de desenvolvimento de uma nação, como na comunicação, automação industrial, banco e processamento de dados, e sobretudo sua eficácia na aprendizagem escolar. Hoje todos nós, cidadãos, temos que aprender a utilizar um aparelho/dispositivo eletrônico que detenha um processador de dados (como por exemplo, o uso de um terminal eletrônico bancário, um aparelho doméstico, um aparelho de comunicação móvel). Nossos filhos até mesmo aprendem de forma simples, aparentemente espontânea, devido a constante evolução de softwares aplicativos que facilitam o uso de algum aparelho eletrônico. Na prática vemos uma imensa familiaridade e difusão da informática em todo o globo, esta tecnologia atual está presente em todas as regiões em que há indícios de civilização.

Para reforçar os argumentos acima podemos verificar a análise e perspectiva dos PCN's (Parte I) com respeito à educação brasileira no ano de 2000:

O Brasil, como os demais países da América Latina, está empenhado em promover reformas na área educacional que permitam superar o quadro de extrema desvantagem em relação aos índices de escolarização e de nível de conhecimento que apresentam os países desenvolvidos. Particularmente, no que se refere ao Ensino Médio, dois fatores de natureza muito diversa, mas que mantêm entre si relações observáveis, passam a determinar a urgência em se repensar as diretrizes gerais e os parâmetros curriculares que orientam esse nível de ensino. Primeiramente, o fator econômico se apresenta e se define pela ruptura tecnológica característica da

chamada terceira revolução técnico-industrial, na qual os avanços da microeletrônica têm um papel preponderante, e, a partir da década de 80, se acentuam no País. A denominada “revolução informática” promove mudanças radicais na área do conhecimento, que passa a ocupar um lugar central nos processos de desenvolvimento, em geral. É possível afirmar que, nas próximas décadas, a educação vá se transformar mais rapidamente do que em muitas outras, em função de uma nova compreensão teórica sobre o papel da escola, estimulada pela incorporação das novas tecnologias. As propostas de reforma curricular para o Ensino Médio se pautam nas constatações sobre as mudanças no conhecimento e seus desdobramentos, no que se refere à produção e às relações sociais de modo geral. (BRASIL, 2000, p. 5).

Existe ainda um outro agravante na presente data, muitos professores da disciplina de Física atestam que grande parte dos estudantes mostram desinteresse na disciplina por motivos de uma difícil assimilação e compreensão dos conteúdos, podemos afirmar isto numa abrangência a nível nacional. De fato, vivenciamos tais empecilhos na prática docente, de maneira que, ou nos acomodamos com a prática, dita tradicional, da forma de ensinar Física (como aulas teóricas seguidas de problemas teóricos elaborados na forma de questões escritas em que os nossos estudantes devem resolver tais questões utilizando-se na grande maioria delas os cálculos matemáticos) ou procuramos diversificar o ensino da disciplina fugindo da prática tradicional. O fato é que esta parte tradicional, ou seja, a resolução de problemas teóricos é uma das partes integradoras do ensino de Física, portanto não deve ser descartada totalmente. Observamos que sempre há um esforço constante em tornar a prática do ensino de Física aliada ao panorama de cultura atual, sendo que os mesmos objetivos concretos da aprendizagem do conteúdo da disciplina devem ser ensinados.

Na citação a seguir, os PCN<sup>+</sup> Ensino Médio (edições com orientações educacionais para complementação dos PCN's) descrevem o quadro atual da dificuldade no ensino de Física:

De certa forma, a sinalização efetuada pelos PCNEM é explícita quanto ao que não conduz na direção desejada e vem sendo percebido com clareza pelos professores. O ensino de Física vem deixando de se concentrar na simples memorização de fórmulas ou repetição automatizada de procedimentos, em situações artificiais ou extremamente abstratas, ganhando consciência de que é preciso lhe dar um significado, explicitando seu sentido já no momento do aprendizado, na própria escola média. Por outro lado, frente a tantas solicitações, dimensões e recomendações a serem simultaneamente contempladas, os professores têm se sentido perdidos, sem os instrumentos necessários para as novas tarefas, sem orientações mais concretas em relação ao que fazer. (BRASIL, 2002, p. 60).

Nosso trabalho apresenta uma estratégia para a diferenciação das aulas tradicionais (de caráter majoritariamente teórico) através da possível inserção da prática experimental nutrida de inovação tecnológica, cuja incumbência é de reforçar o aprendizado desta disciplina tendo em vista que uma experiência/demonstração bem elaborada pode despertar certa motivação nos estudantes, motivação

esta, que pode estar ligada a diferentes concepções e expectativas destes. Acreditamos que alguns estudantes terão a oportunidade de aprender de forma mais clara sobre determinado conteúdo curricular a ser aplicado, isto devido à apreciação do propósito do método científico, a saber, o da observação seguida da experimentação que comprovará uma teoria ou lei. Outro aspecto da motivação que pode se destacar também é o sentimento de curiosidade e da investigação, evidenciados pela observação, reflexão, e comprovação real, palpável, de um fenômeno a ser reproduzido. Enfim, estas são apenas algumas das expectativas dos estudantes, dentre outras que podemos citar quando nos referimos a este aspecto experimental da ciência Física.

Ao verificarmos os textos normativos nacionais sobre o conteúdo curricular do ensino de Física para o Ensino Médio no que se refere à parte específica da Termometria, tomamos como base os PCN's<sup>+</sup>, os quais são textos que constituem de orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, os PCN's.

\* Espera-se que ele, ao final da educação básica, adquira uma compreensão atualizada das hipóteses, modelos e formas de investigação sobre a origem e evolução do Universo em que vive, com que sonha e que pretende transformar. Assim, Universo, Terra, e Vida passa a constituir mais um tema estruturador. Nessa perspectiva, foram privilegiados seis temas estruturadores com abrangência para organizar o ensino de Física:

- F1 Movimentos: variações e conservações
- F2 Calor, Ambiente, Fontes e Usos de Energia
- F3 Equipamentos Eletromagnéticos e Telecomunicações
- F4 Som, Imagem e Informação
- F5 Matéria e Radiação
- F6 Universo, Terra e Vida

Esses temas apresentam uma das possíveis formas para a organização das atividades escolares, explicitando para os jovens os elementos de seu mundo vivencial que se deseja considerar. Não se trata, certamente, da única releitura e organização dos conteúdos da Física em termos dos objetivos desejados, mas serve, sobretudo, para exemplificar, de forma concreta, as possibilidades e os caminhos para o desenvolvimento das competências e 20 habilidades já identificadas. Exemplificam também como reorganizar as áreas tradicionalmente trabalhadas, como a Mecânica, Termologia, Eletromagnetismo e Física Moderna, de forma a atribuir-lhes novos sentidos. (BRASIL, 2002, p. 19)

Tomando como base o texto citado acima, estes seis temas abrangem todo o conteúdo tradicional da Física, o que podemos observar como novidade é a objetivação bastante resumida que esses temas têm em apontar para uma aplicação direta das habilidades e competências que os PCN's procuram incorporar ao aprendizado do estudante. E, além dessa objetivação resumida das habilidades e competências, há uma possível flexibilização dos conteúdos, das sequências curriculares, e, podemos assim expressar, na metodologia do ensino da ciência Física.

O conteúdo em Física em nosso trabalho enquadra-se do segundo tema estruturador (F2 Calor, Ambiente, Fontes e Usos de Energia). Tomamos a iniciativa de que este trabalho caracterizar-se-á sob a estruturação parcial do currículo tradicional de Física, no que se diz respeito à abordagem da Termometria ao longo de alguns anos (aulas teóricas com o uso do livro didático), mas com uma ferramenta inovadora que consiste na utilização do microcontrolador Arduino UNO e do sensor de temperatura na realização de práticas experimentais. Esta inovação tem um diferencial com respeito as práticas experimentais tradicionais, uma vez que, a utilização do Arduino e de uma variedade de sensores específicos podem proporcionar ao estudante e o professor a possibilidade de se confeccionar novos aparatos experimentais, ou mesmo, novos aparatos de aplicação tecnológica, dessa forma geramos um conjunto de novas técnicas, e mesmo de conhecimento.

Vale acrescentar que, neste ano vigente, a <sup>1</sup>BNCC (Base Nacional Curricular Comum) traz os seis (6) temas estruturadores citados como base para o ensino de Física na modalidade do Ensino Médio. A BNCC é um documento com objetivo de levar mais qualidade de ensino as escolas de todo o país e aproximar os ensinos público e privado, além de proporcionar, da Educação Infantil até o ensino Médio, as orientações para que cada região construa seu currículo para atender às necessidades dos alunos e a realidade social em que estão inseridos.

Enquadrando-se nas orientações da BNCC, as Secretarias de Educação Estadual que promovem a Educação Básica do país têm a autonomia de elaborar seus currículos pedagógicos dentro de suas realidades e que atendam às necessidades para o desenvolvimento social adequando-se aos seus projetos político pedagógicos.

Em 2019 foi iniciado o processo de elaboração do Novo Ensino Médio, tendo como documento norteador a BNCC. Neste ano vigente (2021) o ensino de Física passa por mudanças com o advento do Novo Ensino Médio. Particularmente, em nosso Estado, ele ainda está em fase de implementação.

Nesta nova versão do Ensino Médio o ensino de Física está garantido na parte da Formação Geral Básica (FGB) sendo ofertado com o título de Componente Curricular de Física vinculado à Área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, uma das cinco Áreas de Conhecimento que compõem a FGB. O ensino de Física pode ser aplicado ainda nos Itinerários Formativos, na parte composta pelas Disciplinas Eletivas, Projetos de Vida e Trilhas de Aprendizagem. Nessa aplicação o ensino de Física está voltado à implementação de projetos tecnológicos e interdisciplinares em conjunto com os demais componentes eletivos da Área das Ciências da Natureza, e das outras Áreas de Conhecimento.

1 – Faz parte do Plano Nacional de Educação (PNE), previsto pela Constituição Federal de 1988. A 1ª versão foi redigida em 2014. A BNCC foi homologada pelo MEC em dezembro de 2017. Ela surgiu da meta 7 do PNE, que visa potencializar a qualidade da Educação Básica.

### 3 Termometria

Nesta seção objetivamos comentar diretamente sobre o estudo em Termometria. Para um estudo detalhado, compreendemos que o contexto histórico sobre esta parte específica da Termologia seja muito esclarecedor, a ponto de se conhecer a origem e o desenvolvimento dos conceitos, leis, e teorias fundamentais aceitos atualmente pela comunidade científica, como por exemplo, a aceitação da teoria cinética da matéria (primeiro passo para a consolidação do modelo atômico), a elaboração dos conceitos de Energia, Entropia, e à consolidação da lei de Conservação da Energia. Nesta seção comentaremos brevemente sobre o histórico da Termometria, o que mais importa é o contexto instrumental da medição de diferentes temperaturas, pois veremos que a ordem de grandeza para medida de temperatura requer novas teorias, e, conseqüentemente, outros aparatos experimentais diferentes. Podemos afirmar, que tais aparatos são bem mais elaborados e difíceis de se entender por conta da nova teoria mais arrojada que obteve êxitos ao utilizar tais instrumentos, além de favorecer uma nova explicação mais abrangente dos fenômenos naturais. Em resumo, o que pretendemos mostrar nesta seção é a formação do conceito de temperatura com o advento do termômetro (cuja funcionalidade se baseia na dilatação/contração térmica de uma substância termométrica) bem como a criação de novos instrumentos que correspondem a uma nova teoria correspondente à evolução científica.

Neste entendimento sobre a elaboração de aparatos instrumentais, mais voltado à Física Experimental, é que pretendemos através deste trabalho auxiliar professores e estudantes que atuam no Ensino Médio. Esperamos que um Manual de Construção de Dilatômetros (dilatômetro de trilhos e dilatômetro de alavanca), e de um Termômetro de Álcool, potencializem e deem suporte ao aprendizado na parte da Termometria, conteúdo adotado no currículo sequencial do 2º ano/série do Ensino Médio. Mas há também uma inovação na elaboração desses aparatos experimentais, é o uso do hardware Arduino UNO trazendo a possibilidade de se realizar experimentos tendo como aferidores os sensores que, interligados ao computador, fornecem as informações das medidas de forma que, possamos gerenciá-las na forma de gráficos. Estes gráficos representam o comportamento variacional de uma grandeza física, como a temperatura. E como esperamos, este gráfico será interpretado como uma lei Física, em resumo, de certa forma reconstruiremos o conhecimento na parte de Termometria replicando instrumentos antigos e ao mesmo momento integrando um novo conhecimento, subtendido pelo uso atual de sensores e dispositivos eletrônicos (parte hardware), além de uma breve noção de linguagem programada (uso de softwares).

Pesquisando o contexto histórico da Termologia (estudo dos fenômenos térmicos no geral) concluímos que o homem sempre observou mudanças nas propriedades e características dos materiais durante a ocorrência de um fenômeno térmico. E ainda, que a compreensão da existência das duas grandezas físicas, que são o calor e a temperatura, tiveram um longo caminho no decorrer da história, pois foram necessárias muitas práticas empíricas aliadas a uma evolução no pensamento teórico para que nós pudéssemos compreender estes dois conceitos de forma bem contundente na atualidade. Pessoas que ainda não tiveram acesso ao aprendizado sobre estas duas palavras fazem o uso cotidiano delas de maneira errônea. Estes tipos de conceitos devem ser sempre bem trabalhados pelo professor no âmbito da Educação Básica.

Como comentado, os aparatos experimentais estão ligeiramente relacionados às técnicas de produção de cada época. Como exemplo, citamos uma dessas técnicas como aquelas utilizadas para a construção da máquina a vapor, este tipo de instrumentação pôde ser explicado de forma consistente com a teoria cinética na constituição da matéria. Tal teoria foi desenvolvida inicialmente por Boyle (no séc. XVII), Daniel Bernoulli (no séc. XVIII), Joule, Kronig, culminando na Mecânica Estatística desenvolvida por Clausius, Maxwell, Gibbs e Boltzmann (no séc. XIX), e utilizada no séc. XX por Einstein, Planck, Fermi e outros, para a modelagem de sistemas governados pelas leis da mecânica quântica. Importante ressaltarmos que, a consolidação do conceito de temperatura ocorreu no início do século XIX com a teorização de que a matéria, em sua essência, seria constituída de infinitas partículas (átomos e moléculas). Esta teorização proporcionou um salto revolucionário na ciência em geral. Este marco histórico é importante pela teorização do comportamento do gás ideal (um tipo de estado fundamental em que todos os gases se comportam de maneira universal), tal teorização substitui a teoria do calórico pela teoria cinética da matéria. Ou seja, o comportamento das variáveis macroscópicas do gás (pressão, volume e temperatura) pode ser descrito, de forma puramente teórica, pela análise física das variáveis microscópicas como a massa, velocidade, e a quantidade das supostas partículas que compõem um gás confinado. Neste cenário é que a ciência Física, utilizando-se fundamentos da matemática estatística e probabilística dá início a um novo ramo teórico em sua área de estudo, a saber, a Mecânica Estatística. Toda esta mudança de pensamento teórico e metodológico foi necessário para se comprovar a eficácia da teoria atômica sobre a teoria do calórico na compreensão de um fenômeno térmico, no trato da ciência Física. Assim, a teoria atômica foi no decorrer desses anos devidamente testada para que ocorresse esta mudança na modelagem teórica. A consolidação da teoria atômica no séc. XIX foi um triunfo da ciência em geral, marca o início de uma possível consolidação entre as outras ciências naturais, como a química e a biologia. Neste mesmo cenário é que se começou a admitir o calor como uma forma de energia, na elaboração da lei de

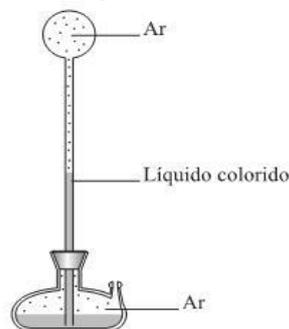
Conservação da Energia e no entendimento do conceito de Entropia. Estes conceitos e leis gerais da Física, admitidos nesta época, ainda perduram na ciência Física contemporânea, mesmo com o advento das ideias revolucionárias da Física Moderna (a teoria da Relatividade Geral e teoria Quântica).

Veremos agora os principais aparatos experimentais seguindo a origem e a evolução histórica do conceito de temperatura.

### 3.1 O Termoscópio

O termoscópio é um instrumento que confina uma quantidade de ar entre uma câmara de vidro (bulbo) e uma coluna de líquido. Foi elaborado entre o final do século XVI e o início do XVII, a primeira impressão que se tem é a comprovação da existência de movimento em um fenômeno térmico. Seu funcionamento consiste na elevação, ou diminuição, da coluna de líquido, geralmente o álcool. Isso ocorre quando o bulbo (que contém ar) muda de estado térmico (quente-frio, frio-quente) estando em contato com outro corpo, por exemplo, as mãos de uma pessoa.

Figura 1 – Esquema do Termoscópio



Fonte: <https://www.qconcursos.com/questoes-de-vestibular/questoes/f8882d01-28> (em 2020)

A Foto 1 mostra um termoscópio atual encontrado em lojas de variedades, muitas pessoas se divertem com ele, ao fazerem contato com as mãos no bulbo cilíndrico de vidro, o ar se aquece dilatando-se e, conseqüentemente, elevando a coluna de álcool.

Foto 1: Termoscópio atual



Fonte: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1090839732-termmetro-termoscopio-de-galileu-galilei-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1090839732-termmetro-termoscopio-de-galileu-galilei-_JM) (2021)

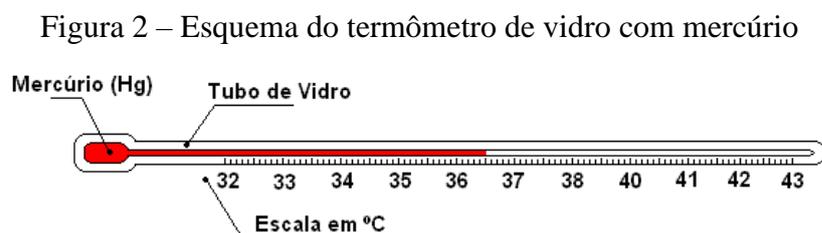
Contudo, mesmo com esta comprovação de causa e efeito do funcionamento do termoscópio, houve problemas em tentar construir uma escala de medida que pudesse aferir de forma linear uma grandeza física, pois o ar contido no bulbo de vidro tem propriedade elástica. Também era sabido que a pressão local também interferia na altura da coluna do líquido.

### 3.2 O Termômetro de Líquido

O decorrer de nossa jornada de várias práticas referentes às mudanças em materiais causados por fenômenos térmicos, há uma prática que se sobressai quando nos referimos a uma variação linear. É esta, líquidos como etanol e o mercúrio, dentre outros, apresentavam

uma dilatação de seu volume proporcional à taxa com que um fenômeno térmico (frio-quente) atuava sobre estes. Um novo tipo de instrumento tomava forma, o termômetro de vidro como conhecemos hoje. Um aprimoramento importante para a consolidação deste instrumento foi a prática da vedação e retirada do ar do tubo de vidro, isto garantia que a pressão atmosférica não interferisse na coluna do líquido e impedia que o líquido sofresse evaporação.

Com este novo instrumento, o termômetro de vidro com líquido, ao longo dos séculos XVII e XVIII, muitas práticas experimentais surgiram no sentido encontrar pontos fixos para calibração, e também para encontrar o elemento ou substância termométrica mais propício para o melhor funcionamento do termômetro, tudo isto para uma melhor aprimoramento e padronização das medidas de temperatura.



Fonte: <https://www.infoenem.com.br/entenda-tudo-sobre-o-funcionamento-de-um-termometro/> (2020)

De acordo com a Figura 2, logo acima, temos um instrumento cuja aferição apresenta uma medida linear quando nos referimos ao conceito temperatura. Matematicamente:

$$T(x) = a \cdot x + b \quad \text{em que "x" é a altura da coluna do líquido}$$

Na qual  $T$  é a temperatura da substância utilizada que muda linearmente com a propriedade  $x$  da substância, no caso do termômetro de mercúrio,  $x$  é a altura da coluna do líquido que está diretamente relacionada com o volume do líquido. Importante ressaltar que, neste momento histórico a teoria do calórico garantia, mesmo que de forma incompleta, a explicação dos fenômenos térmicos.

Foto 2: Termômetro de vidro com mercúrio



Fonte: <https://www.pcmchimica.com/prodotti/strumentazione-da-laboratorio/termometro-ad-alcool--10--150> (em 2021)

A teoria do calórico foi anterior à teoria cinética da matéria, entre os séculos XVII e início do século XVIII. Vejamos como se apresentava a formulação para o calor na seguinte citação:

A concepção do calor como uma substância estava em consonância com o conceito filosófico de conservação da matéria aceito na época. Nos experimentos com misturas, o calor não poderia ser criado nem destruído, a quantidade de calor permaneceria constante. A mesma suposição a respeito do “princípio de conservação do calor” já havia sido feita por Brook Taylor (1685-1731) em seus experimentos que envolviam misturas de volumes desiguais de água quente e fria. O complemento de Black foi generalizar a ideia para quaisquer misturas de diferentes líquidos e volumes. Desse modo, ele mostrou que, apenas para misturas de um mesmo líquido, a quantidade de calor necessária para aumentar ou diminuir de um mesmo valor a temperatura das substâncias envolvidas é diretamente proporcional às suas quantidades de matéria, ou aos seus pesos, ou, sendo os volumes iguais, às suas densidades. (CARVALHAIS, 2012, p. 1037)

A citação acima declara que, por estas épocas, há a descoberta da distinção entre os conceitos de calor e temperatura, através de experimentos de aquecimento da água e outras substâncias puras. O calórico seria um fluído existente em todos os corpos materiais, muito associado à ideia de que o calor se encontra no interior de todos os corpos materiais.

A dilatação térmica, já bem conhecida na época, teve sua explicação baseada na formulação de que um corpo, ao receber calórico de um segundo corpo, tendia a expandir seu volume em decorrência de que o calórico absorvido causava um distanciamento das partes (elementos) constituintes do corpo. A teoria do calórico teve muitos defensores, estes se empenharam muito em mostrar e demonstrar de forma experimental, quantitativa e matemática as suas formulações, mas no século seguinte, século XVIII, os esforços da comunidade científica chegam à conclusão de que o calor se trata de uma forma

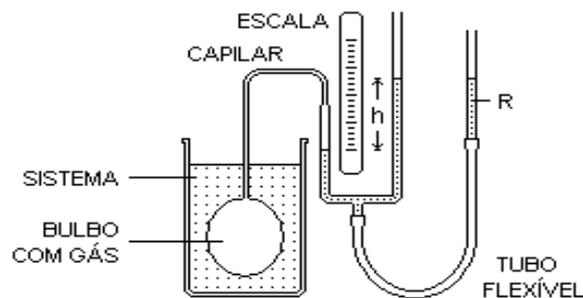
de energia, e não como uma substância fluídica que provoca fenômenos térmicos ao sair de um corpo para outro.

Assim, todos os corpos materiais teriam sua energia térmica, energia esta que seria a soma de todas as energias cinéticas das partículas constituintes de cada corpo material. O calor seria a transmissão da energia térmica de um corpo para outro pelo contato de suas superfícies, dessa forma o calor é entendido como a transferência das energias cinéticas entre as partículas dos corpos. A teoria cinética da matéria é comprovada com a formulação teórica do “modelo do gás ideal”, esta era a mais consistente com os experimentos. A lei de “conservação da energia” é postulada e muitos cientistas se empenham no desenvolvimento da mecânica estatística para o estudo das propriedades da matéria.

### 3.3 O Termômetro a Gás com volume constante

Entre os séculos XVIII e XIX um outro tipo de termômetro apresentou peculiaridades importantes que instigaram os cientistas a desenvolverem a teoria cinética da matéria. Este termômetro tinha como substância termométrica um gás ligeiramente confinado num bulbo de vidro, o volume do gás deveria ser constante, por isso o nome termômetro de gás a volume constante.

Figura 3: Esquema do termômetro de gás à volume constante

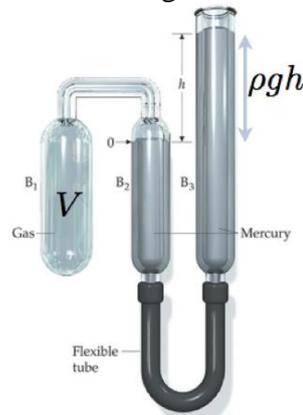


Fonte: <https://mc2h2o.blogspot.com/2008/12/termmetro-gs.html> (2020)

Olhando a Figura 3, acima, a maior porção de volume do gás está confinado no bulbo, seu volume é mantido constante pela movimentação do reservatório R que contém mercúrio (líquido de grande densidade), assim, tanto a extremidade direita do tubo flexível em forma de “U” como a altura do reservatório “R” teriam a mesma altura e estariam sujeitos à mesma pressão (pressão atmosférica). Cada temperatura seria medida pelo desnível de altura do mercúrio no segundo tubo de vidro em forma de “U”. Para que o volume do gás permanecesse constante mudava-se a altura do reservatório “R” de modo que ficasse sempre na mesma altura à esquerda do tubo flexível em forma de “U”.

Na Foto 3, logo abaixo, vemos um termômetro de gás a volume constante um pouco diferente do termômetro mostrado na Figura 3. Podem existir pequenas mudanças para alguns termômetros como este, o que importa realmente é o seu princípio de funcionamento, na qual uma coluna de mercúrio deve ser deslocada verticalmente no intuito de manter constante o volume do gás contido no bulbo. A medida da temperatura será verificada pela altura do desnível entre dois tubos contendo o líquido mercúrio.

Foto 3: Termômetro de gás a volume constante

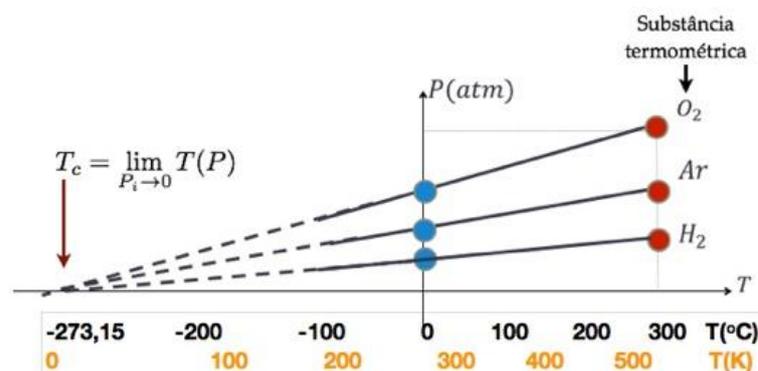


Fonte: <https://pessoal.ect.ufrn.br/~ronai/IFC2-2016-1/A19/A02.html> (em jan. de 2021)

Usando-se diferentes gases no bulbo neste tipo de termômetro, e submetendo-os a pequenas pressões e temperaturas, observa-se que o comportamento destes diferentes gases (dependência da temperatura com a pressão do gás) fica cada vez mais semelhante, com isto é verificado experimentalmente um valor limite, concebendo-se dessa forma uma temperatura constante e universal para o limite inferior de pressão, ou seja:

$$\lim_{P \rightarrow 0} T(P) = -273,15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Gráfico 1: Pressão x Temperatura para três gases



Fonte: <https://pessoal.ect.ufrn.br/~ronai/IFC2-2016-1/A19/A03.html> (em jan. de 2021)

A grande utilidade desse tipo de termômetro é a matemática sugerida nas experiências com gases para baixas pressões e temperaturas, pois sugere-se uma equação linear cuja constante “b” seja nula. Vejamos:

$$T(x) = a \cdot x + b \quad \longrightarrow \quad T(x) = a \cdot x$$

Na qual “x” seria a variável de pressão (P) e “a” seria a razão entre a temperatura do ponto tríplice da água pela pressão do ponto tríplice da água ( $*T_{\text{tríplice}}/P_{\text{tríplice}}$ ). O ponto tríplice da água é o valor de temperatura e de pressão em que a água pode coexistir nos seus três estados físicos: sólido, líquido e gasoso. O ponto tríplice é um novo, e único, ponto fixo que substitui os dois pontos fixos (fusão e ebulição da água) geralmente utilizados para calibrar um termômetro de líquido.

$$T(P) = \frac{T_{\text{tríplice}}}{P_{\text{tríplice}}} P$$

$$*T_{\text{tríplice}} = 273,16 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (temperatura do ponto tríplice da água)}$$

Este limite para baixas temperaturas mostradas no Gráfico 1 foi estabelecido por Lord Kelvin, e em 1848 ele estabeleceu uma escala absoluta. Kelvin verificou que a pressão de um gás diminuía de  $1/273$  do valor inicial quando resfriado a volume constante de  $0 \text{ } ^\circ\text{C}$  até  $-1 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Numa seqüência de experimentos em que se diminuía a temperatura do gás ao diminuir a sua pressão, ele concluiu então que a pressão seria nula quando o gás se o gás estivesse a  $-273 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Sua escala, considerada como “absoluta”, apontaria para a criação da teoria cinética da matéria, a saber, a matéria seria teoricamente constituída por partículas indivisíveis, átomos e moléculas. Seguindo esta nova teoria, a pressão de um gás confinado numa câmara estaria diretamente relacionada às colisões das infindáveis moléculas sobre as paredes da câmara, no estado térmico de pressão nula então, teoricamente, as moléculas do gás deveriam estar em repouso. Determina-se então um conceito fundamental para a temperatura, ela seria uma medida do grau de agitação das moléculas, deve ser nula quando a agitação for nula. A escala absoluta criada por Kelvin tem origem no zero absoluto e adota como unidade o kelvin (símbolo K) cuja extensão por definição é igual à do grau Celsius ( $^\circ\text{C}$ ). Comparando as indicações da escala Celsius e da escala absoluta Kelvin, para um mesmo estado térmico, notamos que a temperatura absoluta é sempre 273,15 unidades mais alta que a temperatura Celsius correspondente.

A partir do século XIX temos a consolidação da temperatura como uma grandeza física:

Desde o início do século XIX, a temperatura foi reconhecida como um dos pontos importantes do ensino básico em Física devido a sua importância na caracterização e na determinação de inúmeros fenômenos físicos, químicos e biológicos. Essa noção impôs-se no ensino das “ciências naturais” e perdura até hoje na atual organização das disciplinas da área de “ciências”, ministradas aos ensinos fundamental e médio [...].

As experiências mais básicas envolvem a calibração deste instrumento, muitas vezes fabricado pelos próprios alunos em experimento anterior [...]. Esta calibração se faz por meio do emprego de dois pontos fixos, quase sempre o ponto de fusão do gelo e o de ebulição da água. Os equipamentos para essa finalidade variavam bastante no formato. No caso da fusão do gelo, havia sempre uma previsão de isolamento térmico (para retardar o derretimento do gelo) e orifícios de escoamento para drenar a água produzida durante o experimento. A construção e a calibração de um termômetro podem ser consideradas como experiências clássicas na área de ensino. (PRAZERES, 2006, p. 106)

No século XX, o Sistema Internacional de Unidades (SI) estabelece que a temperatura constitui uma das sete unidades ditas “de base”, tendo por unidade o kelvin, o qual se encontra assim definido: “o kelvin, unidade de temperatura termodinâmica, é a fração de 1/273,16 da temperatura termodinâmica do ponto triplo da água”. Esta definição foi aprovada pela XIII Conferência Geral de Pesos e Medidas, em 1967, sendo uma revisão da definição primeiramente introduzida em 1954. O SI reconhece que os valores de temperatura expressos em kelvins não são adequados para a vida diária, acrescentando-lhe a definição de grau Celsius, de acordo com a expressão:

$$T_C = T_K - 273,15$$

Em que  $T_C$  é a temperatura termodinâmica em graus Celsius e  $T_K$  é a temperatura termodinâmica equivalente em kelvins.

Fica entendido então que, a origem do conceito de temperatura está relacionada com fenômenos térmicos ocasionados pelas técnicas e experiências empíricas de uma época. Nos séculos XVII até XIX eram mais comuns utilizar instrumentos como o dilatômetro, o termômetro de vidro, e as máquinas à vapor, estes estavam correlacionados aos fenômenos térmicos com temperaturas da ordem de 273 K (ou 0 °C), ponto de congelamento da água no nível do mar, e 373 K (100 °C), ponto de ebulição da água no nível do mar. Atualmente conhecemos muitas medidas de temperatura em escalas ligeiramente diferentes, como por exemplo: citaremos a menor,  $2 \cdot 10^{-8}$  K (processo de resfriamento do spin nuclear), e a maior,  $10^8$  K (plasma em reator experimental de fusão nuclear). Neste exemplo verificamos que os valores em escala para a inferior e superior temperatura já medidas na natureza dependem essencialmente do tipo de teoria e do modelo a ser adotado para o fenômeno correlacionado. Somente dessa forma é que compreenderemos como o fenômeno térmico ocorre, sendo assim, as teorias mais atuais são mais abrangentes e requerem experiências muito mais evoluídas e aprimoradas que fogem do senso comum de uma pessoa que não conheça estas teorias científicas mais atuais. Na evolução histórica da Física muitas teorias como a Física Estatística, o Eletromagnetismo, a Relatividade e a Mecânica Quântica vêm

remodelando as especificidades dos constituintes da matéria. Devemos conhecer esta prerrogativa quando nos referimos à temperatura, desde a consolidação do seu conceito até os dias atuais.

O uso de líquidos como substância termométrica para se determinar a medida de temperatura é limitado pelos seus pontos de ebulição, bem como também a limitação do ponto de fusão do material de constituição do termômetro (geralmente o vidro). Um laboratório pode possuir fornos que superam os 1000 °C de temperatura em sua operação. Assim, diferentes metodologias devem ser desenvolvidas para determinar temperaturas mais elevadas. Os instrumentos utilizados para esta outra ordem de grandeza de temperatura são os termopares e os pirômetros. Tais instrumentos marcam a linha histórica da evolução das teorias e modelos da Física Térmica que veremos a seguir.

### 3.4 O Termopar

A foto logo abaixo mostra um tipo de termopar vendável no mercado. Este tipo de termopar realiza as aferições de temperatura no escapamento de exaustão do motor de um automóvel, logo, este dispositivo deve indicar valores elevados de temperatura, tomando como referência o ponto de ebulição da água. Os termopares são utilizados em laboratórios científicos e nas indústrias, alguns tipos são encontrados no comércio.

Foto 4: Termopar tipo K – EGT



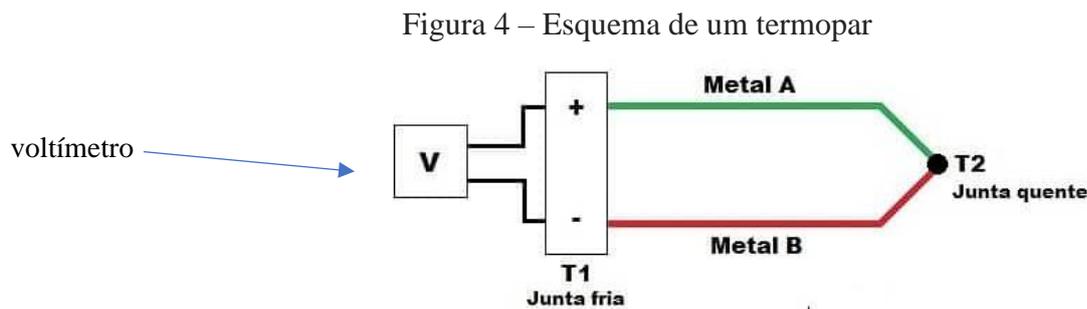
Fonte: <http://www.registracing.com.br/fueltech/chicotes-eletrica/termopar-tipo-k-egt-escapamento> (em 2021)

Os termopares são basicamente pares de fios de metais diferentes juntos numa de suas extremidades e separados na sua outra extremidade, no caso da Foto 4 acima, o tipo K (Cromel/Alumel) tem especificações do tipo:

- ❖ Termoelemento positivo (KP): Ni90%Cr10% (Cromel)
- ❖ Termoelemento negativo (KN): Ni95%Mn2%Si1%Al2% (Alumel)
- ❖ Faixa de utilização: -270 °C a 1200 °C
- ❖ f.e.m. produzida: -6,458 mV a 48,838 mV

Seu princípio de funcionamento é um fenômeno termoelétrico que consiste na geração de uma pequena diferença de potencial entre a junção e o par aberto dos dois fios proporcional à

intensidade da diferença da temperatura entre as extremidades (ver Figura 4). Em 1821, o físico Thomas Johann Seebeck (1770-1831) observou que, unindo as extremidades de dois metais diferentes, metal A e metal B, e submetendo as junções a temperaturas diferentes  $T_1$  e  $T_2$ , surge uma f.e.m. (diferença de potencial elétrico) na junta fria onde ficam as outras extremidades dos metais.



Fonte: <https://www.embarcados.com.br/medicao-de-temperatura-termopares/> (2020)

Este fenômeno também ficou conhecido por “Efeito Seebeck”. Em outras palavras, ao se conectar dois metais diferentes (ou ligas metálicas), temos um circuito tal que, se as junções forem mantidas em temperaturas diferentes, surgirá uma f.e.m. termoelétrica e uma corrente elétrica “ $i$ ” circulará pelo chamado “par termoelétrico” ou “termopar”.

Atualmente, as combinações de materiais mais comumente empregadas na fabricação de termopares são ferro-constantan, cromel-alumel, cobre-constantan, platina/platina-ródio e cromel-constantan.

A escolha dos materiais depende da faixa de trabalho (máxima e recomendável), da precisão e da diferença de tensão gerado na faixa de trabalho, e da resistência dos materiais às condições de processo.

Observamos que este novo aparato para se medir a temperatura, o termopar, está ligeiramente associado ao fenômeno da eletricidade, ou mais especificamente, trata-se de um fenômeno termoelétrico. O século XIX era propício ao conhecimento dos fenômenos causados por uma corrente elétrica, nesta época o eletromagnetismo se desenvolveu muito, com isso, surgem os dados empíricos relativos aos gradientes de temperatura como efeitos dessa corrente sobre os materiais constituintes do circuito. Para a termoeletricidade dos metais, ou ligas de metais, são descobertos três tipos de fenômenos bem parecidos entre si, denominados: efeito Seebeck, efeito Peltier, e o efeito Thomson.

- O efeito Peltier foi observado em 1834 por Jean Charles Athanase Peltier, 13 anos após a descoberta feita pelo físico Seebeck. Ele descobriu efeitos termoelétricos quando introduziu

pequenas correntes elétricas externas num termopar de bismuto/antimônio, tais efeitos são similares ao efeito inverso de Seebeck. Os experimentos demonstram que uma pequena corrente elétrica ao atravessar a junção de dois metais diferentes numa direção, a junção esfria absorvendo energia por calor de sua fronteira ambiente. Ao inverter a direção da corrente a junção aquece cedendo calor para sua fronteira. Este efeito persiste mesmo que a corrente seja gerada pelo próprio termopar, dessa forma, na utilização de um termopar devemos reduzir tanto quanto possível esta corrente usando voltímetros de grande resistência interna.

- O efeito Thomson foi teorizado por William Thomson (conhecido mais tarde como Lord Kelvin), ele pensou de forma teórica na possível união dos efeitos Seebeck e Peltier. Elaborada a sua teoria, este terceiro efeito foi comprovado experimentalmente em 1851 por Lord Kelvin. Ele descreve como um metal submetido a uma corrente elétrica e um gradiente de temperatura é capaz em absorver ou gerar calor. Dessa forma, os condutores (da época) submetidos a uma corrente elétrica, com uma diferença de temperatura em suas extremidades, pode gerar ou absorver calor para o meio, dependendo da diferença de temperatura e da intensidade e direção da corrente elétrica.

No século XIX não poderíamos deixar de comentar sobre um efeito térmico muito comum em experiências com corrente elétrica, a saber, o efeito Joule. Como este efeito é sempre comum em circuitos elétricos denominamos como a “lei de Joule”, esta lei expressa a relação matemática entre a intensidade de corrente elétrica e o calor gerado num condutor, sendo que este calor está ligeiramente relacionado à temperatura do condutor. O nome desta lei foi dada em homenagem a James Prescott Joule (1818-1889) que estudou o fenômeno em 1840 e, um ano mais tarde publicou o seu trabalho. Importante ressaltar que as quantidades de calor por unidade de tempo, nos três efeitos termoelétricos citados anteriormente, são diretamente proporcionais à intensidade de corrente elétrica que percorre os dois condutores de um termopar, já no efeito joule esta energia por unidade de tempo é diretamente proporcional ao quadrado da intensidade de corrente elétrica que percorre o condutor.

Neste mesmo século, ao longo do desenvolvimento das ciências, ao observar e comprovar suas leis, percebemos que os efeitos, ou causalidades muito frequentes nos vários tipos de experimentação, o conceito temperatura, já bem consolidado, devia estar bem relacionado às outras grandezas físicas bem definidas no fenômeno. De certo que, a teoria do eletromagnetismo recebeu muita influência da teoria cinética da matéria ao estabelecer modelagens baseadas no atomismo, graças ao conceito estabelecido para a temperatura, como sabemos, este conceito provém do sucesso da modelagem do gás ideal. Seguindo a linha histórica, em 1897, Sir Joseph John Thomson com a publicação do seu trabalho sobre a descoberta do elétron, concede mais um respaldo ao atomismo, a partir desta data,

pode-se considerar o início para o entendimento da estrutura atômica. Suas experiências com o tubo de raios catódicos permitiu concluir irrefutavelmente a existência dos elétrons, concluindo que todos os corpos materiais são eletricamente neutros. Na sequência, com a descoberta dos elétrons como portadores de carga negativa, concluiu-se também a existência dos prótons. Com base em suas experiências, J.J. Thomson é impelido a modelar a estrutura do átomo comparada a um pudim de passas, em que os elétrons com carga negativa são partículas pontuais fixadas e espalhadas de maneira uniforme na redoma do átomo, onde os prótons com carga elétrica positiva ocupavam o maior espaço.

Na sequência, abordaremos um instrumento de medição de temperatura para maiores ordens de grandeza, trata-se do pirômetro. Baseando-nos numa linha histórica da evolução científica, discorreremos um pouco sobre a teoria da radiação eletromagnética.

### 3.5 O Pirômetro

Pirômetros são sensores de temperatura que utilizam como informação a radiação eletromagnética emitida pelo corpo. A palavra “pirômetro” origina-se do grego, *pyros* significa fogo, e *metro* medida. Esta palavra foi originalmente atribuída a todos os instrumentos destinados a medição de temperaturas acima da incandescência, ou seja, acima de 550 °C. A ideia de um aparelho para medir temperaturas a partir da radiação emitida pelos corpos incandescentes foi sugerida por Antoine Becquerel (1852-1908), e colocada em prática por Henri-Louis Le Châtelier em 1892 com a construção do primeiro modelo, chamado de pirômetro ótico. A primeira patente desse pirômetro foi concedida em 1901. Trata-se do “pirômetro de filamento que desaparece”, foi desenvolvido pelos físicos alemães Kurlbaum e Holborn. Os modelos comerciais foram elaborados a partir do ano de 1931.

A lei física empírica por trás dos pirômetros está na relação entre a radiação térmica do corpo (potência por unidade de área - simbolizada aqui por **R**) e sua temperatura (**T**), também chamada de lei de Stefan-Boltzmann.

$$\mathbf{R} = \sigma \cdot \epsilon \cdot \mathbf{T}^4$$

\*temos que:  $\sigma = 5,6697 \cdot 10^{-8} \text{ w/m}^2 \cdot \text{T}^4$

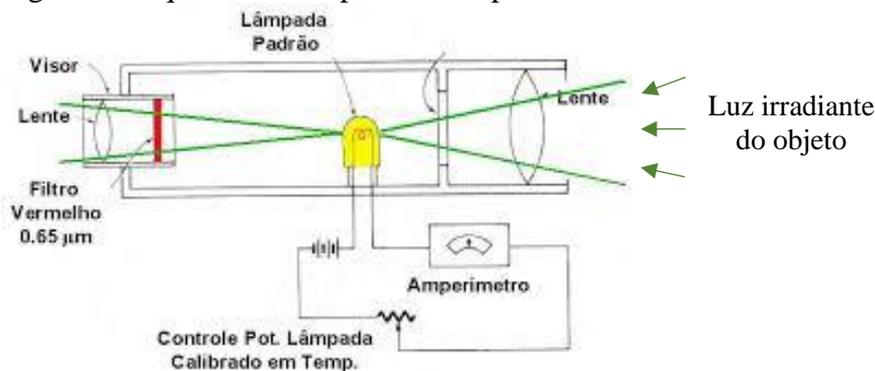
Ou seja, nesta relação matemática a radiação tem dependência direta com o valor da temperatura do corpo emissor elevado à quarta potência. Nesta lei, temos que sigma ( $\sigma$ ) é uma constante de proporcionalidade, e épsilon ( $\epsilon$ ) é a emissividade do material, este último valor depende de algumas características do corpo emissor.

Diferentemente dos outros instrumentos para se medir a temperatura de um corpo, os pirômetros não necessitam de contato físico, e podem ser classificados, segundo seu princípio de funcionamento, em dois tipos distintos: os pirômetros ópticos e os de radiação.

➤ Os pirômetros óticos

Operam dentro do espectro eletromagnético da luz visível, e funcionam basicamente pelo método da comparação. A energia radiante é medida por comparação fotométrica da cor do corpo emissor em relação a cor de uma fonte padrão, o filamento de tungstênio de uma lâmpada elétrica (ver Figura 5). A comparação da cor é feita pelo observador e é dependente da sensibilidade do olho humano em distinguir a diferença de cor entre duas superfícies.

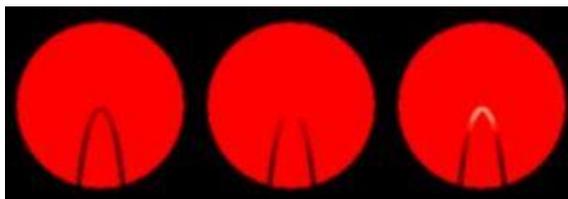
Figura 5: Esquema de um pirômetro óptico



Fonte: [http://www.fem.unicamp.br/~instmed/Temperatura\\_2.pdf](http://www.fem.unicamp.br/~instmed/Temperatura_2.pdf) (em jan. de 2021)

Um filtro monocromático (material transparente que deixa passar apenas uma faixa de cor) com comprimento de onda de radiação de cor vermelha auxilia a operação. A comparação da cor é feita quando variamos a corrente elétrica através do filamento, assim, por efeito joule, o filamento tem sua temperatura variada e, quanto mais aquecida, mais incandescente ele fica permeando em diferentes cores do espectro de luz visível.

Foto 5: Comparação visual num pirômetro de filamento que desaparece



Fonte: <https://www.wikiwand.com/pt/Pir%C3%B4metro> (em jan. de 2021)

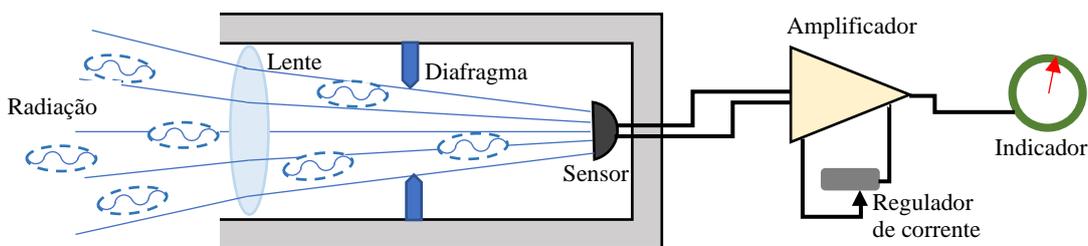
Na Foto 5, na imagem à esquerda o filamento tem uma cor escura implicando que o filamento da lâmpada está com menor temperatura, ao centro vemos a imagem onde o filamento tem a mesma cor do filtro (o filamento desaparece), nesse caso existe a equivalência de temperatura do filamento e do corpo que emite a radiação, já na imagem à direita, o filamento tem maior temperatura que o objeto emissor, pois o filamento é visto com maior luminosidade.

Nesse tipo de pirômetro é necessário que o corpo emita ondas na região do visível, devendo estar a uma temperatura de, no mínimo, 750 °C, esta é a temperatura quando o corpo emissor está começando a ficar vermelho. A temperatura máxima de medição é de 2 900 °C, mas com um filtro de luz adequado pode chegar a 5 500 °C.

#### ➤ Os pirômetros de radiação

Operam pela absorção da taxa de emissão de energia por unidade de área ( $\text{w/m}^2$ ) numa faixa de comprimento de onda que abrange do visível ao infravermelho curto, no espectro eletromagnético, portanto, é relativamente grande seu emprego para medidas de maiores ordens de grandeza de temperatura. Assim, utilizando um sistema que direciona a energia visível e infravermelha originadas de corpo emissor podemos focalizar esta energia em um detector (ou sensor), sendo esta convertida em um sinal elétrico. A Figura 6 a seguir resume o princípio básico do instrumento.

Figura 6: Esquema básico de um pirômetro de radiação



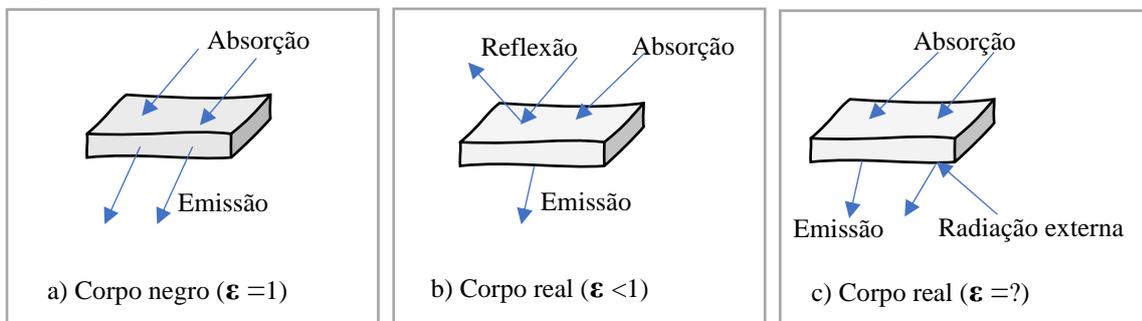
Fonte: arquivos do autor (2021)

A prática empírica mostra que, todos os corpos com temperatura superior a 0 K (zero kelvin) emitem radiação eletromagnética. Como sabemos, a taxa temporal de energia emitida por unidade de área (simbolizamos por  $R$ ) aumenta à medida que a temperatura do objeto aumenta num fator de  $T^4$  (lei de Stefan Boltzmann). Este fato permite que possamos fazer medições de temperatura a partir de medições da energia emitida.

A energia irradiada por um corpo depende também da emissividade ( $\epsilon$ ) de sua superfície. Ela é máxima para um corpo negro, neste a emissividade vale  $\epsilon = 1$  (ver Figura 7-a).

Os pirômetros de radiação são calibrados em relação a um corpo negro. Em consequência disso, um fator de correção deve ser empregado quando a medição é realizada em um corpo com emissividade diferente de 1 (ver Figura 7-b). Para isso, devemos conhecer a emissividade da superfície do corpo, o que não é tão fácil, visto que a emissividade varia com o estado da superfície, temperatura, e outros fatores. Outra dificuldade na medição para corpos com  $\epsilon < 1$  diz respeito à influência da radiação externa (Figura 7-c) que pode vir a ser refletida na superfície do corpo chegando até o sensor, interferindo assim na medição da radiação proveniente apenas do corpo. A Figura 7 logo em seguida ilustra estas três diferentes interações entre um corpo material e a radiação eletromagnética.

Figura 7: Diferentes emissividades



Fonte: arquivos do autor (2021)

Há ainda outro fator de correção para o funcionamento deste tipo de pirômetro, o material das lentes utilizadas tem dependência direta com o tipo de radiação incidente. O vidro, por exemplo, não transmite a radiação em comprimentos de onda superiores a 2,8 mm, o quartzo transmite somente até 4 mm, o fluoreto de cálcio vai até 10 mm, e o iodeto/brometo de tálio transmite até 30 mm. A conclusão é que, para diferentes temperaturas devemos escolher o pirômetro adequado.

Foto 6: Pirômetro de radiação



Fonte: [https://www.eq.uc.pt/~lferreira/BIBL\\_SEM/global/piromet/pdf/pirometro](https://www.eq.uc.pt/~lferreira/BIBL_SEM/global/piromet/pdf/pirometro) (em jan. de 2021)

Os pirômetros de radiação diferenciam-se ainda pelo tipo de detector (ou sensor), citaremos dois tipos: térmicos e de fótons.

- Detector Térmico: respondem a energia de todo o espectro, durante a aferição leva um tempo de relativamente grande;
- Detector de fótons: a radiação incidente libera elétrons da estrutura do detector e produz um efeito elétrico mensurável com curto intervalo de tempo, na ordem de 1 milissegundo.

O advento dos pirômetros data no final do século XIX e início do século XX, como já mencionamos antes, para realização de medidas na escala de maiores ordens de grandeza para a temperatura muitos estudos seguidos de várias experimentações foram necessários para a concretização desses aparatos experimentais. Percebemos claramente a evolução da ciência através da elaboração de novas teorias aliadas a construção de modelos capazes de explicar os fenômenos naturais. Nesta época as teorias do eletromagnetismo e da termodinâmica já estavam bem consolidadas, o eletromagnetismo comprovara que os fenômenos em óptica eram de natureza eletromagnética, a teoria atômica para a matéria já ocupava muita aceitação com seus modelos que, aliados a linguagem matemática da Física, conseguia explicar uma grande variedade de fenômenos, enfim, até esta data a evolução científica impulsionou grandes avanços tecnológicos jamais imaginados na história da humanidade. Em meio ao grande avanço da ciência, prosseguiram alguns fenômenos e incoerências sem explicação, dentre os principais: o espectro descontínuo das emissões eletromagnéticas de gases ionizados, interação entre a matéria e a radiação eletromagnética (radiação do corpo negro, emissão de raios-x, efeito fotoelétrico), incoerência teórica das equações de Maxwell do eletromagnetismo e o Princípio da Relatividade (compatível com a mecânica newtoniana), falta de teoria para elementos radioativos, e inconsistências para o modelo atômico de Rutherford.

As explicações teóricas para o funcionamento dos pirômetros de radiação prosseguem no início do século XX. Nesta ocasião, foi que o físico alemão Max Planck (1858-1947) se propôs a estudar as interações entre a matéria e a radiação eletromagnética em fenômenos que envolvem elevadas temperaturas. Tratava-se das radiações emitidas por metais superaquecidos, muito comuns na indústria siderúrgica da época, Planck decidiu investigar a explicação teórica para a curva da radiação espectral em função do comprimento de onda (ou da frequência) sempre que um material era muito aquecido. Como em alguns casos que ocorreram na evolução da Física, esta curva característica já era conhecida baseando-se no empirismo experimental da época, o que havia de inconsistência era a solução matemática para sua explicação com a fundamentação das teorias contemporâneas. A única solução encontrada por Planck fora uma ideia que nada tinha em comum com a teoria eletromagnética. Ele supôs que a radiação se manifestava na forma de pacotes de onda eletromagnética (denominadas os *quanta* de energia) com frequência bem definida. Ele trabalhou

com o modelo do corpo negro utilizando a radiação de cavidade, em sua suposição ele admitia que a matéria seria constituída por agentes osciladores (átomos), estes deveriam ter um movimento periódico harmônico ocasionando a emissão de pacotes de radiação eletromagnética com frequência bem definida. Outro físico alemão, Albert Einstein (1879-1955), contemporâneo de Planck, ao observar esta suposição não tarda em aplicá-la na explicação do efeito fotoelétrico.

Einstein estendera o conceito dos *quanta* de energia de Max Planck para o de partículas de luz, os *fótons*. Para Einstein, uma onda eletromagnética seria constituída de inúmeros fótons de luz, mas é claro, esta nova suposição foi oportunamente pensada para explicar o efeito fotoelétrico, cuja teoria eletromagnética não o cumpria. O princípio do pirômetro cujo tipo de sensor funciona com a extração de elétrons de sua superfície, é uma consequência direta dos fótons de luz, pois, só pode ser explicado admitindo-se como sendo a luz composta com esta especificidade.

Estas suposições iniciais, além de outras importantes, sobre a interação da radiação eletromagnética com a matéria, ganharam respaldo e interesse pela comunidade científica culminando com a formulação da teoria quântica por volta de 1926. A teoria quântica e a teoria da Relatividade foram formuladas e aceitas no século XX, com o entendimento e a aplicação direta destas teorias houve muito avanço tecnológico na microeletrônica, síntese de materiais, computação, dentre muitas outras áreas. De forma que, no século presente, é comum encontrarmos termômetros eletrônicos, além de sensores específicos de temperatura que operam em conjunto com microcontroladores no monitoramento de várias medidas ao mesmo tempo.

### 3.6 Os termômetros modernos

Atualmente, existem diferentes tipos de termômetros, citaremos alguns.

- ✚ O termômetro digital tem seu princípio de funcionamento baseado em sensores elétricos como termopares, termômetros de resistência e termistores, neste caso, a corrente elétrica proveniente destes sensores passa por uma placa eletrônica indicando a medida através de um display.

Foto 7: Termômetro digital



Fonte: <https://www.multilaser.com.br/termometro-digital-simples-hc070/p> (em jan. de 2021)

- ✚ Os termômetros capazes de absorver a radiação infravermelha, ou outra faixa do espectro eletromagnético (termômetro infravermelho, e Termovisor), continuam sendo os pirômetros, mas

com aprimorações atuais, ou seja, com o auxílio de computação gráfica torna-se possível gerar gráficos coloridos como mostradores dos gradientes de temperatura na superfície dos objetos.

Foto 8: Termovisor infravermelho



Fonte: <http://www.insmart.com.br/produto/temperatura/termovisores-ir/117-termovisor-infravermelho-easir9> (2021)

- ✚ Alguns materiais semicondutores de eletricidade funcionam como sensores de temperatura (Foto 9), sendo que, a resposta desses sensores à temperatura é uma função não-linear. Para converter a resposta do sensor em um sinal elétrico linearmente relacionado à temperatura é necessária alguma forma de linearização, isto pode ser efetivado com ajuda de um microcontrolador aliado a um software (linguagem de programação).

Foto 9: Sensor de temperatura DS18B20



Fonte: <https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-temperatura-ds18b20/> (2020)

Muito teríamos que tratar sobre a história e a evolução do conhecimento em Física até aqui, mas, voltando às especificidades da Termometria, o que procuramos relatar foi o surgimento e desenvolvimento dos instrumentos aferidores de temperatura, sendo que estes estão diretamente correlacionados a origem do conceito da temperatura e aos fenômenos específicos de cada época.

## 4 Compreendendo os objetos mediadores

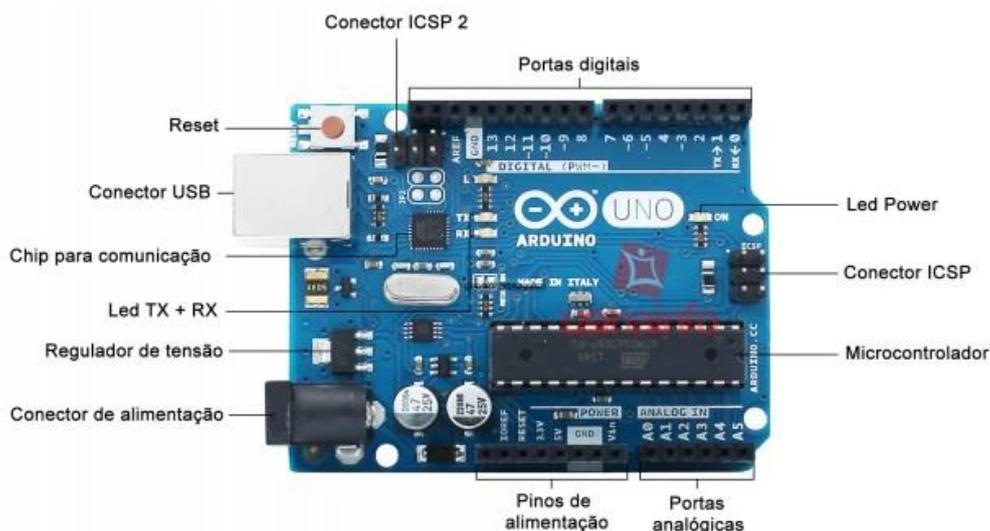
### 4.1 Arduino e Sensor DS18B20

O Arduino é uma multiplataforma constituída por um site cujo projeto teve início na cidade de Ivrea, Itália, em 2005, com o intuito de interagir em projetos escolares de forma a obter um orçamento menor que outros sistemas de prototipagem disponíveis na época. O site disponibiliza gratuitamente o software (programa Arduino IDE). Os acessórios eletrônicos (sensores, microcontrolador e outros) são vendidos por valor acessível no mercado.

O Arduino consiste basicamente na sua parte hardware e software:

- A parte hardware (Arduino UNO) é constituída por uma placa eletrônica com um microcontrolador do tipo Atmel AVR de 8 bits, com componentes complementares: memória flash, pinos de entrada e saída, LEDs de sinalização de atividade, e outros. Isto para realizar a programação e incorporação em outros circuitos. Além de ser um microcontrolador, também pode ser pré-programado pela parte software (instalado no computador), o que simplifica o carregamento de programas para o chip de memória flash embutido na sua placa em comparação com outros aparelhos que geralmente demandam de um chip programador externo, ou seja, estes últimos não são passíveis de programação.

Foto 10: Parte hardware (placa eletrônica do Arduino UNO)



Fonte: <http://www.professorakeila.com.br/2017/04/04-principais-componentes-do-arduino-uno.html> (2020)

- A parte software (Arduino IDE) é gratuita pela multiplataforma Arduino na web, e deve ser instalada num computador comum. Este software é uma aplicação da multiplataforma escrita em Java derivada dos projetos Processing e Wiring. Foi elaborado para profissionais de áreas

diversas e para pessoas no geral, que não são familiarizadas em programação computacional. Inclui um editor de código para a “linguagem de programação em C” capaz de compilar e carregar programas na placa eletrônica. Na Figura 8 abaixo vemos a área de trabalho ainda em branco do Arduino IDE na tela de computador comum.

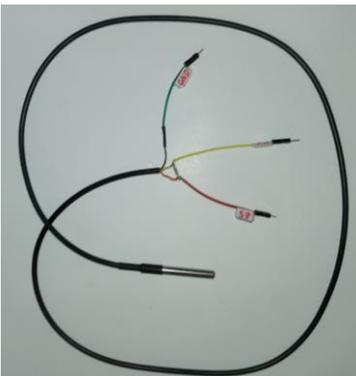
Figura 8 – Arduino IDE



Fonte: arquivos do autor (2020)

O sensor DS18B20 é um dispositivo de entrada de dados, ou melhor, é capaz de medir a grandeza física de temperatura. Existe um número considerável de sensores específicos (por exemplo, sensor de pressão, de radiação, corrente elétrica, e outros) para cada tipo de medida a ser efetuada. O princípio de funcionamento dos sensores é a variação da resistência elétrica interna existente em sua estrutura física, quando o material resistivo interage fisicamente com algum agente externo como: radiação eletromagnética (luz visível, ultravioleta), temperatura de um meio fluido ou sólido, pressão exercida por fluido, ou outros tipos de interações, ocorre uma mudança na resistência elétrica no sensor modificando assim a corrente elétrica que passa através deste.

Foto 11: Sensor DS18B20



Fonte: arquivos do autor (2020)

Foto12: Conexão do DS18B20-Arduino UNO

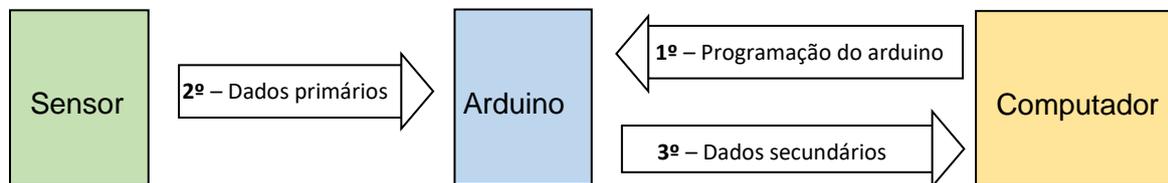


Fonte: arquivos do autor (2020)

Para concluir nosso comentário acerca dos dispositivos físicos mencionados no nosso trabalho, chegamos ao entendimento de que o sensor de temperatura fará o papel da aferição desta grandeza física. Assim, os sensores serão as fontes de dados primários enviados através de corrente elétrica até aos pinos de entrada do Arduino UNO. Este compilará os dados primários gerando dados secundários para o computador de tal forma que o processamento final das informações apareça graficamente no monitor do computador.

A sequência esquemática mostrada na Figura 9 abaixo exemplifica o modo de operação entre um sensor, o Arduino UNO, e o computador.

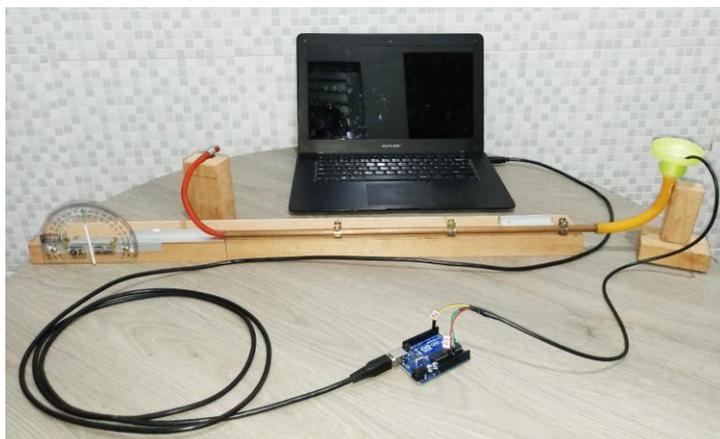
Figura 9: Esquema de funcionamento da interface: medidas - microcontrolador - resultados



Fonte: arquivos do autor (2020)

Chegamos ao entendimento de que todas estas partes físicas implicam numa mediação colocando o Arduino como elemento de destaque. Pois trabalhamos na interface entre a aferição das grandezas físicas realizada por sensores numa prática experimental e a percepção visual destas aferições geradas pela parte gráfica do computador.

Foto 13: Computador conectado ao Arduino UNO e sensor DS18B20



Fonte: arquivos do autor (2020)

## 4.2 Breve tutorial do sensor de temperatura modelo DS18B20

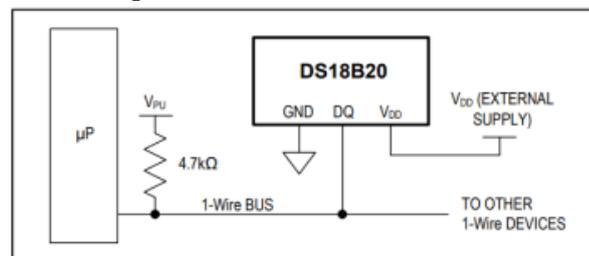
Neste breve tutorial mostraremos como desenvolver sistemas de medição de temperatura utilizando o sensor de temperatura DS18B20. Este sensor é um termômetro digital produzido pela empresa Dallas Instruments. Para demonstrar seu funcionamento, utilizaremos o Arduino Uno.

Em virtude dos tipos de aplicações existentes, é fácil perceber a necessidade de uma variedade de sensores, os quais, de maneira individual, cumprem requisitos particulares de cada situação.

Em geral, sensores de temperaturas são analógicos e fornecem um valor de tensão ou corrente que será interpretado pelo Arduino UNO ou outro microcontrolador, já o sensor DS18B20 possui sua própria programação. Ele é capaz de ler a temperatura, interpretá-la e enviar a informação do valor de temperatura numa escala pré-programada para o microcontrolador usando um barramento de apenas um fio (protocolo de comunicação One-wire ou 1-wire).

Cada sensor DS18B20 tem três pinos, GND, DQ,  $V_{DD}$  (Figura 10), e possui um endereço serial exclusivo de 64 bits, de modo que podemos colocar vários sensores em um mesmo barramento utilizando apenas uma única porta (pino) do microcontrolador para obter os valores de temperatura de cada sensor separadamente. Ele pode medir temperaturas entre  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $125\text{ }^{\circ}\text{C}$  com uma precisão de cerca de  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  na faixa de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Figura 10: Esquema retirado do Datasheet do DS18B20



Fonte: <https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-temperatura-ds18b20/> (2020)

Com isso, é possível ligar vários sensores no mesmo barramento 1-wire. Assim, é simples usar um microcontrolador para controlar muitos DS18B20 distribuídos por uma grande área.

O Sensor de temperatura DS18B20 é produzido com encapsulamento TO-92, no mesmo formato do LM35 (outro sensor semelhante).

Foto 14: Sensor DS18B20 encapsulamento TO-92



Fonte: <https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-temperatura-ds18b20/> (2020)

É mais comum encontrarmos este sensor com uma proteção à prova d'água (Foto 15). É o mesmo sensor de temperatura, apenas com os fios soldados nas pernas do DS18B20 e o colocados dentro de uma capsula metálica.

Foto 15: Sensor DS18B20 com proteção à prova d'água



Fonte: <https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-temperatura-ds18b20/> (2020)

Dentro do encapsulamento metálico podemos encontrar o DS18B20 em seu formato original.

Foto 16: Encapsulamento metálico do sensor DS18B20 à prova d'água



Fonte: <https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-temperatura-ds18b20/> (2020)

Devido a sua versatilidade, esses sensores são muito usados em controle de climatização, monitoramento de temperatura de equipamentos e máquinas, e monitoramento de processos e sistemas de controle. É comum encontrá-los também no controle de temperatura de piscinas e banheiras aquecidas.

Possui ainda outros recursos muito interessantes que não serão detalhados aqui, mas fica a dica para outros estudos:

- Modo parasita (Parasitic Power Mode): Ele pode ser alimentado usando o próprio barramento de comunicação, assim, em vez de usar 3 fios para ligar o sensor, seria usado apenas 2. Um para comunicação e alimentação e outro como referência;
- Alarme programável: É possível programar um alarme de temperatura alta e baixa. Para que, quando a temperatura estiver fora desses valores o sensor sinalize. Essa configuração é gravada em uma memória não volátil EEPROM.
- Resolução configurável: Por fim, é possível configurar qual a resolução que se deseja: 9, 10, 11 ou 12 bits.

## Entendendo a parte Hardware do Sensor DSB1820

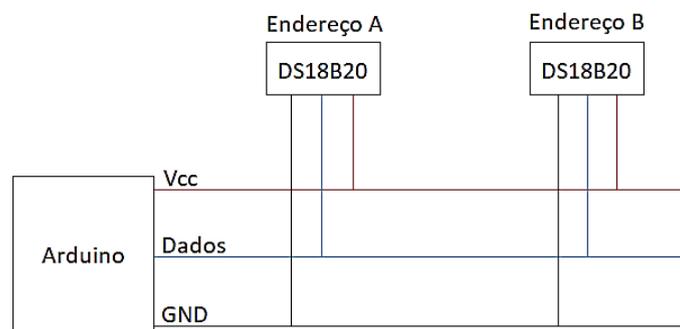
### Protocolo One-Wire

Nesta seção discutiremos um pouco do protocolo de comunicação utilizado para fazer com que os dados provenientes do sensor cheguem até o nosso Arduino UNO, o protocolo OneWire (também conhecido como 1-Wire).

O protocolo OneWire foi desenvolvido pela Dallas Semiconductor e consiste em um protocolo de comunicação cuja estrutura se dá em forma de um barramento, ou seja, sob a forma de uma linha única para transmissão de dados, na qual, podem ser conectados vários dispositivos (sensores), de modo que estes possam trocar informações com o nosso Arduino UNO.

Cada elemento inserido no barramento deve possuir um determinado endereço, de modo que, o próprio barramento, através de um algoritmo de busca, pode determinar quais são os endereços que estão sendo utilizados pelos dispositivos, sendo assim, é possível fazer com que o Arduino UNO possa interagir com eles de maneira rápida e fácil. Vejamos isto na Figura 11 abaixo.

Figura 11: Esquema de barramento OneWire de dois sensores DS18B20 A e B



Fonte: <https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-temperatura-ds18b20/> (2020)

### 4.3 Programando o sensor DS18B20 no Arduino IDE

Agora, mostraremos de forma direta o código que deve ser inserido na área de trabalho do software do Arduino IDE, este software, como já comentamos, pode ser fácil e gratuitamente encontrado na internet. Este procedimento é necessário para a realização da medição de temperaturas com mais de um sensor de temperatura DS18B20.

Para o funcionamento dos sensores, digitamos de forma exata, os comandos para a área de trabalho do Arduino IDE, da maneira como a Figura 12 mostra.

Figura 12: Programação (sketch) para sensores DS18B20 ligados em barramento



```

DS18B20_barramento.ino §
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define DS18B20_OneWire 2
OneWire oneWire(DS18B20_OneWire);
DallasTemperature sensorTemp(&oneWire);
int ndispositivos = 0;
float grausC;
float i;
void setup() {
  sensorTemp.begin();
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Localizando Sensores");
  Serial.print("Encontrados ");
  ndispositivos = sensorTemp.getDeviceCount();
  Serial.print(ndispositivos, DEC);
  Serial.println(" dispositivos.");
  Serial.println(" ");
}
void loop() {
  sensorTemp.requestTemperatures();
  for (int i = 0; i < ndispositivos; i++)
  Serial.println("Temperatura:");
  Serial.print("Sensor ");
  Serial.print(i+1);
  Serial.print(":  ");
  float grausC = sensorTemp.getTempCByIndex(i);
  Serial.print(grausC);
  Serial.print(" °C");
  Serial.print(" ");
  Serial.print((grausC*1.8)+32);
  Serial.print(" °F");
  Serial.print(" ");
  Serial.print(grausC+273);
  Serial.println(" K");
  Serial.println(" ");
  Serial.println(" ");
  delay(5000); }

```

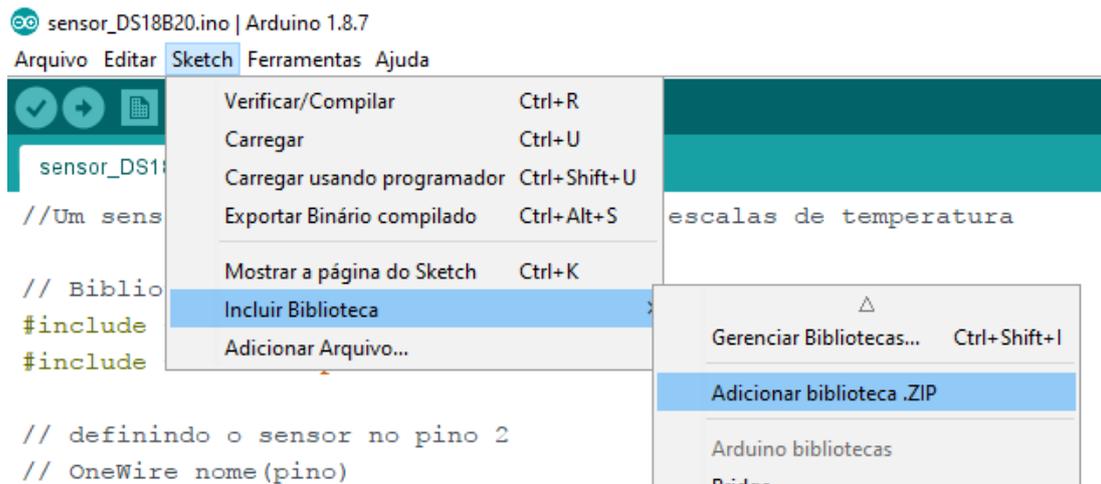
Fonte: arquivos do autor (2020)

O sensor DS18B20 é um hardware que requer outro software, além do Arduino IDE já instalado no computador, esse segundo software se chama “biblioteca” (biblioteca é um trecho de um software que fornece uma programação específica para um hardware). Encontramos estas bibliotecas de forma fácil e gratuita na internet, para o sensor de temperatura DS18B20 são necessárias duas bibliotecas. Para adquiri-las basta acessar, consecutivamente, os dois endereços eletrônicos, destacados na seqüência: <https://www.arduino-libraries.info/libraries/dallas-temperature> (para a biblioteca DallasTemperature) e <https://www.arduino-libraries.info/libraries/one-wire> (para a biblioteca OneWire). Acessando, de forma consecutiva, estes dois endereços eletrônicos, realizamos o

download dessas duas bibliotecas salvando-as numa pasta conhecida do nosso computador. Na sequência, inserimo-las no “sketch” que foi digitado anteriormente. Para isso, seguimos os passos:

- Na barra de menu do arduino seguimos as opções: “Sketch”, “Incluir Biblioteca”, e “Adicionar Biblioteca”. Vejamos a figura abaixo.

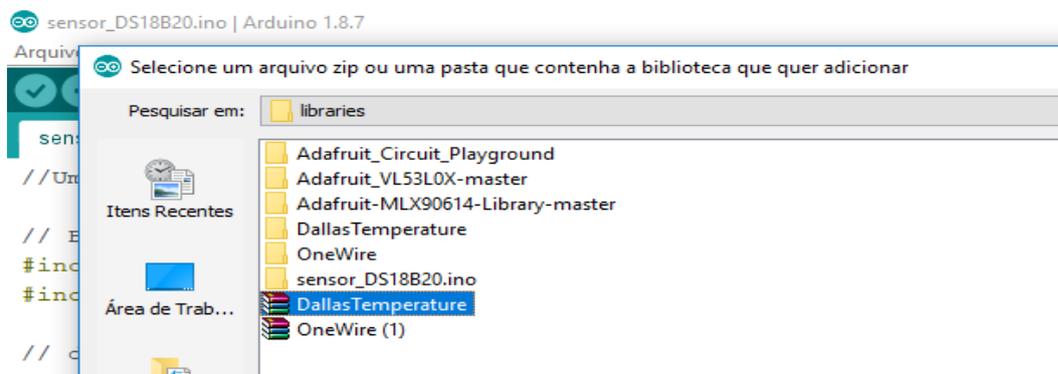
Figura 13: 1º passo para incluir uma biblioteca na programação



Fonte: arquivos do autor (2020)

- Buscamos o diretório do computador onde estão gravadas as bibliotecas e importamos para o Sketch selecionando corretamente a biblioteca já salva, uma de cada vez.

Figura 14: 2º passo para incluir a biblioteca na programação

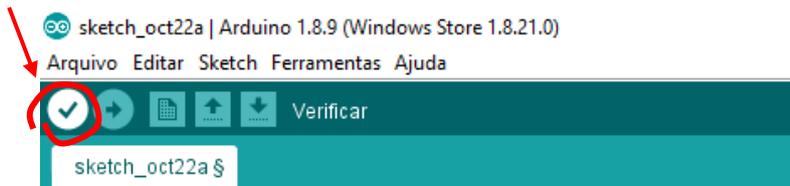


Fonte: arquivos do autor (2020)

Ao fazer estes dois passos, a biblioteca DallasTemperature constará no nosso sketch. Fazemos novamente estes dois passos consecutivos, só que agora, para incluir a biblioteca OneWire no nosso sketch.

Após digitarmos a programação, exatamente como está mostrado no primeiro sketch, e inserirmos estas duas bibliotecas, devemos, em seguida, verificar se a programação está correta. Fazemos isso clicando no botão “Verificar”, visualizando na parte superior esquerda da área de trabalho, e, esperar que a compilação seja terminada. Vejamos a figura seguinte.

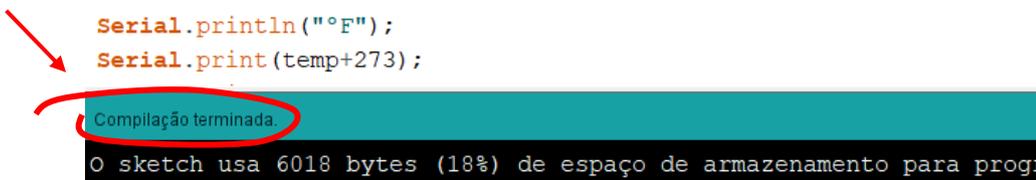
Figura 15: Verificação da programação (sketch)



Fonte: arquivos do autor (2020)

Na parte inferior esquerda do sketch visualizamos se a programação foi compilada. Se não foi possível compilar, devemos observar qual o(s) erro(s) na digitação do sketch, ou se as duas bibliotecas não foram incluídas corretamente. Logo após, clicamos novamente no botão “Verificar” a fim de terminar a compilação. Vejamos na seguinte.

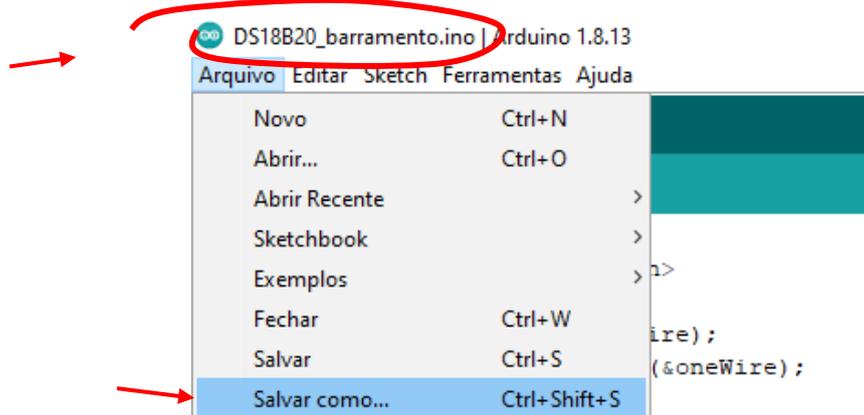
Figura 16: Compilação terminada



Fonte: arquivos do autor (2020)

Com a compilação terminada, salvamos este sketch clicando em “Arquivo”, e em “Salvar como...” usando a extensão “.ino” numa pasta conhecida do nosso computador. Por exemplo, na imagem abaixo o arquivo tem o nome **DS18B20\_barramento.ino**. Vejamos a figura abaixo.

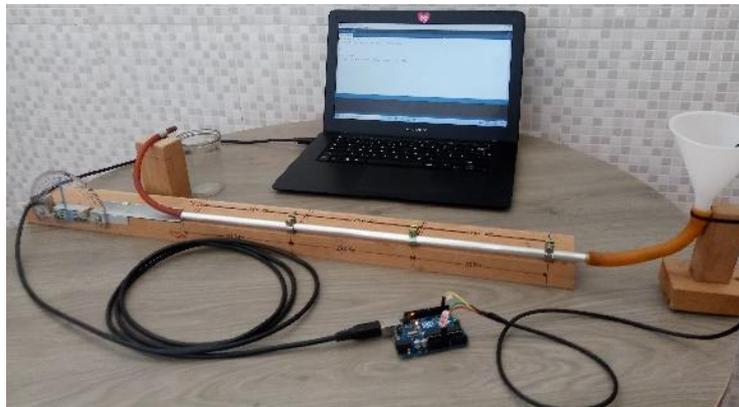
Figura 17: Salvando o sketch numa pasta do computador



Fonte: arquivos do autor (2020)

Para utilizar o sensor DS18B20 devemos conectar o fio PIN na porta analógica 2 da placa do Arduino UNO, o fio GND na porta GND, e o fio de 5V. Conectamos o outro cabo USB na placa do Arduino UNO e numa entrada USB do computador.

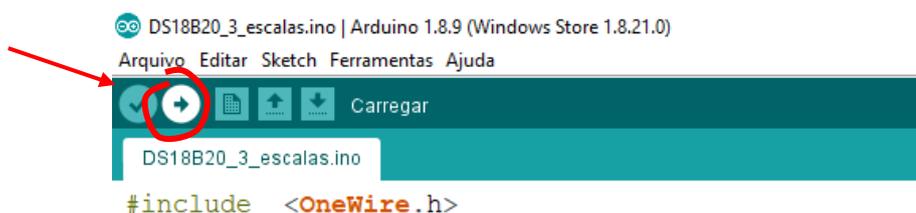
Foto 17: Conexão: sensor - Arduino UNO - computador



Fonte: arquivos do autor (2020)

Para iniciar a medição da temperatura clicamos no botão “Carregar”, visualizado também na parte superior esquerda da área de trabalho.

Figura 18: Carregando o Arduino com o sensor DS18B20



Fonte: arquivos do autor (2020)

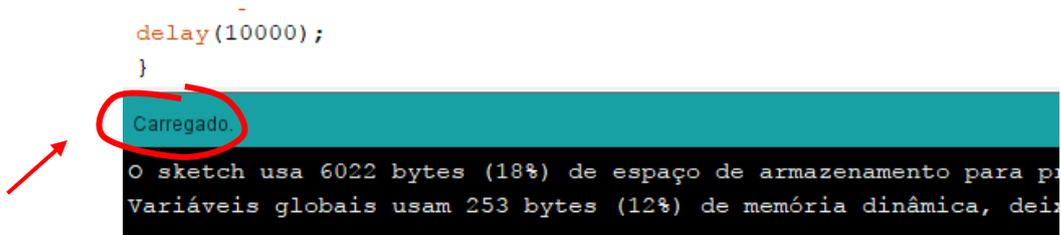
Se o sensor estiver conectado na placa Arduino UNO, e esta, no computador, então o Arduino IDE irá ler da temperatura através do sensor logo que o sketch estiver carregado. É possível visualizar na parte inferior esquerda do sketch se já está carregado.

Figura 19: Arduino UNO carregado pelo Arduino IDE

```

delay(10000);
}

```



Fonte: arquivos do autor (2020)

Finalmente, para visualizar a medida da temperatura dos sensores, nas três escalas térmicas, clicamos no botão “Monitor serial”, localizado na parte superior direita da área de trabalho do sketch.

Figura 20: Acesso ao Monitor serial



Fonte: arquivos do autor (2020)

Feito isto, aparecerá na janela do “Monitor serial” as informações dos sensores que estão ligados (em barramento) e o valor de temperatura nas três escalas (Celsius, Fahrenheit e Kelvin) de cada sensor ligado no barramento. De acordo com o sketch, programado anteriormente, a cada 5 segundos surge uma nova linha com a medida de temperatura do último instante.

Figura 21: Visualização das temperaturas dos sensores

The screenshot shows the Arduino IDE interface with the following code and output:

```

DS18B20_barramento.ino | Arduino 1.8.13
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

DS18B20_barramento.ino
#include
#include
#define
OneWire
Dallas
int n
float
float
void set
sensor
Serial
Serial
Serial
ndisp
Serial

```

COM6

```

Localizando Sensores
Encontrados 1 dispositivos.

Temperatura:
Sensor 1.00:  34.00 °C    93.20 °F    307.00 K

Temperatura:
Sensor 1.00:  33.56 °C    92.41 °F    306.56 K

```

Fonte: arquivos do autor (2020)

Reforçando, a Figura 21 mostra que apenas um sensor DS18B20 está ligado na placa do Arduino UNO, com as respectivas escalas de temperatura, °C, °F e K. Cada linha com o valor da temperatura surge no intervalo de cinco segundos.

Vale ressaltar que não mencionamos na sintaxe lógica da programação na área de trabalho do Arduino IDE, isto implicaria na explicação de cada comando digitado numa linha do sketch. Isto foge aos objetivos mais gerais de nosso trabalho, pois demandaria mais tempo e estudo para a aprendizagem da linguagem de programação em computadores (no caso do sketch do Arduino IDE é a linguagem de programação em “C”).

## **5 O Arduino como objeto mediador no ensino de Física Experimental segundo a teoria da Educação de Vigotski**

### **5.1 Panorama Atual da Cultura da Aprendizagem segundo Pozo**

Antes de iniciarmos a abordagem a teórica da aprendizagem mediadora de Vigotski que será desenvolvido neste trabalho, convém refletirmos um pouco no panorama atual de como se encontra a nossa cultura referente à aprendizagem. Falamos tanto daquela objetivada pela educação escolar como também no aspecto geral de nossa convivência social.

Se queremos compreender, seja como aprendizes, como mestres ou como ambas as coisas ao mesmo tempo, as dificuldades relativas às atividades de aprendizagem devemos começar por situar essas atividades no contexto social em que são geradas. Talvez essa aparente “deterioração da aprendizagem” [...] esteja muito ligada à cada vez mais exigente demanda de novos conhecimentos, saberes e habilidades que propõe a seus cidadãos uma sociedade com ritmos de mudança muito acelerados, que exige continuamente novas aprendizagens e que, ao dispor de múltiplos saberes alternativos em qualquer domínio, requer dos alunos, e dos professores, uma integração e relativização de conhecimentos que vai além da mais simples e tradicional reprodução dos mesmos. (POZO, 2008, p. 23 e 24)

Pozo (2008) aponta rumos para uma nova cultura da aprendizagem que vão de encontro a construção dos conhecimentos, segundo ele, a crise da concepção tradicional da aprendizagem, baseada na apropriação e reprodução “memorística” dos conhecimentos e hábitos culturais, deve-se não tanto ao impulso da pesquisa científica e das novas teorias psicológicas como o alinhamento de diversas mudanças sociais, tecnológicas e culturais. Partindo desse ponto de vista, a imagem tradicional da aprendizagem sofre uma deterioração progressiva, devido ao desajuste crescente entre o que a sociedade pretende que seus cidadãos aprendam e os processos que põem em marcha para consegui-lo. A nova cultura da aprendizagem, própria das modernas sociedades industriais se define por uma educação generalizada e uma formação permanente e massiva, por uma saturação informativa produzida pelos novos sistemas de produção, comunicação, e por um conhecimento descentralizado e diversificado. Essa sociedade da aprendizagem continuada, da explosão informativa e do conhecimento relativo, gera algumas demandas de aprendizagem que não podem ser comparadas com as de outras épocas passadas, tanto em qualidade como em quantidade. Sem uma nova mediação instrucional, que faça surgir novas formas de focalizar a aprendizagem, as necessidades sociais ultrapassaram em muito as capacidades e os recursos da maior parte de quem estuda, produzindo um efeito paradoxal de deterioração da aprendizagem. Uma das consequências: parece que cada vez aprendemos menos porque cada vez nos exigem que aprendamos mais coisas, e mais complexas. Em

nossa cultura da aprendizagem, a distância entre o que deveríamos aprender e o que finalmente conseguimos aprender é cada vez maior. Essa falha, mais do que o lapso da aprendizagem, adquire contornos precisos se esboçarmos algumas das características que definem a atual cultura da aprendizagem em comparação com épocas passadas.

## 5.2 Aportes teóricos da obra de Vigotski

Observando esta reflexão do panorama cultural da aprendizagem, pensamos num trabalho didático e modesto do qual fosse capaz de instrumentar experimentalmente professores de Física com o uso do hardware Arduino UNO em aulas experimentais/demonstrativas, com este dispositivo físico o professor tem a oportunidade de elaborar seu próprio laboratório. Decidimos ter como referencial teórico a teoria da educação de Vigotski, esta foi elaborada numa abordagem histórico-cultural da qual extraímos subsídios com reflexões sobre a parte subjetiva da educação de maneira que podemos reorientar práticas educativas que contribuam para a formação de pessoas e profissionais capazes de reaprender, repensando suas técnicas de ensino. Ressaltamos que, para Vigotski:

“[...] a educação, sobretudo a escolar, não é apenas contexto de socialização do indivíduo que influi em alguns processos do seu desenvolvimento; é também prática social que pode reestruturar as funções psíquicas (consciência, atenção, memória, afetividade, psicomotricidade, linguagem, ...) e o comportamento em toda sua amplitude.” (CARVALHO, 2015, IBIAPINA, 2015, p. 183).

Para falarmos sobre mediação é importante destacarmos um comentário sobre a obra “*Teoria e método em Psicologia*” de Vigotski, na qual explica sua formulação do processo de formação das funções psíquicas superiores, ou melhor, o desenvolvimento da atenção e memória voluntária, pensamento abstrato, raciocínio dedutivo e outras qualidades. Sem dúvida, estas faculdades mentais apontam para a eficácia da aprendizagem dos conteúdos da área das ciências naturais. Mostramos interesse em nosso trabalho nesse estudo do desenvolvimento das funções psíquicas superiores. A citação abaixo menciona a base do método histórico-genético da obra de Vigotski:

[...] consiste apontar os mecanismos (bases dinâmicos-causais) pelos quais a cultura torna-se parte da natureza de cada pessoa, isto é, analisar as transformações que ocorrem no psiquismo humano causadas pelo uso de instrumentos psicológicos como a linguagem, as diferentes formas de numeração e cálculo, [...] Vigotski usou procedimentos técnicos, como o experimento e a observação em suas investigações sobre a memória, o cálculo e a formação dos conceitos da criança. Por meio de vários experimentos, ele constatou que o uso de instrumentos psicológicos pelo homem recria e reconstrói por completo toda a estrutura do seu comportamento, ampliando infinitamente suas possibilidades e fazendo nascer o ato instrumental – as funções psíquicas superiores. [...] (CARVALHO, 2015, IBIAPINA, 2015, p. 188).

Com base nos estudos e formulações de Vigotski entendemos que estas funções psíquicas superiores apresentam o estágio psicológico adequado para uma pessoa apropriar-se do conhecimento em geral, parte desse conhecimento é elaborado e transmitido nos moldes da educação escolar, pois a escola é por natureza a instituição responsável por, pelo menos, dar início a aquisição dos conhecimentos fundamentais aos cidadãos. Mais ainda, Vigotski afirma que o meio de convívio escolar pode proporcionar uma grande mudança na estrutura psíquica de uma pessoa, não apenas na aquisição dos conteúdos curriculares, mas na aquisição da cultura e valores próprios. Vigotski sempre reforça que a pessoa aprende partindo do plano social (interpsicológico, convívio entre pessoas) para o individual (intrapicológico, pensamento consciente do indivíduo), e para tal, sempre é necessária a interação mútua entre estes.

A obra de Vigotski é vasta, discorreremos de algumas formulações teóricas, presentes em algumas de suas obras, intimamente ligados aos processos de ensino e aprendizagem e que trazem contribuições importantes para a educação, mais especificamente, para o nosso trabalho que trata do ensino em Termometria. Estas formulações, também denominadas de “aportes teóricos”, apontam para a construção de uma prática de ensino-aprendizagem satisfatória, de forma que os professores encontrem mecanismos próprios para a sua atuação no ensino escolar. Utilizaremos os aportes da mediação simbólica, internalização, zona de desenvolvimento imediato (ZDI), e o processo de formação de conceitos científicos, assim, acreditamos que a transcorrência do nosso trabalho espelhado nestes aportes possa contribuir para o processo de ensino-aprendizagem do conteúdo de Termometria.

### **5.3 A Mediação**

Cuidaremos agora em abordar o aporte teórico da medição simbólica, o mais adequado para analisar o processo de ensino-aprendizagem de modo que consigamos facilitar, de forma significativa, o ensino dos conteúdos de Termometria aos estudantes no âmbito do Ensino Médio com o uso do Arduino em práticas experimentais.

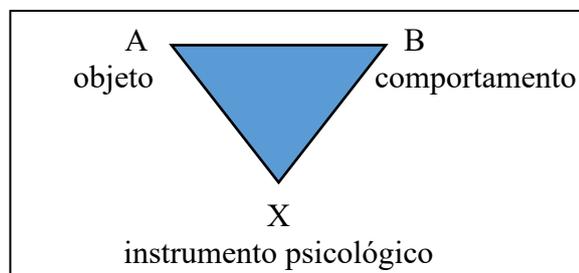
Segundo Carvalho (2015) os procedimentos metodológicos desenvolvidos por Vigotski para escrever e explicar a gênese social do psiquismo humano demonstram que é na relação dialética entre os indivíduos e entre estes e o mundo, mediada por instrumentos técnicos e simbólicos, que as funções psíquicas evoluem de condição de elementares (reações automáticas, ações reflexas, associações simples e outras) para superiores (atenção e memória voluntária, pensamentos abstratos, raciocínio dedutivo e outras). Tais procedimentos demonstram que é por meio da mediação, sobretudo a simbólica, que o indivíduo se apropria da cultura e desenvolve, por exemplo, as capacidades de

planejamento e de controle voluntário do seu comportamento e das suas atividades e das atividades dos outros.

Ao explicar que essa relação não é direta, mas mediada, Vigotski esclarece o que se entende por mediação, aponta e analisa dois tipos de instrumentos – os técnicos e os signos – e, ainda, explica a importância da mediação simbólica no funcionamento psicológico.

Mediação é o processo de intervenção de um elemento intermediário em uma relação, que deixa de ser direta e passa a ser mediada por um elemento interposto. Esse elemento constitui ferramenta auxiliar da atividade humana, seja a técnica, seja a psicológica. Os instrumentos técnicos são ferramentas, como o machado, lápis, o computador, entre outros, que servem para modificar os objetos e, com isso, ampliar as possibilidades de transformação do mundo e levar o homem a atingir seus objetivos. Os signos são indícios, marcas, sinais, que constituem sistemas simbólicos e, ao representar algo para alguém, tem como função ajudar a solucionar um determinado problema psicológico, como lembrar, comparar coisas, relatar, entre outras, e, portanto, são ferramentas psicológicas que provocam transformações nas pessoas. Desse modo os primeiros modificam o objeto a que se destina o trabalho, ao passo que os segundos controlam e transformam a psiquê, logo, o próprio comportamento humano.

Figura 22: Esquema da mediação simbólica



Fonte: autor

Nosso trabalho tem o Arduino UNO (um microcontrolador eletrônico) como instrumento técnico, cuja mediação facilitará a aferição e comparação das grandezas físicas envolvidas numa prática experimental. O uso de sensores serve como um instrumento de medida num fenômeno, o que na realidade se trata de um objeto de inovação tecnológica. Tais sensores possuem uma considerável precisão de medida, além de sua versatilidade. Como já expusemos antes, a placa eletrônica contendo o microcontrolador Arduino UNO está interligada aos sensores e ao computador, ela realizará a compilação dos dados primários gerados pelo sensor, encaminhando os dados secundários ao computador, também considerado como instrumento técnico de mediação. O computador terá a finalidade de gerar a parte gráfica no monitor. Esta parte gráfica refere-se à visualização de gráficos/diagramas que mostrarão o comportamento (constância ou variação) da grandeza física a ser

medida pelo sensor. Tal comportamento será discutido de forma a se verificar uma lei no campo da Termometria, como por exemplo, na visualização da variação das temperaturas de dois corpos com temperaturas diferentes quando estes trocam de calor. Neste caso, verificaríamos que as temperaturas chegariam em um valor de equilíbrio, comprovando assim a lei de resfriamento, ou aquecimento, e a lei do equilíbrio térmico.

Vejamos como fica o roteiro, as anotações, e conclusões de uma prática experimental elaborada e executada de forma bem simplificada.

## Lei do Equilíbrio Térmico

### Prática Experimental: Resfriamento e Aquecimento da Água

**Objetivo:** O objetivo desta prática é utilizar dois sensores de temperatura DS18B20, ligados a uma placa Arduino UNO, e esta, a um computador, para demonstração da lei do Equilíbrio Térmico quando duas porções iguais de água com temperaturas diferentes em contato com o ar atingem o equilíbrio térmico no decorrer do tempo.

**Materiais:** 02 copos iguais de vidro; 02 sensores DS18B20; 01 placa Arduino UNO; 01 computador

**Procedimento:** Colocar os sensores, 3 e 4, respectivamente, no copo com água fria e no copo com água quente (Foto 16), ambas as porções com mesmo volume. Introduzir os termômetros e esperar que eles indiquem a temperatura correta. Depois, esperar pelas medidas das temperaturas indicadas na tela do computador de ambos os termômetros no decorrer dos minutos.

Foto 18: Placa



Fonte: autor

Foto 19: Sensores e água



Fonte: autor

Foto 20: Tela do computador

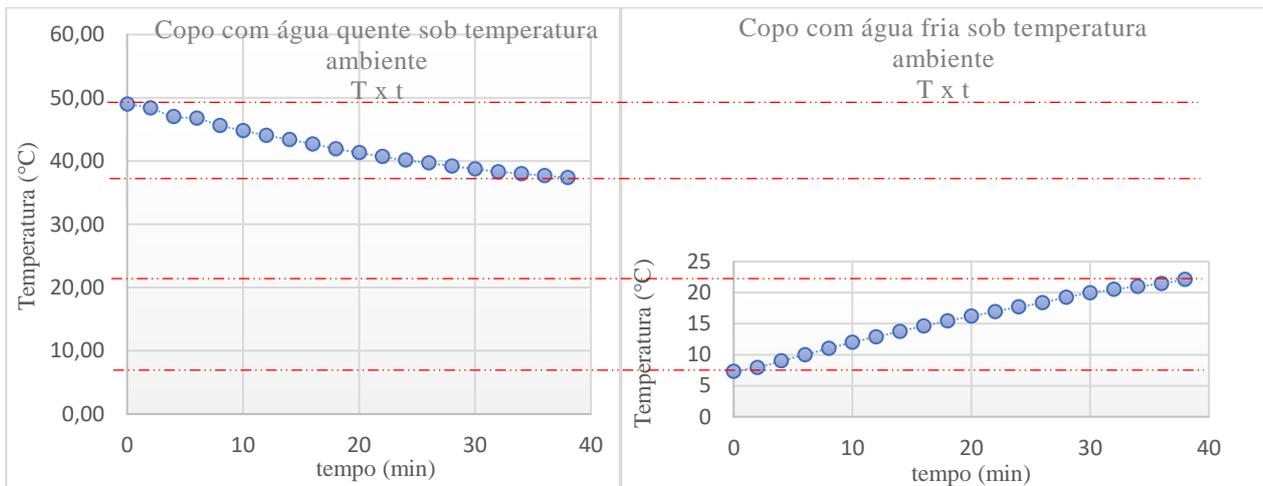
Sensor 2:	36.38°C	97.47 °F
Sensor 3:	7.50°C	45.50 °F
Sensor 4:	48.94°C	120.09 °F
Sensor 5:	34.69°C	94.44 °F

Fonte: autor

**Resultados:** Os resultados foram obtidos pela medida de temperatura dos dois sensores DS18B20.

Em seguida, o último passo feito foi de inserir estas medidas no programa Microsoft Excel para gerar dois gráficos da temperatura em função do tempo respectivos aos sensores 4 e 3.

Gráfico 2: Curvas de resfriamento e aquecimento em dois copos com água



Fonte: arquivos do autor

**Conclusão:** A conclusão dada pelo gráfico mostra que as duas temperaturas iniciais (das porções de água quente  $T_Q \sim 49^\circ\text{C}$  e de água fria  $T_F \sim 7^\circ\text{C}$ ) atingiram uma lenta variação desde o início, no momento que introduzimos os sensores, até o intervalo de tempo de, aproximadamente, 38 minutos. Neste intervalo de tempo a água quente teve a variação:  $\Delta T = 37 - 49 = -12^\circ\text{C}$ . Enquanto a água fria teve uma variação:  $\Delta T = 23 - 7 = 16^\circ\text{C}$ . Ainda neste intervalo de tempo, a água quente se aproxima mais da temperatura ambiente ( $T \sim 34^\circ\text{C}$ ), do que a água fria. Os gráficos mostram duas curvas, demonstrando as curvas características de resfriamento e aquecimento de um objeto exposto ao ambiente de ar. Para uma melhor otimização desse experimento seria necessário que esperássemos por mais tempo para que observássemos estas duas curvas atingirem o valor da temperatura ambiente do ar ( $T \sim 34^\circ\text{C}$ ). A maior variação de temperatura foi da água fria, pois este valor está mais distante de  $34^\circ\text{C}$ , sendo assim, ela demandaria por mais tempo para o equilíbrio.

A parte gráfica gerada pelo computador representa um “sistema simbólico”, o gráfico cartesiano mostrado na tela do computador mostra as curvas com os valores da evolução temporal das temperaturas.

Para Carvalho (2015), Vigotski coloca que os sistemas simbólicos presentes no meio social são a linguagem (oral, escrita, gestual, sons), as diferentes formas de numeração e cálculos (sistemas numéricos, aritmética, dentre outros), os diferentes dispositivos mnemotécnicos (relativo à memória, como mudança de anel de dedo para lembrar algo), os mapas, todos os tipos de símbolos convencionais, como o sinal de trânsito, as placas, entre outros, são instrumentos psicológicos, estes, não são fenômenos sobrenaturais ou supranaturais, suplantados impositivamente de fora (plano

social) para dentro (plano psicológico). De outra forma, os instrumentos psicológicos representam uma ligação (elo) entre os atos naturais e o objetivo social que ocorrem de maneira volitiva por meio de conexões mentais próprias. Assim, o instrumento psicológico (a lembrança de que o fogo da vela queima e dói), por exemplo, representa o terceiro elemento entre o objeto (vela acesa) e o comportamento do homem, transformando-se em operação mental (devo ou não tocar a vela). É esse processo que Vigotski denomina de atividade mediada. A citação a seguir procura demonstrar de forma básica a validade deste processo de mediação:

[...] Vigotski explicita também que os atos e processos de comportamentos naturais precisam ser distinguidos das funções e formas de comportamentos artificiais ou instrumentais, uma vez que os primeiros surgiram de mecanismos especiais comuns ao homem e ao animal, ao longo do processo evolutivo; e os segundos são produtos da evolução histórica da humanidade e, portanto, específicos do comportamento do homem. Como exemplo do primeiro caso, destacamos a atenção involuntária e, do segundo, a atenção voluntária. (CARVALHO, 2015, IBIAPINA, 2015, p. 192).

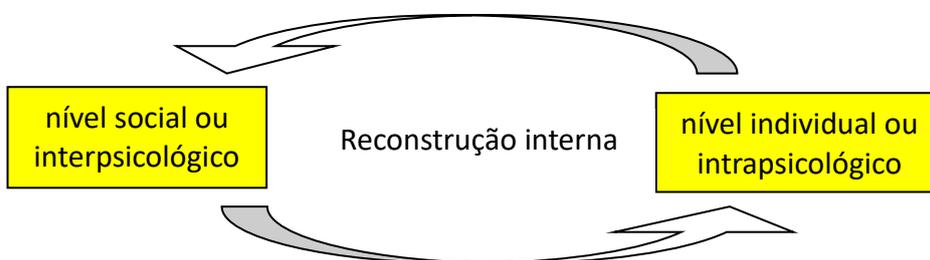
Sempre utilizamos “sistemas simbólicos” de mediação como forma de desenvolver uma atividade que promova o processo da apropriação das leis Físicas, como a representação das grandezas físicas por símbolos, as relações matemáticas e análise dos gráficos, todas estas estão presentes no ensino de Física. Segundo a teoria da aprendizagem de Vigotski, “[...] pois somente esse processo pode levar a formas de desenvolvimento psicológico cada vez mais elaborado, como a auto-observação, a memória seletiva, o pensamento lógico (concreto e abstrato), [...]” (CARVALHO, 2015, IBIAPINA, 2015, p. 194).

Nossa cultura atual está repleta de aparelhos eletrônicos que desempenham funções de importância no ramo das comunicações, no modo de produção. Recentemente, inicia-se o ramo da inteligência artificial dos softwares, programas computacionais cujo papel é dar ao homem o adiantamento em uma ação lógica, como o raciocínio lógico de alguma atividade: como agrupamento, gerenciamento, dentre outras atividades psicológicas elementares. Inserir este instrumento técnico (o microcontrolador Arduino UNO) seria o mesmo que iniciar aos estudantes o acesso a esta cultura global que só tem crescido. Isso não deveria causar espanto, ou aversão a alguém que estranhe tamanha evolução tecnológica proporcionada pela ciência. Uma simples calculadora eletrônica seria um exemplo de instrumento técnico que acelera (adianta) uma atividade lógica para o homem. O avanço dos instrumentos eletrônicos tem colaborado de forma positiva, em muitos aspectos, e um deles é evidenciada pela manutenção do modo de produção de grande parte das nações.

## 5.4 O Processo de Internalização

Para Vigotski, uma consequência da mediação é o processo de internalização, que é entendido como o próprio processo de desenvolvimento cultural, trata-se da internalização da produção cultural que constitui o desenvolvimento humano. Vigotski afirma que este processo segue na direção que vai do social para o individual, e vice-versa, dessa forma o indivíduo reconstrói-se internamente. Essa transformação do processo interpessoal para o intrapessoal é resultado da série prolongada de eventos evolutivos da atividade humana.

Figura 23: Ilustração do processo de internalização



Fonte: autor

Para Carvalho (2015) o processo de internalização formulado por Vigotski é, tanto a apropriação gradual pelos indivíduos dos instrumentos socialmente construídos, quanto a apropriação progressiva das operações psicológicas construídas na vida social. Isto significa que o processo de internalização não é apenas acumulação de domínios sobre os instrumentos psicológicos, com caráter puramente aditivo, mas também processo de reorganização da atividade psicológica do indivíduo como processo e produto de sua interação em situações sociais específicas. Assim, os indivíduos, ao se apropriarem das experiências históricas e sociais, internalizam essas formas culturais transformando-as e transformando a si mesmos. O resultado desse processo de internalização não é a acumulação passiva, mas de atuação interativa que implica em transformações psíquicas. Isso significa que as relações entre as pessoas ajudam a interiorizar as formas culturalmente estabelecidas de viver, bem como os diversos elementos culturalmente estruturados, os quais promovem a aprendizagem e o desenvolvimento humano, tanto no seu caráter externo quanto no interno. Dessa forma Carvalho (2015) entende que esta internalização é o caminho para o aprendizado e o desenvolvimento do indivíduo, a educação escolar ao desempenhar sua função social, deve criar condições de apropriação dos conhecimentos mais gerais que levem a internalização dos sistemas de representação da realidade (como a fala, a escrita, e o sistema numérico, o método científico), bem como de comportamentos sociais e do significado social atribuído aos fenômenos da realidade. Nesse sentido, a escola deve ser o espaço intersubjetivo (individual-social), no qual os estudantes possam

manter relações sociais que levem ao desenvolvimento intrapsicológico cada vez mais sofisticado, como o pensamento de agrupar por categorias, por exemplo. Ou melhor, as conquistas individuais resultam de um processo compartilhado entre pessoas. De forma exemplificada, podemos citar o fato de uma criança que procura imitar um comportamento dos adultos observado por ela, outro exemplo seria o de um estudante que relaciona as imagens e fatos observados pela TV com o conhecimento da disciplina de Geografia, as datas comemorativas reforçam nosso aprendizado em História, os estudos de ciências fazem correlação com a tecnologia e uma descrição da natureza ao nosso redor. O conteúdo escolar deve ter correlação com nosso ambiente próximo, seja de forma básica, ou numa maior profundidade de conhecimentos internalizados. Especificamente, para os estudantes do 2º ano do Ensino Médio, o processo de internalização referente ao aprendizado sobre Termometria seria satisfatório na medida que o estudante se apropriasse do conceito de temperatura e os fenômenos térmicos diretamente ligados a este conceito. Nossa pesquisa objetiva-se em melhorar o ensino em Termometria trazendo o método experimental para a sala de aula, potencializada pelo uso do Arduino e recursos computacionais.

## **5.5 O Processo de Elaboração dos Conceitos Científicos**

Antes de adentrarmos neste aporte teórico, procuraremos esclarecer o que se entende por conceitos científicos. Segundo Ferreira (1999), em seu Dicionário Aurélio Século XXI, a palavra conceito significa, dentre sua amplitude de entendimento, “representação dum objeto pelo pensamento, por meio de suas características gerais”. Se acrescentarmos ao conceito a dimensão científica, mais abrangente se torna o significado, pois o significado de ciência também é amplo. Para nosso estudo podemos tomar, como base, que ciência é um “corpo de conhecimentos sistematizados que, adquiridos via observação, identificação, pesquisa e explicação de determinadas categorias de fenômenos e fatos, são formulados metódica e racionalmente”, ou ainda “conjunto de conhecimentos teóricos, práticos ou técnicos voltados para determinado ramo de atividades” (Dicionário HOUAISS).

Carvalho (2015) explica a maneira como Vigotski formula o processo de elaboração dos conceitos científicos, este processo não ocorre de forma definitiva, mais evolui, posto que os indivíduos estão constantemente integrando novas significações aos objetos e fenômenos da realidade concreta. Ao explicar como essa evolução acontece, Vigotski recorre à análise das atividades do pensamento responsáveis pelo avanço das funções psicológicas para níveis superiores, lembrando, os níveis psicológicos superiores são aqueles em que os indivíduos ampliam as capacidades de abstrair (analisar) e de generalizar (sintetizar). Desse modo, o desenvolvimento do pensamento, sob condições

iguais, passa por duas fases, que culminam numa terceira, o pensamento conceitual. As duas primeiras fases, o pensamento sincrético e o pensamento por complexo, representam os conceitos classificados como espontâneos, e a terceira fase, o pensamento conceitual. As duas primeiras fases culminam na terceira fase, sendo que esta representa os verdadeiros conceitos, classificados como científicos.

Na fase do pensamento sincrético, os indivíduos significam os objetos e fenômenos, generalizando-os com base nas características externas e perceptíveis. Nesse processo, eles se fundamentam em relações causais de forma subjetiva, construídas nas impressões perceptíveis e sensoriais, o que não representa a essência objetiva dos fenômenos e não há a preocupação de se verificar as propriedades reais das coisas, mas pela aparência externa. Podemos citar um exemplo bem simples dessa fase de pensamento no contexto da Termometria, na atribuição do conceito de calor, as pessoas comuns, em geral, têm o calor como uma medida da intensidade de sensação do tato intercalada entre frio e quente, e ainda, o calor seria uma propriedade apenas dos seres vivos.

Na fase do pensamento por complexo, os indivíduos agrupam os objetos em família, em coleções ou em cadeias, considerando as propriedades que expressam a essência deles. Por isso, guiam-se pelas características objetivas e reais dos objetos e consideram as propriedades que efetivamente existem neles, referendando-se em vínculos concretos e factuais revelados na experiência imediata e direta com o objeto. Assim, o processo de significação é realizado com base nas qualidades concretas existentes nas coisas, que refletem conexões práticas e concretas.

Um exemplo simples de conceito por complexo é a metáfora em que se misturam os conceitos dando uma significação, quando falamos no “calor das emoções”, “termômetro da paciência”, e, “você está frio na tentativa de encontrar algo”, internamente, o ato de significar continua sendo realizado por meio do pensamento por complexo e não por meio do pensamento conceitual. Assim, as duas primeiras fases de pensamento geram pseudoconceitos que são fundamentais na preparação e o desenvolvimento dos conceitos científicos. De forma contrária, os conceitos científicos não seguem leis aleatórias, pois exigem voluntariedade, conscientização e as capacidades de discriminar, abstrair e isolar atributos fora do vínculo concreto dos fatos da experiência, os pseudoconceitos ficam presos aos vínculos perceptíveis que impedem a passagem do pensamento metafórico ao conceitual.

Com base nos aportes teóricos mencionados, criamos uma Sequência Didática cuja metodologia consiste na elaboração de aulas teóricas e experimentais. No primeiro encontro com os estudantes, a Sequência Didática traz um questionário no intuito de verificarmos o pensamento dos estudantes acerca dos conceitos referentes aos fenômenos térmicos. Ainda neste questionário, fazemos referência às experiências mentais (com o uso de instrumentos simbólicos) sobre o conceito de matéria, luz, fogo, temperatura, calor, e energia no intuito de identificarmos como estes conceitos se apresentam para os estudantes, como espontâneos, ou como científicos.

Vejam nas páginas a seguir o questionário inicial de nossa Sequência Didática.

## TERMOMETRIA

### 1ª Etapa – Questionário: Fenômenos térmicos

A expressão “fenômenos térmicos” está relacionada aos acontecimentos que ocorrem a todo instante e em todos os lugares na natureza. Nós sempre presenciamos, e mais ainda, nós sentimos na pele quando tocamos vários objetos e falamos nas mudanças de quente em frio, ou, frio em quente. Ou quando verificamos as transformações que ocorrem na matéria, como por exemplo, as mudanças de fases da água e de outras substâncias puras. Todas estas e outras experiências são exemplos claros de fenômenos térmicos.

O questionário abaixo procura esclarecer o que você entende acerca destes “fenômenos térmicos” para um melhor aprofundamento na aprendizagem na Termometria.

Esperamos que este questionário possa deixá-lo(a) à vontade nesta primeira parte do nosso trabalho!

Foto 21: O nascer do Sol



Fonte: <https://www.1zoom.me/es/wallpaper/558082/z8085.4/3840x2160> (2020)

1) Na sua opinião, quais são os agentes (ou elementos) que existem na natureza que mais provocam os fenômenos térmicos?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2) Diga o que é a matéria, o fogo e a luz.

R: Matéria \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Fogo \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Luz

---



---

Foto 22: Fósforo aceso



Fonte: <http://miconuncamais.blogspot.com/2012/12/os-tres-fosforos-de-silvio-luzardo.html> (2020)

- 3) Existem outras palavras que estejam ligadas aos fenômenos térmicos sem que possamos falar nas palavras quente e frio? Que palavras seriam estas?

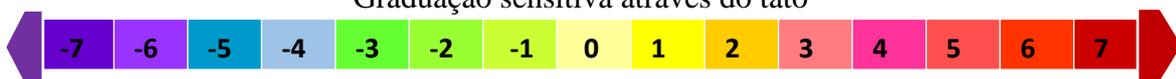
R: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

- 4) Você concorda que o sentido do tato (sentir na pele) possa medir a sensação de quente e frio da mesma forma para todas as pessoas?

R: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

- 5) Pensemos na seguinte experiência: são postas duas bacias, ambas com mesma quantidade de água, só que uma está com água quente e a outra com água fria. Em seguida, pedimos para um grupo de, mais ou menos, seis pessoas, tocarem suas mãos em ambas as bacias para sentirem através do tato a ocorrência de um fenômeno térmico. E por último, pedimos para que estas pessoas anotassem com um “x” numa escala numérica, mostrada abaixo, um valor para tentar medir as intensidades entre quente e frio.

Graduação sensitiva através do tato



Você esperaria por um resultado no qual todas as pessoas marcariam o mesmo valor, um para a água quente, e outro para a fria? Explique.

R: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

6) Para comparar a sensação de frio e quente de qualquer objeto quando tateamos (seguramos, ou tocamos) é necessário que esperemos um certo tempo para fazer tal comparação? Ou melhor, de imediato já saberemos do “grau” de quente ou de frio?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

7) Pensemos num pedaço de ferro muito quente que chega até ficar vermelho!

Foto 23: Ferro incandescente



Fonte: <https://www.oficinadanet.com.br/post/13749-como-eram-feitas-as-katanas> (2020)

Neste pedaço de metal há energia? Há temperatura? Há calor nele?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

8) Diga com suas palavras o que você entende por temperatura.

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

9) Que método você utilizaria para tentar medir a temperatura de uma porção de matéria, como por exemplo, uma porção de água?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Segundo Carvalho (2015), para Vigotski o desenvolvimento do pensamento inicia na primeira fase da infância, evolui e atinge o ápice do desenvolvimento na adolescência. Os conceitos espontâneos são formados na fase que antecede a escolarização, mas não se restringem especificamente a essa fase, uma vez que são formados na vivência direta com o objeto a que o conceito se refere, ou melhor, os pensamentos espontâneos estão sempre na zona de desenvolvimento

proximal do indivíduo. Entretanto, o pensamento somente alcança o nível dos conceitos científicos, quando o indivíduo, mesmo o adulto, é motivado por meio de relações sistematizadas e de processo consciente e intencional, a realizar operações mentais de análise (passagem do sensorial ao racional) e síntese (inclusão do objeto em categorias, classe universal, particular, singular) que terminem na formação dos significados, os conceitos científicos. Estes conceitos são inseridos e formados no contexto escolar, mas não exclusivos deste.

Buscamos pela motivação dos estudantes, com respeito ao estudo sistematizado para a formação do conceito científico de temperatura, através da leitura de dois capítulos de um livro didático seguida das práticas experimentais com o uso do Arduino e do sensor de temperatura.

Vejam os uma parte inicial da 2ª e 3ª Etapa da nossa Sequência Didática (respectivamente, leitura do 1º capítulo e o roteiro de prática), estas etapas têm o objetivo de ensinar, de forma didática, os estudantes no processo de elaboração dos conceitos científicos.

## TERMOMETRIA

### 2ª Etapa – Leitura: Lei do Equilíbrio Térmico e o conceito de Temperatura

#### 1) Noções de temperatura e calor

As sensações térmicas provocadas por uma xícara de café bem quente ou por um refrigerante bem gelado nos proporcionam as noções mais simples de temperatura: quente e frio. No dia a dia, é comum utilizarmos o tato para avaliar a temperatura dos corpos. Mas esse procedimento às vezes nos engana. Ao tocar com a mão uma porta de madeira e sua maçaneta de metal, temos sensações térmicas diferentes, mesmo que ambas estejam em **equilíbrio térmico** (mesma temperatura). Mas como são criadas tais sensações?

Qualquer corpo, seja sólido, líquido ou gasoso, é composto (em nível microscópico) de partículas em constante agitação (**figura 1.1**). O estado térmico desse corpo é definido pela intensidade de agitação dessas partículas (átomos, moléculas, íons, elétrons livres). Dependendo da intensidade, é possível dizer que um corpo está quente, frio, morno, etc.



Figura 1.1 Representação (sem escala e em cores fantasia) da agitação das partículas que formam os sólidos, os líquidos e os gases.

[ ... ]

## TERMOMETRIA

### 3ª Etapa – Prática Experimental: Escalas de Temperatura e Lei do Equilíbrio Térmico

#### 1 OBJETIVOS

- 1.1 Utilizar o sensor DS18B20, microcontrolador arduino e computador como instrumentos mediadores na aferição de medidas de temperatura;
- 1.2 Mostrar a determinação numérica da temperatura das escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin para os pontos fixos de fusão e ebulição da água num ambiente com pressão atmosférica, aproximadamente, igual à do nível do mar;
- 1.3 Mostrar a relação de variação da temperatura entre as escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin;
- 1.4 Verificar a lei do equilíbrio térmico.

#### 2 MATERIAIS

Foto 24: Materiais para 3ª Etapa



Fonte: Autor (2020)

- 2.1 Um sensor DS18B20
- 2.2 Placa Arduino UNO
- 2.3 Microcomputador
- 2.4 Ebulidor de água
- 2.5 Dois copos de vidro de ~120 ml
- 2.6 Recipiente de vidro de 500 ml

[ ... ]

Carvalho (2015) indaga que:

[...] a formação de conceitos científicos só ocorre por meio da ação intencional que direcione esforços para desenvolver a capacidade de pensar abstratamente, e que permita a apropriação do conhecimento científico acumulado ao longo do desenvolvimento histórico, e isto requer atividade complexa que envolva todas as funções mentais.

De forma exemplificada podemos afirmar que para o indivíduo, a atenção, antes era involuntária, agora passa a ser voluntária e depende cada vez mais do próprio pensamento, a memória, antes, mecânica, se transforma em memória lógica orientada pelo significado. Desse modo, as funções mentais tornam-se lógicas e voluntárias, e o controle deliberado delas, pelo indivíduo, representa a consciência que ele tem da atividade de pensar.

Como de costume, é necessário que o professor explique o conteúdo da leitura numa linguagem mais resumida e próxima dos conceitos espontâneos dos estudantes, além de mostrar como se manuseia corretamente os aparatos da prática experimental e como se usa e analisa as tabelas e gráficos, dentre outras tarefas mediadoras. A aprendizagem que ocorre por intermédio da colaboração com o professor é o caminho que o estudante deve seguir para desenvolver os conceitos científicos. Esta colaboração é importante porque ela é feita mediante um planejamento em que o professor organiza as situações, que favoreçam o desenvolvimento das funções psíquicas dos estudantes de forma consciente e volitiva.

Esta colaboração será mais exemplificada no próximo aporte teórico a ser utilizado em nossa pesquisa de campo, a saber, a zona de desenvolvimento imediato.

## **5.6 A Zona de Desenvolvimento Imediato (ZDI)**

Na análise de Carvalho (2015), a discussão sobre o desenvolvimento e a aprendizagem do ser humano transcorre por toda a obra de Vigotski, visto que ele descreve e explica como o uso dos signos (aprendizagem) pelo indivíduo transforma suas funções psíquicas em superiores (desenvolvimento). Entretanto, são as suas análises sobre a relação entre esses dois processos que trazem contribuições importantes para compreendermos qual deve ser a função da escola e do professor na aprendizagem escolar. Das ideias de Vigotski sobre estes dois processos inferimos que o desenvolvimento humano está relacionado ao desenvolvimento ontogenético do indivíduo (características psicológicas próprias do homem e culturalmente organizadas). A aprendizagem se refere à apropriação do conjunto das produções humanas (saberes, habilidades, atitudes, valores, dentre outros). Ao explicar esses dois processos, Vigotski nos leva a conceituar desenvolvimento como um processo complexo, dialético, irregular, marcado pela mudança, pela reorganização e pela transformação qualitativa das funções psíquicas humanas, o que requer tanto fatores externos quanto internos na superação dos impedimentos que o indivíduo encontra na sua atividade psicológica, ao passo que aprendizagem é atividade biológica, psíquica, histórica e social de apropriação da cultura acumulada pelas gerações humanas. É na relação dialética entre o indivíduo e o mundo social, histórico e cultural, mediada pelo uso dos instrumentos, sobretudo os signos, que esses dois processos irão se tornar interdependentes e

fornecer as condições para que as funções psíquicas que nascem elementares se transformem em superiores.

A zona de desenvolvimento imediato denota a capacidade do indivíduo que está em processo de maturação e será manifesta com a colaboração de outra pessoa. Vigotski chama a atenção para o fato de o desenvolvimento não ser determinado apenas pela parte madura, mas também pelas funções que se mostram no seu estado embrionário. Na zona de desenvolvimento imediato encontram-se as capacidades do indivíduo que podem aflorar com a interferência de outros indivíduos. Em outras palavras, sob a orientação de uma pessoa mais experiente, ou com a cooperação de colegas mais capazes, o indivíduo passa do nível de desenvolvimento. Nessa perspectiva, a dinâmica do desenvolvimento parte da possibilidade de êxito do indivíduo, mas isto porque tal possibilidade coincide perfeitamente com a zona de desenvolvimento imediato e faz com que a colaboração focalize a linha de força, e não, a linha da fraqueza do indivíduo. Com base no conceito da zona de desenvolvimento proximal (ZDI):

[...] a pedagogia deve orientar-se não no ontem, mas no amanhã do desenvolvimento da criança. Só então ela conseguirá desencadear no curso da aprendizagem aqueles processos de desenvolvimento que atualmente se encontram na zona de desenvolvimento imediato. (VIGOTSKI, 2001, p.333 apud CARVALHO, 2015, p. 217)

Para Carvalho (2015), o conceito das ZDI's é um conceito básico para a educação escolar, o que implica que as situações de ensino devem atuar nesta área. Assim, na educação escolar o professor é o colaborador ideal, ao considerar não somente as funções psicológicas atuantes no nível atual, mas também da ZDI dos alunos, dessa forma ele favorecerá o aprendizado e, com isto, o desenvolvimento humano. Três são as condições necessárias e suficientes para que o ensino promova a aprendizagem e faça o aprendiz avançar para a nova zona de desenvolvimento: (1) a colaboração entre pares com diferentes níveis de experiência; (2) o uso dos instrumentos psicológicos, como a linguagem, cujo papel na escola é instrumentar e iniciar a base para a construção dos conceitos científicos; (3) o conhecimento das funções psicológicas e dos processos que motivam e favorecem o aprendizado, bem como os procedimentos e recursos didáticos que podem ser usados para organizar o ensino e a aprendizagem.

Especificamente, no nosso trabalho, o ambiente escolar será o campo de pesquisa onde serão realizadas, no mínimo, seis aulas, ou encontros. Estas aulas estão organizadas em uma Sequência Didática em seis etapas, ela será um instrumento técnico (apostila) que contém as leituras (dois

capítulos de um livro didático, questionários, e roteiros de prática), tabelas (coleta dos dados experimentais), e gráficos (imagens). Além da apostila contaremos com aparatos experimentais que funcionam como um segundo instrumento técnico: cinco dilatômetros e cinco termômetros, tais aparatos estarão conectados ao Arduino UNO, o computador, e um projetor de imagens do computador. As aulas consistirão em momentos de leitura, explicação do conteúdo, preenchimento de questionários, e realização de três práticas experimentais. Decidimos elaborar e planejar o processo de ensino e aprendizagem dessa forma, no intuito de que o professor tenha mais interatividade com os estudantes, isto ocorreria principalmente nas práticas experimentais, acreditamos que tanto a realização da prática, como o preenchimento dos questionários, possam contribuir para a comunicação/interação entre os participantes de cada grupo de estudantes, favorecendo assim, o desenvolvimento da ZDI de alguns estudantes com a ajuda dos outros mais capacitados.

Numa prática experimental, torna-se simples o ato de compreender um fenômeno através das funções psicológicas mais elementares, o fato de verificar e manipular diretamente o fenômeno, de forma volitiva, contribui para que o estudante se familiarize melhor com a teoria explicada do conteúdo, isto porque desencadeia um significado mais palpável para os conceitos científicos, e, de forma oportuna, transparece ao professor os conhecimentos que estão na ZDI dos estudantes. Os conceitos espontâneos não deixam de ser importantes para a formação dos conceitos científicos, isto é observado quando o estudante procura compreender os conceitos científicos cujo significado generaliza de forma satisfatória o fenômeno em questão, e, para que o estudante atinja esta compreensão, ele reorganiza o significado dos seus conceitos espontâneos.

Logo abaixo vemos uma parte da Sequência Didática que se refere aos resultados obtidos da prática experimental com o uso do dilatômetro.

Tabela 1: Anotações dos resultados da 3ª prática – Dilatação linear

$n_i$ (°) ou $B_i$ (mm)	$n_f$ (°) ou $B_f$ (mm)	$\Delta n$ (°) ou $\Delta B$ (mm)	$\Delta L$ (mm)	$T_i$ (°C)	$T_f$ (°C)	$\Delta T$ (°C)	$\alpha$ (1/°C)

Fonte: Autor (2020)

Trata-se de uma tabela onde serão anotadas as medidas obtidas no experimento através dos instrumentos técnicos, como já citado antes. Existem duas colunas onde serão organizados os cálculos cujo resultado correspondem às medidas derivadas das medidas feitas diretamente com os instrumentos técnicos. Acreditamos que, nas tarefas: de preencher a tabela, de manusear os instrumentos, como também em efetuar dos cálculos; haja a colaboração entre os estudantes de cada grupo, de maneira que a ZDI seja desenvolvida para o entendimento objetivado pela prática. O uso dos instrumentos representa a mediação técnica, os símbolos das grandezas físicas evidenciadas no fenômeno representam os sistemas simbólicos, ao passo que, a leitura, os cálculos, e os questionários, fazem parte do conjunto dos instrumentos psicológicos.

Outra forma de favorecer o desenvolvimento da ZDI dos estudantes foi na elaboração de questionários mais simplificados, tais questionários são do tipo aberto e fechado. Nessa tarefa dada aos estudantes o professor terá o papel de colaborar de maneira que ele exemplifique, ou explique a forma como os estudantes podem preencher os questionários.

Como já exposto antes, neste capítulo, nossa Sequência Didática traz como primeira etapa a resolução de um questionário, que expõe conceitos referentes ao conteúdo de Termometria, cujo objetivo é observar o nível de conhecimento conceitual dos estudantes, ao passo que, possamos classificá-los na categoria de espontâneos, ou científicos. Paralelo a esta classificação da categoria dos conceitos, este questionário objetiva-se também na possibilidade de se identificar as ZDI's dos estudantes.

## 6 METODOLOGIA

A metodologia desse trabalho consta basicamente na aplicação do Produto Educacional ao campo de pesquisa, e seguindo adiante, teremos a análise dos resultados coletados.

Para um melhor entendimento deste capítulo dividiremos o mesmo em subseções para melhor detalhamento da forma como este trabalho será aplicado quando visamos os objetivos no propósito de solucionar o problema exposto.

### 6.1 Caracterização da Pesquisa

Nesta subseção levaremos em consideração a natureza de caráter didático do problema e dos objetivos já apresentados na introdução deste trabalho, de modo que, detalharemos o caráter didático, o tipo, e a instrumentação necessários no desenvolvimento da pesquisa.

Inicialmente, admitimos o conceito de pesquisa segundo Beillerot (2001), como sendo um trabalho capaz de satisfazer as três condições básicas: primeira - produzir conhecimento novo, segunda - possuir uma metodologia rigorosa, e terceira – deve se tornar pública. Com este entendimento claro e objetivo iniciaremos caracterizando a nossa pesquisa inserida no contexto da educação escolar.

Com respeito a tendência metodológica para pesquisa educacional, nossa abordagem se caracteriza por ser uma pesquisa **empírico-analítica**. Segundo Fiorentini (2012) essa tendência tem sua origem no positivismo e ramifica-se em três correntes: o indutivismo ou empirismo, o estruturalismo e o neopositivismo. O processo de produção de conhecimentos nessa abordagem orienta-se pelo método científico, o qual, de modo geral, compreende as fases de formulação de um problema, levantamento de hipóteses, testagem dos pressupostos, confirmação ou refutação das hipóteses e conclusões. Para efeito de melhor compreensão desta abordagem, podemos pensar num exemplo familiar comparando uma classe de estudantes a um canteiro de hortaliças, onde os estudantes seriam os pés de cenoura, e uma nova técnica de ensino a ser testada seria o adubo. Dessa forma a técnica de ensino seria uma variável independente e o desempenho dos estudantes a variável dependente, pois como temos por hipótese que, variando a técnica de ensino, o desempenho dos estudantes também varie.

Em comparação com os projetos de pesquisa no ensino de matemática, com essa caracterização, faz-se um paralelo com as propostas da prática experimental deste projeto, da seguinte forma:

[...] as propostas de melhoria envolvidas a partir desta pesquisa são, geralmente, propostas tecnicistas. De fato, os problemas ou propostas mais pesquisadas nessa

abordagem são: produção e testagem de novos materiais ou técnicas de ensino de matemática; treinamento de professores; estudos de rendimento escolar em matemática; estudos de atitudes e habilidades em matemática; [...] desenvolvimento de estudos experimentais em sala de aula, etc. (FIORENTINI, 2012, LORENZATO, 2012, p. 64).

Para Fiorentini (2012) as pesquisas dividem-se em duas modalidades, a saber: **segundo os objetivos da investigação** e **segundo o processo da coleta de dados**.

De acordo com a primeira modalidade, teremos a caracterização de nossa pesquisa como um **estudo** ou **ensaio teórico**, ou melhor, temos como objetivo principal a reconstrução e o desenvolvimento da teoria e de conceitos da Termometria no contexto do ensino de Física, tendo em vista, aprimorar os fundamentos teóricos em termos imediatos. Acreditamos que a realização de práticas experimentais no ensino de Física funcione como uma reconstrução de uma teoria bem elaborada. Estas práticas são trabalhadas numa metodologia capaz de reforçar a aprendizagem dos sistemas simbólicos (grandezas físicas, leis matemáticas, tabelas e gráficos) relativos ao estudo da Termometria.

Na modalidade segundo o processo da coleta de dados realizaremos a **pesquisa de campo**, mais bem esclarecida na forma:

[...] é aquela modalidade de investigação na qual a coleta de dados é realizada diretamente no local em que o problema ou o fenômeno acontece e pode dar-se por amostragem, entrevista, observação participante, pesquisa, ação, aplicação de questionário, teste, entre outros. (FIORENTINI, 2012, LORENZATO, 2012, p. 71).

A pesquisa de campo é, para muitos, a melhor alternativa que se pode adotar, com ela podemos aplicar os objetivos e instrumentos de nosso projeto, de forma que, sejam postos à prova para serem validados dentro de uma problemática existente no ensino de Física. Tal problemática, por via de esclarecimento, se refere à dificuldade do estudante em compreender na prática os conceitos e fenômenos na área da Termometria. Para isto, nosso trabalho propõe uma instrumentação alternativa e acessível ao professor, de modo que, este possa transmitir com maior fundamentação o conhecimento em Termometria.

Este trabalho tem sua metodologia, no que se refere à coleta de dados, pautada principalmente na aplicação de uma **pesquisa qualitativa**. Como se trata de uma pesquisa de caráter empírico-analítica, na segunda parte da análise dos dados coletados (na descrição analítica), utilizaremos métodos quantitativos para avaliação do nível de aprendizagem dos estudantes. Nossa avaliação qualitativa tem como pretensão aliar alguns aportes teóricos relativos ao processo de ensino-

aprendizagem, evidenciados nas obras de Vigotski, no decurso da aplicação de uma Sequência Didática. De modo que consigamos firmar a coerência do problema com a objetivação deste trabalho.

A pesquisa qualitativa configura-se como um método de investigação científica que foca o caráter subjetivo do objeto analisado, estudando as suas particularidades e experiências individuais, por exemplo, no nosso trabalho verificaremos se a prática experimental/demonstrativa é capaz de enriquecer a aprendizagem da Termometria aos estudantes do 2º ano do Ensino Médio, e para isto, utilizaremos a subjetividade dos estudantes expressada em questionários pré-elaborados. Sabemos que a pesquisa científica é um processo permanente, inacabado, e, nesse processo a pesquisa de abordagem qualitativa surge como meio de investigação que, sem perder seu caráter científico, possibilita que o investigado tenha maior participação, com isso temos também uma maior valorização do processo e dos resultados, ao contrário de uma pesquisa quantitativa, em que se prioriza apenas pelos dados coletados e suas estatísticas. Com a pesquisa qualitativa, esperamos que as pessoas envolvidas estejam mais à vontade para apontar os seus pontos de vista sobre os assuntos relacionados com as atividades de estudo. Nesta pesquisa, as respostas coletadas não são objetivas, e o propósito não é contabilizar quantidades como resultado, mas sim, compreender o processo de ensino-aprendizagem evidenciado no grupo de estudantes. Geralmente, as pesquisas qualitativas são feitas com um número pequeno de pessoas, para o nosso trabalho, optamos em realizar com duas turmas (cada turma com, aproximadamente, 12 estudantes) em duas escolas, dois professores de Física, dois diretores, e dois coordenadores.

## **6.2 Campo da Pesquisa**

O nosso projeto de pesquisa é intitulado: **A Termometria no Ensino Médio Mediada pelo Arduino em Práticas Experimentais**. O campo de pesquisa para a realização do nosso projeto são duas escolas: o Centro Estadual de Educação Profissional Prefeito João Mendes O. de Melo, mais conhecido como PREMEN Norte, e o Centro de Ensino de Tempo Integral Helvídio Nunes.

O **PREMEN Norte** está localizado na rua Dr. Area Leão, s/n, no bairro Vila Operária desta cidade. Os sujeitos participantes da pesquisa são onze (11) estudantes do 3º ano do Curso Técnico em Farmácia, além do Diretor, o Coordenador e o Professor de área de Física.

Foto 25: Fachada central do PREMEN Norte



Fonte: <https://www.seduc.pi.gov.br/noticia/Premen-Norte-comemora-35-anos-/4830/> (em fev. de 2021)

O Centro foi inaugurado em março de 1982, na modalidade de Centro Interescolar Prefeito João Mendes Olímpio de Melo (mais conhecido como PREMEN Norte) como Programa de Expansão e Melhoria do Ensino, que em seu primeiro momento recebia os alunos do Colégio Liceu Piauiense e da Unidade Escolar Helvídio Nunes, ministrando aulas práticas das disciplinas específicas dos cursos de Comércio, Eletricidade e Mecânica. No ano de 1984 ofereceu cursos para os alunos do Centro Interescolar com cursos em: Habilitação Básica em Eletricidade e Mecânica.

Em 09 de julho de 1987, o Centro Interescolar passa a se denominar Escola Técnica Estadual Prefeito João Mendes Olímpio de Melo (2º Grau) com a Resolução nº C.E.E. 14/87, Parecer 137/87, oferecendo Cursos Técnicos em Contabilidade, Enfermagem, Mecânica e Eletrotécnica, para egressos do Ensino Fundamental, antigo ginásio. Devido à grande procura dos cursos citados, a Escola passou a realizar teste seletivo no início de cada ano letivo.

Em novembro de 1991 foi autorizada a implantação de mais um curso, técnico em Processamento de Dados. Em janeiro de 2004, a escola inicia o Curso Técnico em Gestão Organizacional de Bens e Serviços. No ano de 2011, já com a denominação CEEP Prefeito João Mendes O. de Melo, ofertou doze cursos técnicos. No ano de 2017, a escola passou por uma reforma tanto no seu espaço físico como também na área pedagógica, com a implantação de mais uma modalidade de ensino, a EAD (Educação a Distância).

O **CETI Helvídio Nunes** está localizado na Rua Magalhães Filho, s/n, lado Norte, no bairro Marquês de Paranaguá desta cidade. Neste centro de ensino iniciamos nosso trabalho com dez (10) estudantes do 3º ano do Ensino Médio Regular, entretanto, somente três (3) estudantes terminaram a com a pesquisa. Temos ainda como sujeitos participantes neste campo, a Diretora, o Coordenador, e o Professor da área de Física.

Foto 26: Fachada central do CETI Helvídio Nunes



Fonte: <https://www.google.com/maps/place/Ceti+Helvidio+Nunes/> (em fev. de 2021)

No ano de 1969 foi inaugurado como Ginásio e Colégio Helvídio Nunes, obedecendo ao projeto do Ministério de Educação e Cultura, na época, um dos mais modernos do Estado. Foi totalmente reformado e ampliado no ano de 2016. Recentemente passou a funcionar como CETI Helvídio Nunes, adequando sua estrutura para o funcionamento do regime de escola de tempo integral.

### 6.3 Instrumentos de Coleta de dados

Lembrando que nossa pesquisa é de caráter qualitativo e, visa comparar os objetivos com os resultados obtidos, os instrumentos de produção de dados para este trabalho consistem basicamente em questionários (com questões subjetivas e objetivas), e tabelas. Estes instrumentos são destinados aos sujeitos, exclusivamente, do campo, onde a pesquisa foi realizada.

Na justificativa para a escolha destes instrumentos, citamos a seguinte afirmação: “Verdadeiramente, os questionários, entrevistas, etc., são meios “neutros” que adquirem vida definida quando o pesquisador os ilumina com determinada teoria.” (TRIVIÑOS, 2008, p.137). Para Triviños (2008), o processo da pesquisa qualitativa não admite visões isoladas, parceladas, estacionadas, mas se desenvolve numa interação dinâmica de modo a se reformular, isto acontece na prática quando o processo da coleta de dados, num momento, passar a ser a análise de dados, e esta, em seguida, torna-se um veículo na busca de novas informações. Como nosso trabalho tem um caráter empirista, logo, alguns questionários são fechados, e cuja coleta e análise de dados tem um caráter qualitativo, ressaltamos a experiência de Triviños quando afirma: “Sem dúvida alguma, o *questionário fechado*, de emprego usual no trabalho positivista, também o podemos utilizar na pesquisa qualitativa.” (2008, p.137). Pois é certo que neste tipo de estudo há a necessidade de caracterizar o grupo de acordo com seus traços, por exemplo: a atividade ocupacional, informações objetivas, dentre outros itens.

Vejamos a sequência a seguir com os instrumentos de coleta que utilizaremos na nossa pesquisa:

**i** - Sequência Didática destinada aos estudantes consistindo:

- de um questionário de sondagem com questões subjetivas abertas para levantamento de um diagnóstico que exponha o nível conceitual dos estudantes, no que se refere ao conteúdo da Termologia;
- de literatura didática (dois capítulos) sobre Termometria que contém o conjunto de conhecimentos sobre os conceitos e fenômenos dessa área da Física;
- de roteiros das aulas experimentais para anotações em tabelas e questionários, com estes instrumentos podemos avaliar de forma qualitativa a aprendizagem do conteúdo após a realização das aulas teóricas e das práticas experimentais;

**ii** – Diário de Campo para relato das atividades e observações feitas pelo professor-pesquisador.

A Sequência Didática é uma apostila com 19 páginas de conteúdo estruturada em: questionários, dois capítulos retirados de um livro didático para leitura, e roteiros de práticas experimentais. Está dividida em seis (6) etapas, cuja atividades serão executadas pelos estudantes e o professor de Física. O tempo necessário para a execução dessa sequência é estimado, em no mínimo, 6 horas-aula, podendo ser modificado de maneira conveniente. Sendo uma hora-aula equivalente à 40 minutos. A realização da leitura e do preenchimento dos questionários pelos estudantes pode ser feita em casa, além da sala de aula, já que cada estudante receberá a apostila. Ao passo que as práticas experimentais somente serão realizadas no laboratório.

#### **6.4 Procedimentos de Análise de Dados**

A metodologia adotada para a análise dos dados de nossa pesquisa será a **análise de conteúdo**. Escolhemos esta metodologia na intenção de valorizar a escrita dos estudantes, como também, dar importância à observação da participação dos estudantes tanto das aulas teóricas, como nas aulas práticas.

Para Triviños (2008) o método da análise de conteúdo apresenta três particularidades marcantes. A primeira delas, consiste em estudar as comunicações entre os homens colocando ênfase no conteúdo dessas mensagens. A segunda, é a inferência que pode partir das informações e que fornece o conteúdo da mensagem, e a terceira, é de se apresentar como um conjunto de técnicas, pois nessa

metodologia discorrem-se basicamente a classificação dos conceitos, sua codificação, e o processo de categorização. Seguindo este conceito pode-se assinalar três etapas básicas no trabalho com a análise de conteúdo: **pré-análise**, **descrição analítica**, e a **interpretação referencial**.

Nossa **pré-análise** consiste no planejamento e elaboração da Sequência Didática, nela, o conteúdo do qual nos apropriaremos será a escrita dos estudantes através dos questionários e as anotações dos resultados das práticas experimentais, tais meios de estudo serão previamente sistematizados em seis (6) etapas da Sequência Didática. Acreditamos que através dessa escrita possamos avaliar de forma qualitativa o aprendizado dos estudantes. Dessa forma, o que pretendemos avaliar com esses instrumentos são três níveis de aprendizagem dos estudantes: a avaliação do conhecimento inicial (partindo dos conceitos espontâneos, ou científicos), o conhecimento adquirido após o trabalho da pesquisa (argumentação, fundamentação), e as indagações do censo de investigação (generalizações a partir do conhecimento científico adquirido). Pretendemos ainda, com este instrumento de coleta, verificar a validade e a aplicação dos aportes teóricos da teoria Histórico-Cultural de Vigotski mais voltados à prática do ensino escolar. Assim, também, se verifica se os resultados foram satisfatórios com a problemática inicial do nosso trabalho.

A **descrição analítica**, consistirá no procedimento de avaliação das escritas e anotações dos estudantes, tomaremos como referência a avaliação da aprendizagem dos estudantes referente ao conteúdo da Termologia.

Tomando como referência a Sequência Didática, avaliaremos o questionário inicial de sondagem sobre alguns fenômenos na área da Termologia. Adiante, a Sequência Didática traz duas etapas que consistem em leituras didáticas de dois capítulos sobre Termometria. E nas outras três etapas, tanto o professor-pesquisador, como os estudantes, realizarão a prática experimental seguindo roteiros já elaborados na Sequência Didática. A parte das conclusões dos roteiros consta de um breve questionário destinado aos estudantes com questões abertas e fechadas no intuito de se avaliar qualitativamente o aprendizado e o senso de investigação de cada um.

Finalmente, na terceira e última, a **interpretação referencial**, vale ressaltarmos essa etapa de análise de conteúdo segundo Triviños:

A fase de *interpretação referencial*, apoiada nos materiais de informação, que se iniciou já na etapa da pré-análise, alcança agora sua maior intensidade. A reflexão, a intuição, com embasamento nos materiais empíricos, estabelecem relações, [...] com a realidade educacional e social ampla, aprofundando as conexões das ideias, chegando, se é possível [...] a propostas básicas de transformações nos limites das estruturas específicas e gerais. (2008, p. 162)

Nesta etapa será realizada a interpretação das anotações dos estudantes com o referencial teórico do qual nos submetemos. Nela seremos capazes de categorizar e discutir os rumos do nosso trabalho quando olhamos para nossa problemática inicial.

A interpretação tem como base distinguir se houve significativa evolução com relação à aprendizagem dos conceitos, leis e fenômenos tratados na leitura didática sobre Termometria. Segundo Vigotski, em sua obra: “Teoria e método em Psicologia”, explica que o processo de formação das funções psíquicas superiores, se refere ao desenvolvimento da atenção e memória voluntária, abstração de conceitos, e raciocínio dedutivo. Acreditamos que estas atividades citadas sejam fundamentais no processo de ensino-aprendizagem, não apenas ao conteúdo específico da Termometria, mas para o conhecimento em geral das ciências. Vigotski afirma que tais atividades são de caráter volitivo, ou seja, cada estudante tem a opção em contribuir para sua própria aprendizagem desde que este se submeta a empregar as suas faculdades psicológicas como atenção, memorização, e raciocínio dedutivo nas atividades didáticas previamente planejadas no contexto curricular da escola.

Nossa interpretação referencial transcorre de forma conclusiva às análises elaboradas em três etapas: **a)** da sondagem de conhecimentos prévios, e **b)** as conclusões das anotações produzidos na realização da prática experimental.

- a)** Para a primeira interpretação usaremos a técnica de sondagem das respostas dos estudantes por meio do questionário inicial, de maneira mais prática, avaliaremos a compreensão dos conceitos, leis e fenômenos próprios da Termologia. Através deste questionário, colocamos à disposição dos estudantes os elementos que estão na sua zona de desenvolvimento imediato, de maneira a adquirirmos o conhecimento em potencial dos estudantes com base na teoria da aprendizagem de Vigotski. Nesta etapa verificaremos se houve alguma aprendizagem fundamentada no conhecimento de Termologia nos moldes da formação escolar das séries anteriores. A partir deste primeiro questionário, também podemos verificar se existe, de fato, a problemática levantada no início do nosso trabalho, a lembrar, as dificuldades no processo de ensino-aprendizagem do conteúdo da Termologia no Ensino Médio.
  
- b)** Finalmente, para a interpretação das anotações da prática experimental usaremos duas técnicas: a de observação livre, e de verificação da aprendizagem. Na observação livre, o professor, sendo um mediador entre o conhecimento e os estudantes, verificará o desempenho e a participação dos estudantes de maneira a avaliar de forma qualitativa o processo da aprendizagem. Outro meio de verificar a aprendizagem consiste em analisar as anotações do roteiro de prática de cada

estudante, com isso obtemos a resposta para nossos objetivos, lembrando, existem dois objetivos colocados: a motivação aos estudantes com a aplicação do método experimental, e a proposição da prática experimental mediada pelo Arduino para facilitar o processo de ensino-aprendizagem do conteúdo de Termometria.

Ao aplicar as atividades do Produto Educacional, e realizar as análises de conteúdo através dos resultados da pesquisa de campo, faremos inferência a uma categorização simplificada, da qual podemos agrupar características comuns do aprendizado por classes de aprendizagem em diferentes categorias.

Esclarecidos os procedimentos metodológicos da pesquisa e de sua análise, segue-se então, a elaboração e aplicação das atividades do Produto Educacional para o referido campo de pesquisa.

## 7 O Produto Educacional

O Produto Educacional tem como título: **MANUAL DE CONSTRUÇÃO DE DILATÔMETROS E TERMÔMETRO COM APLICAÇÃO DO ARDUINO PARA AULAS EXPERIMENTAIS**, apresenta, de forma bem evidenciada, um caráter voltado à realização de práticas experimentais no ensino de Física. Observando o cenário educacional de forma qualitativa, porém, criteriosa, a instrumentação de laboratórios didáticos para o ensino de Ciências tem se mostrado como uma tarefa difícil para a maioria das escolas públicas na Educação Básica. Partindo de nossas convicções pessoais (lembranças das atividades práticas da vida escolar) aliadas à nossa habilidade de se planejar e construir instrumentos materiais, é que decidimos escolher um Produto Educacional voltado à prática experimental de caráter didático. Como já exposto em capítulos anteriores, este trabalho (o Produto Educacional) tem como objetivo instrumentar o professor, de forma a melhorar o processo de ensino-aprendizagem do conteúdo de Termometria aos estudantes do Ensino Médio, especificamente, no 2º ano/série.

Conhecemos, por experiência profissional, a metodologia que existe para planejar e atuar no manuseio dos instrumentos junto aos estudantes nas aulas experimentais/demonstrativas. E, pela convivência com o trabalho no ambiente escolar, conhecemos as dificuldades e desafios para a realização das aulas experimentais. A principal dificuldade é a ausência dos aparatos experimentais, no nosso entender, seria fundamental que a aparelhagem experimental básica para um laboratório de Ciências abrangesse os tópicos abordados nos livros didáticos. Em decorrência desta dificuldade, é que pretendemos criar um suporte técnico, orientando os professores através de um Manual não apenas para a construção dos aparatos deste trabalho, como o termômetro e o dilatômetro linear (instrumento que mede a dilatação, ou contração, de tubo de metal), mas para mostrar aos professores métodos alternativos para a construção de aparatos experimentais. O uso da plataforma eletrônica do Arduino, juntamente com os produtos/dispositivos eletrônicos, disponibilizados no mercado a um baixo preço, potencializa a construção de aparatos experimentais duráveis. Com a ação do professor, ou em conjunto com os estudantes, é possível se construir uma instrumentação básica para as aulas experimentais.

Foto 27: Alguns sensores para Arduino



A plataforma eletrônica do Arduino consiste em um site (<https://www.arduino.cc/>) que disponibiliza o software Arduino IDE de forma gratuita, além de outras informações referentes a projetos e dispositivos eletrônicos próprios da prototipagem Arduino. O software Arduino IDE, através do projetista, recebe a programação e a comunica à parte hardware (placa eletrônica Arduino UNO) de forma que esta última gerencie o funcionamento do projeto.

Figura 24: Site da plataforma Arduino



Fonte: <https://www.arduino.cc/> (em fev. de 2021)

Com auxílio deste suporte inovador escolhemos trabalhar o conteúdo da Termometria. O conteúdo curricular do 2º ano do Ensino Médio Regular traz como tópicos gerais: a Termologia, a Óptica, e a Ondulatória, dentre estes a Termometria é parte integrante da Termologia. Estes três tópicos em Física tratam de fenômenos mais abrangentes do que aqueles tratados no currículo do 1º ano/série, além de abordar a natureza atômica da matéria aceita atualmente pela comunidade científica, nestes tópicos continuam válidos os conceitos e as leis gerais da Mecânica abordados na 1ª série. No 2º ano do Ensino Médio fica evidente o uso da modelagem na ciência (idealização de um sistema a partir das características conhecidas de uma parte do sistema) para se explicar o conjunto de fenômenos físicos tratados nos três tópicos, como por exemplo, entendemos algumas propriedades dos materiais pela modelagem atômica, outro, a luz é conceituada mediante um modelo ondulatório do campo elétrico e magnético, dentre outros modelos físicos que representam a realidade.

No ensino de Termometria o fenômeno que merece destaque é o da dilatação térmica dos sólidos e líquidos, estes foram passíveis de compreensão nos séculos XVII e XVIII devido à formulação da lei empírica matemática que demonstrava na prática uma relação linear entre a mudança (ou variação) de temperatura com a mudança das dimensões de um objeto constituído de um material homogêneo. A linearidade entre estas duas medidas deu início à criação dos primeiros termômetros de líquido, distinguindo assim, o conceito de calor e de temperatura como grandezas

físicas diferentes. Os primeiros termômetros (em especial o termômetro de gás a volume constante) também contribuíram muito nas experiências para a formulação dos conceitos de calor, energia térmica, e entropia. Neste entendimento, nosso Produto Educacional traz a possibilidade de o professor adquirir dois aparatos experimentais: termômetro (sensor DS18B20, e termômetro a álcool) e dois tipos de dilatômetros lineares (de trilho, e de alavanca).

O Produto Educacional é constituído de três partes:

### 1ª) Orientação metodológica curricular

Na primeira parte esclarecemos o objetivo deste trabalho aos professores, de modo que, estes se familiarizem com o tipo de conteúdo que será tratado, e ainda, conheçam as aplicações práticas do Produto Educacional. Traz ainda a contextualização curricular do ensino da Termometria mediante os textos normativos nacionais sobre o conteúdo curricular de Física para o Ensino Médio. Tomamos como base os PCN's<sup>+</sup>, os quais são textos que constituem orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, os PCN's.

### 2ª) Manual de Construção do Dilatômetro Linear

Este manual traz toda a metodologia e relação de materiais necessários para a construção de dois tipos de dilatômetros, além de ditar todos os procedimentos para instalação do software Arduino IDE e o manuseio com os dispositivos eletrônicos, ou seja, a conexão da placa Arduino UNO com os sensores de temperatura. Como último procedimento, o manual orienta como se manuseia os dilatômetros na prática, e como se constrói os gráficos dos resultados experimentais utilizando o Microsoft Excel.

### 3ª) Seqüência Didática

Nossa Seqüência Didática é uma apostila com dezenove (19) páginas de conteúdo que contém: um (1) questionário de sondagem com nove (9) questões abertas, dois (2) capítulos sobre Termometria retirados de um livro didático, e três (3) roteiros de prática dos quais os estudantes devem fazer as anotações das práticas realizadas e responder os questionários contendo questões subjetivas. A Seqüência Didática foi planejada de maneira que os aportes teóricos da teoria da educação de Vigotski fossem aplicados à metodologia adotada em cada etapa da seqüência, como por exemplo, tomamos o cuidado de elaborar questões simples cuja respostas dos estudantes servem como diagnóstico para encontrarmos as suas ZDI's.

## 7.1 Elaboração

Ao iniciar este trabalho pensamos na escolha do conteúdo de Física, sendo que já sabíamos que a nossa atuação no ensino escolar seria na área da prática experimental. O conteúdo escolhido foi o de Termometria, este conteúdo trata dos primeiros conceitos do tópico geral da Termologia, os instrumentos mais utilizados em experimentos didáticos são o termômetro e o dilatômetro. Analisando os dispositivos eletrônicos existentes na prototipagem do Arduino, escolhemos, de forma conveniente, trabalhar com o sensor de temperatura DS18B20, este tem a função de medir a temperatura de objetos em contato com a sua superfície metálica (aço inoxidável), sua aplicação é ideal para líquidos.

Com estas escolhas já acertadas, o que restava para concluir a parte instrumental do projeto era criar um protótipo (modelo) de dilatômetro linear cujo material e o trabalho para a sua construção fossem de fácil acesso aos professores que se interessassem pelo projeto. Como já conhecíamos alguns tipos de dilatômetros através de livros didáticos, e mesmo em sites da web, verificamos que, basicamente, existem dois tipos de dilatômetros mais comuns para a área do ensino: o primeiro tipo é aquele cujo medidor é constituído de um sistema mecânico como uma alavanca (designamos como dilatômetro de alavanca), ou alavancas acopladas, e o segundo tipo, é aquele na qual o eixo do ponteiro move-se mediante atrito estático entre duas barras de metal (designamos como dilatômetro de trilhos). Após a construção de alguns modelos e a realização de testes conseguimos construir os dois tipos de dilatômetros (dilatômetro de trilhos e o dilatômetro de alavanca) de forma bem simplificada, lembrando que tivemos o cuidado de inserir materiais que fossem de fácil aquisição.

Foto 28: Dilatômetro de trilhos



Fonte: arquivos do autor (em fev. de 2021)

Foto 29: Dilatômetro de alavanca



Fonte: arquivos do autor (em fev. de 2021)

A segunda etapa de elaboração do Produto Educacional foi em redigir e editar o **Manual de construção de Dilatômetros e Termômetro com aplicação do Arduino para aulas experimentais**. Nessa fase foram necessários fotos e vídeos que mostram passo a passo a construção destes dois aparatos experimentais, bem como o desenvolvimento da escrita narrativa de todos os procedimentos para a construção dos dilatômetros, além, também, dos procedimentos para a programação da placa Arduino UNO e os sensores, e por último, para se construir gráficos no computador.

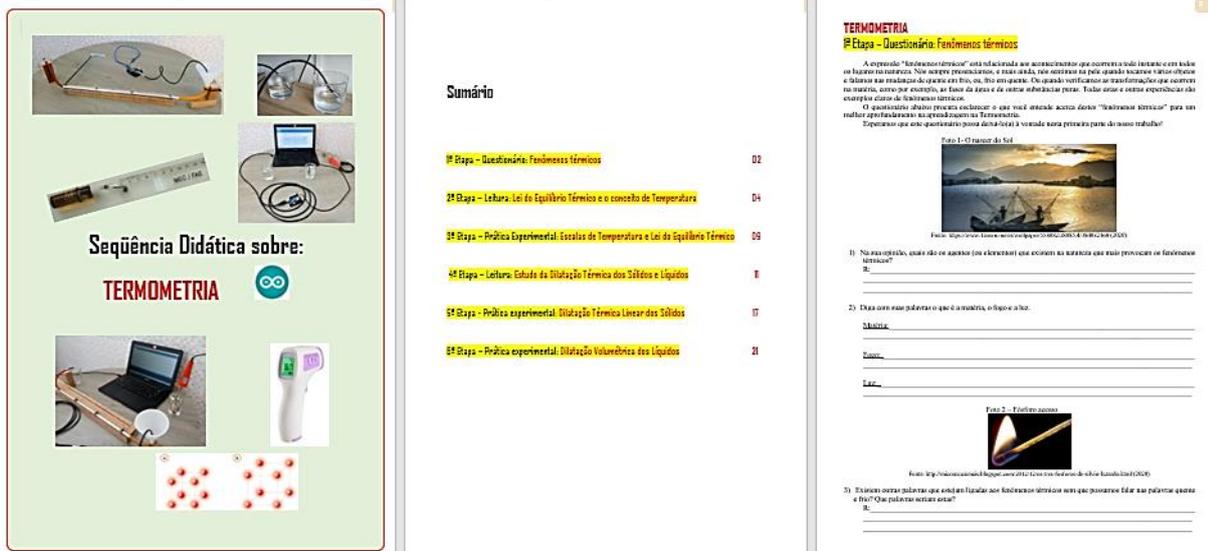
Figura 25: Capa e página 28 do manual



Fonte: arquivos do autor (em fev. de 2021)

A última etapa da elaboração do Produto Educacional foi o planejamento metodológico para inserir as práticas experimentais no ensino. Para isto, seguimos a orientação das disciplinas voltadas à fundamentação em educação durante o curso. Assim, decidimos planejar uma Sequência Didática resumida numa apostila munida dos conteúdos e atividades a serem trabalhados com os estudantes na pesquisa de campo.

Figura 26: Capa, sumário, e pág. 02 da Sequência Didática



Fonte: arquivos do autor (em fev. de 2021)

## 7.2 Aplicação do Produto Educacional

O Produto Educacional foi aplicado em duas escolas públicas, cada escola com uma turma do 3º ano. Como não eram turmas da 2ª série, foi proposto pelo pesquisador, e aceito pelos estudantes que o conteúdo didático da Sequência Didática seria entendido como uma revisão de conteúdo do 2º ano. No relato da aplicação da pesquisa nós utilizaremos as informações do nosso Diário de Campo.

### I - Atividades no Centro Estadual de Educação Profissional Prefeito João Mendes O. de Melo (PREMEN Norte)

#### Dia 10/11/2020

- ✚ Visita à escola pela manhã para pedido da implementação da Pesquisa de Campo ao Diretor.
- ✚ Explicação do tipo de Pesquisa de Campo ao Professor de Física.
- ✚ Apresentação do Sequência Didática (Apostila) aos onze (11) estudantes do 3º ano do Ensino Médio Profissionalizante do Curso de Técnico em Farmácia.

#### Dia 11/11/2020

- ✚ Entrega dos Questionários de Campo 1, 2 e 3, respectivamente, para o Diretor, o Coordenador, e o Professor de Física.
- ✚ Início do ensino de Termometria aos estudantes, entrega das apostilas para estudo.
- ✚ Realizadas a 1ª e 2ª etapa da Apostila em duas aulas pela manhã com nove (09) estudantes, cada aula com duração de 40 min.

Fotos 30 e 31: Dia da 1ª e 2ª etapa - PREMEN Norte



Fonte: arquivos do autor (2020)

### Dia 12/11/2020

- Realização da 3ª etapa da apostila (1ª Prática Experimental) no laboratório do Centro, em duas aulas pela manhã, cada aula com duração de 40 min. Nove (09) estudantes participaram formando três grupos.

Fotos 32, 33, 34, 35 e 36: Dia da 3ª etapa – PREMEN Norte



Fonte: arquivos do autor (2020)

### Dia 17/11/2020

- Explicação dos dois capítulos que tratam, respectivamente, sobre Temperatura e Dilatação Térmica. Realizada em uma aula pela manhã com nove (09) estudantes, duração de 40 min.

Fotos 37, 38 e 39: Aula da 4ª etapa – PREMEN Norte





Fonte: arquivos do autor (2020)

### Dia 18/11/2020

- ✚ Realização da 5ª etapa (2ª Prática Experimental) da apostila, doze (12) estudantes estavam presentes. A turma foi dividida em quatro grupos, cada grupo se encarregava de fazer as medidas para um dilatômetro, sempre com auxílio do professor-pesquisador.
- ✚ Criado um grupo provisório via Whatsapp com o nome “Ensino de Termometria” para melhor acompanhamento das frequências, tira-dúvidas, e para outras informações referentes ao desenvolvimento do ensino.

Fotos 40, 41, e 42: Dia da 5ª etapa – PREMEN Norte





Fonte: arquivos do autor (2020)

### Dia 24/11/2020

- Realização da 6ª etapa da apostila com 10 (dez) estudantes, organizados em três grupos. Foram utilizados três termômetros de álcool, sem marcações, para verificação do efeito da dilatação volumétrica do álcool contido no bulbo, e para calibrar cada termômetro utilizando dois pontos de temperatura (usando água em temperaturas diferentes) com o auxílio do sensor DS18B20.

Fotos 43, 44 e 45: Dia da última etapa – PREMEN Norte



Fonte: arquivos do autor (2020)

## II – Atividades no Centro de Educação de Tempo Integral Helvídio Nunes

**Dia 10/11/2020**

- ✚ Pela manhã, foi feita a visita ao Centro de Ensino para petição da realização da Pesquisa de Campo junto à Diretora e ao Coordenador.
- ✚ Explicação do tipo de Pesquisa de Campo aos gestores e o professor de Física do Centro.
- ✚ Apresentação da Sequência Didática (apostila) aos dez (10) estudantes do 3º ano do Ensino Médio.

**Dia 12/11/2020**

- ✚ Entrega dos Questionários de Campo 1, 2 e 3, respectivamente, para a Diretora, o Coordenador e o Professor de Física.
- ✚ Início do ensino de Termometria aos estudantes, entrega das Apostilas para estudo.
- ✚ Realizadas as etapas 1 e 2 da Apostila em duas aulas pela manhã com nove (09) estudantes, cada aula com duração de 40 min.

Fotos 46 e 47: Dia da 1ª e 2ª etapas – CETI Helvídio Nunes



Fonte: arquivos do autor (2020)

**Dia 17/11/2020**

- ✚ No decorrer de duas aulas pela manhã, com onze (11) estudantes presentes, cada aula com duração de 40 minutos, foi explicado os capítulos sobre Temperatura e Dilatação Térmica (4ª Etapa da apostila).

OBS: Nestas duas aulas seria realizada a 3ª etapa da apostila (1ª Prática Experimental) no laboratório de Ciências do Centro, mas o computador apresentou problemas de configuração. Nessa ocasião, foi explicado os conteúdos teóricos sobre Termometria.

Fotos 48, 49, 50 e 51: Aulas da parte teórica – CETI Helvídio Nunes



Fonte: arquivos do autor (2020)

#### Dia 18/11/2021

- ✚ Criado um grupo provisório com o aplicativo Whatsapp com o Nome “Ensino de Termometria” para melhor acompanhamento das frequências, tira-dúvidas, e para outras informações referentes ao desenvolvimento da pesquisa.

#### Dia 23/11/2020

- ✚ Realização da 3ª etapa da apostila (1ª Prática Experimental) no Laboratório de Ciências do Centro. O professor de Física do Centro participou da prática juntamente com três (3) estudantes.

Fotos 52, 53, 54 e 55: Dia da 3ª etapa – CETI Helvídio Nunes





Fonte: arquivos do autor (2020)

### Dia 26/11/2020

- Realização da 5ª e 6ª etapa da apostila no Laboratório de Ciências do Centro. Foi possível realizar as duas últimas práticas experimentais com três estudantes no turno da manhã em duas aulas.
- Ficou combinado que os estudantes concluiriam os questionários conclusivos referentes aos resultados das práticas em suas residências. As dúvidas poderiam ser enviadas e respondidas via internet com o professor-pesquisador.

Fotos 56, 57, 58 e 59: Dia das últimas etapas – CETI Helvídio Nunes



Fonte: arquivos do autor (2020)

### Dia 03/12/2020

- Feita a entrega de dois Dilatômetros de Alavanca, respectivamente, nas duas escolas onde a Pesquisa de Campo foi realizada. Na ocasião, o professor-pesquisador deu instruções aos professores de Física de ambas as escolas, demonstrando como se manuseia o aparato

experimental. Os dois professores já dispunham da placa Arduino UNO, e, também, sabem programar através do software Arduino IDE. Cada professor ficou encarregado em adquirir o sensor de temperatura DS18B20 para a realização das práticas experimentais com o aparato. Também foi entregue o **Manual de construção de Dilatômetros e Termômetro com aplicação do Arduino para aulas experimentais**, em ambas as escolas, num arquivo em formato PDF cedido aos professores de Física.

### 7.3 Análise das atividades desenvolvidas

Após a realização das atividades no campo, utilizamos as três etapas da análise de conteúdo já comentadas na seção 6.5: a **pré-análise**, a **descrição analítica**, e a **interpretação referencial**. Desenvolvemos as duas primeiras análises, respectivamente, através das ações: elaboração sistemática de nossa Sequência Didática, e na observação da aplicação das atividades do Produto Educacional.

#### **Pré-análise**

Nesta primeira etapa, tratamos em elaborar uma perspectiva que delimite nossa forma de abordar as atividades aos estudantes de maneira que haja uma comunicação clara e objetiva entre estes e o objeto de estudo. Tomamos como base nossa experiência profissional com o trabalho em sala de aula, ou melhor, conhecemos as principais dificuldades para o processo de ensino-aprendizagem, dentre estas dificuldades, focalizaremos, pelo caráter do nosso trabalho, aquela que aponta para a falta de habilidades e competências, por parte de alguns estudantes, no que se refere ao domínio de conteúdo das séries anteriores. Pois o entendimento básico dos conteúdos curriculares por série constitui uma base fundamental para o desenvolvimento de novas habilidades e competências nas séries posteriores. Certamente que existem outros fatores que contribuem para as dificuldades do processo ensino-aprendizagem nas escolas, para grande parte dos estudantes e professores, estas dificuldades estão correlacionadas principalmente à realidade socioeconômica e cultural de cada estudante e professor.

A nossa pré-análise inicia-se no primeiro encontro presencial com as duas turmas de 3º ano, respectivamente, nos dois centros escolares, PREMEN Norte e CETI Helvídio Nunes. Este primeiro encontro ocorreu em ambas as escolas entre o intervalo de aulas, e, é datado no dia 10 de novembro de 2020. Nesta ocasião o professor-pesquisador teve um diálogo com os estudantes apresentando a pesquisa, comparando-a a uma metodologia de ensino através de aulas teóricas e experimentais, nesta mesma ocasião, o professor-pesquisador mostra a Sequência Didática (apostila) aos estudantes informando como serão transcorridas as seis (6) etapas da mesma. O segundo encontro ocorreu em

dias diferentes para as duas escolas, ocorreram respectivamente, nos dias 11 e 12 de novembro de 2020, nas escolas PREMEN Norte e CETI Helvídio Nunes. Neste segundo encontro, num tempo de duas aulas, cada aula com 40 minutos, foi realizada a 1ª etapa da apostila que consiste em um questionário de sondagem sobre Termologia, e, também, se deu início a 2ª etapa, leitura do 1º capítulo da apostila. Ficou decidido entre os estudantes e o professor-orientador que todos poderiam levar a apostila para suas residências para um melhor aproveitamento de leitura. Durante a pesquisa foram distribuídas 21 apostilas para os estudantes nas duas turmas, sendo que ao final da pesquisa 14 estudantes concluíram as etapas, devolvendo em seguida a apostila.

Feito estes procedimentos, concluímos que nossa pré-análise, feita através da avaliação das respostas escritas do questionário inicial, realmente aponta para um quadro no qual a maioria dos estudantes apresentou pouco conhecimento na área de Termologia, conhecimento este que se refere aos conceitos básicos do conteúdo curricular das séries escolares anteriores. A aprendizagem através da leitura do 1º capítulo (Temperatura e Equilíbrio Térmico) também não foi efetivada de forma satisfatória, sendo necessário a explicação deste capítulo nas aulas posteriores pelo professor-orientador.

### **Descrição Analítica**

Na segunda etapa, analisaremos o processo de ensino-aprendizagem referente ao conteúdo da Termometria através da avaliação das escritas e anotações feitas pelos estudantes, após a realização das atividades propostas em cada etapa da Sequência Didática.

As atividades da Sequência Didática propostas a cada estudante constituem um total de seis (6) etapas, sendo que quatro (4) dessas etapas são destinados à escrita (respostas) e anotações dos estudantes, e duas (2) compreendem as leituras.

Baseando-nos nas etapas da Sequência Didática subdividiremos a descrição analítica da avaliação da aprendizagem dos estudantes em duas partes: análise do questionário de sondagem, e das práticas experimentais.

#### ➤ Avaliação do Questionário de Sondagem

Este questionário aparece com o título de “Fenômenos Térmicos” na Sequência Didática, contém nove (9) questões subjetivas de caráter tanto aberto como fechado. Para uma análise descritiva é necessário se fazer um levantamento quantitativo das respostas dos catorze estudantes.

Vejamos a tabela mostrada a seguir:

Tabela 2: Avaliação quantitativa do questionário de sondagem

	Acertos	Erros	Branco	Total
1ª Questão	10		4	14
2ª Questão	1	9	4	14
3ª Questão	8		6	14
4ª Questão	10		4	14
5ª Questão	7		7	14
6ª Questão	3	3	8	14
7ª Questão	9		5	14
8ª Questão		8	6	14
9ª Questão	9		5	14

Fonte: autor (em fev. de 2021)

Observando o enunciado destas questões no apêndice deste trabalho, faremos a citação delas para um melhor acompanhamento das análises.

A primeira questão: “1) Na sua opinião, quais são os agentes (ou elementos) que existem na natureza que mais provocam os fenômenos térmicos?”

É uma questão aberta, a quantidade de acertos é justificada pela familiaridade e abrangência da expressão “fenômenos térmicos” com os agentes envolvidos nessa classe de fenômenos.

A segunda questão é uma questão fechada com três conceitos: “2) Diga o que é a matéria, o fogo e a luz.”

Percebemos o que havíamos comentado na pré-análise, trata-se do pouco conhecimento dos conceitos básicos adquiridos nas séries escolares anteriores, nós apontamos isto antes como uma dificuldade do prosseguimento dos currículos das séries posteriores.

Terceira questão: “3) Existem outras palavras que estejam ligadas aos fenômenos térmicos sem que possamos falar nas palavras quente e frio? Que palavras seriam estas?”

Trata-se de uma questão aberta em que todos os estudantes não teriam dificuldade em encontrar outras palavras além das palavras “frio” e “quente”. É conhecido por várias pessoas o uso de outras palavras como temperatura, calor, umidade, dentre outras, relacionadas aos fenômenos térmicos.

Quarta questão: “4) Você concorda que o sentido do tato (sentir na pele) possa medir a sensação de quente e frio da mesma forma para todas as pessoas?”

Inserimos esta questão de caráter fechado, porém simples, para despertar no estudante o senso de observação com respeito ao fenômeno térmico da sensação através do tato que um ser humano possui ao tocar nos objetos. As respostas corretas apontam para o bom senso de observação dos estudantes.

Quinta questão: “5) Você esperaria por um resultado no qual todas as pessoas marcariam o mesmo valor, um para a água quente, e outro para a fria? Explique.”

Nesta questão fechada é apresentada uma experiência mental aos estudantes, uma pessoa tateia duas bacias, uma contendo água fria, e outra, água quente. Novamente, percebemos um avanço positivo nas memórias relacionadas às experiências empíricas vividas pelos estudantes.

A sexta questão: “6) Para comparar a sensação de frio e quente de qualquer objeto quando tateamos (seguramos, ou tocamos) é necessário que esperemos um certo tempo para fazer tal comparação? Ou melhor, de imediato já saberemos do “grau” de quente ou de frio?”

De caráter fechado, esta questão ilustra um fenômeno que está correlacionado à lei do Equilíbrio Térmico. Os poucos acertos dos estudantes devem-se ao não conhecimento desta lei, entretanto, na prática, algumas pessoas conseguem observar de forma correta como se deve comparar as temperaturas entre os corpos deixando-se o tato em contato por algum tempo.

A sétima questão: “7) Pensemos num pedaço de ferro muito quente que chega até ficar vermelho! Neste pedaço de metal há energia? Há temperatura? Há calor nele?”

Uma questão de caráter fechado que envolve três conceitos físicos, porém de pouca dificuldade. Pede-se apenas para o estudante confirmar se estes conceitos estão correlacionados ao fenômeno ilustrado, com isso, percebemos que a maioria dos estudantes, de certa forma, conhecem uma relação entre estes conceitos e o fenômeno térmico citado.

Oitava questão, de caráter fechado: “8) Diga com suas palavras o que você entende por temperatura.”

Há muitos erros por falta do conhecimento científico básico do conceito de temperatura. Novamente, um reflexo da pouca assimilação dos conteúdos curriculares anteriores.

Nona, e última questão, de caráter aberto: “9) Que método você utilizaria para tentar medir a temperatura de uma porção de matéria, como por exemplo, uma porção de água?”

As duas últimas questões demonstram o resultado da mediação que existe entre significado do conceito de temperatura e a sua utilidade prática através do termômetro. A explicação do funcionamento do termômetro pode proporcionar um melhor entendimento do conceito de temperatura. Muitas pessoas não conhecem o conceito de temperatura de forma isolada, elas sempre associam o conceito de temperatura ao termômetro. Na questão 9) muitos estudantes escreveram que o melhor método para se medir a temperatura de uma porção d’água seria pelo uso do termômetro, entretanto, na questão 8) a maioria dos estudantes não conheciam o conceito científico de temperatura.

#### ➤ Avaliação das Práticas Experimentais

Foram três as práticas experimentais, organizadas em três etapas distintas da nossa Sequência Didática. A primeira prática (3ª etapa da apostila) se refere ao conceito de Temperatura e à lei do Equilíbrio Térmico, a segunda prática (5ª etapa da apostila) é referente a lei da Dilatação Térmica de Sólidos e Líquidos, a terceira prática (6ª etapa da apostila) refere-se ao funcionamento do termômetro de líquido. Como já mencionado em capítulos anteriores, o objetivo do nosso trabalho é verificar a aplicação da experimentação, ou demonstração, com a finalidade de facilitar o processo de ensino-aprendizagem do conteúdo de Termometria no ambiente escolar.

- Primeira Prática Experimental

A primeira prática tem como título: “Escala de Temperatura e Lei do Equilíbrio Térmico”. Resumidamente, a experimentação consiste em dois procedimentos: medir as temperaturas através do sensor duas porções de água para verificar a lei do equilíbrio térmico. E, observar a mudança de temperatura numa porção de água medindo os gradientes de temperatura nas três escalas (Celsius, Fahrenheit e Kelvin), também, com a ajuda do sensor de temperatura.

A avaliação da aprendizagem desta prática pode ser verificada na parte “4 RESULTADOS”, e na parte “5 QUESTIONÁRIO” do roteiro de prática da apostila. Logo abaixo podemos visualizar duas tabelas, respectivas aos dois procedimentos, nas quais os estudantes fizeram suas anotações durante a prática.

Tabela 3: Espaço para anotações da prática da Lei do Equilíbrio Térmico

Água no 1º copo			Água no 2º copo			Mistura no recipiente		
°C	°F	K	°C	°F	K	°C	°F	K

Fonte: Autor (2020)

Tabela 4: Espaço para anotações para prática de Escalas de Temperatura

Fonte: Autor (2020)

Todas as práticas experimentais foram organizadas em grupos de estudantes, sendo que cada estudante ficaria responsável em anotar e responder individualmente os questionários em suas apostilas. A conclusão final das anotações e dos questionários, no decorrer das três práticas, seria apenas uma representando cada grupo de estudante.

A realização da prática foi bem-sucedida, todos os grupos de estudantes conseguiram realizar os dois procedimentos experimentais. O professor-orientador teve um papel mediador ao explicar e orientar as informações do roteiro de prática, além de auxiliar no manuseio dos instrumentos. Numa avaliação qualitativa, através da observação, podemos afirmar que os estudantes compreenderam os objetivos, procedimentos e resultados da experimentação.

Para a parte do questionário, vejamos a Tabela 6 abaixo com uma breve avaliação quantitativa das respostas dos grupos de estudantes.

Tabela 5: Avaliação quantitativa do questionário da 1ª prática

	Acertos	Erros	Em branco
1ª Questão	50%		50%
2ª Questão	43%		57%
3ª Questão	22%		78%
4ª Questão			100%

Fonte: autor (em fev. de 2021)

**1ª Questão:** “5.1 Após um tempo considerável, numa sala toda fechada, todos os objetos dentro desta sala atingirão o equilíbrio térmico? E, se incluirmos pessoas na sala?”

Nas respostas de metade dos grupos verificamos que houve o entendimento da lei do Equilíbrio Térmico, necessário para a resolução desta questão. Percebemos que não houve respostas erradas, houve sim, grupos que não conseguiram responder esta questão. Isto pode ser um reflexo do consenso entre as opiniões dos estudantes de cada grupo.

**2ª Questão:** “5.2 A variação da temperatura causa outros efeitos, ou fenômenos, em objetos inanimados (sem vida), além da sensação de frio e quente que nós, seres vivos, sentimos? Pode citar algum?”

Nesta questão, na segunda pergunta, todas as respostas se referiram ao fenômeno da dilatação térmica dos objetos. Esta resposta pode estar atribuída à pesquisa de leitura dos estudantes no segundo capítulo da Sequência Didática. Podemos assim afirmar porque, na prática, além de existirem outros fenômenos relacionados a variação da temperatura, o consenso dos grupos, que responderam esta questão, teve como base o fenômeno da dilatação térmica.

**3ª Questão:** “5.3 Através dos números medidos nas três escalas, verifique de forma respectiva se a variação da temperatura dada por:  $\Delta T = T_f - T_i$ , é a mesma nas três escalas.”

Esta questão requer uma operação de subtração entre as medidas sucessivas para cada uma das três escalas de temperatura através dos resultados numéricos da Tabela 4. Percebemos uma dificuldade do consenso de alguns grupos quando se trata da interpretação da variação da temperatura correlacionada a operação matemática da subtração.

**4ª Questão:** “5.4 Respectivamente, para cada medida, a variação na escala de temperatura  $\Delta T$  é a mesma nas três escalas? ”

“Expresse o número que relaciona a variação de temperatura entre duas escalas!”

$$\frac{\Delta TF}{\Delta TC} = \boxed{\phantom{00}}$$

$$\frac{\Delta TF}{\Delta TK} = \boxed{\phantom{00}}$$

$$\frac{\Delta TK}{\Delta TC} = \boxed{\phantom{00}}$$

Nenhum dos grupos respondeu esta questão. Alguns estudantes relataram que a questão não estava clara, ou que não entenderam, sobre os valores que deveriam ser substituídos na razão (divisão).

- Segunda Prática Experimental

Tendo como título, “Dilatação Térmica Linear dos Sólidos”, a segunda prática experimental tem como objetivo principal demonstrar a dilatação, ou contração, de um tubo de metal e comprovar a lei empírica matemática que relaciona a variação do comprimento do tubo com a variação da temperatura. Nesta prática ocorreram três procedimentos usando três comprimentos iniciais do tubo. Foram utilizados o dilatômetro, o sensor de temperatura, e uma porção de água aquecida cuja finalidade foi de variar a temperatura do tubo de metal.

A Sequência Didática teve como meio de registro, para avaliação da aprendizagem dos estudantes, três tabelas (na parte 4 RESULTADOS do roteiro) para as anotações feitas durante a prática, e em seguida, um questionário (na parte 5 QUESTIONÁRIO do roteiro) com seis (6) questões abertas e fechadas. A Tabela 7 logo abaixo mostra uma dentre as três tabelas usadas na prática. Nas duas aulas utilizadas para esta prática os estudantes anotaram as medidas apenas nas lacunas hachuradas de verde, isto devido ao curto tempo para se preencher toda a tabela. Na ocasião, o professor-pesquisador combinou que os estudantes poderiam fazer o restante das anotações (cálculos das medidas) em suas casas, já que todos estavam com a apostila.

Tabela 6: Espaço para anotações da prática de Dilatação Linear

n(graus) ou B(mm)	$\Delta L$ (mm)	$T_f$ (°C)	$\Delta T$ (°C)	$\alpha$ (1/°C)

$T_i =$       °C

Fonte: Autor (em nov. de 2020)

Nesta prática todos os grupos conseguiram realizar os três procedimentos, novamente, durante a prática, o professor-pesquisador teve que mediar explicando e orientando o roteiro, além de auxiliar no manuseio dos instrumentos. Analisando de forma qualitativa, o experimento demonstrou de forma clara a causalidade do fenômeno da dilatação no tubo de metal. Tivemos a oportunidade de observar todos os estudantes presenciando os três procedimentos, assim todos perceberam, através da observação, a dilatação do tubo decorrente do aumento da temperatura, e também, a dependência da dilatação ao mudar o comprimento inicial do tubo.

Na parte dos questionários é sempre importante fazer uma avaliação quantitativa da aprendizagem através das respostas escritas dos grupos. Vejamos esta avaliação de forma resumida na Tabela 8 abaixo.

Tabela 7: Avaliação quantitativa do questionário da 2ª prática

	Acertos	Erros	Em branco
1ª Questão	43%		57%
2ª Questão	43%		57%
3ª Questão		36%	64%
4ª Questão			100%
5ª Questão	-	-	-
6ª Questão			100%

Fonte: autor (em fev. de 2021)

**1ª Questão:** “5.1 Na sua opinião, a lei empírica da dilatação linear dada por:

$\Delta L = L_i \cdot \alpha \cdot \Delta T$ , pôde ser comprovada no experimento? Você pode justificar-se.”

Uma pergunta simples, direta e aberta. Deixamos que as explicações fossem voluntárias aos estudantes. Todos os grupos que responderam, escreveram de forma positiva, pela razão de terem presenciado a demonstração prática, mas o que analisamos, é que os estudantes não haviam se familiarizado com os cálculos matemáticos necessários para se compreender a validade da lei empírica com os valores medidos na prática.

**2ª Questão:** “5.2 Na proporção em que o comprimento inicial do tubo  $L_i$  aumenta nas três tabelas o que acontece com a dilatação linear  $\Delta L$  do tubo?”

A mesma quantidade de grupos responde de forma correta. Suas respostas são bem resumidas ao escreverem que a dilatação do tubo de metal aumenta quando se aumenta também a temperatura do tubo. As respostas não utilizam o raciocínio matemático quando nos referimos à expressão “varia de forma diretamente proporcional”. Também não há explicação da pergunta fazendo referência às medidas da tabela, o que nos leva a crer que suas respostas tiveram como base apenas a informação da observação na demonstração da prática.

**3ª Questão:** “5.3 Nos três experimentos qual das medidas tabeladas, praticamente, permanece constante?”

Os grupos que responderam a esta questão não tiveram acertos, pois a medida tabelada requisitada na questão seria resultado de cálculos matemáticos. O motivo, novamente, se deve ao fato de os grupos não terem assimilado ainda a prática de realizar os cálculos matemáticos necessários para se compreender a lei empírica da dilatação térmica. Verificamos duas dificuldades na efetivação dos cálculos: a falta de manejo nos dois membros de uma equação, e a falta de operacionalização com potências de base igual a dez. Se os grupos tivessem efetuado os cálculos, eles observariam que a medida “ $\alpha$ ”, mostrada na Tabela 7, teria valores aproximadamente iguais, ou seja, seria uma constante no fenômeno.

**4ª Questão:** “5.4 O que significa esse valor constante encontrado nas três tabelas?”

Nenhum dos grupos conseguiu escrever a resolução desta questão. A razão é que esta questão consiste na explicação do valor constante da medida almejada na questão anterior. Sem a efetivação correta dos cálculos torna-se impossível interpretar o porquê da medida “ $\alpha$ ” ser um valor constante.

**5ª Questão:** “5.5 Com o tipo de comportamento mostrado nos gráficos  $\Delta L \times \Delta T$  no computador, podemos afirmar que o dilatômetro pode funcionar como um termômetro. Por que isso é possível?”

Foi anulada porque não realizamos o procedimento de verificar os gráficos cartesianos gerados pelo computador inserindo os valores das medidas anotadas da prática. Como já narrado, o tempo (duas aulas) para a realização dos três procedimentos foi curto. Isto poderia ter agravado também ao não preenchimento das lacunas cujo cálculo matemático era necessário.

**6ª Questão:** “5.6 O fenômeno da dilatação linear do tubo vai permanecer para qualquer valor de temperatura?”

Esta questão remete aos estudantes de cada grupo o senso de pesquisa para uma maior generalização sobre o fenômeno da dilatação térmica dos sólidos e líquidos. Para respondê-la, o estudante é induzido a pensar no limite de validade da lei empírica da dilatação térmica para valores mais elevados de temperatura. Em nossa pesquisa, não houve indagações escritas que apontassem por pesquisas feitas pelos estudantes.

- Terceira Prática Experimental

A última prática experimental tem como título: “Dilatação Volumétrica dos Líquidos”. Nela, o objetivo principal é a demonstração do funcionamento do termômetro de líquido e do método de calibração de um termômetro. O procedimento básico para a experiência consiste em deixar um termômetro (de álcool) em equilíbrio térmico, de forma consecutiva, em duas porções de água, uma porção com água quente, e a outra com água fria. Durante este procedimento deve-se marcar as alturas das colunas de álcool do termômetro no equilíbrio térmico, consecutivamente, quando em contato com a duas porções de água, e observar as duas medidas de temperatura com o auxílio do sensor de temperatura.

Vejam os a elaboração do espaço reservado às anotações dos estudantes para esta prática na Tabela 8 mostrada abaixo.

Tabela 8: Espaço para anotações da prática de Dilatação Volumétrica dos Líquidos

Temperatura da água gelada	Altura da coluna de álcool na régua
T =      °C	h =      mm
Temperatura da água quente	Altura da coluna de álcool na régua
T =      °C	h =      mm

Fonte: autor (em fev. de 2021)

Esta prática teve um procedimento experimental relativamente simples, todos os grupos de estudantes conseguiram concluir de forma satisfatória. Em todas as três práticas fez-se necessário a mediação do professor-pesquisador. Todos os estudantes que participaram desta prática observaram o fenômeno da dilatação volumétrica do álcool ao submergir o bulbo do termômetro no recipiente com água quente, e, consecutivamente, também observaram a contração volumétrica do álcool, agora, ao submergir o bulbo em água fria. Observaram também a correlação da variação da coluna de álcool no capilar do termômetro com as medidas de temperatura visualizadas pela interface da tela do computador. Dessa forma, podemos demonstrar a correlação para medida de temperatura utilizando dois tipos de termômetros, o termômetro de líquido, e o conjunto: sensor de temperatura, placa Arduino UNO e computador.

A parte conclusiva das práticas consiste basicamente na resolução dos questionários, pois foram elaborados de forma a induzir nos estudantes a expressão de suas conclusões e argumentações depois de passarem por todo um processo de ensino-aprendizagem através das leituras, da mediação do professor com as explicações, e por fim, da realização dos experimentos.

O questionário para esta prática é constituído apenas por duas questões.

**1ª Questão:** “5.1 Pesquise nas tabelas 1.1 e 1.2 do texto da 4ª Etapa da Sequência Didática e verifique se, além do álcool etílico, o vidro se dilata também. Qual desses dois materiais se dilata mais? Este fato interfere na leitura da temperatura do nosso termômetro construído?”

Nesta questão exige uma simples pesquisa na apostila necessária para a resolução de duas perguntas. Na primeira pergunta todos responderam de forma correta, pois a resposta é clara e objetiva após a pesquisa, já segunda pergunta alguns grupos não a souberam responder de forma correta. O raciocínio para a segunda pergunta consiste no fato de que no funcionamento dos termômetros de líquido, o vidro, que é o material mais utilizado para conter o líquido, também sofre uma pequena dilatação.

**2ª Questão:** “5.2 O que deveríamos fazer para que nosso termômetro ficasse bem mais eficiente? Em outras palavras, próximo do termômetro industrializado.”

O termômetro a que se refere a questão foi construído pelo professor-pesquisador utilizando o álcool e materiais simples, não se tratava de um termômetro já fabricado. Nesta questão nenhum dos grupos escreveu suas respostas. Esta questão induz o estudante novamente ao senso de investigação com respeito ao princípio de funcionamento de um termômetro de líquido, o que seria uma espécie de reconstrução do conhecimento. Ou melhor, a pergunta nos direciona ao período histórico entre os séculos XVII e XVIII marcado pelo esforço de alguns pesquisadores que criaram e aperfeiçoaram o termômetro de líquido.

### **Interpretação Referencial**

Esta etapa consiste na análise das respostas dos estudantes tendo em vista que ela terá como referencial os aportes teóricos da teoria educacional de Vigotski. Para efeito de melhor compreensão subdividimos esta análise em duas partes: a) Interpretação do Questionário de Sondagem, e b) Interpretação dos Resultados da Prática Experimental. Numa sequência lógica, faremos referência aos aportes teóricos.

#### a) Interpretação do Questionário de Sondagem

O questionário de sondagem foi realizado como primeira etapa da apostila, foi aplicado de forma individual aos estudantes. Cada estudante teve que respondê-lo no intervalo de duas aulas, cada uma com 40 minutos. Nesta atividade o professor-pesquisador fez mediação utilizando comentários e exemplos além de fiscalizar a aplicação desta 1ª etapa.

Nesta primeira parte de análise, o destaque é avaliar as respostas dos estudantes através dos dois aportes teóricos: “o processo de formação dos conceitos científicos” e a “zona de desenvolvimento imediato (ZDI)”.

Como na etapa anterior, faremos referência a cada uma das questões do questionário.

**1ª Questão:** “1) Na sua opinião, quais são os agentes (ou elementos) que existem na natureza que mais provocam os fenômenos térmicos?”

Nesta questão os estudantes compreendem o significado de fenômenos térmicos, este significado foi enunciado no parágrafo anterior ao questionário. Analisando as respostas dos estudantes percebemos que os elementos escritos tinham relação direta com o conceito de fenômeno térmico. Ou melhor, conseguimos encontrar uma ZDI na maioria dos estudantes, eles compreendem que conceitos espontâneos como sol, fogo, umidade, luz, chuva, dentre outras respostas, fazem parte da classe dos fenômenos térmicos.

**2ª Questão:** “2) Diga o que é a matéria, o fogo e a luz.”

A análise das respostas sugere um resultado significativo embora a maioria dos estudantes que escreveram não tenham acertado o conceito científico correto para as três palavras em destaque. O fato de muitos estudantes terem respondido a esta questão se deve à iniciativa que eles tiveram em respondê-la ao tratar de conceitos científicos tratando-os com conceitos espontâneos, ou seja, eles apresentaram respostas correlacionadas as suas ZDI's. Poucos estudantes escreveram o conceito científico correto.

**3ª Questão:** “3) Existem outras palavras que estejam ligadas aos fenômenos térmicos sem que possamos falar nas palavras quente e frio? Que palavras seriam estas?”

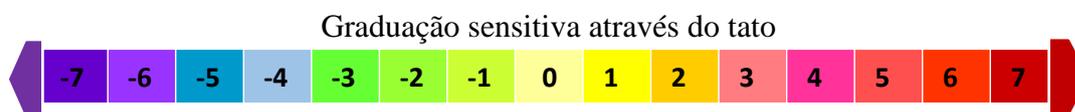
A maioria dos estudantes respondeu de forma satisfatória. Esperávamos que os estudantes construíssem um conjunto de palavras cujo significado, do tipo espontâneo, ou científico, fizesse uma correlação com as palavras quente e frio. Assim, podemos encontrar conceitos espontâneos que estão em suas ZDI's.

**4ª Questão:** “4) Você concorda que o sentido do tato (sentir na pele) possa medir a sensação de quente e frio da mesma forma para todas as pessoas?”

Nessa experiência mental utilizamos um instrumento psicológico, lembrança das sensações térmicas do tato, para demonstrar de forma racional que sensações entre frio e quente podem variar entre pessoas diferentes. As respostas dos estudantes foram positivas, todos os que responderam concordaram que pessoas diferentes podem ter diferentes sensações, ou, que não é possível se afirmar tal equivalência nas sensações.

**5ª Questão:** “Pensemos na seguinte experiência: são postas duas bacias, ambas com mesma quantidade de água, só que uma está com água quente e a outra com água fria. Em seguida, pedimos

para um grupo de, mais ou menos, seis pessoas, tocarem suas mãos em ambas as bacias para sentirem através do tato a ocorrência de um fenômeno térmico. E por último, pedimos para que estas pessoas anotassem com um “x” numa escala numérica, mostrada abaixo, um valor para tentar medir as intensidades entre quente e frio.



Você esperaria por um resultado no qual todas as pessoas marcariam o mesmo valor, um para a água quente, e outro para a fria? Explique.”

Novamente, fazemos referência a uma experiência mental, utilizando o instrumento psicológico da lembrança para mostrar a dificuldade que existe ao conceituar uma grandeza física relacionada ao grau de sensação térmica. As respostas escritas dos estudantes foram espontâneas, e, ligeiramente, coerentes com a experiência mental. Eles mostraram com clareza a existência da dificuldade de se medir o estado térmico da água através do tato, baseando-se nas suas ZDI’s.

**6ª Questão:** “6) Para comparar a sensação de frio e quente de qualquer objeto quando tateamos (seguramos, ou tocamos) é necessário que esperemos um certo tempo para fazer tal comparação? Ou melhor, de imediato já saberemos do “grau” de quente ou de frio?”

As respostas dos estudantes se confundem ao escreverem sobre a necessidade de esperar um certo tempo para comparar o estado térmico de um objeto. As respostas ficaram polarizadas. Isto se deve à razão de desconhecerem a lei do Equilíbrio Térmico, este é um conceito científico que requer uma observação mais diferenciada daquela em que, no geral, as pessoas comuns usam para saber do estado térmico de um corpo. Com isto, percebemos a limitação da ZDI dos estudantes com respeito a esta lei natural, além de observarmos que muitos ainda trazem consigo o uso de conceitos espontâneos.

**7ª Questão:** “7) Pensemos num pedaço de ferro muito quente que chega até ficar vermelho! Neste pedaço de metal há energia? Há temperatura? Há calor nele?”

Para estes três conceitos, puramente científicos, as respostas dos estudantes foram unânimes ao escreverem que estas grandezas físicas possuem correlação com o fenômeno mostrado numa fotografia (um ferro incandescente). Estas respostas mostram uma memória, mesmo que diminuta, vinda do aprendizado das séries escolares anteriores, ou até mesmo, das outras interações sociais fora do ambiente escolar. O objetivo da questão não é deixá-la estritamente fechada, da forma como foi elaborada a 2ª Questão, mas de se verificar o uso destes conceitos (energia, calor e temperatura) com um fenômeno presente nas ZDI’s dos estudantes. Ou melhor, talvez os estudantes não soubessem responder em termos científicos, no entanto, eles têm conhecimento de que tais conceitos têm relação com o fenômeno.

**8ª Questão:** “8) Diga com suas palavras o que você entende por temperatura.”

Semelhantemente à 2ª Questão, muitos estudantes respondem esta questão. Suas respostas têm significado embora não discorra do conceito científico correto da palavra temperatura. Suas conceituações são consideradas como espontâneas.

**9ª Questão:** “9) Que método você utilizaria para tentar medir a temperatura de uma porção de matéria, como por exemplo, uma porção de água?”

Os estudantes foram unânimes ao responderem esta questão, todos os que responderam, escreveram que o método mais adequado seria com o uso de um termômetro. A 8ª e a 9ª Questão podem demonstrar o que entendemos por mediação segundo Vigotski. Vejamos um exemplo claro de mediação: a cultura científica há tempos já impregnou o legado do uso da palavra temperatura, praticamente todas as pessoas civilizadas conhecem este conceito, da forma que, a palavra temperatura pode suprimir as palavras quente e frio. Por exemplo, sabemos que é mais compreensível falar em menor ou maior temperatura quando nos referimos ao estado térmico de um objeto, do que tentar especificar como muito quente, ou menos quente. As duas palavras, quente e frio, especificam uma qualidade de sensação térmica que um objeto pode apresentar. De uma forma geral, muitas pessoas usam estas expressões, quente e frio, em situações diárias, pois estas palavras espontâneas nos remetem a uma linguagem imediata ao nosso sentido intuitivo do tato. Entretanto, pela convivência com a cultura científica, as pessoas confiam no conhecimento de que o grau das sensações que permeiam entre quente e frio pode ser bem entendido e quantificado quando falamos em temperatura. Isto, é claro, é evidenciado pelo uso dos termômetros, um objeto material mediador para a compreensão do conceito da temperatura.

#### b) Interpretação dos Resultados das Práticas Experimentais

Nesta análise interpretativa, os resultados podem englobar todos os aportes teóricos: a mediação, o processo de internalização, a ZDI, e o processo de formação de conceitos científicos. Pois trata-se dos resultados das etapas da apostila que trabalharão no processo de ensino-aprendizagem.

Como é comum observarmos na maioria das aulas tradicionais, a mediação entre o professor e os estudantes foi importante para o processo de ensino-aprendizagem. A princípio, as aulas que ocorreram baseadas numa metodologia que consistia em aulas expositivas e teóricas, contribuíram para o entendimento dos dois capítulos teóricos da nossa Sequência Didática. Este tipo de mediação se concretiza no fato de que, o professor procura estabelecer uma linguagem, escrita, oral, e até comportamental, cuja finalidade é internalizar no estudante os conceitos científicos referentes ao conteúdo curricular, a partir dos conhecimentos espontâneos que fazem parte da ZDI dos estudantes.

Podemos verificar a necessidade desta mediação pela observação qualitativa da atenção e participação de alguns estudantes no decorrer das aulas expositivas e teóricas, cuja finalidade consistia em explicar os dois capítulos sobre Termometria. Observamos que há uma expectativa dos estudantes no ato do professor ter que “explicar” o conteúdo.

Outra mediação importante entre professor e estudante que se observou foi o auxílio nas aulas de metodologia experimental, seja na explicação dos roteiros, seja no manuseio dos aparatos instrumentais.

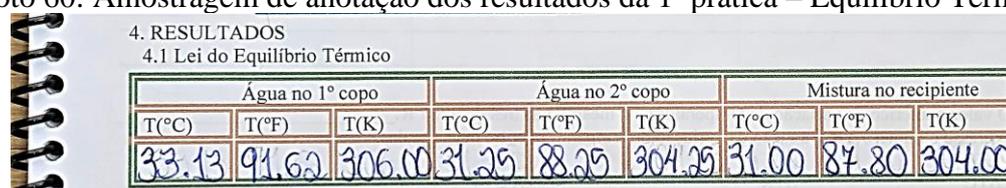
- Primeira Prática: “Escala de Temperatura e Lei do Equilíbrio Térmico”

Nesta prática o principal objetivo é a internalização do conceito científico da lei do Equilíbrio Térmico e da Temperatura, além da internalização da ação prática de se trabalhar com a medição da temperatura (utilizando as três escalas mais comuns de temperatura) através do manuseio dos instrumentos mediadores: sensor de temperatura, placa Arduino UNO e computador.

Esta experiência realizada com os grupos de estudantes mostrou uma significativa aprendizagem do referido conteúdo. Verificamos que os estudantes se familiarizaram com o modo de uso e funcionamento do conjunto mediador: sensor, Arduino UNO, computador e projetor. A mediação deste conjunto facilitou a amostragem das medidas de temperatura de forma que os estudantes comprovassem o equilíbrio de temperatura entre duas porções distintas de água no primeiro procedimento. Da mesma forma, os estudantes também se familiarizaram com o fenômeno da variação da temperatura de uma porção d’água através da observação dos valores numéricos das três escalas de temperatura, isto no segundo procedimento.

Os instrumentos simbólicos tratados até aqui são as escritas convencionais: a grandeza física da temperatura (símbolo T), as unidades de medidas para as três escalas ( $^{\circ}\text{C}$  para a escala Celsius,  $^{\circ}\text{F}$  para Fahrenheit, e K para a escala absoluta Kelvin), além dos números que expressam quantidade e a taxa de variação com o tempo. Quando afirmamos que houve significativa aprendizagem dos estudantes consiste em relatar que os estudantes compreenderam através das imagens produzidas pelo conjunto mediador o uso e o significado dos instrumentos simbólicos nesta prática. As Fotos 62 e 63 a seguir têm uma amostragem da forma como os grupos fizeram suas anotações.

Foto 60: Amostragem de anotação dos resultados da 1ª prática – Equilíbrio Térmico

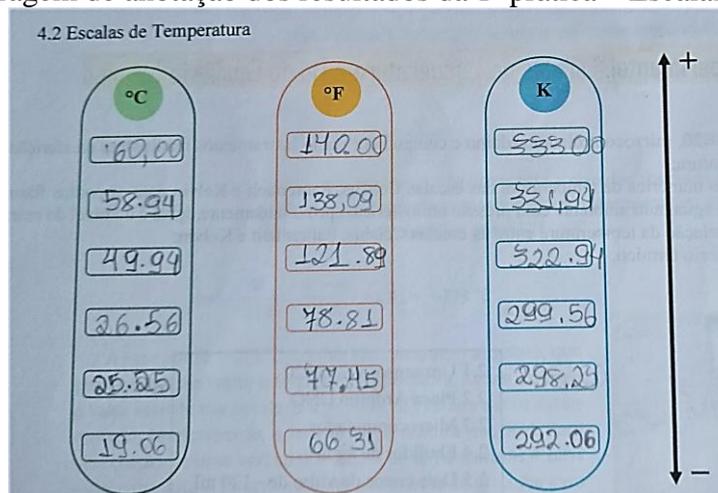


4. RESULTADOS  
4.1 Lei do Equilíbrio Térmico

Água no 1º copo			Água no 2º copo			Mistura no recipiente		
T( $^{\circ}\text{C}$ )	T( $^{\circ}\text{F}$ )	T(K)	T( $^{\circ}\text{C}$ )	T( $^{\circ}\text{F}$ )	T(K)	T( $^{\circ}\text{C}$ )	T( $^{\circ}\text{F}$ )	T(K)
33.13	91.62	306.00	31.25	88.25	304.25	31.00	87.80	304.00

Fonte: autor (março de 2021)

Foto 61: Amostragem de anotação dos resultados da 1ª prática – Escalas de temperatura



Fonte: autor (março de 2021)

Na parte dos questionários da 1ª prática, verificando as respostas escritas, todos os grupos compreendem a lei do Equilíbrio Térmico através da avaliação das resoluções da 1ª questão. Porém, o cálculo da taxa de variação da temperatura (simbolizada por  $\Delta T$ ) não é compreendido por alguns grupos ao avaliarmos a 3ª questão. E ainda, praticamente, todos os grupos não compreendem o significado da razão entre as taxas de variações entre escalas diferentes, isto foi verificado pela ausência de resoluções na 4ª questão. Interpretamos este quadro de aprendizagem como uma internalização do conceito da lei do Equilíbrio Térmico. Não houve satisfatória internalização do conceito da taxa de variação da temperatura e do significado da relação matemática entre as três escalas. Isso se deve porque, o domínio do cálculo em questão (que trata da taxa de variação e da igualdade de razões) pertencem ao conjunto das habilidades das ZDI's da maioria dos estudantes. Esta ZDI de habilidades matemáticas pode ser um motivo para a elaboração de outro(s) método(s) de ensino no sentido de desenvolvê-las. Um exemplo simples de método, seria a ministração de aulas teóricas com o uso de exemplos e questões resolvidas, e propostas, pelo professor aos estudantes, de forma a recapitular o referido conjunto das habilidades matemáticas.

- Segunda Prática: “Dilatação Térmica Linear dos Sólidos”

Novamente, o principal objetivo é o da internalização, agora, do conceito científico da Dilatação (ou Contração) Térmica dos Sólidos, um fenômeno intimamente ligado à taxa de variação de temperatura. Para isto, o objetivo desta 2ª prática é utilizar o conjunto mediador: dilatômetro, sensor de temperatura, placa Arduino UNO, computador, e projetor de imagem, para demonstrar a lei empírica da dilatação linear de um objeto homogêneo sólido. Foram realizados três procedimentos que consistiam, respectivamente, em medir a dilatação para três comprimentos distintos de um tubo

de metal. Os procedimentos foram realizados pelos estudantes organizados em grupos, e mediados pelo professor-pesquisador.

Analisando a realização desta prática, observamos a avaliação positiva na aprendizagem do conceito do fenômeno da dilatação térmica, de forma geral, todos os estudantes que presenciaram a prática compreenderam a relação de causa e efeito entre as medidas da temperatura e do comprimento do tubo. O processo de internalização ocorreu através da demonstração da dilatação térmica realizada nos três procedimentos, graças ao funcionamento do conjunto mediador. A Foto 64 abaixo refere-se à amostragem dos valores anotados por grupo de estudantes para esta 2ª prática.

Foto 62: Amostragem de anotação dos resultados da 2ª prática – Dilatação linear

Para o tubo de CABHO

*Terminômetro 4*

*Calculo*

*Calculo*

*Calculo*

$L_i = 150 \text{ mm}$

$n(\text{graus})^1$ ou $B(\text{mm})^2$	$\Delta L$ (mm)	$T_f$ (°C)	$\Delta T$ (°C)	$\alpha$ (1/°C)
7 mm		$T_i = 73^\circ\text{C}$		
5 mm		66.02		
4 mm		51.69		
3 mm		43.13		
2 mm		38.44		

<sup>1</sup>de Trilhos:  $\Delta L = 0,0157 \cdot n$   
<sup>2</sup>de Alavanca:  $\Delta L = \frac{A}{B} \cdot B$   
 $\Delta L = 0,0184 \cdot B$

$\Delta T = T_f - T_i$        $\alpha = \frac{\Delta L}{L_i \cdot \Delta T}$

$L_i = 300 \text{ mm}$

$n(\text{graus})^1$ ou $B(\text{mm})^2$	$\Delta L$ (mm)	$T_f$ (°C)	$\Delta T$ (°C)	$\alpha$ (1/°C)
13 mm		$T_i = 69,19^\circ\text{C}$		
10 mm		66,49		
8 mm		53,14		
4 mm		48,06		
5 mm		42,56		

<sup>1</sup>de Trilhos:  $\Delta L = 0,0157 \cdot n$   
<sup>2</sup>de Alavanca:  $\Delta L = \frac{A}{B} \cdot B$   
 $\Delta L = 0,0184 \cdot B$

$\Delta T = T_f - T_i$        $\alpha = \frac{\Delta L}{L_i \cdot \Delta T}$

$L_i = 450 \text{ mm}$

$n(\text{graus})^1$ ou $B(\text{mm})^2$	$\Delta L$ (mm)	$T_f$ (°C)	$\Delta T$ (°C)	$\alpha$ (1/°C)
26 mm		$T_i = 83,98^\circ\text{C}$		
19 mm		71,45		
12 mm		58,13		
8 mm		48,31		
6 mm		42,25		

Fonte: autor (março de 2021)

As anotações da amostragem acima compreendem apenas as colunas destinadas, respectivamente, às medidas da dilatação do tubo (ampliadas pelo mostrador do dilatômetro), e às medidas de temperatura (mostrados pelo projetor). Todos os grupos, sem exceção, também só anotaram estas duas colunas. O motivo é o mesmo da prática anterior, os estudantes não se sentiram seguros para realizar os cálculos necessários para as anotações das outras colunas, nas três tabelas. As habilidades matemáticas necessárias para se trabalhar nesta prática se referem à lei empírica da dilatação térmica linear. Trata-se basicamente do balanceamento dos dois membros de uma equação linear, operações

como multiplicação, divisão, e números com potências de base igual a dez (também conhecidos como números em notação científica).

Novamente, observamos que as principais ZDI's identificadas para uma maior evolução da aprendizagem no contexto da Termometria, são estas habilidades matemáticas que estão em fase de amadurecimento nos estudantes. Ou melhor, alguns estudantes lembram vagamente, ou desconhecem totalmente, estas operações do cálculo. Isto é natural do ponto de vista da teoria da educação de Vigotski, na medida que, os estudantes, praticamente, não utilizam equações ou números em notação científica na matemática do seu convívio social fora da escola.

No questionário desta prática, as respostas escritas da 1ª e 2ª questão mostram claramente o entendimento dos estudantes quanto a validação da lei da dilatação térmica linear, porém nas questões seguintes, há ausência do entendimento quando surgem as perguntas que exigem do estudante o significado do valor constante que deveria ser encontrado nos cálculos. Este valor constante é fisicamente conhecido como o coeficiente de dilatação linear (simbolizado pela letra grega  $\alpha$ ). Esta grandeza física depende do tipo de material, e indica a proporção direta de variação das dimensões do material com a variação da temperatura. Este valor constante só pode ser compreendido pelo entendimento das operações matemáticas citadas.

- Terceira prática: “Dilatação Volumétrica dos Líquidos”

O objetivo da última prática consiste na internalização do conhecimento básico de funcionamento de um termômetro de líquido. O fenômeno físico em questão continua sendo a dilatação, ou contração térmica, agora estendido às dimensões volumétricas de substâncias líquidas.

O procedimento experimental consiste em anotar, na escala métrica de um termômetro (Foto 65), dois pontos fixos de diferentes temperaturas correlacionados, respectivamente, a dois estados térmicos: de uma porção de água quente, e de outra porção de água fria. O conjunto de instrumentos mediadores constituem: o termômetro de álcool, sensor de temperatura, placa Arduino UNO, computador, e projetor de imagens. O sensor e o Arduino UNO são os principais aferidores das medidas de temperatura, nesta prática são considerados os instrumentos calibradores.

Através da observação direta concluímos que a realização da prática obteve uma avaliação positiva na aprendizagem dos estudantes. Todos os estudantes que participaram deste procedimento experimental presenciaram a demonstração do fenômeno da dilatação e contração térmica do álcool contido no bulbo do termômetro ao entrar em contato com as porções de água quente, e fria. O processo de internalização do conhecimento de funcionamento de um termômetro de líquido foi assistido ao observarmos os estudantes interagindo com os instrumentos, anotando os resultados, e realizando discursões com o professor-pesquisador, este, como sempre, teve um papel mediador entre

os estudantes e a prática. A Figura 66 abaixo refere-se a uma amostragem que mostra a maneira como os grupos de estudantes escreveram as anotações da prática.

Foto 63: Termômetro artesanal de álcool



Fonte: autor (março de 2021)

Foto 64: Amostragem de anotação dos resultados da 3ª prática – Dilatação de líquidos

4 RESULTADOS	
Temperatura da água gelada $T = 16,8^{\circ}\text{C}$	Altura da coluna de álcool na régua $h = 68 \text{ mm}$
Temperatura da água quente $T = 45,00^{\circ}\text{C}$	Altura da coluna de álcool $h = 140 \text{ mm}$

Fonte: autor (março de 2021)

Todos os grupos de estudantes anotaram os resultados da forma correta, o termômetro de cada grupo tinha sua anotação específica, pois os termômetros foram construídos artesanalmente.

Numa última análise, concluímos que os objetivos levantados na introdução do nosso trabalho foram alcançados. A aprendizagem dos principais conceitos científicos tratados no ensino da Termometria no currículo do Ensino Médio (temperatura com suas escalas, e dilatação térmica dos sólidos e líquidos) se deu, principalmente, através dos procedimentos experimentais citados, obtendo resultados satisfatórios no processo de internalização dos conceitos aos estudantes. As três práticas experimentais tiveram como objetos mediadores, o sensor de temperatura, o Arduino (parte software e hardware), computador, dilatômetro, e o termômetro de álcool. Os principais elementos mediadores foram: o Arduino e o sensor de temperatura, pois foram utilizados em todos os procedimentos.

A zona de desenvolvimento imediato (ZDI) encontrada nos estudantes está relacionada ao hábito da leitura, ao conjunto das habilidades de efetuar cálculos com as equações lineares, e na operação de números com potências de base igual à dez. Os estudantes demonstraram aprendizagem no uso dos instrumentos simbólicos utilizados na linguagem da ciência Física (símbolo das grandezas físicas, os números, e as unidades de medida), isto se deve ao fato de avaliação das anotações escritas nos resultados experimentais.

Considerando que nossa análise, em sua maior abrangência, seja de caráter qualitativo, achamos conveniente categorizar a aprendizagem dos estudantes apenas em duas categorias: quanto a **assimilação dos conceitos científicos** e quanto a **introdução ao senso de investigação**.

➤ Quanto a assimilação dos conceitos científicos

Esta categoria se refere ao aprendizado básico dos conceitos e fenômenos científicos tratados pela Termometria.

Avaliando de forma qualitativa concluímos que todos os estudantes, que participaram das práticas experimentais, compreenderam o significado prático do conceito de temperatura, suas escalas de medidas, e o fenômeno da dilatação e contração térmica de sólidos e líquidos. Através da participação coletiva dos estudantes de cada grupo, ao manusear os instrumentos mediadores e realizar as anotações dos resultados dos procedimentos experimentais, podemos inferir esta conclusão.

As práticas experimentais obtiveram um papel, predominantemente, demonstrativo, ao se enquadrar todos os estudantes que participaram das práticas. Isto se deve à razão de que, a maioria dos estudantes focalizaram sua atenção e interação ao verificar os fenômenos e realizar as medidas indicadas nos instrumentos. Já no papel puramente experimental, que consiste no procedimento de análise das medidas, ou seja, comparar as medidas através das relações matemáticas, avaliamos que, poucos estudantes tiveram a atenção e dedicação em realizar este papel. Estes poucos estudantes obtiveram um melhor aprendizado do conteúdo da Termometria nos aspectos teóricos da leitura, do cálculo matemático, e das conclusões das práticas.

➤ Quanto a introdução ao senso de investigação

Esta categoria abrange o aprendizado mais voltado ao diálogo entre o professor-pesquisador e o estudante, este diálogo se restringe às indagações levantadas pelos estudantes, elas podem revelar o despertar do senso de investigação científica. Durante a aplicação da pesquisa podemos citar as principais indagações observadas, são elas: as perguntas correlacionadas aos conceitos científicos tratados na Termometria; curiosidades referentes ao princípio de funcionamento dos instrumentos mediadores; e as validações teóricas do conteúdo em questão com as experiências cotidianas.

Através do diálogo durante a realização da pesquisa conseguimos extrair aprendizagens voltadas ao senso de investigação de alguns estudantes. Além dos diálogos, as conclusões escritas na parte dos questionários ao final de cada prática, também serviu como avaliação neste tipo de aprendizagem. Em suma, poucos estudantes desenvolveram este diálogo mais aprofundado relativo aos conceitos científicos e a prática experimental, estes mesmos estudantes se empenharam na resolução dos questionários conclusivos de cada prática.

Nossa experiência na prática docente fornece uma explicação para esta categorização. Primeiro, o interesse coletivo de uma turma de estudantes está intimamente ligado à realidade e objetivos da

escola, segundo, as competências e habilidades adquiridas no contexto escolar despertam interesse aos estudantes dependendo de sua utilidade no contexto da vida social fora da escola. Esta experiência é reforçada pelo ponto de vista de Carvalho (2015), ao afirmar que a escola tem como competência social criar condições para o aprendizado dos conhecimentos científicos, levando-os à internalização dos sistemas que representam a realidade (a fala, a escrita e o sistema numérico), como também os sistemas que representam os comportamentos sociais e do significado social atribuído aos fenômenos da realidade. Assim, a escola é um espaço intersubjetivo, que possibilita o desenvolvimento intrapsicológico através das relações sociais entre os estudantes. A sofisticação desse desenvolvimento pode ter como exemplo o pensamento categorial, isso ocorre por conta das conquistas individuais sempre resultarem de um processo de compartilhamento entre pessoas.

#### **7.4 Conclusão**

Se forma resumida, concluímos que os objetivos levantados na introdução do nosso trabalho foram alcançados. A aprendizagem dos principais conceitos científicos tratados no ensino da Termometria no currículo do Ensino Médio (temperatura com suas escalas, e a dilatação térmica dos sólidos e líquidos) se deu, principalmente, através dos procedimentos experimentais.

Os estudantes demonstraram aprendizagem no uso dos instrumentos simbólicos utilizados na linguagem da ciência Física (símbolo das grandezas físicas, e as unidades de medida), isto ficou evidenciado nas anotações dos resultados experimentais.

A principal zona de desenvolvimento imediato (ZDI) encontrada nos estudantes está relacionada ao hábito e compreensão da leitura, e ao conjunto das habilidades em efetuar cálculos com as equações lineares e operações com potências de base igual à dez.

## 8 Considerações Finais

O uso destes instrumentos (sensor de temperatura, dilatômetro, e o termômetro de líquido) proporciona um melhor aprendizado no conteúdo da Termometria;

O professor, ou o estudante, tem uma iniciativa concreta de construir instrumentos que desenvolvam a investigação científica na parte da Termometria;

Este trabalho estimula no desenvolvimento de outros instrumentos experimentais tendo como inovação tecnológica o uso do Arduino e de sensores específicos;

Demonstra a importância de uma das etapas no método científico (a experimentação);

Este trabalho vem somar com outros trabalhos de cunho experimental a iniciativa do próprio professor em confeccionar seus próprios aparatos experimentais;

A reconstrução de experimentos históricos, e mesmo atuais, contribui para uma aprendizagem construtivista.

É importante ressaltar que a realização da Pesquisa de Campo, datada entre os dias de 10 de novembro até o dia 3 de dezembro do ano de 2020, se submeteu à normas de prevenção do contágio do vírus Sars Cov-2, causador da doença Covid-19. De modo que, o professor-pesquisador juntamente com a equipe de funcionários dos dois centros escolares, agindo em conjunto, conseguiram orientar os estudantes à obediência das normas de protocolo adotadas pelos centros de ensino e pela Secretaria Estadual de Educação e Cultura do Estado do Piauí (SEDUC-PI) na data referida.

Contando com um número reduzido de estudantes por turma para distanciamento, sanitização das salas, álcool em gel disponíveis, uso obrigatório de máscaras, além de outras medidas, conseguimos realizar as aulas e os procedimentos experimentais que constituem as etapas da nossa Sequência Didática.

Acreditamos que estas e outras dificuldades ocorreram para que um número considerável de estudantes do CETI Helvídio Nunes não participasse até o final das etapas da apostila, pois, dos dez (10) estudantes da sala, somente um grupo com três (3) estudantes realizaram todas as etapas. Já no outro centro escolar, PREMEN Norte, houve a participação dos 11 (onze) estudantes da mesma sala, agrupados em 4 (quatro) grupos, durante toda a realização da pesquisa. Limitados por estas dificuldades decidimos não estender o tempo de duração da pesquisa para não ampliar os dias. Ou seja, tínhamos como meta ministrar aulas extras destinadas a explicação do conteúdo de matemática. Isto se fazia necessário para que os estudantes desenvolvessem as habilidades matemáticas para trabalhar as relações entre as escalas de temperatura e a lei de Dilatação Térmica Linear.

## Referências

BEN-DOV, Yoav; **Convite à Física**; tradução: Maria Luiza X. de A. Borges; revisão técnica: Henrique Lins de Barros; Rio de Janeiro - Ed. Jorge Zahar; 1996

BORGES, Antônio Tarciso; **Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências**; Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n.3: p.291-313; dez. 2002; disponível em [http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN\\_FIS.pdf](http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf); em 15/10/2020

BRASIL; **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio – Parte I – Bases Legais**; Brasília, MEC/SEMTEC, 2000; <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>; em 02/07/2018

BRASIL; **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio – Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**; Brasília, MEC/SEMTEC, 2000; <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>; em 02/07/2018

BRASIL; **PCN<sup>+</sup> Ensino Médio - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**; disponível em [http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN\\_FIS.pdf](http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf); em 28/09/2019

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. **PCN<sup>+</sup> Ensino Médio - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**, 2002; disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>; em 02/07/2018

CARVALHAIS, Luciano Gomes; **A ASCENÇÃO E QUEDA DA TEORIA DO CALÓRICO\*\***; Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, n. 3: p. 1030-1073, dez. 2012; disponível em <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n3p1030>; em 12/2020

CARVALHO, Maria Vilani Cosme; MATOS, Kelma Socorro Lopes; **Psicologia da Educação: Teorias do desenvolvimento e da aprendizagem em discussão**; Fortaleza; Ed. UECE, 2015

FERREIRA, Fábio Barroso; **Ensinando Dilatação Térmica Linear dos Sólidos no Ensino Médio**; disponível em <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/2924>; em 12/2020

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Aurélio século XXI - o dicionário da língua portuguesa**. 3.ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

FIORENTINI, Dario, Sérgio Lorenzato; **Investigação em educação matemática: recursos teóricos e metodológicos** - 3 ed. rev. – Campinas - Autores Associados, SP, 2012

KITEEL, Charles; **Introduction to Solid State Physics**; 8ª Edição; John Wiley & Sons; Danvers MA, 2005

MCROBERT, M; **Arduino básico**; tradução Rafael Zanolli; São Paulo – Novatec, 2011

MADEIRA, Daniel; **DS18B20 – Sensor de temperatura inteligente**; disponível em <https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-temperatura-ds18b20/>; em 06/06/2019

PIRES, Denise Prazeres Lopes; Júlio Carlos Afonso; Francisco Artur Braun Chaves; **A termometria nos séculos XIX e XX**; Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 1, p. 101 - 114, 2006; disponível em [http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/v28\\_101.pdf](http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/v28_101.pdf); em 12/2020

POZO, Juan Ignacio; **Aprendizes e mestres: a nova cultura da aprendizagem**; tradução Ermani Rosa; Porto alegre – Artmed, 2008

RESNICK, Robert; David Halliday; Kenneth S. Krane; **Física**; volumes 2, 3 e 4; 4ª Edição; Editora LTC; Rio de Janeiro-RJ; 1996

SALIM, Hélio do Amorim, Marco Adriano Dias, Vitorvani Soares; **Sensores digitais de temperatura com tecnologia one-wire: Um exemplo de aplicação didática na área de condução térmica**; Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 4, 4310; 2015; disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v37n4/0102-4744-rbef-37-4-4310.pdf>; em 12/2020

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva; **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa científica em educação** – 1ed. – São Paulo – Atlas, 2008

VIGOTSKY, Lev Semenovich; **A construção do pensamento e da linguagem**; tradução: Paulo Bezerra – São Paulo; Martins Fontes, 2000

## Apêndice A – Produto Educacional



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF**

**EDMAR PEREIRA DO REGO**

**TERMOMETRIA  
MANUAL DE CONSTRUÇÃO DE DILATÔMETROS E TERMÔMETRO COM APLICAÇÃO  
DO ARDUINO PARA AULAS EXPERIMENTAIS**

Produto Educacional elaborado através do programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Piauí, junto à Sociedade Brasileira de Física, em preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

**TERESINA-PI  
2021**

**Universidade Federal do Piauí (UFPI), *campus* Ministro Petrônio Portella**  
**Reitor**  
Gildásio Guedes Fernandes

**Sociedade Brasileira de Física – SBF**  
**Presidente**  
Rogério Rosenfeld (IFT)

**Mestrado Nacional Profissional em Ensino De Física – MNPEF**  
**Coordenadora Nacional**  
Iramaia Jorge Cabral de Paulo (UFMT)

**Coordenadora do polo**  
Cláudia Adriana de Sousa Melo (UFPI)

**TERMOMETRIA**  
MANUAL DE CONSTRUÇÃO DE DILATÔMETROS E TERMÔMETRO COM APLICAÇÃO  
DO ARDUINO PARA AULAS EXPERIMENTAIS

---

**Elaboração**  
Edmar Pereira do Rego

**Orientação**  
Prof.<sup>†</sup> Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho (UFPI)

**Projeto gráfico – Capa – Diagramação**  
Edmar Pereira do Rego

---

**E-mail**  
edmarpereiradorego@outlook.com

## Sumário

	Pág.
Objetivo deste Trabalho	122
Ao Professor	124
A Termometria no Ensino Médio	128
<b>Manual de Construção do Dilatômetro Linear</b>	
Dilatômetro de Trilhos	133
Dilatômetro de Alavanca	154
O arduino e o sensor de temperatura como mediadores	166
→ O que é o arduino	166
→ Trabalho e montagem do sensor de temperatura	167
→ Como adquirir o software arduino e programar o sensor	170
Realização da experimentação	179
→ Procedimentos para experimentação com o Dilatômetro de Trilhos	179
→ Procedimentos para experimentação com o Dilatômetro de Alavanca	181
→ Gráficos no Microsoft Excel	184
<b>Sequência Didática</b>	
1ª Etapa - Questionário: Fenômenos Térmicos	190
2ª Etapa - Leitura: Lei do Equilíbrio Térmico e o conceito de Temperatura	193
3ª Etapa – Prática Experimental: Escalas de Temperatura e Lei do Equilíbrio Térmico	198
4ª Etapa – Leitura: Estudo da Dilatação Térmica dos Sólidos e Líquidos	202
5ª Etapa - Prática experimental: Dilatação Térmica Linear dos Sólidos	208
6ª Etapa – Prática experimental: Dilatação Volumétrica dos Líquidos	214
Referências	217
APÊNDICE A - Construção do termômetro a álcool	219

## Objetivo deste Trabalho

Este trabalho tem o principal objetivo em auxiliar ao professor do ensino de Física no âmbito da Educação Básica, a nível de Ensino Médio, no que se diz respeito ao conteúdo da Termometria (parte da ciência física que engloba fenômenos relacionados ao conceito de temperatura). Para atingir tal objetivo, neste trabalho utilizaremos uma Sequência Didática fundamentada numa concepção construtivista do processo ensino-aprendizagem utilizando recursos alternativos como um manual para a construção de aparatos experimentais, proporcionando métodos práticos de se confeccionar experimentos referentes ao conteúdo da Termometria, os mesmos abordados nos livros de Ensino Médio. Tais métodos serão potencializados pelo uso de recursos computacionais gráficos, o uso do microcontrolador Arduino UNO, e de sensores como instrumento de medição para obtenção e visualização da evolução das grandezas físicas evidenciadas no fenômeno. Criamos assim, segundo o teórico em Educação Lev Vigotski, um instrumento material de mediação que facilita a compreensão de algumas leis físicas da Termometria, estas são expressas de forma matemática. O objetivo é ilustrar estas leis físicas através da visualização de gráficos gerados pelo computador. Esta mediação pode ser motivadora no sentido de efetivar a aprendizagem e incentivar o senso de investigação, tanto em professores como em estudantes, através da Física Experimental. Acreditamos que este trabalho seja capaz de promover uma boa instrumentação no ensino da Física.

**Ao Professor**

Como sabemos, o ensino de Termometria é parte do objeto de estudo da Física e compõe o conteúdo curricular no Ensino Médio. Na rede de ensino pública da qual atuo como docente, esse conteúdo sempre é trabalhado no segundo ano (ou segunda série). Esta sequência curricular se justifica pela necessidade de conhecermos, de antemão, os conteúdos referentes às leis universais da mecânica, as leis de conservação na natureza, e a compreensão de algumas grandezas físicas fundamentais como massa, força e energia, dentre outras. Assim, todo um conjunto de conhecimentos na área da Física deve ser ensinada ao estudante antes de abordarmos o conteúdo da Termometria.

O estudo da Termometria objetiva-se na competência por parte do aluno de compreender as diferentes transformações dos estados da matéria que estão sempre relacionadas aos conceitos das grandezas temperatura e calor. Além disso, no estudo da Termometria é fundamental a abordagem do conhecimento da teoria científica atual que explica a composição da matéria, a saber: o modelo dos átomos e moléculas. Tal modelo começou a ser evidenciado e aceito em experimentos do século XIX que envolviam fenômenos térmicos, comprovando um pensamento anterior, a saber, a teoria Cinética da Matéria. Atualmente, sabemos que a teoria atômica é uma teoria bastante ampla e bem consolidada para a descrição da natureza em sua essência.

Com base nestas considerações, este material traz a possibilidade de reforçar o processo ensino e aprendizagem, com a metodologia de práticas experimentais/demonstrativas, destinada a professores e estudantes do Ensino Médio que procuram por uma melhor compreensão dos conteúdos relativos à Termometria.

A apropriação dessa metodologia se refere a uma ação alternativa de se obter a instrumentação básica necessária, a saber, uma parte do laboratório de Física, referente ao estudo da Termometria. Vale ressaltar que, atualmente temos a oportunidade de encontrar objetos/materiais duráveis para a aquisição e confecção dessa instrumentação. Como exemplo, podemos encontrar com facilidade dispositivos hardware, software e multimídias, os quais servem para a compilação dos dados experimentais, gerando informações visuais/gráficas que ajudam na interpretação de um fenômeno, de forma a mostrar este aspecto experimental no estudo da Física, além de outros materiais próprios da estruturação dos aparatos experimentais como: fontes de calor, bases de apoio, tubos de metal, braçadeiras, molas, parafusos, recipientes e outros mais.

Faremos a orientação metodológica de modo que o uso do Arduino UNO (um microcontrolador) seja um elemento mediador no processo da coleta de medidas físicas, por

intermédio de sensores apropriados (o sensor de temperatura DS18B20), finalizando com as representações gráficas geradas pelo monitor do computador.

Ao final deste manual sugerimos a você, professor, uma Sequência Didática, ou seja, uma Sequência Didática pode ser comparada a um planejamento do conteúdo a ser ensinado. Será estruturada em etapas (reuniões, encontros ou aulas), e munida dos materiais gráficos impressos (apostila), e dos aparatos experimentais previamente construídos, todos estes necessários nas aulas. A parte escrita de nossa Sequência Didática consta da parte teórica e dos roteiros de prática para os experimentos. Seguem-se ainda questionários avaliativos destinados aos estudantes.

Procuramos redigir o conteúdo, o roteiro de prática, e, principalmente, os questionários fundamentados na teoria da aprendizagem de Lev Vigotski. Este teórico da educação humana possui uma obra literária muito vasta. Vigotski obteve muito conhecimento da sua época, dentre estes: Direito, Filologia, Artes, Literatura, e Psicologia, do qual este último ele se aprofundara. Dentre toda esta vastidão de pressupostos de sua obra, é importante ressaltar que para Vigotski a comunicação seria um fator potencial na construção do pensamento e da linguagem, sendo estas duas, as faculdades mentais que revelam a consciência do homem. Para ele, o homem, essencialmente, carece do meio social para o desenvolvimento de suas potencialidades internas, e como sabemos, este meio social está ligeiramente integrado ao episódio histórico e cultural do indivíduo. Importante ressaltar que, para Vigotski: “os fenômenos psíquicos não são eternos, fixos e imutáveis”, assim, supomos que o comportamento humano não se comporta semelhantemente à ideia de como a maioria das pessoas pensam sobre a imutabilidade dos fenômenos da natureza. Para esta descoberta, Vigotski se baseou na base epistemológica de pressupostos do materialismo histórico e nos princípios do materialismo dialético. De forma mais detalhada:

A sociedade é um complexo de processos que se define essencialmente pela existência de uma estrutura social específica e, como tal, institucionalizada, normatiza e legitima a vida das pessoas e suas relações. As relações do homem com o seu mundo são recíprocas e isso implica continuidade, simultaneidade e confronto dialético dos fatos. É, portanto, nessa interrelação que o homem vai construindo sua realidade, tanto a objetiva quanto a subjetiva.

A despeito de a realidade ser concebida como contradição (múltiplas determinações), totalidade (unidade dos contrários), transformação (evolução e revoluções) e movimento (processo), isto é, como construção social e histórica, ela é concretamente percebida e, portanto, passível de cognição. (CARVALHO, 2004; IBIAPINA, 2004; p.186)

Assim, podemos supor que a origem e desenvolvimento de um determinado conhecimento científico também pode ser comparado à maneira como Vigotski constrói sua teoria acerca da aprendizagem e do desenvolvimento do pensamento humano, nos seus diferentes tipos de conhecimento. Resumindo, o conhecimento científico é uma construção humana que depende do meio histórico-cultural do qual o indivíduo está inserido, as áreas do conhecimento como a <sup>1</sup>História da Ciência, e mesmo a <sup>2</sup>Epistemologia podem nos garantir esta afirmação.

Nosso trabalho tem como principal aporte teórico a mediação descrita por Vigotski, pois nessa fundamentação é que se encontra atrelado o uso do aparato experimental proposto em nosso manual. Citemos um exemplo que pode nos ajudar de forma prática e resumida o que entendemos por mediação segundo Vigotski: a cultura científica há tempos já impregnou o legado do uso da palavra temperatura, praticamente todas as pessoas civilizadas conhecem este conceito, da forma que, a palavra temperatura pode suprimir as palavras quente e frio. Por exemplo, sabemos que é mais compreensível falar em menor ou maior temperatura quando nos referimos ao estado térmico de um objeto, do que tentar especificar como muito quente, ou menos quente. As duas palavras, quente e frio, especificam uma qualidade de sensação térmica que um objeto pode apresentar. De uma forma geral, muitas pessoas usam estas expressões, quente e frio, em situações diárias, pois estas palavras espontâneas nos remetem a uma linguagem imediata ao nosso sentido intuitivo do tato. Entretanto, pela convivência com a cultura científica, as pessoas confiam no conhecimento de que o grau das sensações que permeiam entre quente e frio pode ser bem entendido e quantificado quando falamos em temperatura. Isto, é claro, é evidenciado pelo uso dos termômetros, um objeto material mediador para a compreensão do conceito da temperatura. Isto, é claro, é evidenciado pelo uso dos termômetros, um objeto material mediador para a compreensão do conceito da temperatura. Desde o início da nossa Sequência Didática até o final trataremos no cuidado da abordagem do conceito de temperatura. As leituras compreendem os conteúdos adotados nos livros didáticos referentes ao conteúdo da Termometria. Os questionários da Sequência Didática visam: sondar, construir, e avaliar o aprendizado básico necessário aos estudantes. As três práticas experimentais objetivam a reconstrução do conhecimento, familiarização com as grandezas físicas, e ao incentivo da criatividade e à investigação no que se diz respeito à elaboração de práticas experimentais/demonstrativas científicas!

1- é o estudo das formas de elaboração, transformação e transmissão de conhecimentos sobre a natureza, as técnicas e as sociedades, em diferentes épocas e culturas; 2 – é o ramo da filosofia que analisa as condições e os limites da validade dos conceitos.

## A Termometria no Ensino Médio

A Termometria é uma parte dos estudos referentes à Termologia, assim como as demais partes: a Calorimetria e a Termodinâmica. Ela trata do conceito de Temperatura e do fenômeno da dilatação térmica dos materiais sólidos e líquidos, estes foram a base para o funcionamento dos primeiros tipos de termômetros. Na história da ciência, no decorrer do século XIX, verifica-se que foi notório o esforço da comunidade científica em estabelecer uma relação entre o conceito de energia com a ideia de que o calor seria uma substância fluídica que permeia todos os corpos materiais. Todos os esforços resultaram de que o calor era uma forma de energia proveniente do movimento desordenado de muitas partículas que não eram vistas simplesmente com os olhos. Os cientistas tiveram que adequar o modelo atômico já imaginado pelos gregos ao método matemático, criando e desenvolvendo assim a mecânica estatística. No referido século ocorreram muitos avanços nesta área da ciência Física, uma aplicação direta é evidenciada pela explicação teórica mais coerente sobre o funcionamento das máquinas térmicas e sobre a padronização de uma escala de temperatura absoluta. Com o novo conceito de calor e a definição de temperatura foram criadas as especificidades (constantes) de várias substâncias puras como o calor específico, a condutividade térmica, a capacidade térmica, dentre outras, além de admitir o modelo atômico/molecular da matéria, tal modelo revolucionou todas as outras ciências de base como a Química e a Biologia.

A sequência histórica do desenvolvimento do conhecimento da Física tem um paralelo com a sequência de conteúdo curricular dos livros didáticos no Ensino Médio, ao longo das suas três séries percebemos esta sequência. A razão para esta sequência curricular é o grau de complexidade das grandezas físicas. Por exemplo, no 1º ano é notório a simplicidade de se trabalhar com as grandezas físicas fundamentais como o tempo, o comprimento, e a massa. Estas grandezas podem ser medidas com instrumentos de medidas adequados e de fácil aquisição, além de serem bem compreendidas pelas experiências cotidianas de qualquer pessoa.

Verificando os textos normativos nacionais sobre o conteúdo curricular do ensino de Física para o Ensino Médio, tomamos como base os PCN's<sup>+</sup>, os quais são textos que constituem de orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, os PCN's.

\* Espera-se que ele, ao final da educação básica, adquira uma compreensão atualizada das hipóteses, modelos e formas de investigação sobre a origem e evolução do Universo em que vive, com que sonha e que pretende transformar. Assim, Universo, Terra, e Vida passa a constituir mais um tema estruturador. Nessa perspectiva, foram privilegiados seis temas estruturadores com abrangência para organizar o ensino de Física:

F1 Movimentos: variações e conservações

F2 Calor, Ambiente, Fontes e Usos de Energia

F3 Equipamentos Eletromagnéticos e Telecomunicações

F4 Som, Imagem e Informação

F5 Matéria e Radiação

F6 Universo, Terra e Vida

Esses temas apresentam uma das possíveis formas para a organização das atividades escolares, explicitando para os jovens os elementos de seu mundo vivencial que se deseja considerar. Não se trata, certamente, da única releitura e organização dos conteúdos da Física em termos dos objetivos desejados, mas serve, sobretudo, para exemplificar, de forma concreta, as possibilidades e os caminhos para o desenvolvimento das competências e 20 habilidades já identificadas. Exemplificam também como reorganizar as áreas tradicionalmente trabalhadas, como a Mecânica, Termologia, Eletromagnetismo e Física Moderna, de forma a atribuir-lhes novos sentidos. (BRASIL, 2002, p. 19)

Tomando como base o texto citado acima, estes seis temas abrangem todo o conteúdo tradicional da Física, o que podemos observar como novidade é a objetivação que esses temas têm em apontar para uma aplicação direta das habilidades e competências que os PCN's procuram incorporar ao estudante. E, além dessa objetivação das habilidades e competências, há uma possível flexibilização dos conteúdos, das sequências curriculares, e, podemos assim expressar, na metodologia do ensino da ciência Física.

Sendo assim, nosso trabalho caracteriza-se então sob a inserção de uma ferramenta inovadora que consiste na utilização do microcontrolador Arduino e do sensor de temperatura na realização de práticas experimentais, esta ferramenta tem um diferencial com respeito as práticas experimentais tradicionais, uma vez que, a utilização do Arduino e de uma variedade de sensores específicos podem proporcionar ao estudante, e ao professor, a possibilidade de se confeccionar novos aparatos experimentais, ou mesmo, novos aparatos de aplicação tecnológica. Dessa forma geramos um conjunto de novas técnicas, e mesmo de conhecimento.

No sentido de enriquecer esta perspectiva do ensino de Física através da experimentação achamos conveniente abordar a fundamentação de Borges (2002) a respeito dos diversos tipos de laboratórios. No seu trabalho é discutido o papel das atividades práticas no ensino de ciências, chegando a descrever algumas alternativas potencialmente mais relevantes em contraste com algumas atividades estruturadas pela tradição. Borges (2002) defende a adoção de uma ampla gama de atividades prático-experimentais visando, com isso, desenvolver interpretações e ideias sobre observações e fenômenos com o propósito de produzir conhecimento. Para Borges (2002) “[...] a ciência é uma das forças transformadoras do mundo[...]”.

Esta afirmação de Borges (2002) têm um paralelo de ideais que podem ser encontrados nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (MEC, 1999) que propõe que o ensino de ciências deve “[...] propiciar ao educando compreender as ciências como construções

humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade.” (p.107).

No laboratório Tradicional o estudante realiza práticas geralmente em grupos seguidas de um roteiro para observação e obtenção de medidas já determinadas pelo professor para comprovação das leis e teorias já estudadas em sala de aula. Para Tarciso as principais críticas para tal laboratório é a não efetivação das práticas correlacionadas aos conceitos físicos; e muitas delas não são relevantes do ponto de vista dos estudantes, já que tanto o problema como o procedimento já estão determinados. O desenvolvimento da ciência não ocorre dessa maneira, tal desenvolvimento tem origem no acúmulo de observações de um fenômeno por um pensamento livre de pré-concepções e sentimentos em que se aplica o método científico. Na realidade, os cientistas podem ter anos de tentativas, erros, reflexões e disposição para resolver um problema. Para alguns filósofos como Popper, Russel-Hanson, Feyerabend, Kuhn e Toulmin, a imagem da ciência nos livros didáticos está superada.

Sendo assim, Borges (2002) propõe alternativas para o laboratório escolar, na qual busquemos métodos que expressem a ideia básica das concepções construtivistas, aquela em que o aluno constrói seu próprio conhecimento através da ação. Tais métodos consistem em demonstrações e práticas experimentais, mediadas pelo professor, no intuito de se reforçar a investigação. Ou seja, o professor em conjunto com os estudantes poderia elaborar práticas mais abertas.

Em seu artigo, Borges (2002) resume de acordo com a tabela a seguir, os níveis de investigação no laboratório de ciências:

Tabela 1 - Níveis de investigação no laboratório de ciências

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

Fonte: BORGES, Antônio Tarciso; **Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências**; Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n.3

De acordo com esta tabela, nosso trabalho se enquadra no Nível 1. No quesito do nível de investigação, deixamos perguntas abertas no questionário de nossa Sequência Didática de maneira que o estudante expresse suas opiniões, como por exemplo, como elaborar outro tipo da prática, dentre outras instigações.

# Manual de Construção do Dilatômetro Linear

## 1 – Dilatômetro de Trilhos

## 2 – Dilatômetro de Alavanca

## 1 - Dilatômetro de Trilhos

O fenômeno da dilatação térmica é muito conhecido na história, muitos sabiam que aquecendo um objeto de determinado material conseguia-se um pequeno aumento do seu tamanho, em média 0,6% do comprimento inicial, portanto não é perceptível com o nosso olhar direto. O dilatômetro linear é um dispositivo projetado para se medir a variação do comprimento ( $\Delta L$ ) em função da mudança de temperatura ( $\Delta T$ ) em uma barra de um material homogêneo, de maneira que se possa verificar a relação linear dessas duas grandezas.

Existem muitos ocorridos na história que evidenciam a dilatação/contração provocados por aquecimento/resfriamento. Um destes, e bem antigo, por exemplo, era a técnica que alguns utilizavam para se quebrar enormes pedras. Fazia-se um aquecimento através de uma fogueira numa região bem restrita, ou localizada, de maneira que a dilatação da parte aquecida facilitasse a quebra da pedra, e, se o aquecimento não bastasse, então esfriava-se a região aquecida com a água obtendo-se maiores variações de temperatura, facilitando mais ainda na quebra da pedra na região localizada.

Ao longo da história este fenômeno foi muito observado e utilizado com várias técnicas de construção de instrumentos, muitos já conheciam os efeitos de uma dilatação/contração de um material homogêneo. Especificamente, no início do século XIX, Jean Marie Duhamel (1797-1872) e Franz Ernest Neuman (1798-1895) descobriram que a variação de comprimento de um fio metálico homogêneo não ocorre somente pela ação da tensão mecânica exercida sobre o fio, como sugeria Thomas Young (1773-1829). Eles determinaram uma expressão matemática que relacionava a variação da temperatura como um outro fator também responsável pela deformação do fio homogêneo. Sendo assim, Duhamel e Neumann chegaram à conclusão de que a distensão de um fio era proporcional à variação térmica ( $\Delta T$ ), ao comprimento inicial do fio ( $L_0$ ), e a uma constante  $\alpha$  (atualmente conhecido como coeficiente de dilatação linear), que é uma grandeza relativa às propriedades do material que constitui o fio. A equação empírica, atualmente utilizada, para a dilatação/contração térmica em um sólido homogêneo é conhecida como equação de Duhamel-Neumann, conhecemos por:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

Para limites de temperatura cujo valor seja próximo do ponto de fusão de um sólido homogêneo fica difícil medir a dilatação deste, pois sua dureza reduz muito, além de considerarmos os efeitos de transmissão do calor para a base que sustenta a amostra a ser

dilatada (superfícies de contato externo). Neste caso, outras técnicas teriam de ser tratadas para testar o rigor da equação empírica de 1ª ordem da qual trabalharemos no nosso manual.

Na literatura da história da ciência, a primeira explicação para o fenômeno da dilatação térmica de sólidos e líquidos tinha um caráter dialético empirista. Trata-se da aceitação da teoria do “calórico”, esta teoria foi anterior à teoria cinética da matéria, entre os séculos XVI e XVII. Vejamos a primeira formulação para o calor na seguinte citação:

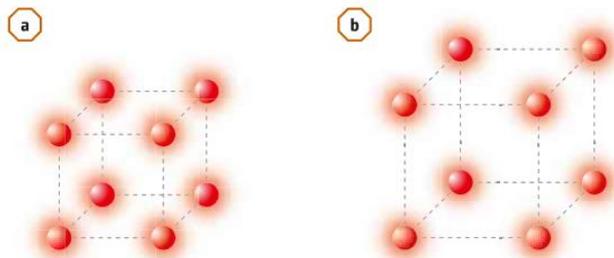
A concepção do calor como uma substância estava em consonância com o conceito filosófico de conservação da matéria aceito na época. Nos experimentos com misturas, o calor não poderia ser criado nem destruído, a quantidade de calor permaneceria constante. A mesma suposição a respeito do “princípio de conservação do calor” já havia sido feita por Brook Taylor (1685-1731) em seus experimentos que envolviam misturas de volumes desiguais de água quente e fria. O complemento de Black foi generalizar a ideia para quaisquer misturas de diferentes líquidos e volumes. Desse modo, ele mostrou que, apenas para misturas de um mesmo líquido, a quantidade de calor necessária para aumentar ou diminuir de um mesmo valor a temperatura das substâncias envolvidas é diretamente proporcional às suas quantidades de matéria, ou aos seus pesos, ou, sendo os volumes iguais, às suas densidades. (CARVALHAIS, 2012, p. 1037)

A citação acima declara que, por estas épocas, há a descoberta da distinção entre os conceitos de calor e temperatura, através de experimentos de aquecimento da água e outras substâncias puras. O calórico seria um fluido existente em todos os corpos materiais, muito associado à ideia de que o calor se encontra no interior de todos os corpos materiais. A dilatação térmica, já bem conhecida na época, teve sua explicação baseada na formulação de que um corpo, ao receber calórico de um segundo corpo, tendia a expandir seu volume em decorrência de que o calórico absorvido causava um distanciamento das partes (elementos) constituintes do corpo. A teoria do calórico teve muitos defensores, estes se empenharam muito em mostrar e demonstrar de forma experimental, quantitativa e matemática as suas formulações, mas no século seguinte, século XVIII, os esforços da comunidade científica chegam à conclusão de que o calor se trata de uma forma de energia, e não como uma substância fluídica que provoca fenômenos térmicos ao sair de um corpo para outro. Todos os corpos materiais teriam sua energia térmica, energia esta que seria a soma de todas as energias cinéticas das partículas constituintes de cada corpo material. O calor seria a transmissão da energia térmica de um corpo para outro pelo contato de suas superfícies, dessa forma o calor é entendido como a transferência das energias cinéticas entre as partículas dos corpos. A teoria cinética da matéria é comprovada com a formulação teórica do “modelo do gás ideal”, esta era a mais consistente com os experimentos. A lei de “conservação da energia” é postulada e muitos cientistas se

empenham no desenvolvimento da mecânica estatística para o estudo das propriedades da matéria.

Atualmente a dilatação térmica é teoricamente explicada pelo aumento da vibração dos átomos, ou moléculas, em torno de suas posições de equilíbrio. As posições de equilíbrio destes átomos, ou moléculas, estão localizadas num formato de rede tridimensional com formatos regulares (os cristais) e com formatos quase regulares (sólidos amorfos). Vejamos a Figura 1, em a) vemos uma rede cristalina cúbica, em b) as posições de equilíbrio (os vértices) estão mais afastadas. Para valores de temperatura da ordem de 80 K (-193 °C) em um sólido cristalino não-harmônico (por exemplo, os metais) a amplitude média de vibração das partículas oscilantes é diretamente proporcional apenas à temperatura. Para valores próximos ao zero absoluto (-273 °C) o movimento dos átomos/moléculas constituintes da rede tridimensional deve ser tratado pela teoria quântica. Próximo do zero absoluto os átomos, ou moléculas, emitem frequências de vibração bem definidas e de forma discreta que interagem entre si. Nesse estado específico da matéria, a Física Estatística aplicada a teoria Quântica formula o modelo do “gás de fônons”. Um fônon é uma quase-partícula que apresenta um quantum de vibração em uma região do sólido cristalino.

Figura 1.11 – a) átomos com menor temperatura b) átomos com maior temperatura



Fonte: GUIMARÃES, Osvaldo; et all; **Física**; 2ª Ed.; Ática – São Paulo, 2016

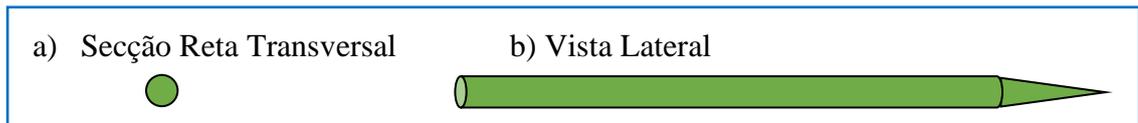
Trataremos agora em mostrar o funcionamento de um dilatômetro linear sob variações de temperaturas entre 5°C à 100°C, este limite superior não é tão grande comparado à fronteira que estará em contato com o material a ser dilatado, ou contraído.

Especificamente, o Dilatômetro de Trilhos utiliza dois trilhos (que são cantoneiras de alumínio) e um pequeno eixo circular (alfinete). Este eixo situa-se entre os dois trilhos e rotaciona mediante atrito estático quando um dos trilhos se desloca. Com isso podemos mostrar o aumento ( $\Delta L$ ) de uma barra de metal através do deslocamento angular de um ponteiro fixado no referido eixo.

A relação geométrica usada para medir a variação do comprimento do tubo, mediante a variação da temperatura, será a relação do arco de uma circunferência com o ângulo varrido pelo raio, que no caso, é o ponteiro fixado no alfinete do nosso dilatômetro linear.

No medidor já construído, o alfinete, do qual o ponteiro está fixo, tem a forma de um cilindro cuja secção reta transversal é um círculo. A figura 2 mostra o perfil do alfinete.

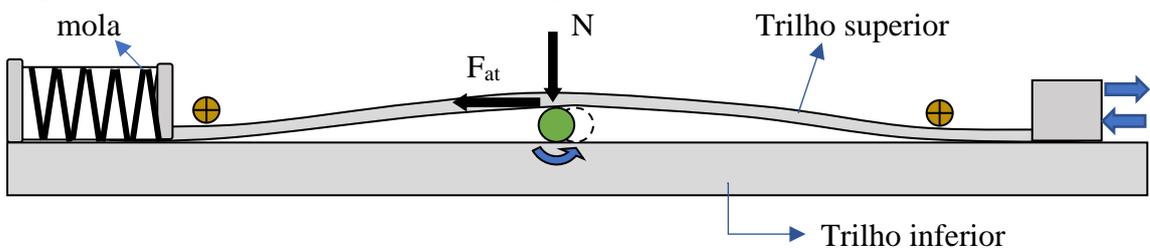
Figura 2 – Perfis do alfinete



Fonte: Autor (2020)

A Figura 3 mostra as duas cantoneiras de alumínio (os trilhos), sobrepostas uma na outra, estas farão forças de contato ( $N$ ) e atrito estático ( $F_{at}$ ) no alfinete de maneira que este se desloque e rotacione no sentido anti-horário, sem deslizar. O trilho superior recebe um pequeno deslocamento  $\Delta L$  (sendo  $\Delta L = L_f - L_i$ ) empurrado pelo tubo de metal quando aquecido. Quando o tubo é resfriado sua extremidade volta, por contração, então a mola exerce uma força restauradora fazendo com que o trilho superior se desloque no sentido contrário rotacionando o alfinete, agora no sentido horário.

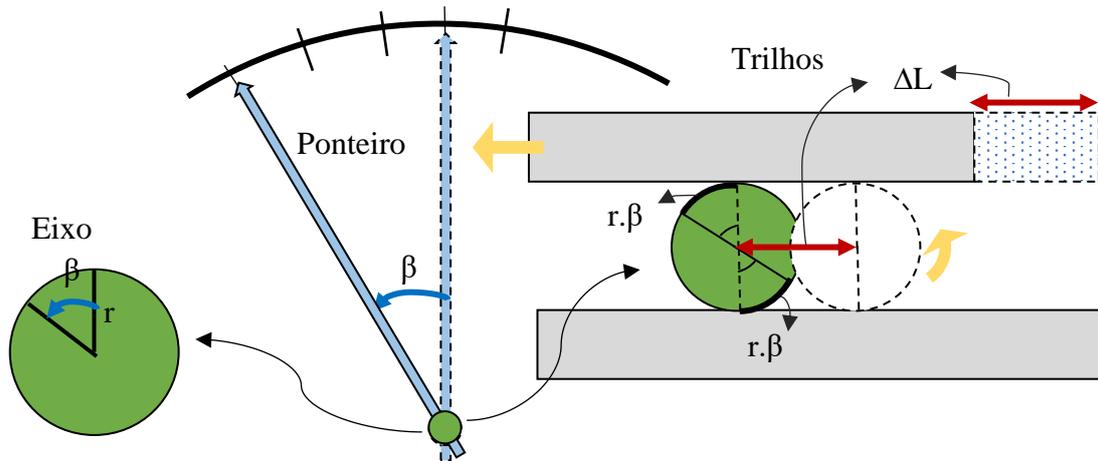
Figura 3 – Dinâmica do medidor da dilatação



Fonte: Autor (2020)

A medida da variação do comprimento do tubo de metal ficará em função do ângulo de rotação  $\beta$  do ponteiro indicado no transferidor, este ângulo é o mesmo da secção transversal do alfinete, pois ambos devem estar fixados um no outro. A Figura 4 mostra com detalhes a geometria do movimento do alfinete com o ponteiro, e do alfinete com os dois trilhos.

Figura 4 – Movimento do alfinete e ponteiro



Fonte: Autor (2020)

A dilatação ( $\Delta L$ ) pode ser obtida conhecendo-se o raio  $r$  do cilindro (alfinete) e a medida do ângulo de rotação  $\beta$  mostrada no transferidor:

$$\Delta L = 2 \cdot r \cdot \beta$$

O ângulo  $\beta$  será medido em graus e deve ser convertido em radianos (rad) para que possamos calcular o valor do arco da circunferência.

Numa regra de três simples dizemos que  $\beta$  corresponde a “ $\Delta n$ ” graus do transferidor, assim como  $\pi \sim 3,14$  corresponde a 180 graus:

$$\left\{ \begin{array}{l} \beta \rightarrow \Delta n \text{ graus} \\ 3,14 \rightarrow 180 \text{ graus} \end{array} \right\} \Rightarrow \beta = \frac{3,14 \cdot \Delta n}{180} \Rightarrow \beta = 0,01744 \cdot \Delta n$$

Voltando ao cálculo da variação do comprimento do tubo, substituímos o valor do raio do alfinete que é de  $r = 0,45$  mm e a variável  $\beta = 0,01744 \cdot \Delta n$ , então fica:

$$\Delta L = 2 \cdot r \cdot \beta$$

$$\Delta L = 2 \cdot 0,45 \cdot 0,0174 \cdot \Delta n$$

$$\Delta L = 0,0157 \cdot \Delta n$$

Isto significa que para a variação do ângulo de  $\Delta n = 1$  grau observado no transferidor corresponde a variação de 0,0157 mm do comprimento do tubo. Se considerarmos a variação de 0,5 grau como uma medida bem determinada no transferidor então teremos uma precisão de 0,0078 mm na variação do comprimento inicial do tubo!

Vamos usar um exemplo para medir a variação “ $\Delta L$ ” em função dos graus “ $\Delta n$ ” mostrados no transferidor. Sejam as leituras inicial e final no transferidor dadas nas fotos 1 e 2 logo abaixo:

Foto 1 – Ponteiro em  $90^\circ$



Fonte: Autor (2020)

Foto 2 – Ponteiro em  $112^\circ$



Fonte: Autor (2020)

Vemos rapidamente pelas fotos A e B que o deslocamento angular, ou seja, o valor “ $\Delta n$ ” (em graus) foi de:

$$\Delta n = 22^\circ,$$

$$\text{pois: } \Delta n = 112^\circ - 90^\circ = 22^\circ$$

Finalmente, usando a fórmula encontrada pela relação geométrica da agulha, o ponteiro e os trilhos de alumínio, temos:

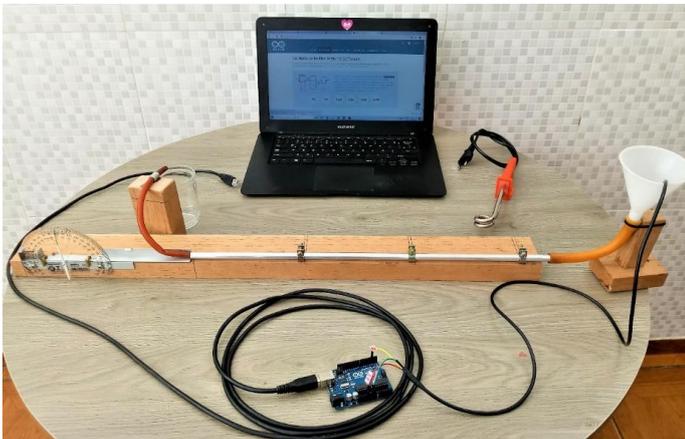
$$\Delta L = 0,0157 \cdot \Delta n \quad \text{fica:}$$

$$\Delta L = 0,0157 \cdot 22 = 0,3454 \text{ mm}$$

Ou seja, no exemplo acima vemos um deslocamento angular no “sentido horário” de  $\Delta n = 22^\circ$ , temos, supostamente, uma “contração” do comprimento inicial do tubo de  $\Delta L = 0,3454 \text{ mm}$ .

Se o deslocamento angular ocorresse no sentido “anti-horário” teríamos uma “dilatação” do comprimento inicial do tubo.

Foto 3 - Dilatômetro Linear de Trilhos



Fonte: Autor (2020)

## ↳ Materiais

1º) 01 pequena mola de aço com dimensões: comprimento aproximado de 3,3 cm; diâmetro externo de 1,1 cm; diâmetro interno de 0,9 mm; espessura do fio de aço de 1,0 mm

Foto 4 – Comprimento da mola



Fonte: Autor (2020)

Foto 5 – Diâmetro da mola

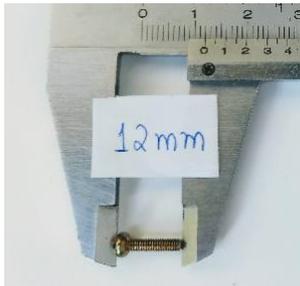


Fonte: Autor (2020)

\* Encontramos em comerciais que vendem parafuso

2º) 04 pequenos parafusos nas dimensões de 2,5 mm de diâmetro e 1,2 cm de comprimento

Foto 6 – Comprimento do parafuso



Fonte: Autor (2020)

Foto 7 – Diâmetro do parafuso



Fonte: Autor (2020)

3º) 02 conectores para fios elétricos com parafusos de 2,5 mm de diâmetro

\* Devemos retirar o plástico da parte metálica. Vejamos a Figura 8;

\* Deixamos um parafuso do conector e colocamos outro diferente com comprimento 1,2 cm. Vejamos a Figura 10.

Foto 8 – Plástico serrado



Fonte: Autor (2020)

Foto 9 – Distância dos parafusos



Fonte: Autor (2020)

Foto 10 – Diferentes parafusos



Fonte: Autor (2020)

4º) 50 cm de tubo de cobre de diâmetro de 9,5 cm (cano de cobre utilizado em condicionadores de ar tipo Split), e 50 cm do tubo de alumínio de diâmetro de 9,5cm (pode ser de cano de antiga antena receptora de TV analógica). \*Podemos adquirir numa distribuidora de alumínio também.

Foto 11 – Tubo de cobre e alumínio



Fonte: Autor (2020)

5º) 40 centímetros de cantoneira de alumínio com perfil 1/2" x 1/16" (13mm x 1mm)

Figura 12 – Cantoneira de alumínio



Fonte: Autor (2020)

\* Encontramos em distribuidoras que vendem alumínio, são vendidas por peças de 6,0 metros

6º) 01 alfinete de 0,90 mm de diâmetro, e 01 tubo de cotonete

Foto 13 – Alfinete



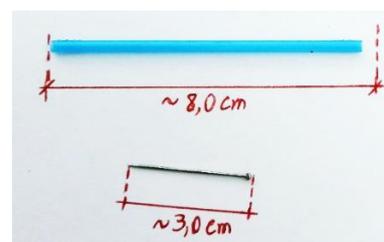
Fonte: Autor (2020)

Foto 14 – Diâmetro do alfinete



Fonte: Autor (2020)

Foto 15 – Tubo de cotonete



Fonte: Autor (2020)

7º) 02 tubos de látex (mangueira de soro) com diâmetro de 9,0 mm e comprimento de 20,0 cm; e 01 tubo de látex com 14,0 mm de diâmetro e 15,0 cm de comprimento.

Foto 16 – Tubos de látex (diâm. ext. 9 mm)



Fonte: Autor (2020)

Foto 17 – Tubo de látex (diâm. ext. 14 mm)



Fonte: Autor (2020)

8º) 01 funil de plástico médio, e 01 abraçadeira de plástico

Foto 18 – Funil de plástico



Fonte: Autor (2020)

Foto 19 – Abraçadeira de plástico



Fonte: Autor (2020)

9º) Um transferidor de plástico escolar

Foto 20 – Transferidor



Fonte: Autor (2020)

10º) Tábua de madeira nas dimensões 100,0 x 8,0 x 3,0 cm

Foto 21 – Tábua de cedro



Fonte: Autor (2020)

\* Encontramos numa serraria, recomenda-se uma madeira não muito frágil, nem muito rígida. O cedro é um bom exemplo de madeira utilizada, mostrada na foto acima

11º) Três abraçadeiras modelo Simplex para mangueira, com diâmetro variando de 12-14 mm

Foto 22 – Abraçadeiras tipo Simplex (12-14 mm)



Fonte: Autor (2020)

\*Encontramos em comerciais para parafusos

12º) 07 parafusos para madeira nas dimensões: 3,0 mm de diâmetro e 2,7 cm de comprimento

Foto 23 – Parafuso para madeira



Fonte: Autor (2020)

\* Encontramos em comerciais para parafusos

13º) Placa Arduino com cabo, sensor de temperatura modelo DS18B20, e resistor de 4,7 K $\Omega$

Foto 24 – Arduino Uno e cabo USB



Fonte: Autor (2020)

Foto 25 – Sensor DS18B20



Fonte: Autor (2020)

Foto 26 – Resistor de 4,7 K $\Omega$



Fonte: Autor (2020)

14º) Ebulidor de água

Foto 27 – Ebulidor de água



Fonte: Autor (2020)

15º) Computador com multimídia (teclado, mouse e monitor)

Foto 28 - Notebook



Fonte: Autor (2020)

## Trabalho e montagem

Para construirmos o dilatômetro de trilhos devemos ter experiência no manuseio dos seguintes instrumentos: alicate de aço, furadeira elétrica (com broca de aço de 3,2 mm de diâmetro, e broca de aço de 1,6 mm de diâmetro), arco com serra de aço, régua milimétrica ou paquímetro, régua, caneta ou lápis, martelo e um prego para ripa, lixa para ferro nº 80, tesoura de aço, chave estrela, chave de fenda, cola instantânea e uma abraçadeira de plástico.

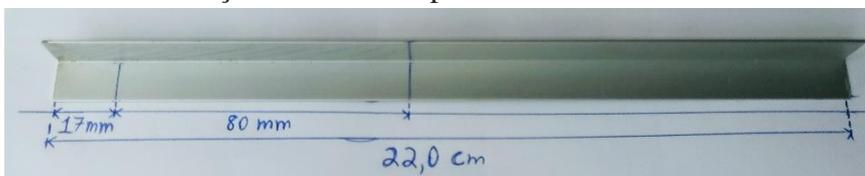
Subdividiremos em duas partes: construção do “medidor” da dilatação; e construção da “base de fixação”. No final destas duas partes de montagem, disponibilizaremos um link eletrônico que dá acesso a uma Pasta (Vídeos – Dilatômetro de Trilhos) com vídeos que mostram a montagem.

### ➤ 1ª Etapa: construção do “medidor” da dilatação do tubo de metal

Utilizaremos a cantoneira de alumínio:

- Serramos uma peça de 22,0 cm para o trilho superior. Fazemos marcações com as medidas indicadas na foto abaixo.

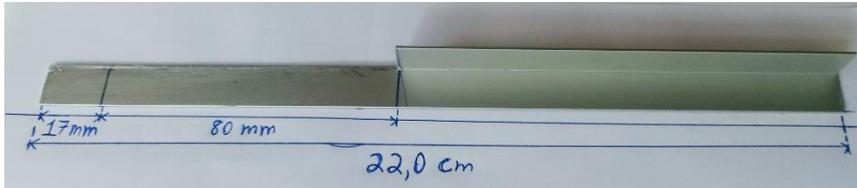
Foto 29 – Marcações do trilho superior



Fonte: Autor (2020)

- Novamente serramos e lixamos de acordo com a foto abaixo.

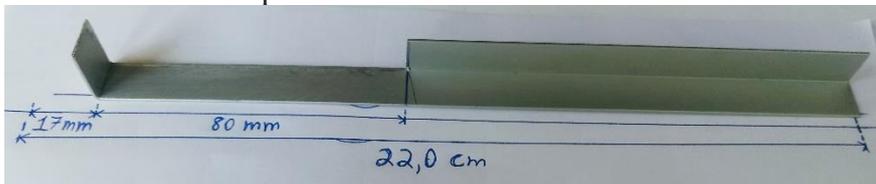
Foto 30 – Trilho superior serrado



Fonte: Autor (2020)

- Dobramos com ajuda do alicate de acordo com a foto ilustrada abaixo.

Foto 31 – Trilho superior dobrado

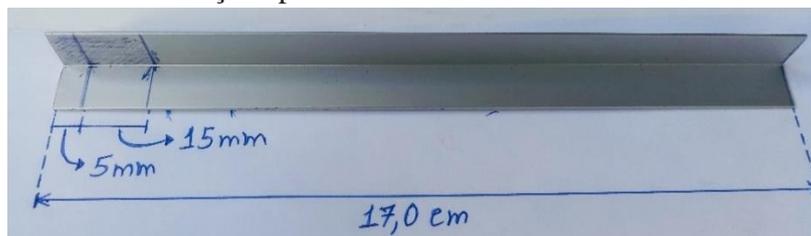


Fonte: Autor (2020)

Como o restante da cantoneira:

- Faremos o trilho inferior. Serramos e fazemos as devidas marcações com caneta/lápis para as medidas da foto abaixo.

Foto 32 – Marcações para o trilho inferior



Fonte: Autor (2020)

- Serramos e lixamos de acordo com a foto abaixo.

Foto 33 – Serrando o trilho inferior



Fonte: Autor (2020)

- Dobramos com o alicate nas marcações mostradas nas Fotos 34 e 35 abaixo.

Foto 34 – Dobra de 5 mm



Fonte: Autor (2020)

Foto 35 – Dobra de 15 mm



Fonte: Autor (2020)

- Marcamos as medidas para dois furos com a broca de 3,2 mm de diâmetro no trilho inferior.

\* No lugar do furo inicialmente o marcamos com ajuda do prego e martelo para depois furarmos com a broca e furadeira. A localização dos furos é mostrada nas Fotos 36, 37 e 38 abaixo.

Foto 36 – Altura do furo



Fonte: Autor (2020)

Foto 37 – Distâncias dos furos



Fonte: Autor (2020)

Foto 38 – Furos com broca de 3,2 mm



Fonte: Autor (2020)

- Em seguida parafusamos os conectores de fios elétricos com os dois parafusos menores de maneira que os conectores fiquem bem fixados. As figuras 39 e 40 mostram como deve ficar os conectores elétricos no trilho inferior.

Foto 39 – Parafusos menores conectados



Fonte: Autor (2020)

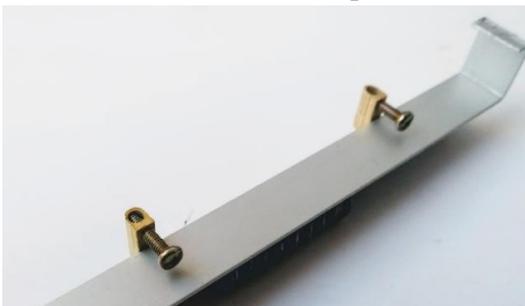
Foto 40 – Conectores elétricos fixados no trilho inferior



Fonte: Autor (2020)

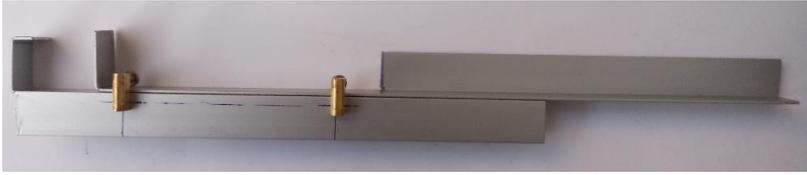
\* Os dois parafusos maiores de 1,2 cm ficarão dispostos na forma abaixo. Não é necessário deixá-los muito apertados no conector de fios, pois estes parafusos servirão de apoio para que a outra peça de alumínio deslize sobre a outra peça. As cabeças destes dois parafusos devem ficar cerca de 2,0 mm suspensas, como mostram as Fotos 41 e 42 a seguir. Podemos com isso encaixar a mola de aço (Foto 43).

Foto 41 – Conectores com parafusos maiores



Fonte: Autor (2020)

Foto 42 – Trilho superior colocado



Fonte: Autor (2020)

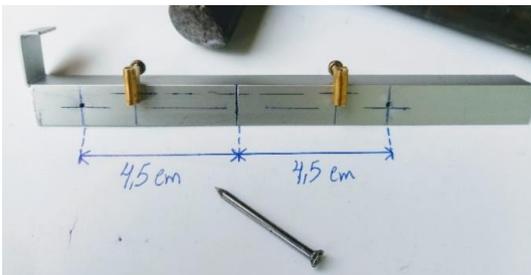
Foto 43 – Mola colocada entre os trilhos



Fonte: Autor (2020)

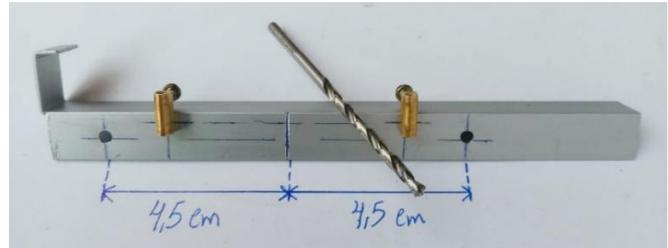
- E por último, marcamos dois outros furos no trilho inferior, que ficará fixo na tábua. As medidas são mostradas nas Fotos 44 e 45 da próxima página, e em seguida, furamos com a broca de 3,2 mm de diâmetro.

Foto 44 – Marcação dos furos



Fonte: Autor (2020)

Foto 45 – Furos com broca de 3,2 mm



Fonte: Autor (2020)

Os dois trilhos de alumínio, quando juntos, consistirão em fazer o alfinete girar realizando a medida da dilatação, ou contração, do tubo (Foto 46). Através da indicação do ângulo do ponteiro, que será fixado ao alfinete, obtemos o valor de quanto o tubo variou de comprimento.

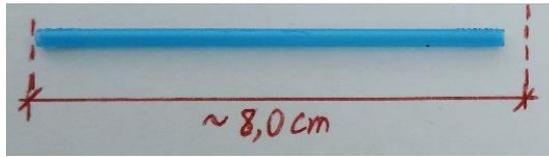
Foto 46 – Alfinete posto entre os trilhos



Fonte: Autor (2020)

O ponteiro do medidor é feito com o tubo de cotonete e o alfinete. Cortamos a ponta do cotonete com ajuda de uma pequena tesoura de aço. Para isso, verificaremos as duas Fotos 47 e 48 abaixo.

Foto 47 – Tubo do cotonete



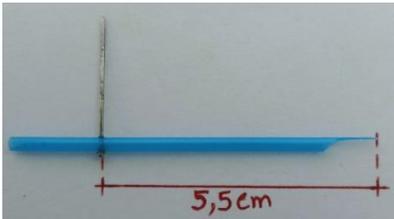
Fonte: Autor (2020)

Foto 48 – Corte do tubo



Fonte: Autor (2020)

Foto 49 – Distância do furo

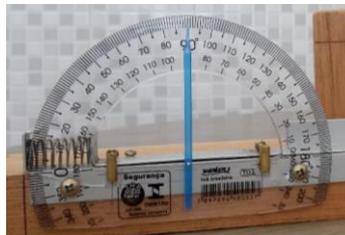


Fonte: Autor (2020)

Em seguida, perfuramos com o alfinete no tubo de cotonete de forma que ele fique fixo no tubo. Vejamos na Foto 49 ao lado, o alfinete deve ficar na direção perpendicular ao tubo.

O transferidor de plástico deve ser trabalhado de maneira que seja parafusado junto com o trilho inferior na base de madeira. Para isso podemos furá-lo com a tesoura de aço, com ponta fina, na distância dos dois parafusos (9,0 cm), serramos o transferidor com uma serra de aço de até que tenha a forma mostrada nas Foto 50 abaixo.

Foto 50 – Transferidor fixado



Fonte: Autor (2020)

### ➤ 2ª Etapa: construção da “base de fixação” do tubo de metal

Os trabalhos serão feitos na tábua de madeira.

Serramos na secção reta transversal da tábua de 1,0 m de comprimento em quatro pedaços: 72,0 cm; 10,0 cm; 10,0 cm e 8,0 cm.

Foto 51 – Marcações na tábua



Fonte: Autor (2020)

Com a peça de 72,0 cm fixaremos o medidor. Para isto, deixamos um espaço de 1,7 cm da extremidade da tábua até o início do medidor. E marcamos para furar com a broca de 1,6 mm.

Foto 52 – Posição do trilho na base



1,7 cm

Fonte: Autor (2020)

Foto 53 – Marcações na base p/ trilho



Fonte: Autor (2020)

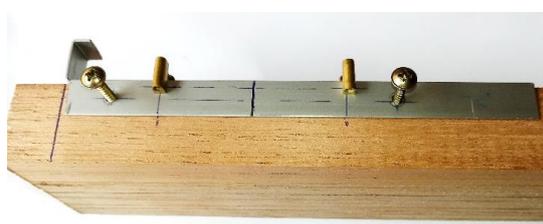
Foi necessário fazermos uma pequena escavação na madeira para que as cabeças de parafuso (que fixam os conectores na peça de alumínio) não atrapalhassem na fixação do trilho na tábua. Em seguida, parafusamos o trilho na base de madeira com uma chave apropriada (Fotos 54 e 55).

Foto 54 – Escavações na base



Fonte: Autor (2020)

Foto 55 – Parafusando o trilho inferior



Fonte: Autor (2020)

Fixado o trilho inferior, vamos fixar agora dois cursores que limitarão o movimento do trilho superior apenas numa direção.

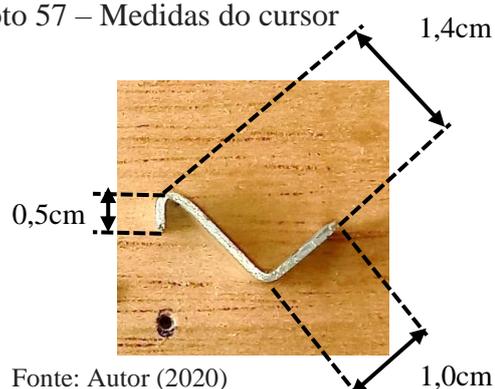
Devemos serrar uma peça de alumínio com 3,0 cm de comprimento, dobrar com a ajuda do alicate, e furar com a broca de 3,2 mm (Foto 56). As medidas são mostradas na Foto 57.

Foto 56 – Cursor de alumínio



Fonte: Autor (2020)

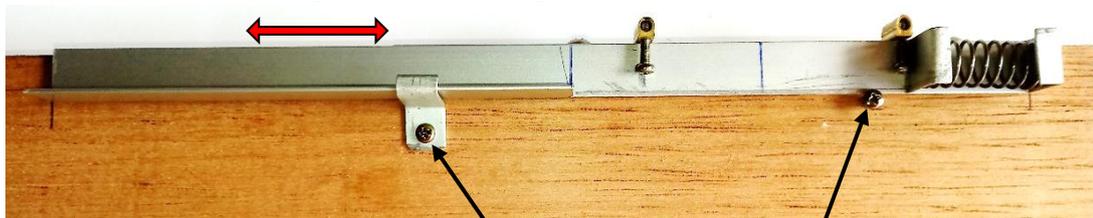
Foto 57 – Medidas do cursor



Fonte: Autor (2020)

Em seguida, furamos com a broca de 1,6 mm na tábua e colocamos os dois parafusos de 2,5 mm de diâmetro para fixar a peça anterior de acordo com as fotos a seguir. Lembrando que a cantoneira de alumínio que fica na parte superior deve se deslocar livremente.

Foto 58 – Cursores: chapa de alumínio e parafuso

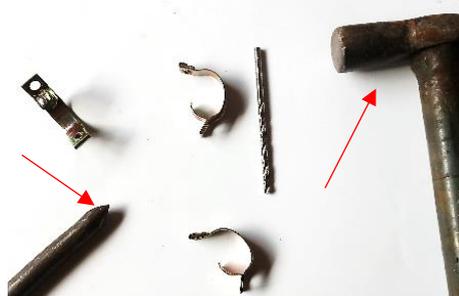


Fonte: Autor (2020)

Parafusos de 1,2 cm de comprimento e 2,5 mm de diâmetro

As dobradiças devem ser furadas na parte inferior com a broca de 3,2 mm. Antes disso devemos apontar o lugar do furo com o prego e o martelo. Vejamos as Fotos 59 e 60 a seguir.

Foto 59 – Apontador e martelo para furo



Fonte: Autor (2020)

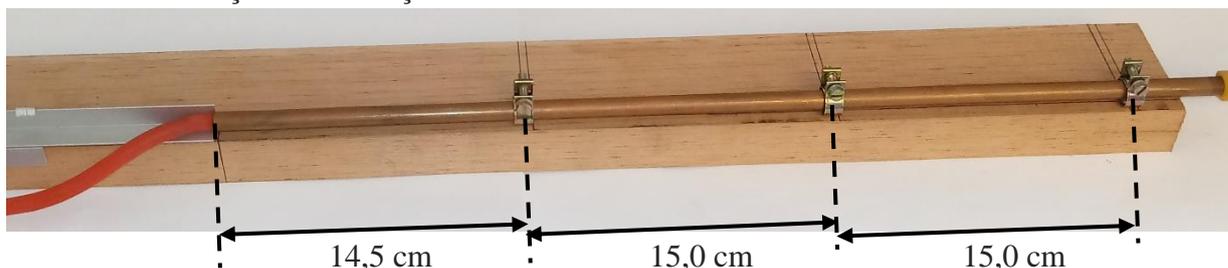
Foto 60 – Furo com broca de 3,2 mm



Fonte: Autor (2020)

As posições das três dobradiças na tábua devem ser: a primeira a uma distância de 14,5 cm da extremidade do medidor; a segunda a uma distância de 15,0 cm da primeira, e a terceira a uma distância de 15,0 cm da segunda. Todas elas devem ficar bem fixadas na tábua através dos parafusos. E ainda, devemos demarcar a linha certa para que a extremidade do tubo fique bem acoplado na extremidade do medidor, pois da ponta do tubo sairá a mangueira de látex de menor diâmetro. Vejamos como devem ficar através da Foto 61 abaixo.

Foto 61 – Marcações das abraçadeiras na base



Fonte: Autor (2020)

Para fixá-las devemos medir, marcar e furar com broca de 1,6 mm no lugar dos parafusos. Fazemos uma linha com régua e caneta/lápis na tábua para demarcar a posição do tubo. A linha deve ter uma distância de 1,0 cm da borda da tábua, sempre em paralelo à borda da tábua (Fotos 62, 63, 64, e 65).

Foto 62 – Distância do alinhamento lateral na base



1cm

Fonte: Autor (2020)

Foto 63 – Parafusos nos furos



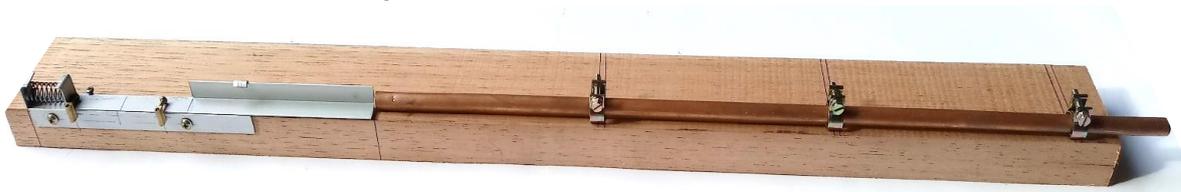
Fonte: Autor (2020)

Foto 64 – Fixando as abraçadeiras na base



Fonte: Autor (2020)

Foto 65 – Medidor e abraçadeiras fixados na base



Fonte: Autor (2020)

### Preparo dos tubos de látex

Foto 66 – Tubos e mangueiras de látex

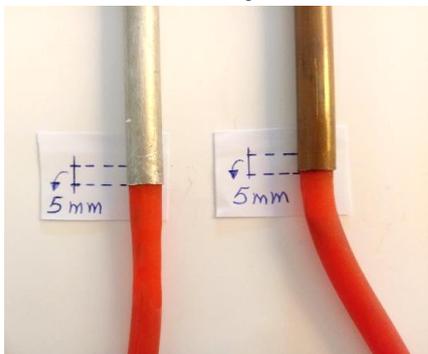


As duas mangueiras de látex (diâmetro ~9mm) devem ser encaixadas (cerca de 5 mm) no interior das extremidades dos tubos de alumínio, e cobre, com o auxílio de cola instantânea. Foto 66 ao lado.

Fonte: Autor (2020)

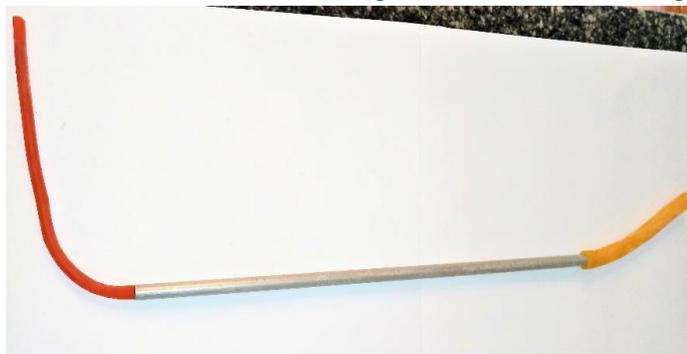
Estas mangueiras de látex (diâmetro ~9 mm) devem estar coladas nos dois tubos respectivos (Foto 67). Já a outra mangueira de látex de maior diâmetro (~14 mm) não deve ser colada, esta será colocada e retirada na outra extremidade (Foto 68).

Foto 67 – Fixação com cola



Fonte: Autor (2020)

Foto 68 – Encaixe da mangueira de látex mais larga



Fonte: Autor (2020)

As outras três peças de madeira serão trabalhadas para servirem de base de sustentação para os tubos/mangueiras de látex (Foto 69). Usamos a cola instantânea para fixar as duas tábuas de 10 cm e de 8 cm, a mangueira de maior diâmetro será colada em seguida (Foto 70), e, por último, colamos um pequeno tubo de alumínio na parte superior da tábua de 10 cm, isto para sustentar a outra mangueira de látex (Foto 71).

Foto 69 – Peças de 10, 10 e 8 cm



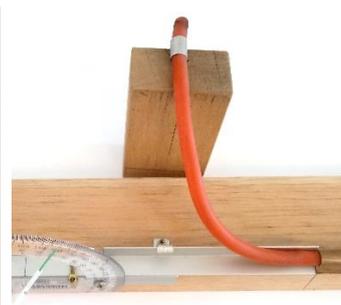
Fonte: Autor (2020)

Foto 70 – 1ª Base



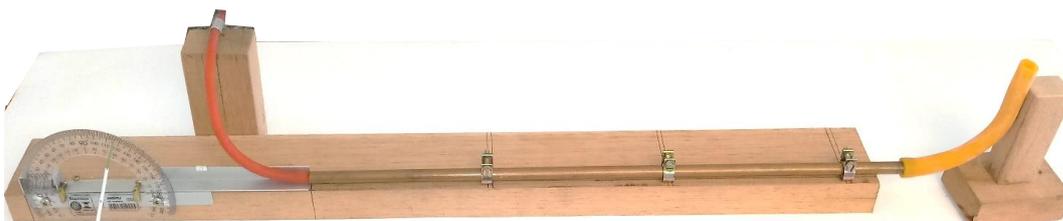
Fonte: Autor (2020)

Foto 71 – 2ª Base



Fonte: Autor (2020)

Foto 72 – Fase final do Dilatômetro de Trilhos



Fonte: Autor (2020)

Por último, encaixamos o funil na mangueira de látex (Foto 73).

\*Também podemos fixar a mangueira de látex na base de madeira e o funil com uma abraçadeira de plástico, fica bem melhor!

Foto 73 – 1ª base com funil e abraçadeira de plástico



Abraçadeira de plástico

Fonte: Autor (2020)

Passamos o sensor pelo funil e pela mangueira de látex, deixando-o na parte mediana interna do tubo de metal. Em seguida, encaixamos a mangueira na extremidade do tubo (Foto 74).

Foto 74 – Dilatômetro de Trilhos pronto para a prática



Fonte: Autor (2020)

Link para pasta do Google Drive com vídeos da montagem:

<https://drive.google.com/drive/folders/1cS7QUPTj80HUNTQm2fRPoSMD2gNxsav?usp=sharing>

## Dilatômetro de Alavanca

Nesta parte do manual trabalharemos na construção de outro tipo de dilatômetro linear para medidas de dilatação, ou contração, de tubos metálicos. Trata-se do Dilatômetro de Alavanca, este tipo de dilatômetro é de fácil construção comparado ao Dilatômetro de Trilhos, pois conseguimos medir a pequena variação do comprimento do tubo de metal de uma forma ligeiramente simples. Muitos dilatômetros deste tipo já foram feitos a séculos atrás. Alguns tinham um conjunto de duas, ou mais, alavancas para uma maior precisão dos comprimentos dilatados, ou mesmo contraídos.

Com a criação de relógios mais compactos que continham muitas engrenagens de metal bem refinado, foi possível desenvolver instrumentos de muita precisão nas medidas de pequeno comprimento, como um exemplo bem simples, temos o micrômetro capaz de realizar medidas em precisão de  $10^{-6}$  da medida de 1 metro, ou melhor, 0,001 do milímetro. Chamamos de “relógio comparador” ao instrumento capaz de medir os pequenos comprimentos causados pela dilatação de um corpo sólido, este utiliza o mesmo princípio de funcionamento dos primeiros relógios com ponteiros.

Foto 75 - Imagem de um relógio comparador analógico



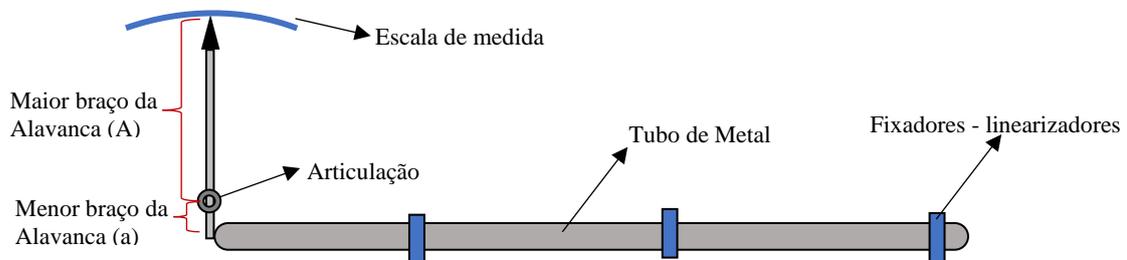
Fonte: <https://www.americanas.com.br/produto/51283166/relogio-comparador-0-01-10-mm> (2020)

Os primeiros relógios comparadores, como já exposto, são constituídos de um conjunto de engrenagens. Atualmente existem relógios comparadores digitais. Tais instrumentos são usados na usinagem de peças de metal trabalhadas com grande precisão no seu acabamento.

Seguindo nosso objetivo, propomos a construção de um dilatômetro de alavanca simples com materiais acessíveis, capaz de demonstrar e realizar medidas de dilatação para tubos de metal.

Vejamos o esquema ilustrativo (Fig. 4) que mostra basicamente os elementos de um dilatômetro de alavanca, e logo após o seu funcionamento baseando-se numa fundamentação geométrica e matemática:

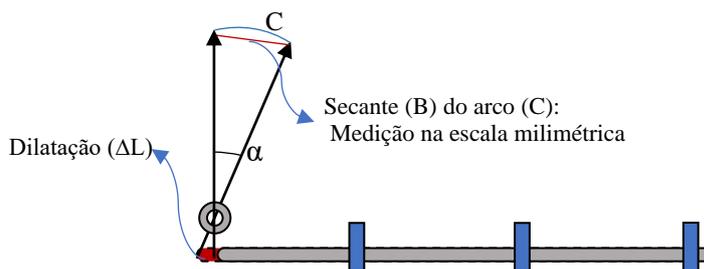
Figura 4 – Esquema ilustrativo do Dilatômetro de Alavanca



Fonte: Autor (2020)

Pelo esquema anterior, fixamos a amostra de metal em um dos fixadores e aquecendo, ou resfriando, a amostra de metal, a extremidade do metal tensiona o menor braço da alavanca pelo efeito da dilatação, ou contração. Esta, gira por meio da articulação que deve estar fixa, girando com um maior deslocamento o mostrador da alavanca maior. Desprezamos a pequena dilatação da ponta do menor braço da alavanca, e, consideramos que a experiência se realize para pequenos ângulos ( $\alpha < 20^\circ$ ) ficando o comprimento da secante (B) aproximadamente igual ao comprimento do arco, pois a dilatação/contração do metal ( $\Delta L$ ) é bem pequena. Vejamos a Fig.5.

Figura 5 – Relação geométrica para medida de  $\Delta L$



Fonte: Autor (2020)

Com estas aproximações podemos concluir geometricamente que:

Os ângulos de deslocamento do maior braço e do menor braço da alavanca são iguais,

$$B = \alpha \cdot A \quad \text{e} \quad \Delta L = \alpha \cdot a$$

Segue a igualdade:  $\frac{B}{A} = \frac{\Delta L}{a}$

Ficando o valor da dilatação/contração do metal ( $\Delta L$ ) em função da secante (B) indicada na escala de medida graduada em milímetros.

$$\Delta L = \frac{a}{A} \cdot B$$

A razão  $a/A$  é o fator multiplicativo de deslocamento da alavanca, sendo  $a < A$ , temos  $B > \Delta L$ .

Seguiremos agora com a relação dos materiais e etapas para construção do nosso dilatômetro de alavanca.

## ↳ Materiais

1º) 01 pequena mola de tração em aço, tamanho de ~ 2,0 cm

Foto 76 – Mola de tração



Fonte: Autor (2020)

2º) 01 canudo (suporte) para balão de ~ 30 cm, e dois tubos de pirulitos, os tubos de pirulito devem encaixar internamente no tubo para balão de modo a ficarem fixos.

Foto 77 – Tubo para balão



Fonte: Autor (2020)

Foto 78 – 2 tubos de pirulito



Fonte: Autor (2020)

3º) 01 eixo de aço (raio de aro de bicicleta) de comprimento ~ 9 cm

01 pedaço de arame galvanizado de comprimento ~ 5 cm

Foto 79 – Raio do aro de bicicleta



Fonte: Autor (2020)

Foto 80 – Arame galvanizado



Fonte: Autor (2020)

4º) Uma régua milimétrica de plástico

Foto 81 – Régua de plástico



Fonte: Autor (2020)

5º) 01 rolamento de HD de computador (do tipo, com parafuso como eixo)

Foto 82 – Rolamentos de HD



Fonte: Autor (2020)

6º) 02 conectores de fios elétricos, encontramos em interruptores e tomadas de embutir

Foto 83 – Conectores de fios elétricos



Fonte: Autor (2020)

7º) 01 peça de madeira (de preferência cedro) nas dimensões: 72 cm de comprimento, 4 cm de largura e 3cm de altura

Foto 84 – Tábua para base do dilatômetro



Fonte: Autor (2020)

8º) 02 tubos de látex (mangueira de soro) com diâmetro de 9,0 mm e comprimento de 20,0 cm (Foto 16);

01 tubo de látex com 14,0 mm de diâmetro e 15,0 cm de comprimento (Foto 17).

- 9º) 50 cm de tubo de cobre de diâmetro de 9,5 cm (cano de cobre utilizado em condicionadores de ar tipo Split), e 50 cm do tubo de alumínio de diâmetro de 9,5cm (pode ser de cano de antiga antena receptora de TV analógica). \*Podemos adquirir numa distribuidora de alumínio também (Foto 11).
- 10º) 01 funil e 01 abraçadeira de plástico (Fotos 18 e 19)
- 11º) 04 abraçadeiras modelo Simplex para mangueira, com diâmetro variando de 12-14 mm (ver Foto 22)
- 12º) 03 parafusos para madeira nas dimensões: 3,0 mm de diâmetro e ~3 cm de comprimento (ver Foto 23)
- 13º) Placa arduino com cabo, sensor de temperatura modelo DS18B20, e resistência de 4,7 K $\Omega$  (ver Fotos 24, 25 e 26)
- 14º) Ebulidor de água (ver Foto 27)
- 15º) Computador com multimídia (teclado, mouse e monitor) (ver Foto 28)

## ↳ **Construção e montagem**

Da mesma forma para a construção do dilatômetro anterior, para construirmos o dilatômetro de alavanca devemos ter experiência no manuseio dos seguintes instrumentos: alicate de aço, furadeira elétrica (usaremos broca de aço de 3,2 mm de diâmetro, e broca de aço de 1,6 mm de diâmetro), arco com serra de aço, régua milimétrica ou paquímetro, régua, caneta ou lápis, martelo e um prego para ripa, lixa para ferro nº 80, tesoura de aço, chave estrela, chave de fenda e cola instantânea.

Subdividiremos em duas partes: “construção da base de fixação”, e “construção do medidor” da dilatação. Da mesma forma que na montagem anterior, disponibilizaremos um link eletrônico para uma Pasta (Vídeos – Dilatômetro de Alavanca) para a visualização, via internet, da montagem passo-a-passo.

### ➤ **1ª Etapa: Construção do Medidor**

- Usamos o alicate e a chave estrela para fixar o conector de fio elétrico no eixo central do rolamento, a vantagem é que suas roscas são iguais. Depois fixamos o eixo de aço (9 cm) no furo central do conector de fio elétrico do modo mostrado na foto abaixo. A menor ponta do eixo de aço é o menor braço da alavanca do medidor, lembrando que devemos somar metade da largura da lateral do conector (2,5 mm). O tamanho desse menor braço fica a critério de quem o fará, por exemplo, nós adotamos: menor braço da alavanca  $a=6$  mm (2,5mm a metade do conector + 3,5 mm do eixo de aço). Vejamos as Fotos 85 e 86.

Foto 85 – Rolamento e conector



Fonte: Autor (2020)

Foto 86 – Menor braço da Alavanca



Fonte: Autor (2020)

Para a construção da maior alavanca do medidor utilizaremos os canudos de pirulito e canudo para suporte de balão de festas. Os canudos de pirulito devem encaixar no interior do canudo para balão sem haja folga. Devemos colar um destes tubos totalmente com a cola instantânea no interior do tubo para balão. Já no interior do tubo de pirulito deve ficar o eixo de aço que já está fixado no rolamento. Vejamos as fotos 87e 88 abaixo.

Foto 87 – Tubo de pirulito fixo no tubo para balão



Fonte: Autor (2020)

Foto 88 – Eixo de aço no conjunto



Fonte: Autor (2020)

- O segundo tubo de pirulito será colado internamente na outra extremidade do suporte para balão. Em seguida cortamos com uma tesoura numa secção diagonal o tubo de pirulito de maneira que fique com uma ponta pontiaguda, ou seja, a ponta do ponteiro (Fotos 89 e 90).

Foto 89 – Corte para ponta



Fonte: Autor (2020)

Foto 90 – Ponta do medidor

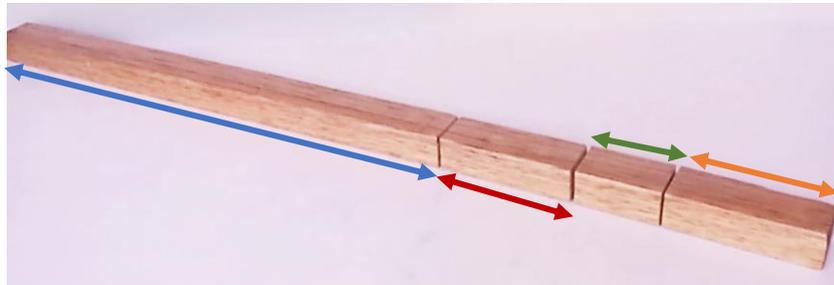


Fonte: Autor (2020)

- \* OBS: O comprimento da maior alavanca do medidor (A) fica a critério de quem a construirá. Uma faixa recomendável seria entre 25 até 35 cm.

- Serrar e lixar a peça de madeira em 04 peças nas medidas da Foto 91 abaixo

Foto 91 – Tábua serrada e fixada



~ 46 cm

~ 10 cm

~ 6 cm

~ 10 cm

Fonte: Autor (2020)

- Para fixar a abraçadeira, onde fica o rolamento, na base de madeira, de 46 cm, devemos furar primeiro na parte inferior da circunferência da abraçadeira. Para isto abrimos a abraçadeira apontamos com a ajuda do prego e do martelo, e em seguida, furamos com a broca de 3,2 mm. Na verdade, temos que fazer este procedimento com as quatro (4) abraçadeiras. Verificar as Fotos 59 e 60.
- Em seguida, furamos a extremidade na base de madeira com a broca mais fina de modo que o parafuso fixe a abraçadeira onde ficará o rolamento de HD. A abraçadeira deve ficar da forma como é mostrada nas Fotos 92, 93 e 94 abaixo.

Foto 92 – Vista superior



Fonte: Autor (2020)

Foto 93 – Vista lateral



Fonte: Autor (2020)

Foto 94 – Vista em perspectiva



Fonte: Autor (2020)

- Agora o rolamento de HD, em conjunto com o conector e o eixo de aço, já pode ser colocado nesta abraçadeira. Depois de colocado basta apertar a abraçadeira com uma chave apropriada. Visualizando as Fotos 95 e 96, a seguir, fica fácil compreender.

Foto 95 – Vista superior do conjunto



Fonte: Autor (2020)

Foto 96 – Vista em perspectiva do conjunto



Fonte: Autor (2020)

- O arame galvanizado (5 cm) será a base da mola. Deve ser dobrado com a ajuda do alicate de maneira que tenhamos dois aros nas suas extremidades, um aro para abarcar o parafuso da abraçadeira, e outro aro menor para fixar uma extremidade da mola de tração. Vejamos como fica o arame ao ser dobrado nas Foto 97, 98 e 99 abaixo.

Foto 97 – Aro do parafuso



Fonte: Autor (2020)

Foto 98 – Parafuso encaixado



Fonte: Autor (2020)

Foto 99 – Parafuso-base-mola



Fonte: Autor (2020)

- Este arame será fixado na abraçadeira do rolamento através do parafuso que passa pelo aro feito no arame. Em seguida, colocamos a outra extremidade da mola no eixo de aço. Para que a mola não deslize no eixo de aço colocamos o outro conector de fio elétrico. Vejamos as Fotos 100, 101 e 102. Elas mostram a montagem.

Foto 100 – Arame fixo na abraçadeira



Fonte: Autor (2020)

Foto 101 – Mola no eixo



Fonte: Autor (2020)

Foto 102 – Fixar o conector



Fonte: Autor (2020)

\*OBS: O objetivo é a mola restaurar a posição inicial da alavanca.

- Para terminar a 1ª parte do medidor colamos com cola instantânea um pedaço (devidamente serrado e lixado) da régua milimétrica de plástico na peça de cantoneira de alumínio. Devemos cuidar para que a altura do ponteiro da alavanca esteja igual à altura da escala da régua. Observando as Fotos 103 e 104, a seguir, fica mais compreensível.

Foto 103 – Régua fixa na cantoneira



Fonte: Autor (2020)

Foto 104 – Marca milimétrica na altura do ponteiro



Fonte: Autor (2020)

➤ 2ª Etapa: Construção das Bases de Fixação

- Com uma das peças de madeira de 10 cm colamos com cola instantânea o cano de alumínio devidamente lixado (comprimento igual a 2cm e diâmetro aproximado de 1,0 cm) na face superior da peça da madeira. De acordo com as Fotos 105 e 106 abaixo.

Foto 105 - Vista lateral



Fonte: Autor (2020)

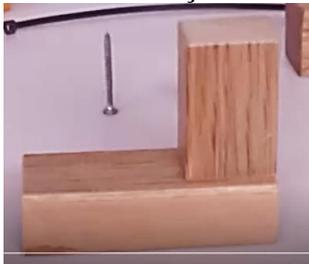
Foto 106 – Vista superior



Fonte: Autor (2020)

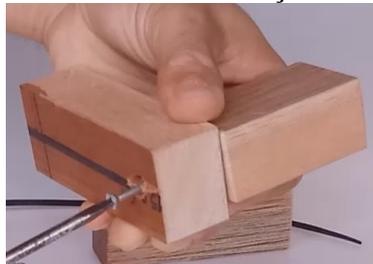
- Com as outras duas peças de madeira, de 10 cm, e outra de 6 cm, devemos fixá-las de acordo com as Fotos 107 e 108 ilustradas abaixo. Podemos fazer isto com a cola instantânea, ou com um parafuso.

Foto 107 – Peças de 10 e 8 cm



Fonte: Autor (2020)

Foto 108 – Fixação das peças



Fonte: Autor (2020)

- A mangueira de látex é colocada no funil, com a abraçadeira de plástico fixando o funil na base anterior já feita de madeira (Fotos 109 e 110 a seguir).

Foto 109 – Vista lateral



Fonte: Autor (2020)

Foto 110 – Vista superior

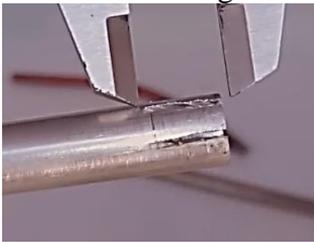


Fonte: Autor (2020)

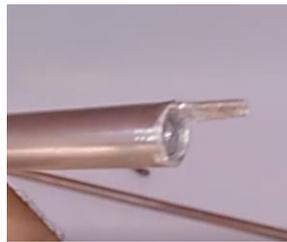
- Uma das extremidades do cada tubo deve ser serrada (Foto 111) e devidamente lixada (Foto 112). Depois dobra-se com alicate a haste com 6 mm de comprimento na extremidade do tubo (Fotos 113 e 114). A mangueira de látex deve ser colada internamente no tubo (cerca de 0,5 cm) com a cola instantânea (Fotos 114 e 115).

\*OBS: Esta pequena alavanca feita na extremidade de cada tubo (comprimento de 6 mm, e espessura de 3 mm) fará contato com extremidade do menor braço da alavanca (a) do medidor.

Foto 111 – Serragem    Foto 112 – Lixamento    Foto 113 – Dobrar    Foto 114 – Haste de 6mm



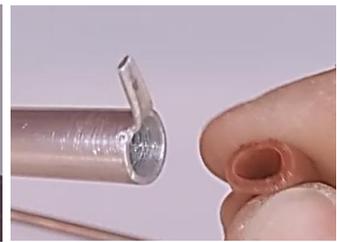
Fonte: Autor (2020)



Fonte: Autor (2020)



Fonte: Autor (2020)



Fonte: Autor (2020)

Foto 115 – Mangueiras coladas



Fonte: Autor (2020)

Foto 116 – Haste em contato com o eixo de aço



Fonte: Autor (2020)

- Terminando com os tubos, devemos marcar com caneta, ou outro marcador, três distâncias de 15,0 cm ao longo de cada tubo iniciando da ponta onde fica a pequena alavanca. Nestas marcações ficarão as posições das três abraçadeiras na base de madeira (Foto 117).

Foto 117 – Três marcações consecutivas de 15,0 cm no tubo



Fonte: Autor (2020)

- A maior peça de madeira, de 46 cm, será a base principal, ela fixará o tubo de metal (que sofrerá a dilatação/contração térmica), além de fixar o rolamento de HD. Devemos ter o cuidado em alinhar bem o tubo de modo que a pequena haste da ponta do tubo faça contato com a ponta do menor braço da alavanca (a) do medidor.

Primeiro marcamos com régua e marcador (caneta) a posição exata onde o tubo ficará na base. Depois fazemos contato com a alavanca do rolamento de modo ela faça um ângulo de 90° com a base de madeira, daí então marcamos as posições dos furos onde ficarão as abraçadeiras na base de madeira (Fotos 118, 119 e 120).

Foto 118 – Contato da haste (90°)



Fonte: Autor (2020)

Foto 119 – Marcação da posição do tubo na base



Fonte: Autor (2020)

Foto 120 – Marcação das distâncias dos furos para abraçadeiras



Fonte: Autor (2020)

- Depois de furar a base, parafusamos as três abraçadeiras nas posições marcadas.

Foto 121 – Fixando as abraçadeiras na base



Fonte: Autor (2020)

- Colocamos um dos tubos e apertamos bem as três abraçadeiras de modo que o tubo fique bem alinhado. Em seguida, folgamos um pouco as abraçadeiras e deslizamos o tubo para verificar a mobilidade e a linearidade da justaposição das abraçadeiras. Depois podemos retirar o tubo (Foto 122).

Foto 122 – Apertar os parafusos para alinhamento



Fonte: Autor (2020)

Pronto, nosso Dilatômetro de Alavanca está pronto!

Por último conectar a mangueira do funil no tubo e ajustar o ponteiro com a escala da régua!

Foto 123 – Dilatômetro de Alavanca com sensor



Fonte: Autor (2020)

Link para Pasta com vídeos da montagem:

<https://drive.google.com/drive/folders/1eGzxz97XNHMhU78qcbg1VY5PK81BBZO4?usp=sharing>

## O Arduino e o sensor de temperatura BS18B20 como mediador

### O que é o Arduino

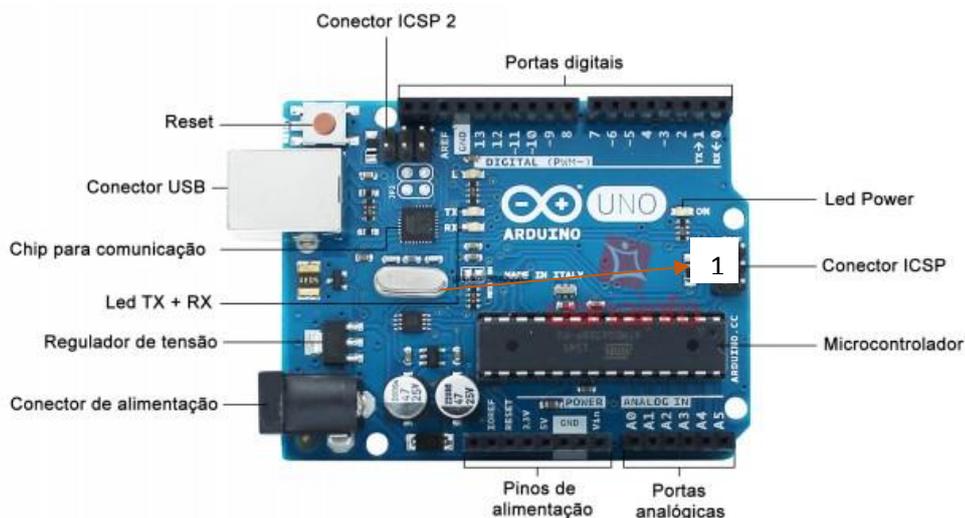


O Arduino é uma plataforma eletrônica cujo projeto teve início na cidade de Ivrea, Itália, em 2005, com o intuito de interagir em projetos escolares de forma a ter um orçamento menor que outros sistemas de prototipagem disponíveis naquela época. Esta plataforma eletrônica é capaz de gerenciar os dados primários (pulsos elétricos de entrada) vindos de um dispositivo elétrico primário como um sensor ou um botão e os processa através de uma pré-programação gerando pulsos/correntes elétricos(as) de saída que acionarão outros dispositivos. Ou melhor, a plataforma detém estímulos primários e através de ações pré-programadas os convertem em respostas secundárias.

Consiste basicamente na sua parte hardware e software:

- Sua parte hardware (Arduino UNO) é constituída por uma placa eletrônica com um microcontrolador do tipo Atmel AVR de 8 bits, com componentes complementares (memória flash, pinos de entrada e saída, LEDs de sinalização de atividade, ...) para realizar a programação e incorporação em outros circuitos. Além de ser um microcontrolador também pode ser pré-programado pela parte software (instalado no computador), o que simplifica o carregamento de programas para o chip de memória flash embutido na sua placa, em comparação com outros aparelhos que geralmente demandam um chip programador externo, ou seja, estes não são passíveis de programação. A gravura abaixo mostra o Arduino UNO.

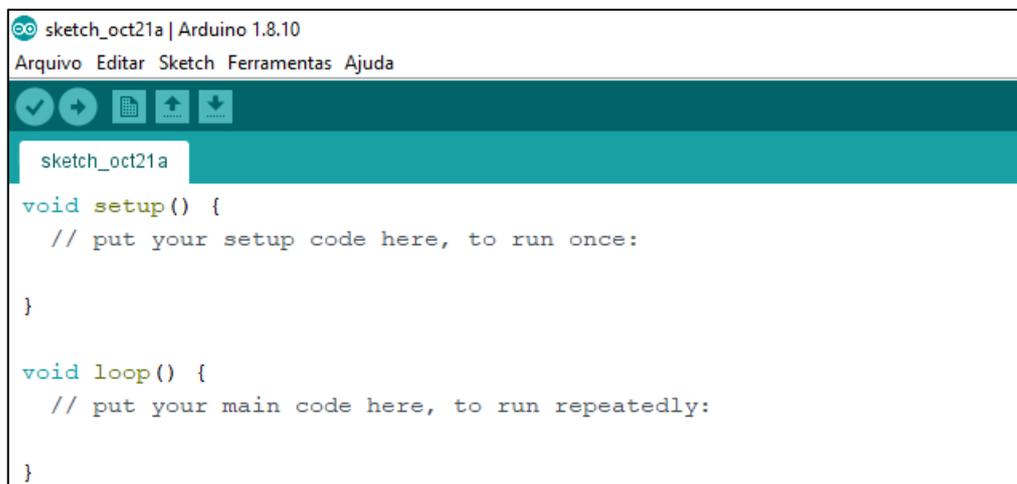
Foto 124 – Placa Arduino UNO



- A parte software (Arduino IDE) deve ser instalada, gratuitamente pela web, num computador comum. Funciona quando acoplado por cabo USB a placa eletrônica do Arduino UNO. Tal software, é uma aplicação da multiplataforma escrita em Java derivada dos projetos Processing e Wiring. É arquitetado para introduzir de forma simples a prática da programação para artistas, profissionais de áreas diversas e para pessoas no geral, que não são familiarizadas em programação computacional. Inclui um editor de código, “linguagem de programação em C”, sendo capaz de compilar e carregar programas na placa eletrônica do Arduino UNO.

Vejamos a ilustração abaixo (Print 1) que mostra na tela de um computador, a área de trabalho do Arduino IDE.

Print 1 – Área de trabalho do Arduino IDE



```

sketch_oct21a | Arduino 1.8.10
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

sketch_oct21a

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}

```

Fonte: Autor (2020)

Temos que a área de trabalho está em branco do Arduino IDE já instado, pronto para uma programação, também chamada de “sketch”. Existem duas partes da programação: `void setup` e `void loop`.

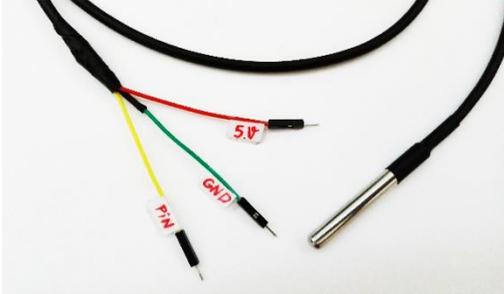
## ↳ Trabalho e montagem do sensor de Temperatura

### Montagem de apenas 1 Sensor DS18B20

O nosso sensor de temperatura é o modelo DS18B20, ele é ideal para líquidos e gases, possui três fios, um deles é o fio por onde passa uma pequena corrente elétrica do sensor para a placa microcontroladora conectado na porta digital PIN 3 (ou outro pino, depende da programação), ou seja, neste fio ocorre o envio de dados para o Arduino UNO (que indica a

temperatura da água). Os outros dois fios são o de 5,0 volts de tensão (5V), e o último de aterramento (GND).

Foto 125 – Sensor DS18B20 e fios link



Fonte: Autor (2020)

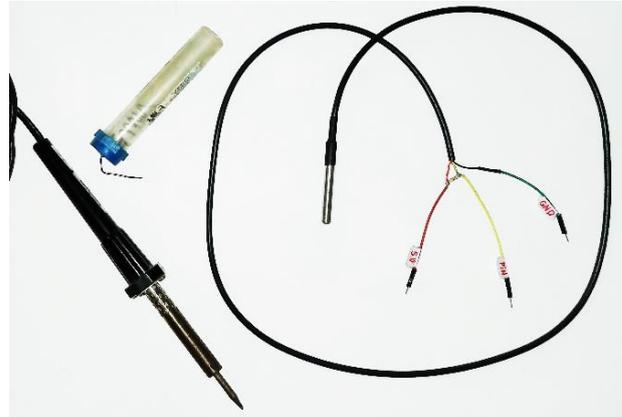
Uma resistência de valor igual à 4,7 k $\Omega$  deve ser inserida nos fios do pino (pin) e no fio de 5 V. Fazemos tal procedimento soldando estes fios na resistência (Fotos 126 e 127).

Foto 126 – Solda da resistência de 4,7 K $\Omega$



Fonte: Autor (2020) Fonte:

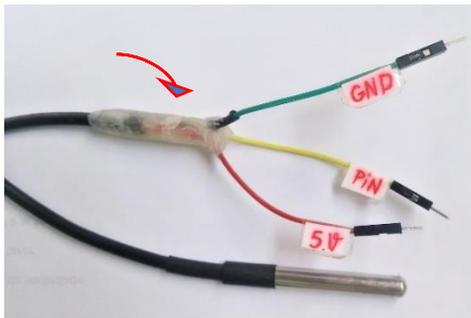
Foto 127 – Instrumentos para solda



Fonte: Autor (2020)

Passamos fita isolante (ou cola quente) para proteger as soldas e o resistor. Fazemos uma identificação nos três fios link escrevendo com caneta num pequeno papel envolvido por fita durex em cada fio (Foto 128). Para utilizar o sensor conectamos o fio PIN na porta digital 3, o fio GND na porta GND, e o fio de 5V na porta 5V no Arduino UNO (Foto 129).

Foto 128 – Proteção e identificação dos fios



Fonte: Autor (2020)

Foto 129 – Conexão na placa Arduino UNO



Fonte: Autor (2020)

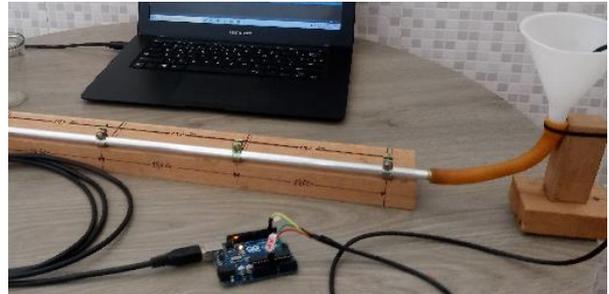
O sensor de temperatura deve passar pelo funil (Foto 130) passando no interior da mangueira de látex e ficar no interior do tubo de metal, aproximadamente na parte mediana do comprimento do tubo.

Foto 130 – Colocando o sensor de temperatura



Fonte: Autor (2020)

Foto 131 – Sensor instalado



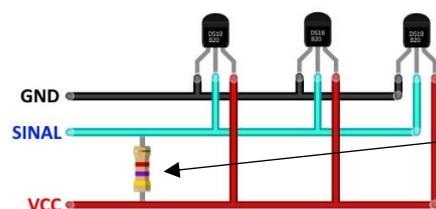
Fonte: Autor (2020)

### Montagem de Sensores DS18B20 em barramento

Este tipo de sensor tem uma vantagem com relação a outros, a biblioteca OneWire é capaz de identificar cada sensor DS18B20 individualmente. Isto é possível porque cada sensor DS18B20 possui um código (identificação) único vindo de fábrica. Com isto, podemos ligar muitos destes sensores em “barramento”, ou seja, ligamos em paralelo, numa única entrada digital da Placa Arduino UNO.

Vejamos dois esquemas abaixo do circuito para o barramento de três sensores DS18B20.

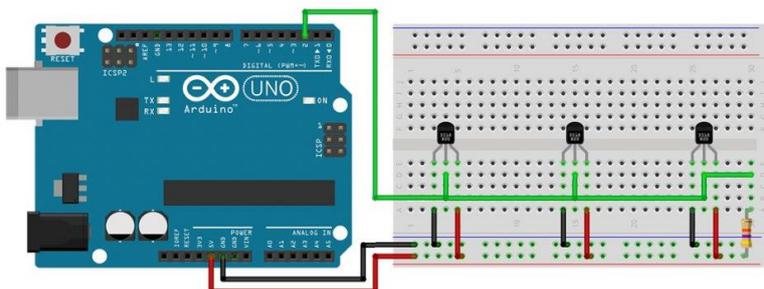
Print 2 – Barramento de três sensores DS18B20



Um resistor de 4,7 KΩ deve ligar o fio do sinal digital com o fio que fornece a tensão DC de 5V

Fonte: <https://www.arduinoocia.com.br/sensor-de-temperatura-ds18b20-com-esp8266-esp-01/> (2020)

Print 3 – Barramento de três sensores conectados na placa Arduino UNO

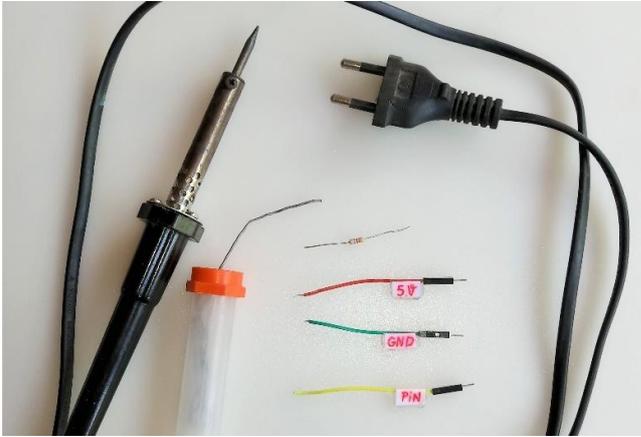


No esquema ao lado, mostra o fio do sinal digital conectado na porta digital 2 da Placa Arduino UNO

Fonte: <https://www.usinainfo.com.br/blog/sensor-de-temperatura-arduino-ds18b20-comunicacao-onewire/>(2020)

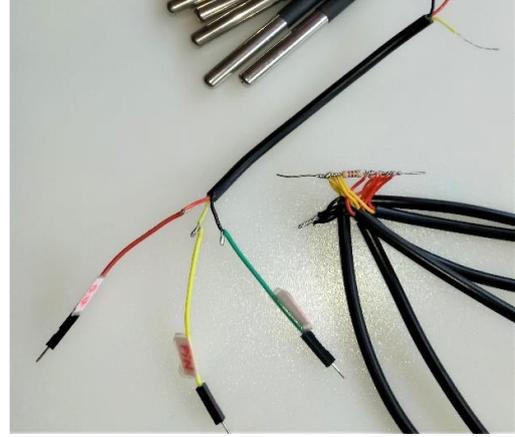
Na prática, realizamos os procedimentos abaixo para ligar 5 sensores DS18B20.

Foto 132 – Resistor 4,7 kΩ, fios link e solda



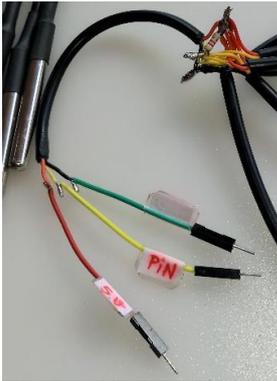
Fonte: Autor (2020)

Foto 133 – Ligação dos fios e resistor



Fonte: Autor (2020)

Foto 134 – Soldagem



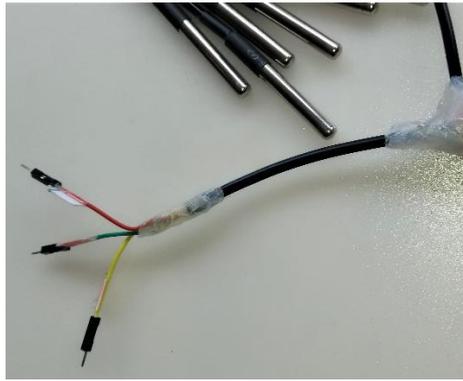
Fonte: Autor (2020)

Foto 135 – Cola quente



Fonte: Autor (2020)

Foto 136 – Isolamento com cola quente



Fonte: Autor (2020)

↳ **Como adquirir o software Arduino IDE e programar o sensor de temperatura**

O software Arduino IDE pode ser facilmente adquirido através da internet no endereço eletrônico: <https://www.arduino.cc/en/main/software>

No final desta seção disponibilizaremos um link de endereço eletrônico para uma Pasta do Google Drive (Vídeos – Arduino e Sensores de Temperatura) para a visualizar os passos para o uso do Arduino e dos Sensores.

Ao abrir esta página na internet facilmente visualizamos a opção para realizar o download do IDE do Arduino 1.8.10. Em seguida, é só instalarmos seguindo o próximo passo mostrados na tela. Clique através do cursor na opção **Windows installer**.

## Print 4 – Aquisição do Arduino IDE via web



Fonte: Autor (2020)

Novamente, tem-se a gravura abaixo que é a área de trabalho do Arduino IDE já instalado, pronto para uma programação. Existem duas partes da programação: `void setup` e `void loop`.

## Print 1 – Área de trabalho do Arduino IDE

```
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
sketch_oct21a
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}
```

Fonte: Autor (2020)

Para realizar a programação (também chamada sketch ou código) específica para a área de trabalho. Faremos uma única programação, ela servirá em todas as diferentes práticas experimentais com a utilização dos sensores DS18B20 ligados por barramento.

Para o funcionamento dos sensores de temperatura DS18B20, digitamos todos os caracteres mostrados nas páginas a seguir, de forma exata, para a área de trabalho do Arduino

IDE. Ou, selecionando todas as linhas seguintes através do editor de texto do computador, copiando, e colando na área de trabalho do sketch do Arduino IDE.

```

#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 3
OneWire 172neWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&172neWire);
DeviceAddress Term1, Term2, Term3, Term4, Term5;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  sensors.begin();
  Serial.print("Localizando os sensores...");
  Serial.print("Encontrados ");
  Serial.print(sensors.getDeviceCount(), DEC);
  Serial.println(" sensores.");
  if(!sensors.getAddress(Term1,0))
    Serial.println("Incapaz de localizar o sensor 0");
  if(!sensors.getAddress(Term2,1))
    Serial.println("Incapaz de localizar o sensor 1");
  if(!sensors.getAddress(Term3,2))
    Serial.println("Incapaz de localizar o sensor 2");
  if(!sensors.getAddress(Term4,3))
    Serial.println("Incapaz de localizar o sensor 3");
  if(!sensors.getAddress(Term5,4))
    Serial.println("Incapaz de localizar o sensor 4");
  Serial.println(" ");
  Serial.print("Sensor 0, Endereço: ");
  printAddress(Term1);
  Serial.println(" ");
  Serial.print("Sensor 1, Endereço: ");
  printAddress(Term2);
  Serial.println(" ");
  Serial.print("Sensor 2, Endereço: ");
  printAddress(Term3);
  Serial.println(" ");
  Serial.print("Sensor 3, Endereço: ");
  printAddress(Term4);
  Serial.println(" ");
  Serial.print("Sensor 4, Endereço: ");
  printAddress(Term5);
  Serial.println(" ");
}

```

```

}
void printAddress(DeviceAddress deviceAddress)
{ for(int i=0; i<8; i++) {
if(deviceAddress[i] < 16) Serial.print("0");
Serial.print(deviceAddress[i], HEX);
}
Serial.println(" ");
}
void loop() {
sensors.requestTemperatures();
float T1 = sensors.getTempC(Term1);
Serial.print("Sensor 1: ");
Serial.print(T1);
Serial.print(" °C");
Serial.print(" ");
Serial.print((T1*1.8)+32);
Serial.print(" °F");
Serial.print(" ");
Serial.print(T1+273);
Serial.print(" K");
Serial.print(" ");
Serial.println(" ");
Serial.println(" ");
float T2 = sensors.getTempC(Term2);
Serial.print("Sensor 2: ");
Serial.print(T2);
Serial.print("°C");
Serial.print(" ");
Serial.print((T2*1.8)+32);
Serial.print(" °F");
Serial.print(" ");
Serial.print(T2+273);
Serial.print(" K");
Serial.print(" ");
Serial.println(" ");
Serial.println(" ");
float T3 = sensors.getTempC(Term3);
Serial.print("Sensor 3: ");
Serial.print(T3);
Serial.print("°C");
Serial.print(" ");
Serial.print((T3*1.8)+32);
Serial.print(" °F");
Serial.print(" ");
}

```

```

Serial.print(T3+273);
Serial.print(" K");
Serial.print(" ");
Serial.println("");
Serial.println("");
float T4 = sensors.getTempC(Term4);
Serial.print("Sensor 4: ");
Serial.print(T4);
Serial.print("°C");
Serial.print(" ");
Serial.print((T4*1.8)+32);
Serial.print(" °F");
Serial.print(" ");
Serial.print(T4+273);
Serial.print(" K");
Serial.print(" ");
Serial.println("");
Serial.println("");
float T5 = sensors.getTempC(Term5);
Serial.print("Sensor 5: ");
Serial.print(T5);
Serial.print("°C");
Serial.print(" ");
Serial.print((T5*1.8)+32);
Serial.print(" °F");
Serial.print(" ");
Serial.print(T5+273);
Serial.print(" K");
Serial.print(" ");
Serial.println("");
Serial.println("");
Serial.println("");
Serial.println("");
Serial.println("");
delay(10000);
}

```



O sensor DS18B20 é um hardware que requer um outro software, além do Arduino IDE instalado no computador, esse outro software se chama “biblioteca” (biblioteca é um trecho de um software que fornece uma programação específica para um hardware), encontramos de forma fácil e gratuita na internet. Para o sensor de temperatura DS18B20 são necessárias duas

bibliotecas. Para adquiri-las basta acessar, consecutivamente, os dois endereços eletrônicos, a seguir: <https://www.arduino-libraries.info/libraries/dallas-temperature> (para a biblioteca DallasTemperature), e <https://www.arduino-libraries.info/libraries/one-wire> (para a biblioteca OneWire).

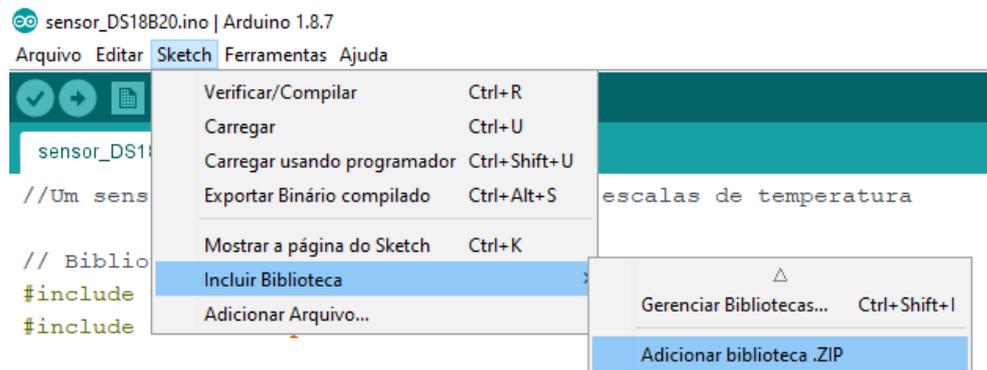
Acessando, de forma consecutiva, estes dois endereços eletrônicos, realizamos o download dessas duas bibliotecas salvando-as numa pasta conhecida no computador.

Em seguida, devemos inseri-las no “sketch” que foi digitado anteriormente.

Para isso, seguimos os passos:

- Na barra de menu do Arduino IDE seguimos as opções: “Sketch”, “Incluir Biblioteca”, e “Adicionar Biblioteca” (vejamos o Print 5).

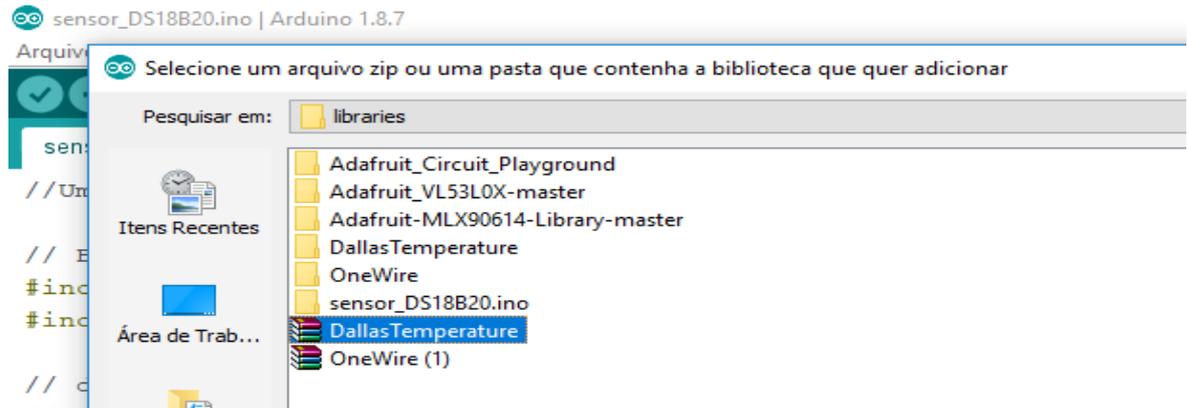
#### Print 5 – Adicionar biblioteca no sketch



Fonte: Autor (2020)

- Buscamos o diretório do computador onde estão gravadas as bibliotecas e importamos para o Sketch selecionando corretamente a biblioteca já salva, uma de cada vez (Print 6).

#### Print 6 – Encontrando a biblioteca e abrindo



Fonte: Autor (2020)

Ao fazer estes dois passos, a biblioteca DallasTemperature constará no nosso sketch. Repetimos novamente estes dois passos, só que agora, para incluir a biblioteca OneWire no nosso sketch.

Após digitarmos toda a programação exatamente como foi mostrada e, inserirmos as duas bibliotecas, devemos, em seguida, verificar se a programação está correta. Fazemos isso clicando no botão “Verificar”, localizado na parte superior esquerda, e, esperar que a compilação seja terminada.

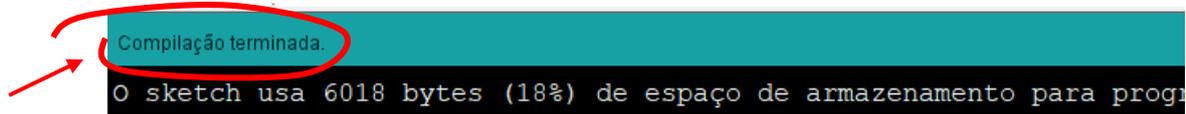
Print 7 – Acionando o botão Verificar



Fonte: Autor (2020)

Na parte inferior esquerda do sketch visualizamos se a programação foi compilada. Se não foi efetivada, devemos observar se houve erro na digitação do sketch, ou se as duas bibliotecas não foram incluídas. Logo após clicamos novamente no botão “Verificar” até efetivar a compilação.

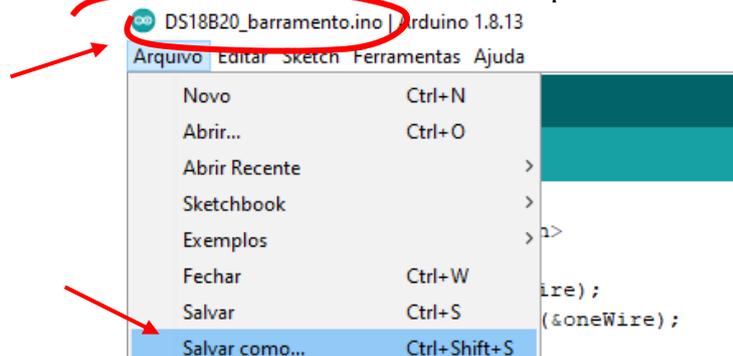
Print 8 – Progresso da compilação da programação



Fonte: Autor (2020)

Com a compilação terminada, salvamos este sketch clicando em “Arquivo”, e em “Salvar como...” usando a extensão **.ino** guardando numa pasta conhecida. Por exemplo, no Print 9 abaixo, o arquivo tem o nome **DS18B20\_barramento.ino**.

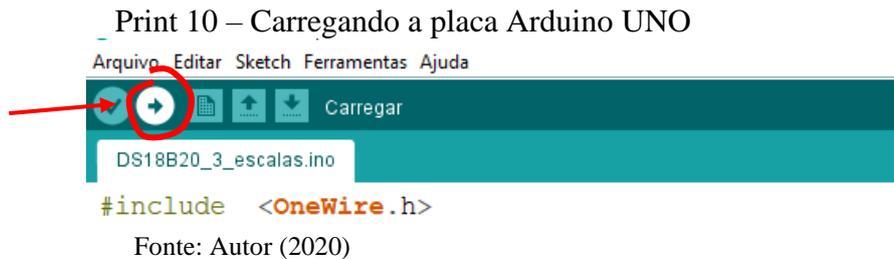
Print 9 – Salvando o sketch no computador



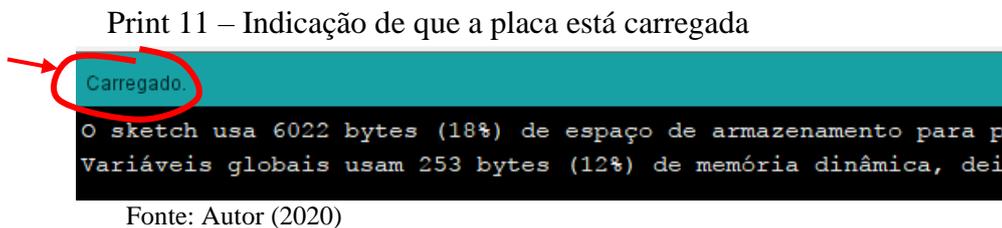
Fonte: Autor (2020)

Para utilizar o sensor DS18B20 devemos conectar o fio PIN na porta digital 3 do Arduino UNO, o fio GND na porta GND, e o fio de 5V na porta 5V (ver Foto 129). Conectamos o outro cabo na placa do Arduino UNO e numa entrada USB do computador (ver Foto 131).

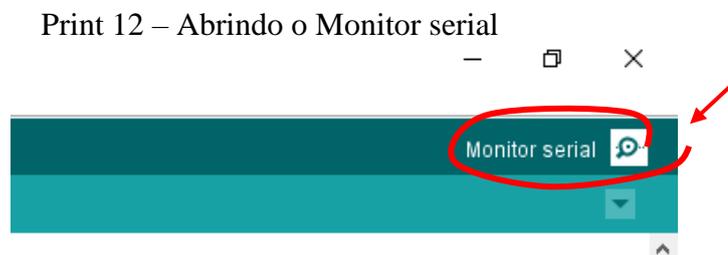
Para iniciar a medição da temperatura clicamos no botão “Carregar”, visualizado também na parte superior esquerda, ao lado do botão “Verificar”.



Se o sensor estiver conectado na placa arduino, e esta, no computador, então o Arduino IDE começará a fazer a medida da temperatura através do sensor logo que o sketch estiver carregado. É possível visualizar na parte inferior esquerda do sketch se o arduino está carregado.



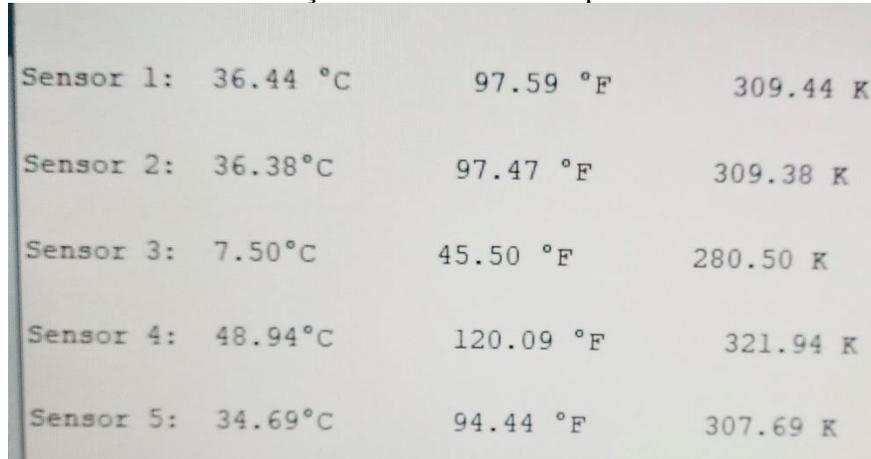
Por último, para visualizar a medida da temperatura nas três escalas clicamos no botão “Monitor Serial”, localizado na parte superior direita da área de trabalho do sketch.



Com isso, aparecerá a janela do Monitor serial com os sensores do barramento, seguidos do valor da temperatura nas três escalas, respectivamente, em °C, °F e K, de acordo com o sketch que programamos anteriormente. No intervalo de 10 segundos surge uma nova linha

com a medida de temperatura do último instante. Vejamos os valores que aparecem na tela do computador no Print 13 a seguir.

Print 13 – Visualização da medida de temperatura nas três escalas



Sensor 1:	36.44 °C	97.59 °F	309.44 K
Sensor 2:	36.38°C	97.47 °F	309.38 K
Sensor 3:	7.50°C	45.50 °F	280.50 K
Sensor 4:	48.94°C	120.09 °F	321.94 K
Sensor 5:	34.69°C	94.44 °F	307.69 K

Fonte: Autor (2020)

Pronto! Com isso, todo o aparato experimental do dilatômetro linear já está montado.

As etapas seguintes serão referentes à realização das práticas experimentais utilizando o sensor de temperatura e os Dilatômetros de Trilho, e de Alavanca, respectivamente.

Link para Pasta do Google Drive com vídeos instrutivos:

<https://drive.google.com/drive/folders/1DX4lxo-Pz0atF8XYuEHlvqzeaUUP08Kh?usp=sharing>

## Realização da experimentação

### Procedimentos para experimentação com o Dilatômetro de Trilhos

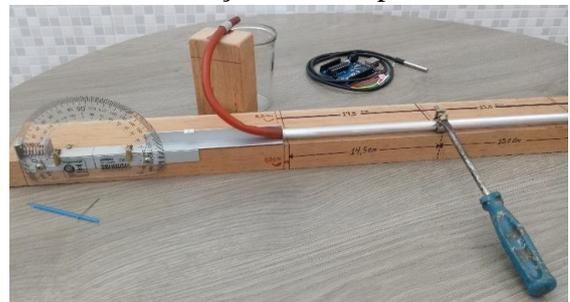
Na realização da prática, primeiramente, devemos fixar o tubo de metal em apenas uma das abraçadeiras com a ajuda de uma chave adequada. Antes de fazer isto, devemos retirar o alfinete (onde está fixado o ponteiro) que está entre os trilhos de alumínio. Deslocar o tubo em, exatamente, 5 mm na direção do trilho de apoio de alumínio. A borda do tubo deve fazer contato com o trilho de alumínio deixando a mangueira de látex livre. Veja nas Fotos 137 e 138, abaixo, este procedimento. O comprimento inicial ilustrado foi o de  $L_0 = 150$  mm:

Foto 137 – Contato tubo-trilho



Fonte: Autor (2020)

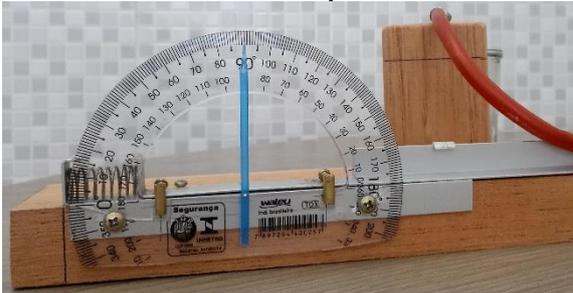
Foto 138 – Fixação do tubo para 15 cm



Fonte: Autor (2020)

Somente depois é que colocamos o alfinete (com ponteiro) entre os dois trilhos de alumínio de forma bem precisa, de maneira que o ponteiro marque uma medida no transferidor onde você considera que seja a temperatura inicial do tubo (Fotos 139 e 140).

Foto 139 – Alfinete com ponteiro



Fonte: Autor (2020)

Foto 140 – Posição correta do alfinete



Fonte: Autor (2020)

A segunda etapa é ligar o sensor com os pinos corretos na placa do Arduino UNO, em seguida, procurar pela programação (sketch). Após conectar todos os cabos, clicar no botão Carregar do sketch para acionar a placa, quando carregada, clicar em Monitor serial para aparecer os valores de temperatura mensurados pelo sensor DSB1820.

No intervalo de 10 segundos surge uma nova linha com a medida de temperatura do último instante.

### Print 14 – Visualização da temperatura em Monitor serial

```

COM6
Localizando Sensores
Encontrados 1 dispositivos.

Temperatura:
Sensor 1.00:  34.00 °C    93.20 °F    307.00 K

```

Fonte: Autor (2020)

Terceira e última etapa de manuseio. Colocar água com diferentes temperaturas no funil de maneira que ela passe no interior do tubo de metal (Fotos 141 e 142). O objetivo é que a água inserida e o tubo de metal atinjam o equilíbrio:

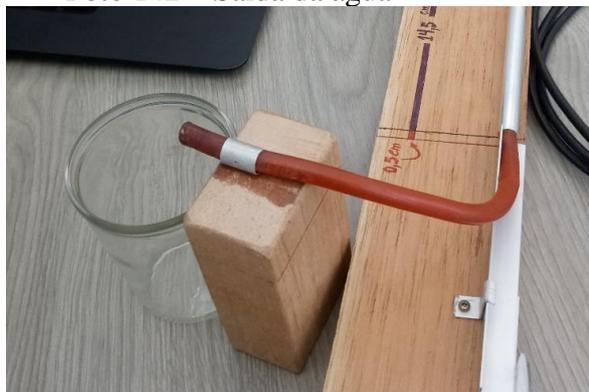
- Inserimos água gelada, e em pouco tempo, anotamos na tabela a indicação no transferidor e a temperatura de equilíbrio final;
- Inserimos água com temperatura ambiente e anotamos a variação dos graus no transferidor e a temperatura de equilíbrio final. Esta foi a primeira variação da temperatura;
- Com a ajuda do ebulidor e do recipiente de 500 mL aquecemos 400 mL de água por um tempo bem cronometrado. Colocamos a água aquecida e anotamos a variação dos graus e a temperatura de equilíbrio final. Segunda variação da temperatura;
- Seguindo o mesmo procedimento anterior, aquecemos mais ainda a água de maneira a preencher as colunas da tabela de resultados.

Foto 141 – Água aquecida pelo ebulidor



Fonte: Autor (2020)

Foto 142 – Saída da água



Fonte: Autor (2020)

Ao realizarmos esta prática, os alunos devem anotar na tabela da seção 4.1 de RESULTADOS da 5ª Etapa da Sequência Didática, os valores de temperatura final  $T_f$ , em ordem crescente.

Outra forma seria em providenciar, no mínimo, quatro garrafas térmicas com água em temperaturas diferentes. Assim, não seria necessário o ebulidor para causar o aumento da temperatura da água. Para cada temperatura diferente marca-se a variação dos graus no transferidor.

Também poderíamos inserir água com temperatura elevada ( $\sim 70^\circ\text{C}$ ). Daí então, esperamos que a temperatura diminua com o decorrer do tempo, pois todo o sistema tenderá a ficar novamente em equilíbrio térmico com o meio ambiente. Como sempre, cada temperatura diferente marca-se a variação dos graus no transferido. A leitura de temperatura seria decrescente.

Vejamos, logo abaixo, a tabela da seção 4.1 de RESULTADOS da Sequência Didática (etapa 5)

Tabela 2 – Resultados da prática para o Dilatômetro de Trilhos

$n_i$ (°) ou	$n_f$ (°) ou	$\Delta n$ (°)	$\Delta L$ (mm)	$T_i$ (°C)	$T_f$ (°C)	$\Delta T$ (°C)	$\alpha$ (1/°C)

$$\Delta L = 0,0157 \cdot \Delta n$$

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_i \cdot \Delta T}$$

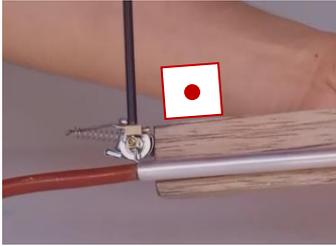
Fonte: Autor (2020)

Pela tabela acima, a 1ª, 2ª, 5ª e 6ª colunas são destinadas às anotações. As demais colunas são preenchidas pelos cálculos das medidas, alguns cálculos estão indicados logo abaixo da tabela.

→ Procedimentos para experimentação com o Dilatômetro de Alavanca

Semelhantemente ao primeiro dilatômetro, inicialmente devemos fixar o tubo de metal em apenas uma das abraçadeiras com a ajuda de uma chave adequada (Foto 144). Mas antes de fazer isto, devemos deslocar o tubo cuja sua pequena haste esteja em contato com a alavanca. A alavanca deve ter uma direção de  $90^\circ$  com a base de madeira do dilatômetro (Foto 143). A Foto 144 mostra a fixação do tubo para o comprimento inicial de  $L_0 = 150$  mm.

Foto 143 – Direção da alavanca Foto 144 – Fixação do tubo para 15,0 cm



Fonte: Autor (2020)



Fonte: Autor (2020)

Colocamos o sensor de temperatura DS18B20 no interior do tubo, na sua parte mediana, passando pelo funil. Conectamos os pinos na placa Arduino UNO, e a placa no computador. Colocamos o medidor, que é a régua milimétrica, bem alinhado com o ponteiro da alavanca (Foto 145).

Foto 145 – Preparo do sensor e da escala milimétrica



Fonte: Autor (2020)

Após conectar todos os cabos (os pinos na placa do Arduino UNO, e este no computador), clicar no botão Carregar do sketch para acionar a placa, quando carregada, clicar em Monitor serial para aparecer os valores de temperatura mensurados pelo sensor DS18B20.

No intervalo de 10 segundos surge uma nova linha com a medida de temperatura do último instante (ver Print 14).

Semelhantemente, ao procedimento do dilatômetro anterior, colocamos água com diferentes temperaturas no funil de maneira que ela passe no interior do tubo de metal (Foto 145). O objetivo é que a água inserida e o tubo de metal atinjam o equilíbrio:

- Inserimos água gelada, e em pouco tempo, anotamos na tabela a indicação na escala milimétrica da régua e a temperatura de equilíbrio final;
- Inserimos água com temperatura ambiente e anotamos a variação em milímetros na régua e a temperatura de equilíbrio final. Esta foi a primeira variação da temperatura;
- Com a ajuda do ebulidor e do recipiente de 500 ml aquecemos 400 ml de água por um tempo bem cronometrado. Colocamos a água aquecida e anotamos a variação dos milímetros na régua e a temperatura de equilíbrio final. Segunda variação da temperatura;

- Seguindo o mesmo procedimento anterior, aquecemos mais ainda a água de maneira a preencher as colunas da tabela de resultados com outras variações da temperatura da água.

Os alunos devem anotar na tabela da seção 4.1 de RESULTADOS da 5ª Etapa da Sequência Didática, os valores de temperatura final  $T_f$ , em ordem crescente.

Outra forma seria em providenciar, no mínimo, quatro garrafas térmicas com água em temperaturas diferentes. Assim, não seria necessário o ebulidor para causar o aumento da temperatura da água. Para cada temperatura diferente marca-se a variação dos graus no transferidor.

Também poderíamos inserir água com temperatura elevada ( $\sim 70^\circ\text{C}$ ). Daí então, esperamos que a temperatura diminua com o decorrer do tempo, pois todo o sistema tenderá a ficar novamente em equilíbrio térmico com o meio ambiente. Como sabemos, para cada temperatura diferente marca-se a variação dos milímetros na régua. A leitura de temperatura, neste procedimento, seria decrescente.

Vejamos, abaixo, a tabela da seção 4.1 de RESULTADOS da Sequência Didática (etapa 5)

Tabela 3 - Resultados da prática para o Dilatômetro de Alavanca

$B_i$ (mm)	$B_f$ (mm)	$\Delta B$ (mm)	$\Delta L$ (mm)	$T_i$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_f$ ( $^\circ\text{C}$ )	$\Delta T$ ( $^\circ\text{C}$ )	$\alpha$ ( $1/^\circ\text{C}$ )

$$\Delta L = \frac{a}{A} \cdot \Delta B$$

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_i \cdot \Delta T}$$

Fonte: Autor (2020)

- \*Lembrando que: “a” e “A” são, respectivamente, o menor e o maior braço da alavanca;
- \* $B_i$  – marcação inicial na régua;
- \* $B_f$  – marcação final na régua;
- \* $\Delta B$  – variação das marcações (deslocamento).

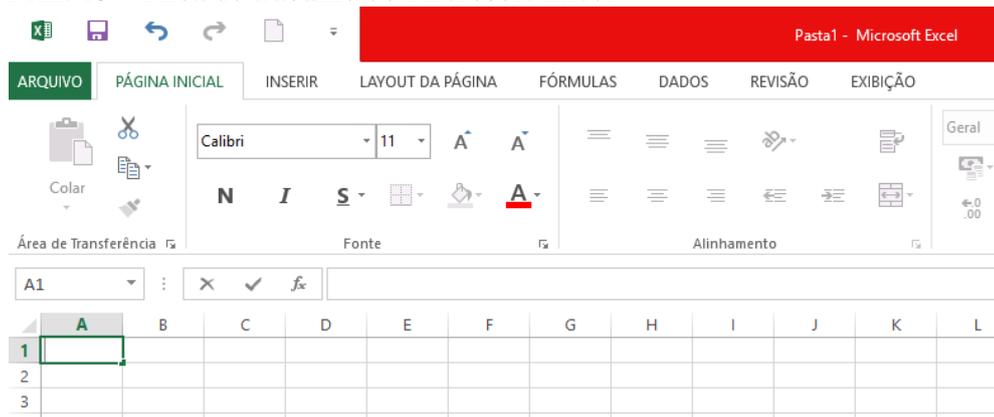
## Gráficos no Microsoft Excel

Quando realizarmos com os estudantes a 5ª Etapa da nossa Sequência Didática (utilização do dilatômetro), na última parte de RESULTADOS faremos inferência dos dados das três tabelas em três gráficos respectivos, que relacionam a dilatação linear ( $\Delta L$ ) do tubo de metal com a variação da temperatura ( $\Delta T$ ) do mesmo. Para isto, usaremos o programa Excel na elaboração dos gráficos.

Seguem agora as instruções para esta prática:

- ✓ Clicando no ícone do Excel na Área de Trabalho do computador, ou na opção Programas, aparecerá nosso programa.

Print 15 – Área de trabalho do Microsoft Excel



Fonte: Autor (2020)

- ✓ Editamos os nomes, símbolos, e unidades de medida das quais se referem os três gráficos nas devidas localizações das células do Excel. Os valores de  $\Delta T$  e  $\Delta L$  serão aqueles encontrados no desenvolvimento da prática experimental nas três tabelas da parte de RESULTADOS. Na primeira linha de nossa tabela numérica devemos colocar  $\Delta T = 0$  e  $\Delta L = 0$ , tais valores obedecem à relação empírica:  $\Delta L = L_i \cdot \alpha \cdot \Delta T$ . Nas demais linhas abaixo colocamos os quatro valores medidos na prática experimental.

No Print 16 a seguir, veremos valores hipotéticos na tabela numérica para artifício de ilustração. As variações de temperatura seguem em múltiplos de um fator numérico igual a dez. E as dilatações em décimos de milésimos.

### Print 16 – Inserindo os valores de $\Delta T$ e $\Delta L$ das três tabelas da parte de Resultados

ARQUIVO PÁGINA INICIAL INSERIR LAYOUT DA PÁGINA FÓRMULAS DADOS REVISÃO										
A8										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Para $L_i = 150$ mm			Para $L_i = 300$ mm			Para $L_i = 450$ mm			
2	$\Delta T$ (°C)	$\Delta L$ (mm)		$\Delta T$ (°C)	$\Delta L$ (mm)		$\Delta T$ (°C)	$\Delta L$ (mm)		
3	0	0		0	0		0	0		
4	10	0,0004		10	0,0008		10	0,0012		
5	20	0,0008		20	0,0016		20	0,0024		
6	30	0,0012		30	0,0024		30	0,0036		
7	40	0,0016		40	0,0032		40	0,0048		
8										

Fonte: Autor (2020)

- ✓ Para confeccionar o gráfico de  $\Delta L$  x  $\Delta T$  para  $L_i = 150$  mm, selecionamos as colunas mostradas no Print 17 a seguir. \*Também podemos selecionar os símbolos  $\Delta T$  e  $\Delta L$ .

### Print 17 – Selecionando as variáveis para o 1º gráfico de $\Delta L$ x $\Delta T$

ARQUIVO PÁGINA INICIAL INSERIR LAYOUT DA PÁGINA FÓRMULAS DADOS										
A2										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Para $L_i = 150$ mm			Para $L_i = 300$ mm			Para $L_i = 450$ mm			
2	$\Delta T$ (°C)	$\Delta L$ (mm)		$\Delta T$ (°C)	$\Delta L$ (mm)		$\Delta T$ (°C)	$\Delta L$ (mm)		
3	0	0		0	0		0	0		
4	10	0,0004		10	0,0008		10	0,0012		
5	20	0,0008		20	0,0016		20	0,0024		
6	30	0,0012		30	0,0024		30	0,0036		
7	40	0,0016		40	0,0032		40	0,0048		
8										

Fonte: Autor (2020)

- ✓ Clicamos na sequência as opções: INSERIR, Gráficos de Dispersão (com Linha Retas e Marcadores). Ao fazer essa sequência aparecerá o gráfico  $\Delta L$  x  $\Delta T$  referente às colunas selecionadas anteriormente.

### Print 18 – Comandos para criar o gráfico

Modelo de Gráfico - Microsoft Excel

ARQUIVO PÁGINA INICIAL **INSERIR** LAYOUT DA PÁGINA FÓRMULAS DADOS REVISÃO EXIBIÇÃO

Tabela Dinâmica Tabelas Dinâmicas Recomendadas Tabela

Imagens Online Ilustrações

Aplicativos para o Office

Gráficos Recomendados

Gráfico Dinâmico

Power View

Linha Coluna Ganho Perda

Minigráficos

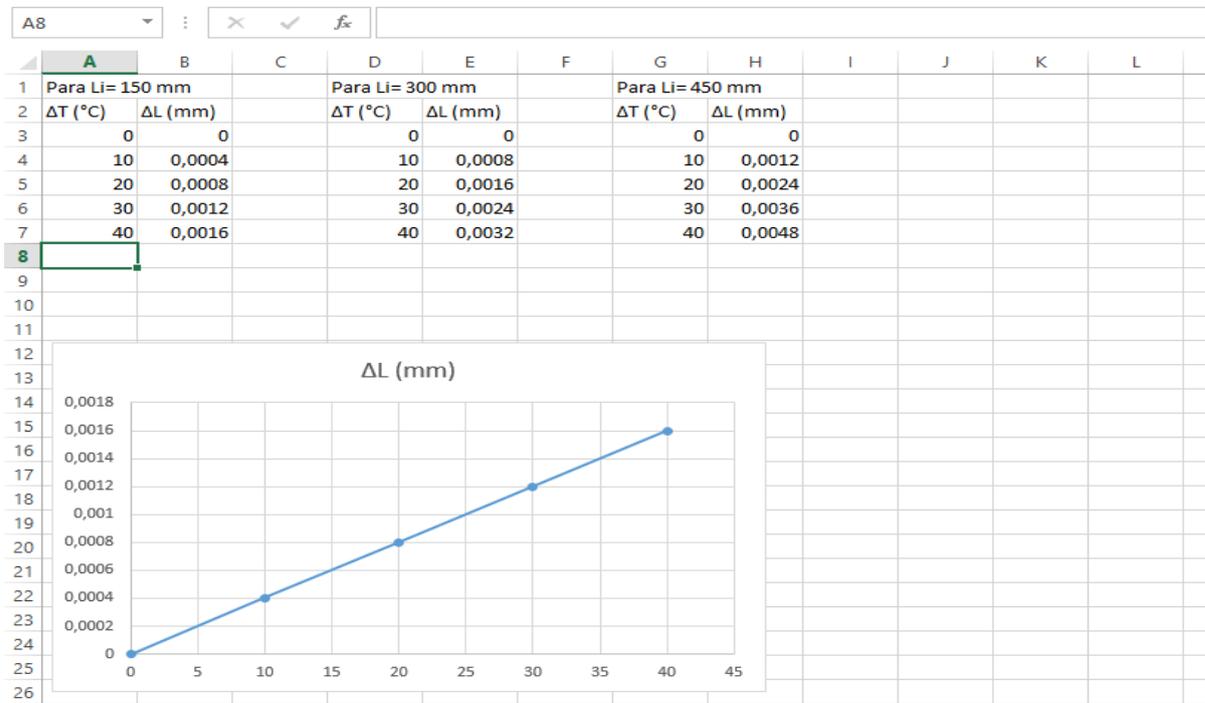
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2	$\Delta T$ (°C)	$\Delta L$ (mm)		$\Delta T$ (°C)	$\Delta L$ (mm)		$\Delta T$ (°C)	$\Delta L$ (mm)		
3	0	0		0	0		0	0		
4	10	0,0004		10	0,0008		10	0,0012		
5	20	0,0008		20	0,0016		20	0,0024		
6	30	0,0012		30	0,0024		30	0,0036		
7	40	0,0016		40	0,0032		40	0,0048		
8										

Dispersão

Dispersão com Linhas Retas e Marcadores

Fonte: Autor (2020)

- ✓ Ao aparecer a imagem do nosso primeiro gráfico, redimensionamos o seu tamanho e transladamos este, de forma que esteja na ordem/posição mostrada no Print 19 a seguir.

Print 19 – 1º Gráfico  $\Delta L$  x  $\Delta T$  redimensionado e transladado

Fonte: Autor (2020)

- ✓ Repetimos o mesmo procedimento para criar o segundo e terceiro gráfico, respectivamente, aos outros comprimentos iniciais:  $L_i = 300$  mm e  $L_i = 450$  mm. O resultado para as três tabelas consistirá em três gráficos  $\Delta L$  x  $\Delta T$ . Mas ainda nos resta redimensionar o segundo e terceiro gráfico de maneira que suas escalas verticais (eixo das ordenadas) estejam na mesma escala métrica para comparação das dilatações. Fazemos este redimensionamento apenas selecionando o gráfico, em seguida, clicando e arrastando com o mouse na ponta extrema superior da gravura do gráfico. Os eixos das abcissas também devem ter a mesma escala métrica nos três gráficos.

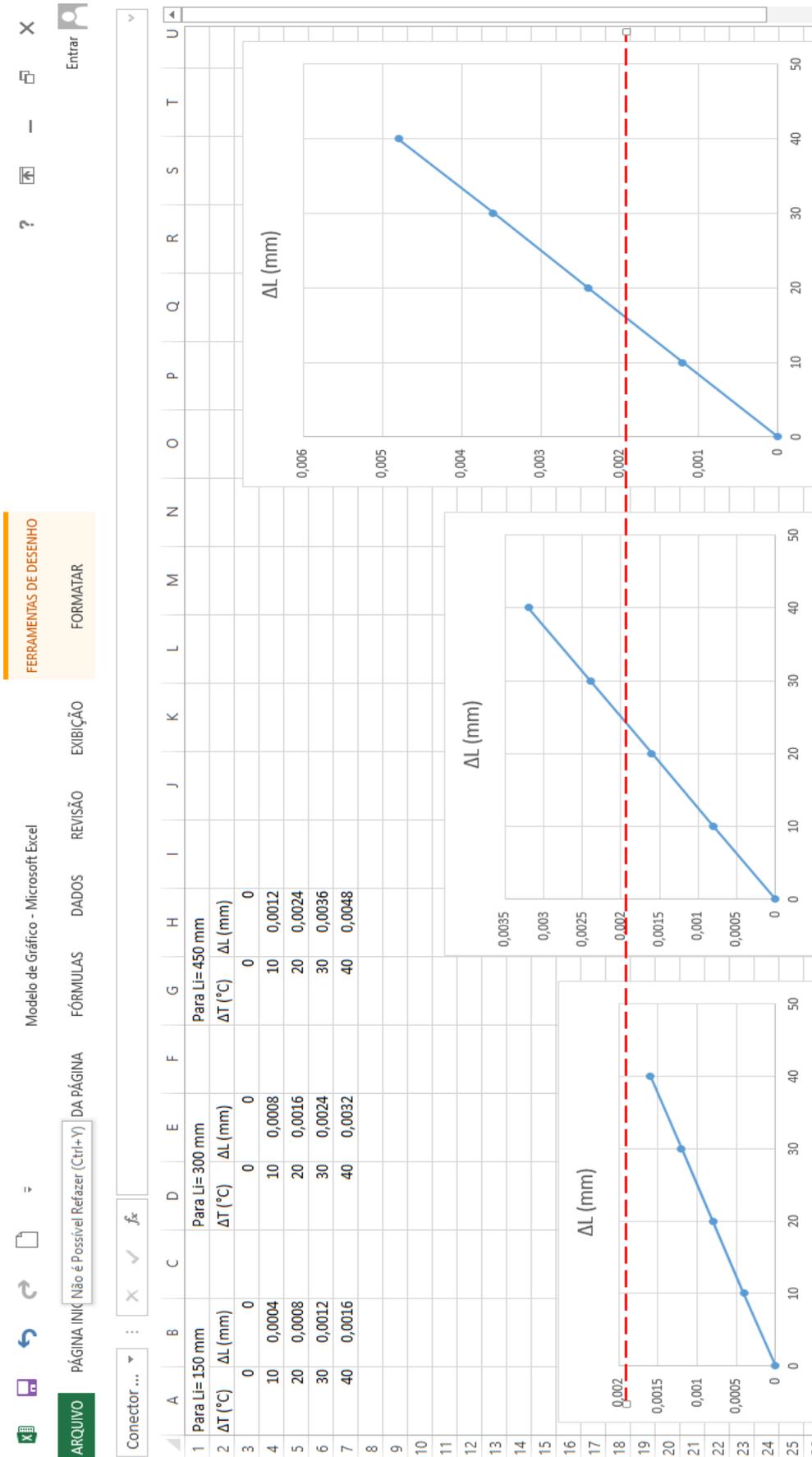
\* OBS:

Devemos verificar se as medidas de mesmo valor do eixo vertical estão na mesma linha de altura. Vejamos os três gráficos (Print 20) na mesma escala na página seguinte.

Link para pasta do Google Drive com vídeos da montagem dos Gráficos:

<https://drive.google.com/drive/folders/1xVGM8KIAFJ4c8GmsGwv1aO5bW522NFoQ?usp=sharing>

Print 20 – Três gráficos  $\Delta L$  x  $\Delta T$  na mesma escala

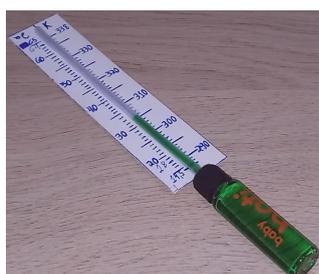
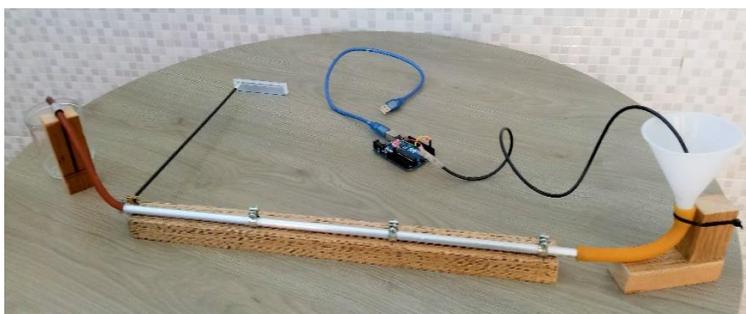


Fonte: Autor (2020)

Nos gráficos da página anterior, a linha tracejada de cor vermelha indica a altura correspondente à escala métrica de 0,002 no eixo das ordenadas nos três gráficos. Reforçando nossa instrução de que devemos redimensionar os gráficos de maneira que suas escalas sejam iguais.

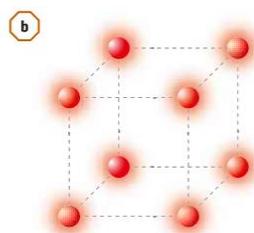
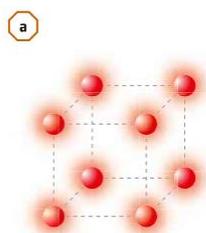
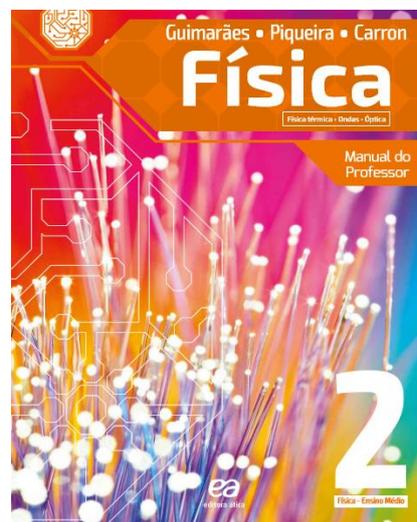
Termina aqui nosso **Manual de Construção do Dilatômetro Linear**, todos estes procedimentos foram descritos no intuito de bem orientar o professor na construção e manuseio do aparelho, tanto quanto na utilização da parte hardware e software do Arduino, como também o uso do Microsoft Excel no computador. Esperamos que este manual tenha considerada eficácia na parte experimental designada à Termometria.

A **Sequência Didática**, próximo tópico a seguir, refere-se a uma metodologia que serve como um tipo de exemplo a ser direcionada aos professores. O professor pode utilizá-la nas suas aulas, como também usá-la em parte, ou pode pretender em não a utilizar. Esta seqüência consta de leituras, questionários abertos e fechados, e roteiros de prática experimental, no intuito de oferecer coerência entre a teoria e a prática no estudo da Termometria. Ela foi devidamente planejada em seis (6) etapas que podem ser adequadas/cronometradas a um determinado número de aulas, sendo estas compostas de partes teóricas e práticas.



## Sequência Didática sobre:

# TERMOMETRIA



## TERMOMETRIA

### 1ª Etapa – Questionário: Fenômenos térmicos

A expressão “fenômenos térmicos” está relacionada aos acontecimentos que ocorrem a todo instante e em todos os lugares na natureza. Nós sempre presenciamos, e mais ainda, nós sentimos na pele quando tocamos vários objetos e falamos nas mudanças de quente em frio, ou, frio em quente. Ou quando verificamos as transformações que ocorrem na matéria, como por exemplo, as mudanças de fases da água e de outras substâncias puras. Todas estas e outras experiências são exemplos claros de fenômenos térmicos.

O questionário abaixo procura esclarecer o que você entende acerca destes “fenômenos térmicos” para um melhor aprofundamento na aprendizagem na Termometria.

Esperamos que este questionário possa deixá-lo(a) à vontade nesta primeira parte do nosso trabalho!

Foto 146 - O nascer do Sol



Fonte: <https://www.1zoom.me/es/wallpaper/558082/z8085.4/3840x2160> (2020)

- 1) Na sua opinião, quais são os agentes (ou elementos) que existem na natureza que mais provocam os fenômenos térmicos?

R: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

- 2) Diga o que é a matéria, o fogo e a luz.

R: Matéria \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Fogo \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Luz

---



---

Foto 147 – Fósforo aceso



Fonte: <http://miconuncamais.blogspot.com/2012/12/os-tres-fosforos-de-silvio-luzardo.html> (2020)

- 3) Existem outras palavras que estejam ligadas aos fenômenos térmicos sem que possamos falar nas palavras quente e frio? Que palavras seriam estas?

R: \_\_\_\_\_

---

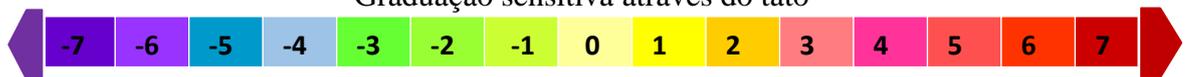
- 4) Você concorda que o sentido do tato (sentir na pele) possa medir a sensação de quente e frio da mesma forma para todas as pessoas?

R: \_\_\_\_\_

---

- 5) Pensemos na seguinte experiência: são postas duas bacias, ambas com mesma quantidade de água, só que uma está com água quente e a outra com água fria. Em seguida, pedimos para um grupo de, mais ou menos, seis pessoas, tocarem suas mãos em ambas as bacias para sentirem através do tato a ocorrência de um fenômeno térmico. E por último, pedimos para que estas pessoas anotassem com um “x” numa escala numérica, mostrada abaixo, um valor para tentar medir as intensidades entre quente e frio.

Gradação sensitiva através do tato



Você esperaria por um resultado no qual todas as pessoas marcariam o mesmo valor, um para a água quente, e outro para a fria? Explique.

R: \_\_\_\_\_

---



---

6) Para comparar a sensação de frio e quente de qualquer objeto quando tateamos (seguramos, ou tocamos) é necessário que esperemos um certo tempo para fazer tal comparação? Ou melhor, de imediato já saberemos do “grau” de quente ou de frio?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

7) Pensemos num pedaço de ferro muito quente que chega até ficar vermelho!

Foto 148 – Ferro incandescente



Fonte: <https://www.oficinadanet.com.br/post/13749-como-eram-feitas-as-katanas> (2020)

Neste pedaço de metal há energia? Há temperatura? Há calor nele?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

8) Diga com suas palavras o que você entende por temperatura.

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

9) Que método você utilizaria para tentar medir a temperatura de uma porção de matéria, como por exemplo, uma porção de água?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## TERMOMETRIA

### 2ª Etapa – Leitura: Lei do Equilíbrio Térmico e o conceito de Temperatura

#### 1) Noções de temperatura e calor

As sensações térmicas provocadas por uma xícara de café bem quente ou por um refrigerante bem gelado nos proporcionam as noções mais simples de temperatura: quente e frio. No dia a dia, é comum utilizarmos o tato para avaliar a temperatura dos corpos. Mas esse procedimento às vezes nos engana. Ao tocar com a mão uma porta de madeira e sua maçaneta de metal, temos sensações térmicas diferentes, mesmo que ambas estejam em **equilíbrio térmico** (mesma temperatura). Mas como são criadas tais sensações?

Qualquer corpo, seja sólido, líquido ou gasoso, é composto (em nível microscópico) de partículas em constante agitação (**figura 1.1**). O estado térmico desse corpo é definido pela intensidade de agitação dessas partículas (átomos, moléculas, íons, elétrons livres). Dependendo da intensidade, é possível dizer que um corpo está quente, frio, morno, etc.



**Figura 1.1** Representação (sem escala e em cores fantasia) da agitação das partículas que formam os sólidos, os líquidos e os gases.

Quando dois corpos, com diferença de temperatura, são colocados em contato, a energia é transferida em razão das colisões microscópicas das partículas que os constituem. A energia é transferida do corpo que possui maior grau de agitação média das partículas para o corpo com menor grau. Essa troca de energia termina quando as partículas dos dois corpos tiverem o mesmo grau de agitação média. Nessa situação final, dizemos que os corpos estão em **equilíbrio térmico**.

O **calor** é a quantidade de energia transferida durante esse procedimento.

Fisicamente, quando falamos em calor, trata-se de um **processo**, e, quando falamos de temperatura, trata-se do **estado** de um corpo.

Por exemplo, é comum nos dias muito frios as pessoas esfregarem as mãos para aquecê-las. Nesse processo, a energia mecânica dissipada pelo atrito entre as mãos transforma-se em agitação térmica, isto é, as mãos recebem calor.

Voltando ao exemplo da porta de madeira com maçaneta de metal: por que os dois corpos, que estão em contato há muito tempo e, portanto, em equilíbrio térmico, nos causam sensações térmicas diferentes?

A menos que seja um dia muito quente, seu corpo estará com temperatura mais alta que os dois objetos (lembre-se de que nossa temperatura é  $36,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e cederá calor para eles. O metal, contudo, por ser melhor condutor de calor que a madeira, retira energia com mais rapidez de nossas mãos, o que explica as sensações térmicas diferentes.

## Termômetros

Para medir e comparar temperaturas, utilizamos o **termômetro** (figura 1.2).



**Figura 1.2** Termômetro com escala de  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , muito utilizado em refrigeração (a) e termômetro clínico, usado para medir a temperatura do corpo humano (b).

A interpretação de suas medidas baseia-se no que se convencionou chamar de lei zero da Termodinâmica:

Se dois corpos estão em equilíbrio térmico com um terceiro corpo, então esses corpos estão em equilíbrio térmico entre si.

Podemos pensar no termômetro como o terceiro corpo mencionado pela lei zero. Se o termômetro apresenta a mesma leitura para dois corpos diferentes, então esses corpos estão em equilíbrio térmico. Em um terceiro modo de enunciar essa lei, podemos dizer: **dois corpos estão em equilíbrio térmico quando têm a mesma temperatura.**

Cada termômetro apresenta determinada escala de leitura. Na construção de um termômetro, primeiro é escolhida uma grandeza termométrica, ou seja, uma grandeza que varie com a temperatura. São exemplos de grandezas termométricas, o comprimento de uma coluna de mercúrio, o tamanho de uma barra de ferro, a pressão exercida por um gás em um recipiente de volume constante, etc.

Em seguida, o dispositivo é colocado em contato com dois estados térmicos diferentes. Antes de dar-se o equilíbrio térmico são atribuídos números representando cada um desses estados. Geralmente, os dois estados térmicos utilizados, denominados **pontos fixos**, são a fusão do gelo e a ebulição da água, ambos sob pressão de 1 atm (figura 1.3).



A relação entre a grandeza termométrica e a temperatura deve ser tal que a cada valor da grandeza corresponda uma única temperatura. A medida da temperatura de um corpo é feita, indiretamente, pelo efeito provocado na grandeza termométrica quando em equilíbrio térmico com o corpo.

## 2 Escalas Celsius e Fahrenheit

A escala de temperatura adotada pela maioria dos países é a escala Celsius, elaborada em 1742 por Anders Celsius (1701-1744). Essa escala considera para o ponto de fusão do gelo o valor 0 e, para o ponto de ebulição da água sob pressão normal, o valor 100. O intervalo obtido entre os dois pontos fixos é dividido em cem partes iguais e cada parte corresponde à unidade da escala, denominada grau Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ).

A escala Fahrenheit foi construída em 1727 por Daniel G. Fahrenheit (1686-1736). Diferentemente de Celsius, ele utilizou como primeiro ponto fixo uma mistura frigorífica de água, gelo e um tipo de sal e atribuiu a ela o valor 0, e ao segundo ponto fixo, a temperatura do corpo humano, ele atribuiu o valor 96.

Ao projetarmos, na escala Fahrenheit, os pontos fixos escolhidos por Celsius, obtemos os seguintes valores: 32 para o ponto de fusão do gelo e 212 para o ponto de ebulição da água. Assim, na escala Fahrenheit, o intervalo entre esses dois pontos fixos é dividido em 180 partes ( $212 - 32$ ). Cada parte corresponde à unidade da escala, denominada grau Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ).

A conversão de temperaturas entre as escalas é feita por meio da comparação dos segmentos  $a$  e  $b$  da coluna termométrica que correspondem aos mesmos estados térmicos, independentemente das escalas utilizadas (figura 1.4).

$$\frac{a}{b} = \frac{\Delta\theta_C}{100 - 0} = \frac{\Delta\theta_F}{212 - 32} \Rightarrow \frac{\Delta\theta_C}{100} = \frac{\Delta\theta_F}{180}$$

Da relação acima, obtemos:

$$\frac{\Delta\theta_C}{5} = \frac{\Delta\theta_F}{9}$$

Como  $\Delta\theta_C = \theta_C - 0$  e  $\Delta\theta_F = \theta_F - 32$ , obtemos:

$$\frac{\Delta\theta_C}{5} = \frac{\Delta\theta_F - 32}{9}$$

A primeira expressão,  $\frac{\Delta\theta_C}{5} = \frac{\Delta\theta_F}{9}$ , é utilizada quando queremos comparar somente as variações de temperatura. Já a segunda expressão nos fornece diretamente a comparação entre as temperaturas propriamente ditas (figura 1.5).

Figura 1.3 Pontos fixos da água: os estados térmicos para calibragem da escala termométrica. Representações sem escala e em cores fantasia.

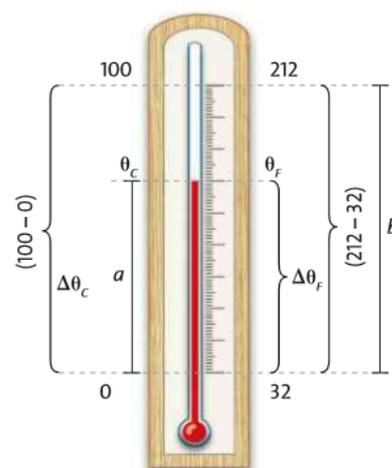


Figura 1.4 Esquema comparativo das escalas Celsius e Fahrenheit.



Figura 1.5 Termômetro graduado nas escalas Celsius, à esquerda, e Fahrenheit, à direita.

### 3 Kelvin, uma escala absoluta

A evolução tecnológica alcançada a partir da Revolução Industrial do começo do século XIX trouxe consigo algumas questões relacionadas aos processos de fundição que exigiam altas temperaturas. Uma delas foi: até que ponto seria possível aquecer um corpo?

A experiência vem mostrando, cada vez mais, que não há limite para isso. Temperaturas de algumas centenas de graus Celsius, consideradas altas há cem anos, tornam-se insignificantes diante do conhecimento de outras, como, por exemplo, as de algumas dezenas de milhões de graus Celsius no interior das estrelas.

E até que ponto seria possível resfriar um corpo? Para responder a essa pergunta, veremos mais sobre o conceito de pressão e sua relação com a temperatura.

O físico e matemático irlandês William Thomson (1824-1907), homenageado com o título de lorde Kelvin, estudou o comportamento dos gases. Ele verificou que todos os gases – na faixa em que podemos considerá-los gases ideais – se dilatam numa mesma proporção, em relação ao volume inicial, quando se mantêm sob pressão constante.

As escalas em que Kelvin fez sua análise eram as disponíveis na época, como a Celsius, por exemplo. O gráfico da **figura 1.6** ilustra uma parte da sua análise. À medida que aumenta a temperatura do gás, seu volume também aumenta. Reciprocamente, à medida que diminui a temperatura do gás, seu volume também diminui.

Até que ponto é possível diminuir o volume de um gás? Até que ele fique nulo. Essa discussão nos leva a uma concepção da estrutura da matéria – em particular, dos gases – junto com o conceito de temperatura. Qualquer porção de matéria, seja ela sólida, líquida, seja gasosa, é composta de moléculas, átomos, íons, elétrons livres, que chamaremos simplesmente de partículas, em constante agitação. A partícula representa a menor parte que conserva as mesmas propriedades químicas da matéria. Considerando certa substância sob determinada pressão, a agitação dessas partículas (**figura 1.7**) é mais intensa nos gases do que nos líquidos, e nos líquidos é mais intensa do que nos sólidos.

Para um mesmo estado físico, a agitação molecular está intimamente relacionada à temperatura. Como vimos, uma temperatura mais alta indica maior agitação molecular e, portanto, maior energia cinética média. Assim, a menor temperatura possível é aquela em que a energia cinética média é nula. As partículas estariam em repouso, e então, nessa temperatura, o volume livre entre as partículas também seria nulo.

Retomemos o gráfico visto na **figura 1.6** e vamos analisar a região em que a temperatura, na escala Celsius, é negativa (**figura 1.8**).

#### Comportamento do volume de um gás em função da temperatura sob pressão constante

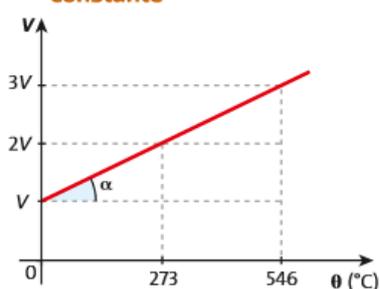


Figura 1.6



Figura 1.7  
Representação (sem escala e em cores fantasia) de partículas em agitação térmica.

#### Variação do volume de um gás em relação à temperatura sob pressão constante

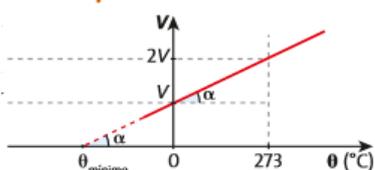


Figura 1.8

Observe que a inclinação da reta (coeficiente angular) é:

$$m = \frac{\Delta V}{\Delta \theta} \Rightarrow m = \frac{2V - V}{546 - 273}$$

Portanto,  $m = \frac{V}{273}$

O ponto em que a reta intercepta o eixo das abscissas é o ponto que corresponde a um volume nulo. A temperatura referente a esse ponto é obtida por:

$$m = \frac{V}{273} = \frac{V - 0}{0 - \theta_c} \Rightarrow \theta_c = -273 \text{ }^\circ\text{C}$$

A esse ponto,  $-273 \text{ }^\circ\text{C}$ , conhecido como zero absoluto, que corresponde ao limite inferior de temperatura, Kelvin atribuiu o valor zero de sua escala ( $0 \text{ K} = -273 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Estava assim determinada, teoricamente, a menor temperatura possível. Para construção de uma verdadeira escala de temperaturas – uma escala absoluta –, faltava escolher o tamanho do grau. No caso da escala Kelvin escolheu-se o tamanho de divisão que possui a escala Celsius.

Pela própria definição, uma variação de  $x$  unidades na escala Kelvin corresponde a uma variação de  $x$  unidades na escala Celsius. Assim, qualquer variação de temperatura é representada pelo mesmo valor nas duas escalas, Celsius e Kelvin. A [figura 1.9](#) representa a comparação entre as escalas Celsius e Kelvin, com relação às temperaturas e às variações de temperatura.

Podemos, finalmente, relacionar as três escalas mais utilizadas, Celsius, Fahrenheit e Kelvin ([figura 1.10](#)):

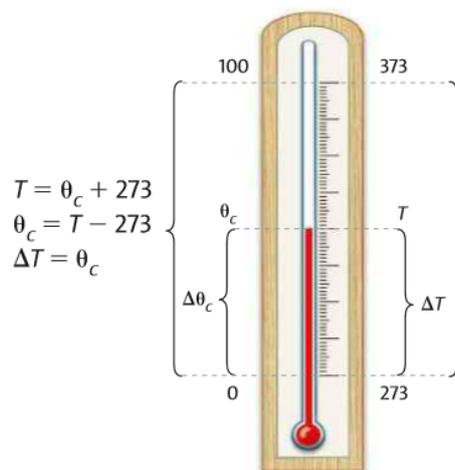
$$\frac{\theta_c}{5} = \frac{\theta_c - 32}{9} = \frac{T - 273}{5}$$

Se considerarmos apenas as variações de temperatura, temos:

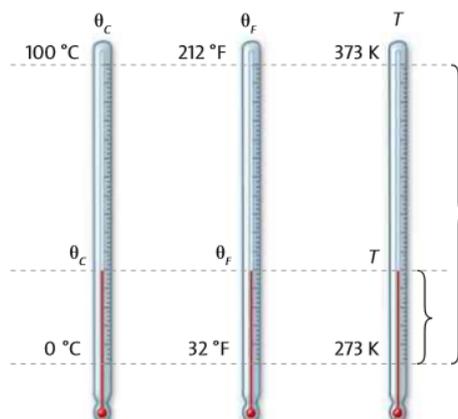
$$\frac{\Delta \theta_c}{5} = \frac{\Delta \theta_f}{9} = \frac{\Delta T}{5}$$

#### Observações:

- O zero absoluto é inacessível na prática. Pode-se chegar bastante perto, mas quanto mais próximo dessa temperatura, mais difícil fica para o corpo ceder energia térmica, pois essa transferência se faria para outro corpo cujo grau médio de agitação das partículas fosse menor.
- Frio não existe como grandeza física. Um corpo esfria quando cede calor. Se um corpo pudesse receber frio, não existiria um limite inferior para a temperatura.
- É possível obter outras escalas absolutas trabalhando-se com tamanhos de divisões diferentes do da escala Celsius, mas o zero será o mesmo para todas elas.



**Figura 1.9** Esquema comparativo das escalas Celsius e Kelvin.



**Figura 1.10** Pontos de fusão e ebulição da água, sob pressão atmosférica normal, para as escalas Celsius (C), Fahrenheit (F) e Kelvin (K).

## TERMOMETRIA

### 3ª Etapa – Prát. Experimental: Escalas de Temperatura e Lei do Equilíbrio Térmico

#### 1 OBJETIVOS

- 1.1 Utilizar o sensor DS18B20, microcontrolador arduino e computador como instrumentos mediadores na aferição de medidas de temperatura;
- 1.2 Mostrar a determinação numérica da temperatura das escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin para os pontos fixos de fusão e ebulição da água num ambiente com pressão atmosférica, aproximadamente, igual à do nível do mar;
- 1.3 Mostrar a relação de variação da temperatura entre as escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin;
- 1.4 Verificar a lei do equilíbrio térmico.

#### 2 MATERIAIS

Foto 149 – Materiais para 3ª Etapa



Fonte: Autor (2020)

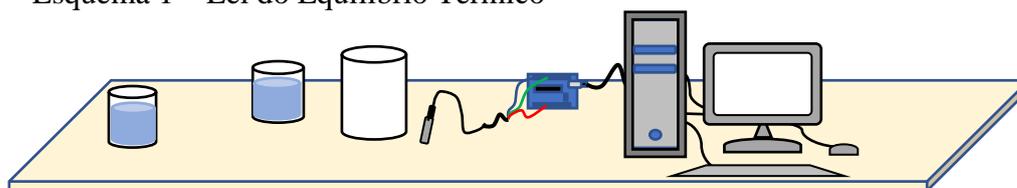
- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Um sensor DS18B20</li> <li>2.2 Placa Arduino UNO</li> <li>2.3 Microcomputador</li> <li>2.4 Ebulidor de água</li> <li>2.5 Dois copos de vidro de ~120 ml</li> <li>2.6 Recipiente de vidro de 500 ml</li> </ol> |
|--|

#### 3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

##### 3.1 Lei do Equilíbrio Térmico

- Encher os dois copos com água em temperatura ambiente, e em seguida, mergulhar o sensor DS18B20 para mensurar a temperatura da água, consecutivamente, em ambos os copos.
- Depois colocar a água dos copos no recipiente de 500 ml para medir a temperatura da mistura.
- Anotar a temperatura nas respectivas escalas Celsius (°C), Fahrenheit (°F) e Kelvin (K) no tópico 4.1 de RESULTADOS.

Esquema 1 – Lei do Equilíbrio Térmico



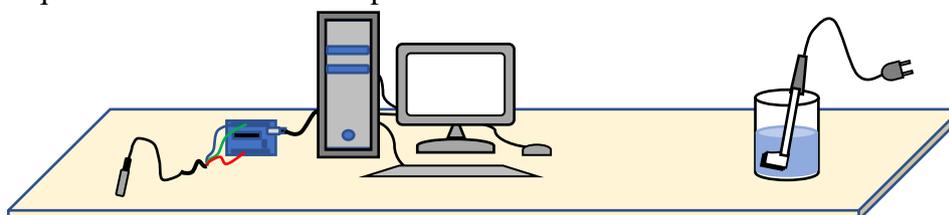
Fonte: Autor (2020)

### 3.2 Escalas de Temperatura

Nesta prática utilizaremos um copo com água gelada (retirada diretamente de um refrigerador) e um ebulidor de água (pode-se usar outras fontes de calor, como um micro-ondas).

- Colocamos a água gelada no recipiente de 500 ml, e em seguida submergimos o sensor de temperatura no recipiente para que este atinja o equilíbrio térmico na água gelada.
- Acionamos o ebulidor dentro do recipiente de maneira que a temperatura da água aumente, até uma temperatura de  $\sim 70^{\circ}\text{C}$ . Sempre observando e anotando a temperatura para intervalos iguais de tempo ( $\sim 30$  segundos). Estas anotações devem ser feitas no tópico 4.2 de RESULTADOS, simultaneamente, para os valores nas três escalas (Celsius, Fahrenheit e Kelvin).

Esquema 2 - Escalas de Temperatura



Fonte: Autor (2020)

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Lei do Equilíbrio Térmico

Tabela 4 – Anotações para prática da Lei do Equilíbrio Térmico

Água no 1º copo			Água no 2º copo			Mistura no recipiente		
°C	°F	K	°C	°F	K	°C	°F	K

4.2 Escalas de Temperatura

Tabela 5 – Anotações para prática de Escalas de Temperatura

5 QUESTIONÁRIO

5.1 Após um tempo considerável, numa sala toda fechada, todos os objetos dentro desta sala atingirão o equilíbrio térmico? E, se incluirmos pessoas na sala?

---



---



---

5.2 A variação da temperatura causa outros efeitos, ou fenômenos, em objetos inanimados (sem vida), além da sensação de frio e quente que nós, seres vivos, sentimos? Pode citar algum?

---



---



---

5.3 Através dos números medidos nas três escalas, verifique de forma respectiva se a variação da temperatura dada por:  $\Delta T = T_f - T_i$ , é a mesma nas três escalas.

\* Recomenda-se dois, ou três, cálculos como este para cada escala de temperatura.

Varição em °C	Varição em °F	Varição em K

5.4 Respectivamente, para cada medida, a variação na escala de temperatura  $\Delta T$  é a mesma nas três escalas? R: \_\_\_\_\_

Expresse o número que relaciona a variação de temperatura entre duas escalas!

$$\frac{\Delta T_F}{\Delta T_C} = \boxed{\phantom{00}}$$

$$\frac{\Delta T_F}{\Delta T_K} = \boxed{\phantom{00}}$$

$$\frac{\Delta T_K}{\Delta T_C} = \boxed{\phantom{00}}$$

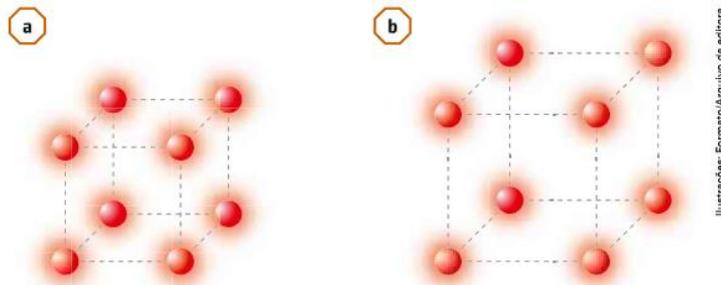
# TERMOMETRIA

## 4ª Etapa – Leitura: Estudo da Dilatação Térmica dos Sólidos e Líquidos

### 4 Dilatação térmica de sólidos

Quando você passar por uma ponte ou um viaduto, poderá observar pequenos vãos preenchidos com piche. Esses vãos existem para permitir a dilatação térmica das estruturas.

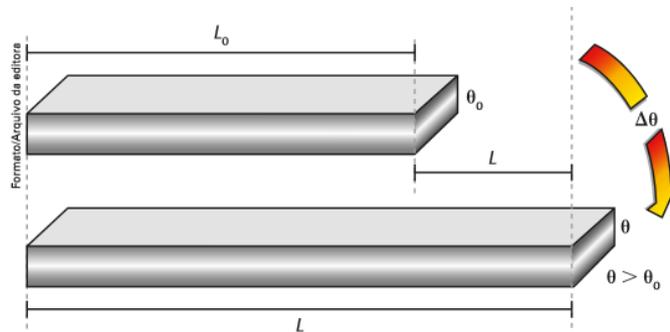
A dilatação térmica estuda as variações no comprimento de uma barra, na área de uma placa, no volume de um líquido, ou em outra grandeza qualquer, provocadas por variações de temperatura (figura 1.11).



**Figura 1.11** Elemento da rede cristalina à temperatura  $\theta_0$  (a); o mesmo elemento à temperatura  $\theta > \theta_0$  (b). O espaçamento entre as partículas aumentou. Representações sem escala e em cores fantasia.

Genericamente, chamamos o fenômeno de **dilatação térmica**, mas a variação de comprimento também pode ser negativa, isto é, as reduções de temperatura levam, em geral, a uma **contração térmica**.

A dilatação térmica pode ser verificada experimentalmente. Por exemplo, na **figura 1.12** vemos um sólido, inicialmente a uma temperatura  $\theta_0$ , e a seguir o mesmo sólido, um pouco mais quente, numa temperatura  $\theta$ . É certo que todo sólido sofre variação nas três dimensões (comprimento, largura e altura), mas aqui a maior diferença foi a da variação do comprimento  $L$  do sólido, a que chamamos de **dilatação térmica linear**.



**Figura 1.12** Representação exagerada da dilatação térmica do comprimento de uma barra.

Experimentalmente, verifica-se que a dilatação térmica linear  $\Delta L$  sofrida pela barra é diretamente proporcional ao comprimento inicial da barra  $L_0$  e à variação da temperatura  $\Delta\theta$ :

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta\theta$$

Nessa expressão,  $\alpha$  é uma constante, denominada **coeficiente de dilatação linear**, característica do material constituinte do sólido. O comprimento final do sólido é dado por:

$$L = L_0 + \Delta L \text{ ou } L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta)$$

A **tabela 1.1** apresenta os valores médios dos coeficientes de dilatação linear de alguns materiais sólidos, para temperaturas em torno de 20 °C.

Embora a dilatação térmica seja relativamente pequena em relação ao comprimento inicial da barra, os esforços estruturais provocados por uma dilatação não prevista são muito intensos. Vejamos alguns exemplos do uso dessas “folgas”, chamadas juntas de dilatação:

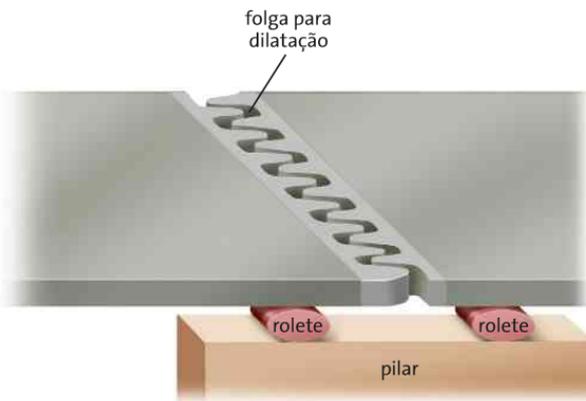
- Nas construções, para evitar acidentes por causa da dilatação térmica dos materiais. Geralmente, essas folgas são preenchidas com material deformável (madeira, piche, etc.).
- Nos trilhos de uma ferrovia, que podem ficar retorcidos caso não se previna a dilatação. A compressão entre os elementos que compõem a via fica tão intensa que acaba por deslocar ou retorcer os trilhos de aço. Para prevenção, também são utilizadas “folgas” entre os trilhos (**figura 1.13**).

**Tabela 1.1** Valores médios dos coeficientes de dilatação linear de alguns materiais sólidos

Material	$\alpha$ (°C <sup>-1</sup> )
porcelana	$3 \cdot 10^{-6}$
cobre	$17 \cdot 10^{-6}$
vidro pirex	$3 \cdot 10^{-6}$
latão	$19 \cdot 10^{-6}$
vidro comum	$8 \cdot 10^{-6}$
alumínio	$22 \cdot 10^{-6}$
platina	$9 \cdot 10^{-6}$
zinco	$26 \cdot 10^{-6}$
ferro	$12 \cdot 10^{-6}$
concreto	$12 \cdot 10^{-6}$
chumbo	$27 \cdot 10^{-6}$



**Figura 1.13** Folga entre os trilhos para permitir a dilatação térmica sem tensões.



**Figura 1.14** Representação (sem escala e em cores fantasia) das juntas de dilatação usadas na construção de pontes, viadutos ou vigas concretadas de grande extensão.

- Em pontes, viadutos ou vigas concretadas de grande extensão, deixam-se os extremos da estrutura apoiados sobre roletes que dão liberdade ao movimento devido à dilatação térmica (**figura 1.14**).

Quando um corpo não é aquecido igualmente, algumas partes dilatam-se mais que outras, provocando tensões e, eventualmente, a ruína da estrutura sólida, como no caso de um copo que se quebra ao receber café muito quente. Aumentar a espessura da parede do copo não resolve, uma vez que isso só faz aumentar as diferenças de temperatura entre as várias partes do vidro. Para diminuir o problema, convém reduzir a espessura

das paredes do copo, o que propicia um aquecimento mais uniforme, com menor possibilidade de ruptura térmica, embora sacrifique a resistência mecânica.

O rompimento de grandes rochas, antes da invenção e do uso da dinamite, era feito por meio do aquecimento irregular em uma dilatação térmica. Fazia-se uma fogueira sobre a rocha, numa pequena região, para provocar o aquecimento localizado. Se isso não fosse suficiente, jogava-se água fria na rocha para aumentar os desníveis de temperatura e os esforços por eles provocados.

Quando queremos apertar ou soltar uma rosca entre materiais diferentes, aquecemos ou resfriamos o conjunto, conforme a relação entre os coeficientes de dilatação, com a intenção de gerar uma folga entre os elementos. Abrimos, assim, com mais facilidade, tampas metálicas de recipientes de vidro, por exemplo.

No aquecimento dos motores de combustão interna, os pistões de alumínio ficam mais justos dentro da camisa de aço, pois o alumínio possui maior coeficiente de dilatação que o aço.

Em estruturas sujeitas a muitas variações térmicas o ideal é usar materiais que tenham o mesmo coeficiente de dilatação. É o caso, por exemplo, do ferro e do concreto, que dilatam-se em conjunto e contraem-se também em conjunto, sem que a dilatação ou contração provoque esforços estruturais. A mesma propriedade é observada entre o amálgama, material que era usado nas obturações dentárias, e o dente (**figura 1.15**).



**Figura 1.15** Dente restaurado com amálgama.

Na temperatura  $\theta_0$ , a área da chapa é  $A_0$  e, na temperatura  $\theta$ , a área é  $A$ . Experimentalmente, verifica-se que a dilatação térmica superficial  $\Delta A$  sofrida pela chapa é diretamente proporcional à área inicial da chapa  $A_0$  e à variação da temperatura  $\Delta\theta$ :

$$\Delta A = \beta \cdot A_0 \cdot \Delta\theta$$

Nessa expressão,  $\beta$  é uma constante, denominada **coeficiente de dilatação superficial**, característica do material constituinte do sólido, e obedece à relação:

$$\beta = 2\alpha.$$

A dilatação volumétrica  $\Delta V$  corresponde à variação do volume de um sólido quando submetido a uma variação de temperatura  $\Delta\theta$ . Assim, um sólido que apresente volume  $V_0$ , à temperatura  $\theta_0$ , e volume  $V$ , à temperatura  $\theta > \theta_0$ , apresenta uma variação de volume  $\Delta V$  diretamente proporcional ao volume inicial  $V_0$  e à variação de temperatura  $\Delta\theta$ :

$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta\theta$$

Nessa expressão,  $\gamma$  é uma constante, denominada **coeficiente de dilatação volumétrica**, característica do material constituinte do sólido, e que obedece à relação:

$$\gamma = 3\alpha$$

## 5 Dilatação térmica de líquidos

Enquanto os sólidos possuem forma própria e volume definido, os líquidos têm somente volume definido. Por isso, o estudo da dilatação térmica dos líquidos é feito somente em relação à dilatação volumétrica.

Para se verificar experimentalmente a dilatação de um líquido é preciso colocá-lo dentro de um recipiente. Assim, quando aquecemos o sistema, tanto o líquido como o recipiente se dilatam. Portanto, na dilatação de um líquido, devemos considerar a **dilatação real** do líquido, a **dilatação aparente** do líquido e a **dilatação do recipiente**.

### Dilatação real

Assim como nos sólidos, a dilatação volumétrica  $\Delta V$  de um líquido é diretamente proporcional ao volume inicial do líquido  $V_0$  e à variação de temperatura  $\Delta\theta$ :

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta\theta$$

**Tabela 1.2** Coeficiente de dilatação real de alguns líquidos

Líquidos	$\gamma$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
água	$1,3 \cdot 10^{-4}$
mercúrio	$1,8 \cdot 10^{-4}$
glicerina	$4,9 \cdot 10^{-4}$
benzeno	$10,6 \cdot 10^{-4}$
álcool etílico	$11,2 \cdot 10^{-4}$
acetona	$14,9 \cdot 10^{-4}$

Fonte: Kaye & Laby Online. *Tables of Physical & Chemical Constants*. 16. ed. Disponível em: <www.kayelaby.npl.co.uk>. Acesso em: abr. 2016.

Nessa expressão,  $\gamma$  é o coeficiente de dilatação real do líquido (**tabela 1.2**). Os valores se referem a temperaturas próximas de  $20^{\circ}\text{C}$ .

### Dilatação aparente

Quando aquecemos o líquido, estamos também aquecendo o recipiente, que se dilata. Assim, a dilatação que medimos na prática é denominada **dilatação aparente**. Para calcular a dilatação real, devemos acrescentar à dilatação aparente a dilatação sofrida pelo frasco. Observe a **figura 1.20**, em que ilustramos um frasco com sua extremidade superior fixa.



**Figura 1.20** Dilatação de um líquido no interior de um recipiente que também se dilata. Representação sem escala e em cores fantasia.

Podemos, então, escrever:

$$\Delta V_{\text{real}} = \Delta V_{\text{aparente}} + \Delta V_{\text{recipiente}}$$

De acordo com a lei da dilatação volumétrica:

$$V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta\theta = V_0 \cdot \gamma_{\text{ap}} \cdot \Delta\theta + V_0 \cdot \gamma_{\text{rec}} \cdot \Delta\theta$$

Após as simplificações, obtemos:

$$\gamma = \gamma_{\text{ap}} + \gamma_{\text{rec}}$$

## Dilatação irregular da água

Algumas substâncias, com destaque para a água, apresentam um comportamento irregular em relação às variações térmicas em determinadas faixas de temperatura. No intervalo de temperaturas entre 0 °C e 4 °C, o aumento de temperatura provoca uma contração no volume da água.

Esse fato se deve essencialmente ao tipo de ligação que as partículas apresentam entre si. A água em sua fase sólida possui uma **rede cristalina** com grandes vazios entre as partículas. Esses vazios são tão grandes que podem chegar a conter moléculas de outras substâncias. Como consequência, a fusão do gelo resulta numa redução de volume de cerca de 10%. Inversamente, a solidificação da água acarreta um aumento no volume.

O gelo é, portanto, menos denso que a água e, por essa razão, ele flutua sobre ela. Entretanto, esse comportamento **atípico** não termina com a fusão do gelo, ou seja, 0 °C, sob pressão normal. Mesmo na fase líquida, a água ainda tem resquícios da formação cristalina com espaços vazios, e até a temperatura de 4 °C, a água continua a sua contração, atingindo nessa temperatura seu volume mínimo (a rigor, o volume mínimo da água ocorre à temperatura de 3,982 °C). Alguns físicos denominam essa fase mista de quase cristal.

A partir de 4 °C começa a prevalecer a dilatação térmica, e a água passa então a se comportar como a maioria das substâncias.

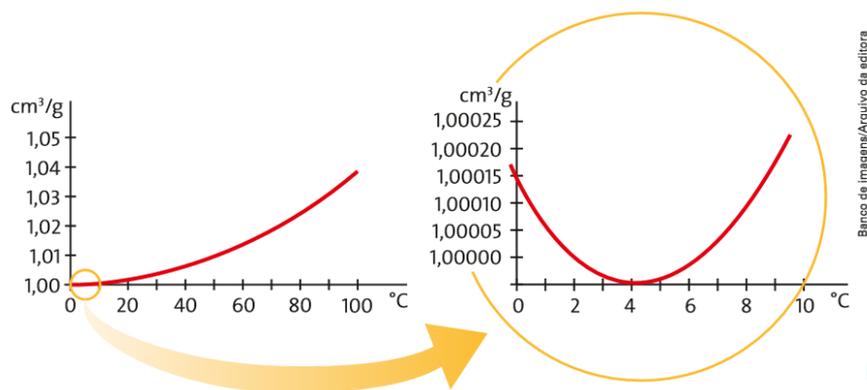
Essa “teimosia” que as moléculas de água têm em sua formação espacial deve-se às forças originadas nas pontes de hidrogênio, aliadas à geometria angular que a molécula de água possui. Os gráficos da **figura 1.21** ilustram essa discussão, apresentando, em vez da densidade, o volume ocupado por grama de água, chamado de volume específico, em função da temperatura.

Por que uma garrafa cheia com água, ou qualquer outro líquido com grande quantidade de água em sua composição (refrigerantes, sucos, etc.), colocada no congelador pode quebrar?



YouTouch Pix / Shutterstock/Glow Images

## Volume específico da água em função da temperatura



Banco de imagens/Arquivo da editora

**Figura 1.21** Volume de 1 g de água sob pressão atmosférica.

Fonte: TIPLER, P. A.; MOSCA, G. *Física para cientistas e engenheiros*. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. (Coleção Física 2. Gravitação, Ondas e Termodinâmica).

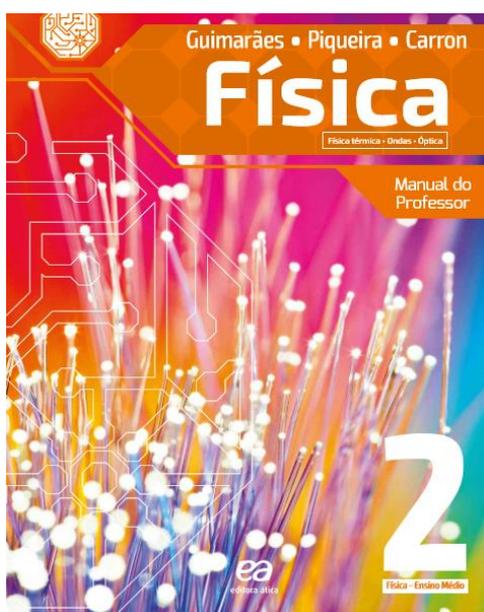
A água na fase líquida e próxima de 0 °C é menos densa do que as porções de água que estão próximas de 4 °C, por isso tende a migrar para a superfície. O resultado é que o lago começa a congelar pela parte de cima. Como o gelo é um mau condutor de calor, a água que está abaixo dele passa a ceder menos calor para o ambiente, garantindo a manutenção da vida aquática até a chegada da primavera.

A água, com esse comportamento atípico, além de manter o clima, também mantém a vida nas regiões frias. Não fosse essa particularidade, a vida em nosso planeta teria se extinguido por completo durante o período de glaciação.

Nosso planeta tem cerca de 75% de sua superfície coberto pela água. Mas mesmo com essa abundância hídrica, existe a possibilidade de falta de água potável na Terra, o que já é um grande problema a ser combatido no século XXI.

Os textos e gravuras usados na 2ª e 3ª Etapa dessa Sequência Didática sobre Termometria foram retirados do livro didático abaixo.

Print 21 – Capa do livro didático



Fonte: Autor (2020)

Print 22 – Bibliografia do livro didático

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Guimarães, Osvaldo  
Física / Osvaldo Guimarães, José Roberto Piqueira, Wilson Carron. -- 2. ed. -- São Paulo : Ática, 2016.

Obra em 3 v.  
Conteúdo: V.1. Mecânica -- v.2. Física térmica, ondas e óptica -- v.3. Eletromagnetismo e física moderna  
Bibliografia.

1. Física (Ensino médio) I. Piqueira, José Roberto. II. Carron, Wilson. III. Título.

16-02125

CDD-530.07

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Física : Ensino médio 530.07

Ativa  
Acesso

Fonte: Autor (2020)

## TERMOMETRIA

### 5ª Etapa - Prática experimental: Dilatação Térmica Linear dos Sólidos

#### 1 OBJETIVOS

- 1.1 Utilizar o sensor DS18B20, microcontrolador arduino e computador como instrumentos mediadores na aferição de medidas de temperatura;
- 1.2 Utilizar o computador para gerar gráfico que verifique a validade da lei empírica da dilatação térmica dos sólidos;
- 1.3 Utilizar o dilatômetro para medir a variação do comprimento do cobre, ou do alumínio;
- 1.4 Verificar a lei empírica da dilatação térmica linear através do cálculo dos coeficientes de dilatação térmica do cobre, ou do alumínio;

#### 2 MATERIAIS

- 2.1 Sensor DS18B20
- 2.2 Placa arduino
- 2.3 Microcomputador
- 2.4 Ebulidor de água
- 2.5 01 copo de vidro de 120 ml
- 2.6 Recipiente de vidro de 500 ml
- 2.7 Dilatômetro com o tubo de alumínio

#### 3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

##### 3.1 USO DO DILATÔMETRO DE TRILHOS

Foto 150 – Materiais para prática com Dilatômetro de Trilhos

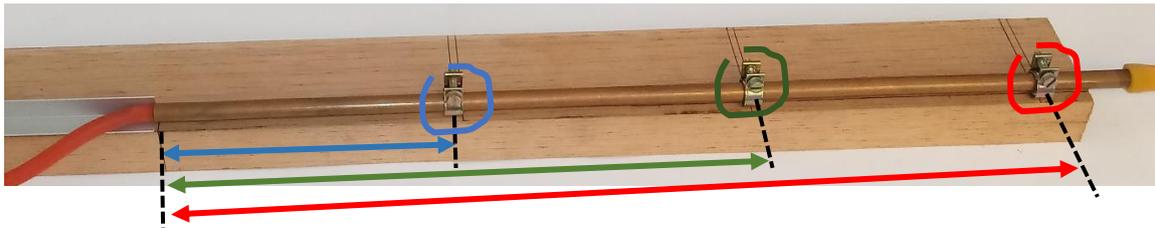


Fonte: Autor (2020)

**OBS:** O professor deve verificar a montagem do tubo no dilatômetro na parte de “Realização da experiência” na página 48 do Manual de Construção do Dilatômetro Linear.

- Escolhemos um tubo de metal para três procedimentos. Primeiro, devemos fixar o tubo para apenas uma das três medidas: 15 cm, 30 cm e 45 cm, para cada procedimento. Fazemos isso apertando o tubo com o parafuso na abraçadeira que corresponde a distância fixada na base de madeira do dilatômetro.

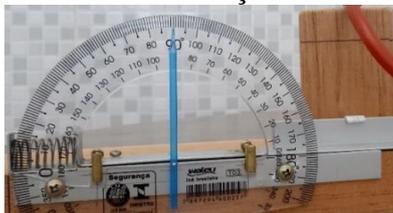
Foto 151 – Distâncias das abraçadeiras



Fonte: Autor (2020)

- Serão três procedimentos, consecutivamente, para cada um dos comprimentos iniciais (150, 300 e 450 mm). Colocamos o ponteiro do medidor na marcação de 90° no transferidor antes de introduzir a água quente através do funil (Foto 152). Então medimos e anotamos no tópico 4.1 de RESULTADOS a temperatura inicial do tubo “ $T_i$ ” (Print 23) indicada no computador com a ajuda do sensor de temperatura DSB1820.

Foto 152 – Marcação inicial no transferidor



Fonte: Autor (2020)

Print 23 – Medidas da temperatura

```

temp_C COM3
nindo o sensor no
ire nome (pino)
ds_1(2); 33.81
sTemperature nome 33.94
33.88
33.50

```

Fonte: Autor (2020)

- Com o ebulidor ligado aquecemos uma porção de água (~400 ml) no recipiente de 500 ml. Quando esta estiver em ~70°C, desligamos o ebulidor, e despejamos a água aquecida, com cuidado do funil do dilatômetro de forma que a água circule pelo tubo, calmamente, por 4 segundos, saindo na outra extremidade e caindo no copo de 120 ml. Anotamos nas tabelas do tópico 4.1 de RESULTADOS os deslocamentos angulares “ $n$ ” visualizados no transferidor do dilatômetro, e, simultaneamente, anotamos a temperatura “ $T_f$ ” mostrada no monitor do computador na área de trabalho do Arduino.

**OBS:** Neste procedimento o professor deve observar como se faz as leituras de temperatura final lendo o Manual de Construção do Dilatômetro Linear na página 47.

### 3.2 USO DO DILATÔMETRO DE ALAVANCA

Foto 153 – Materiais para prática com Dilatômetro de Alavanca



Fonte: Autor (2020)

**OBS:** O professor deve verificar a montagem do tubo no dilatômetro na parte de “Realização da experiência” na página 49 do Manual de Construção do Dilatômetro Linear. A medida na régua milimétrica deve apresentar a dilatação/contração do tubo pela relação matemática da alavanca simples, esta dependerá das medidas do menor braço (a) e do maior braço (A) do dilatômetro.

- De maneira semelhante ao dilatômetro de trilhos, neste dilatômetro (de alavanca) devemos fixar o tubo em apenas uma das três medidas, a de 150 mm, depois a de 300 mm, e por último a de 450 mm (na Foto 155, aperta-se com uma chave apropriada a abraçadeira de 150 mm). Antes de fixar o tubo numa das abraçadeiras devemos deslocar um pouco a alavanca com a pequena haste da extremidade do tubo de modo que o ponteiro faça um ângulo de 90° com a base de madeira. Vejamos nas Fotos 154 e 155 abaixo.

Foto 154 – Contato em 90° Foto 155 – Apertando a abraçadeira de 150 mm



Fonte: Autor (2020)



Fonte: Autor (2020)

- Em seguida, alinhar bem a régua milimétrica com o ponteiro da alavanca. Colocar o sensor de temperatura DSB1820 no interior do tubo na parte mediana do tubo passando pelo funil. Conectar os pinos na placa Arduino, e esta, no computador.
- Daí seguem-se os mesmos procedimentos para obtermos as temperaturas e as dilatações correspondentes.

4 RESULTADOS

Comprovação da Lei Empírica:

$$\Delta L = L_i \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

\*Sendo  $\Delta L$  a variação linear do tubo de metal,  $L_i$  o comprimento inicial do tubo,  $\alpha$  é o coeficiente de dilatação linear do material do tubo, e  $\Delta T$  é variação de temperatura.

4.1 Os valores de “ $\Delta n$  (variação dos angular no transferidor)”, “ $\Delta B$ ” (variação dos milímetros na régua) e “ $T_F$ ” verificados no PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL devem ser anotados na tabela a seguir. E os demais valores, “ $\Delta L$ ”, “ $\Delta T$ ” e “ $\alpha$ ” devem ser calculados de acordo com as equações indicadas abaixo das Tabelas 5, 6 e 7 a seguir.

Para o tubo de \_\_\_\_\_

Tabela 6 – Anotações para  $L_i = 150$  mm

$n_i$ (°) ou $B_i$ (mm)	$n_f$ (°) ou $B_f$ (mm)	$\Delta n$ (°) ou $\Delta B$ (mm)	$\Delta L$ (mm)	$T_i$ (°C)	$T_f$ (°C)	$\Delta T$ (°C)	$\alpha$ (1/°C)

↓

de Trilhos:  $\Delta L = 0,0157 \cdot \Delta n$   
 de Alavanca:  $\Delta L = \frac{a}{A} \cdot \Delta B$

↓

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_i \cdot \Delta T}$$

Tabela 7 – Anotações para  $L_i = 300$  mm

$n_i$ (°) ou $B_i$ (mm)	$n_f$ (°) ou $B_f$ (mm)	$\Delta n$ (°) ou $\Delta B$ (mm)	$\Delta L$ (mm)	$T_i$ (°C)	$T_f$ (°C)	$\Delta T$ (°C)	$\alpha$ (1/°C)

↓

de Trilhos:  $\Delta L = 0,0157 \cdot \Delta n$   
 de Alavanca:  $\Delta L = \frac{a}{A} \cdot \Delta B$

↓

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_i \cdot \Delta T}$$

Tabela 8 – Anotações para  $L_i = 450$  mm

$n_i$ (°) ou $B_i$ (mm)	$n_f$ (°) ou $B_f$ (mm)	$\Delta n$ (°) ou $\Delta B$ (mm)	$\Delta L$ (mm)	$T_i$ (°C)	$T_f$ (°C)	$\Delta T$ (°C)	$\alpha$ (1/°C)

  
 de Trilhos:  $\Delta L = 0,0157 \cdot \Delta n$   
 de Alavanca:  $\Delta L = \frac{a}{A} \cdot \Delta B$

  
 $\alpha = \frac{\Delta L}{L_i \cdot \Delta T}$

\*  $\Delta L$ ,  $\Delta T$  e  $\alpha$  devem ser calculados de acordo com as igualdades acima;

\* “a” e “A” são, respectivamente, as medidas dos braços “menor”, e “maior”, da alavanca.

4.2 Na sequência, com auxílio do professor, utilizar um computador e através do Microsoft Excel, ou outro programa compatível, gerar três gráficos de  $\Delta L$  x  $\Delta T$ , um gráfico para cada uma das tabelas anteriores.

**OBS:** o professor pode escolher de acordo com sua preferência, e experiência, um programa que realize a construção do gráfico  $\Delta L$  x  $\Delta T$ . Caso não tenha experiência com nenhum programa do tipo, recomendamos que leia e siga as instruções de como construir este gráfico através do Microsoft Excel, seguindo a leitura do nosso “Manual de Construção do Dilatômetro Linear”, na página 47 até 50.

## 5 QUESTIONÁRIO

5.1 Na sua opinião, a lei empírica da dilatação linear dada por:  $\Delta L = L_i \cdot \alpha \cdot \Delta T$ , pôde ser comprovada no experimento? Você pode justificar-se.

R \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5.2 Na proporção em que o comprimento inicial do tubo  $L_i$  aumenta nas três tabelas o que acontece com a dilatação linear  $\Delta L$  do tubo?

R \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5.3 Nos três experimentos qual das medidas tabeladas, praticamente, permanece constante?

R \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5.4 O que significa esse valor constante encontrado nas três tabelas?

R \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5.5 Com o tipo de comportamento mostrado nos gráficos  $\Delta L \times \Delta T$  no computador, podemos afirmar que o dilatômetro pode funcionar como um termômetro. Por que isso é possível?

R \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5.6 O fenômeno da dilatação linear do tubo vai permanecer para qualquer valor de temperatura?

R \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## TERMOMETRIA

### 6ª Etapa – Prática experimental: Dilatação Volumétrica dos Líquidos

#### 1 OBJETIVOS

- 1.1 Utilizar o sensor de temperatura e o arduino como objeto de mediação nas medidas de temperatura;
- 1.2 Verificar a dilatação volumétrica dos líquidos;
- 1.3 Calibrar um termômetro na escala Celsius (°C) utilizando uma régua milimétrica;
- 1.4 \*Opcional - construir um termômetro de álcool com materiais de fácil aquisição.

#### 2 MATERIAIS

Foto 156 – Materiais para prática da dilatação volumétrica



Fonte: Autor (2020)

- |   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Sensor DS18B20</li> <li>2.2 Placa arduino</li> <li>2.3 Microcomputador</li> <li>2.4 Ebulidor de água</li> <li>2.5 Copo de vidro de 120 ml</li> <li>2.6 Recipiente de vidro de 500 ml</li> <li>2.7 Termômetros de álcool</li> </ol> |
|---|

#### OBS:

- O tutorial para a construção do termômetro a álcool se encontra no Apêndice deste Roteiro de Prática. Tanto o professor como o estudante podem fazer este tipo de termômetro.
- Caso não queira construir o termômetro de álcool usa-se um termômetro comum de mercúrio e uma régua milimétrica.

#### 3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

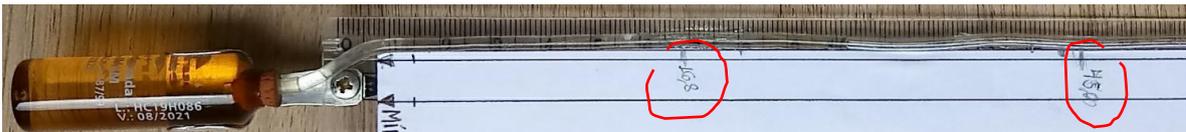
##### 3.1 Calibrando o termômetro

- Colocamos água com gelo no copo de 120 ml e mergulhamos o bulbo do termômetro com o sensor de temperatura até que ambos atinjam o equilíbrio térmico.
- Marcamos a altura coluna de álcool através dos milímetros da régua.

- Despejamos fora a água gelada, depois colocamos água quente no copo. Esta água é proveniente do recipiente de 500 ml, aquecida com a ajuda do ebulidor.
- Novamente, mergulhamos o bulbo do termômetro e o sensor de temperatura na água, agora quente, até atingirem o equilíbrio térmico.
- Fazemos uma nova marcação na coluna de álcool através da régua.

Vejam um exemplo que é o resultado destes procedimentos na Foto 157 logo abaixo.

Foto 157 – Termômetro com os pontos marcados numa prática



Fonte: Autor (2020)

#### 4 RESULTADOS

Temperatura da água gelada

T =      °C



Altura da coluna de álcool na régua

h =      mm

Temperatura da água quente

T =      °C



Altura da coluna de álcool

h =      mm

Feito as marcações de maneira correta, o que resta agora é só realizarmos um cálculo de proporção direta, ou seja, uma regra de três simples para sabermos quantos graus Celsius equivalem 1 mm (um milímetro) na régua milimétrica.

$$\frac{T - \text{°C água gelada}}{\text{°C água quente} - \text{°C água gelada}} = \frac{h - \text{mm água gelada}}{\text{mm água quente} - \text{mm água gelada}}$$

Espaço para Cálculo:

---



---



---



---



---

Após o cálculo, obtemos a equação de relação Temperatura (**T**) e Altura de Álcool (**h**)

$$T = f(h)$$

$$T = a \times h - b \quad \rightarrow \quad T = \boxed{\phantom{00}} \times h - \boxed{\phantom{00}}$$

Após marcarmos estes dois pontos no termômetro, marcar as demais temperaturas obedecendo a equação que relaciona as alturas da coluna de álcool com as temperaturas. A Foto 158 traz outro exemplo de como ficará o termômetro já calibrado.

Foto 158 – Termômetro a álcool calibrado



Fonte: Autor (2020)

## 5 QUESTIONÁRIO

5.1 Pesquise nas tabelas 1.1 e 1.2 do texto da 4ª Etapa da Sequência Didática e verifique se, além do álcool etílico, o vidro se dilata também.

Qual desses dois materiais se dilata mais? Este fato interfere na leitura da temperatura do nosso termômetro construído?

---



---



---

5.2 O que deveríamos fazer para que nosso termômetro ficasse bem mais eficiente? Em outras palavras, próximo do termômetro industrializado.

---



---



---



---

## Referências

BEN-DOV, Yoav; **Convite à Física**; tradução: Maria Luiza X. de A. Borges; revisão técnica: Henrique Lins de Barros; Rio de Janeiro - Ed. Jorge Zahar; 1996

BRASIL; **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio – Parte I – Bases Legais**; Brasília, MEC/SEMTEC, 2000; <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>; em 02/07/2018

BRASIL; **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio – Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**; Brasília, MEC/SEMTEC, 2000; <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>; em 02/07/2018

BRASIL; **PCN<sup>+</sup> Ensino Médio - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**; disponível em [http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN\\_FIS.pdf](http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf); em 28/09/2019

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. **PCN<sup>+</sup> Ensino Médio - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**, 2002; disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>; em 02/07/2018

CARVALHAIS, Luciano Gomes; **A ASCENÇÃO E QUEDA DA TEORIA DO CALÓRICO<sup>+</sup>**; Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, n. 3: p. 1030-1073, dez. 2012; disponível em <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n3p1030>; em 12/2020

CARVALHO, Maria Vilani Cosme; MATOS, Kelma Socorro Lopes; **Psicologia da Educação: Teorias do desenvolvimento e da aprendizagem em discussão**; Fortaleza; Ed. UECE, 2015

FERREIRA, Fábio Barroso; **Ensinando Dilatação Térmica Linear dos Sólidos no Ensino Médio**; disponível em <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/2924>; em 12/2020

KITEEL, Charles; **Introduction to Solid State Physics**; 8ª Edição; John Wiley & Sons; Danvers MA, 2005

MCROBERT, M; **Arduino básico**; tradução Rafael Zanoli; São Paulo – Novatec, 2011

MADEIRA, Daniel; DS18B20 – Sensor de temperatura inteligente; disponível em <https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-temperatura-ds18b20/>; em 06/06/2019

PIRES, Denise Prazeres Lopes; Júlio Carlos Afonso; Francisco Artur Braun Chaves; **A termometria nos séculos XIX e XX**; Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 1, p. 101 - 114, 2006; disponível em [http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/v28\\_101.pdf](http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/v28_101.pdf); em 12/2020

RESNICK, Robert; David Halliday; Kenneth S. Krane; **Física 2**; 4ª Edição; Editora LTC; Rio de Janeiro-RJ; 1996

BORGES, Antônio Tarciso; **Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências**; Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n.3: p.291-313; dez. 2002; disponível em [http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN\\_FIS.pdf](http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf); em 15/10/2020

SALIM, Hélio do Amorim, Marco Adriano Dias, Vitorvani Soares; **Sensores digitais de temperatura com tecnologia one-wire: Um exemplo de aplicação didática na área de condução térmica**; Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 4, 4310; 2015; disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v37n4/0102-4744-rbef-37-4-4310.pdf>; em 12/2020

VIGOTSKI, Lev Semenovich; **A construção do pensamento e da linguagem**; tradução: Paulo Bezerra – São Paulo; Martins Fontes, 2000

## APÊNDICE A - Construção do termômetro a álcool

Nesta parte fica reservado o passo a passo da montagem de um termômetro a álcool com materiais e ferramentas acessíveis a uma pessoa comum. Um termômetro como este foi utilizado na última Prática Experimental da nossa Sequência Didática. Tanto o professor como o estudante podem construir este instrumento dependendo da disposição de ambos.

No final deste apêndice disponibilizaremos um link com endereço eletrônico, através da internet, sendo acessível a visualização dos vídeos que mostram a montagem passo-a-passo do termômetro a álcool.

### Ferramentas necessárias:

Foto 159 – Instrumentos para termômetro



Fonte: Autor (2020)

- 1-Régua milimétrica;
- 2-Algodão;
- 3-Seringa de 5 ml;
- 4-Agulha para seringa;
- 5-Pequena tesoura de aço;
- 6-Arame de aço ~17cm;
- 7-Corante artificial;
- 8-Cola instantânea;
- 9-Álcool do posto (etanol)

### Materiais:

Foto 160 – Materiais para termômetro



Fonte: Autor (2020)

- 1-Recipiente de vidro de amostra de perfume (4 ml);
- 2-Tubo interno (vazio) de caneta esferográfica;
- 3-Papel duro (17 cm x 5 cm)

## Procedimentos de montagem

Foto 161 – Limpeza do tubo da caneta



Fonte: Autor (2020)

Fazemos a limpeza da parte interna do tubo da caneta com algodão, o arame, álcool, um lenço, e a seringa com agulha. Foto 161 ao lado.

- ❖ Furar a tampa de plástico do recipiente com a ajuda da pequena tesoura de aço. Com cuidado, sempre girando a ponta da tesoura, até que tenhamos um furo onde o tubo da caneta entre bem apertado. Em seguida, conectamos o tubo!

Foto 162 – Furo da tampa de plástico



Fonte: Autor (2020)

Foto 163 – Tubo conectado na tampa



Fonte: Autor (2020)

- ❖ Adicionar o álcool misturado com o corante no recipiente de vidro. Depois rosqueamos a tampa com o tubo no recipiente, e em seguida, adicionamos o álcool com corante no tubo com a ajuda da seringa e agulha. Para que o álcool desça no tubo são necessários alguns toques no tubo para o escoamento do álcool para a parte inferior. Vejamos as Fotos 164, 165 e 166 a seguir.

Foto 164 – Álcool no recipiente



Fonte: Autor (2020)

Foto 165 – Rosqueando a tampa



Fonte: Autor (2020)

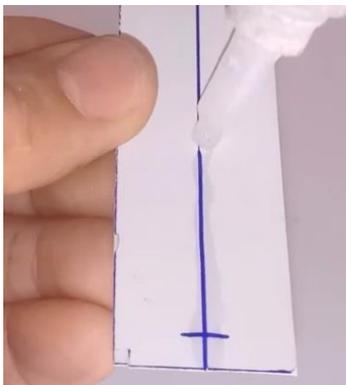
Foto 166 – álcool no tubo



Fonte: Autor (2020)

- ❖ O papel duro deve ser colado com a cola instantânea no tubo de caneta.

Foto 167 – Cola no papel



Fonte: Autor (2020)

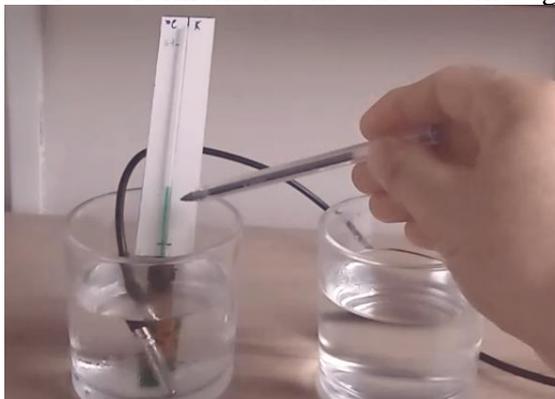
Foto 168 – Colando o papel no tubo



Fonte: Autor (2020)

- ❖ Para calibrar o nosso termômetro a álcool utilizaremos o sensor de temperatura DS18B20 ligado a placa Arduino UNO, e esta, conectada a um computador. Utilizamos dois copos, um copo com água quente, e o outro com água gelada. Quando o termômetro entrar em equilíbrio térmico, consecutivamente, com a água dos dois copos, então podemos marcar no papel e temperatura e medir com uma régua milimétrica as alturas das colunas de álcool correspondentes às duas temperaturas. Vejamos as Fotos 169 e 170 abaixo.

Foto 169 – Termômetro em contato com a água Foto 170 – Marcação da temperatura/coluna



Fonte: Autor (2020)



Fonte: Autor (2020)

- ❖ Após as marcações das duas temperaturas nas respectivas colunas de álcool fazemos um cálculo com regra de três simples para obtenção da equação linear (1º grau). Com esta equação podemos calcular todas as alturas correspondentes às suas temperaturas, com isto, podemos anotar as temperaturas no papel. Por exemplo, nos Prints 24, 25 e 26 temos respectivamente, os pontos fixos, a equação linear, e os valores para as anotações no nosso termômetro.

Print 24 – Pontos fixos

Pontos Fixos	
18°C	7 mm
64°C	99 mm

Fonte: Autor (2020)

Print 25 – Equação de relação

$$\frac{T - 18^\circ}{64^\circ - 18^\circ} = \frac{h - 7}{99 - 7}$$

$$\frac{T - 18^\circ}{46^\circ} = \frac{h - 7}{92}$$

$$92 \times (T - 18^\circ) = 46 \times (h - 7)$$

$$\bullet \bullet \bullet T = 0,5 \times h + 14,5^\circ$$

Fonte: Autor (2020)

Print 26 – Valores a marcar  
Valores para marcar...

T (°C)	h (mm)
14,5	0 → mínima
20,0	11
30,0	31
40,0	51
50,0	71
60,0	91
70,0	111 → máxima

Fonte: Autor (2020)

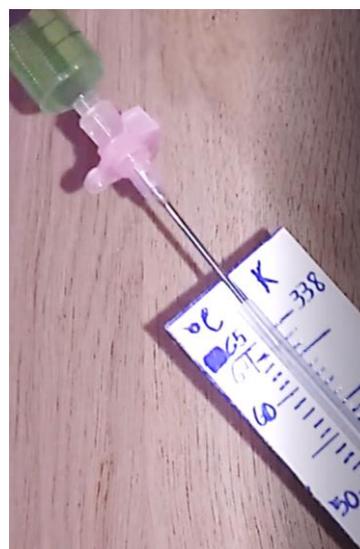
- ❖ Depois de anotar as temperaturas no papel com ajuda de uma régua, o termômetro estará terminado (Foto 171). Ele pode ser usado no ar ambiente e em líquidos. Depois de dois dias, dependendo da temperatura e umidade do ar, uma parte da coluna do álcool evapora, sendo assim, sempre devemos calibrar este termômetro adicionando o volume de álcool que evaporou (Foto 172).

Foto 171 – Termômetro com escalas °C e K



Fonte: Autor (2020)

Foto 172 – Adicionando álcool



Fonte: Autor (2020)

Link para Pasta do Google Drive com vídeos para montagem:

<https://drive.google.com/drive/folders/11Hbdp8fcvDGHe9GP6CpNLSQPUtSys1IC?usp=sharing>

## Apêndice B – Termo de Autorização Institucional (PREMEN Norte)

### TERMO DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL

Prezado Diretor Cosme de Sousa Barros

Solicitamos sua autorização nesta instituição, C.E.E.P. Prefeito João Mendes Olímpio de Melo, para realização do projeto de pesquisa intitulado: *A TERMOMETRIA NO ENSINO MÉDIO MEDIADA PELO ARDUINO EM PRÁTICAS EXPERIMENTAIS*, de autoria do acadêmico Edmar Pereira do Rego e orientado pelo professor Francisco Barbosa Ferreira Filho.

Este projeto tem como objetivo implantar métodos para confecção de uma aparelhagem experimental com materiais alternativos de fácil acessibilidade somada ao uso do microcontrolador Arduino e sensores eletrônicos próprios, tais experimentos pertencem ao conteúdo da Termometria. Esta implementação segue o desenvolvimento de uma Sequência Didática no intuito de que os estudantes aprendam o referido conteúdo de maneira construtiva.

Os procedimentos adotados serão:

- 1º) Mostrar ao professor de Física o Produto Educacional que consta de aparelhagem experimental, já pronta, e um Manual de construção do aparato experimental com orientações teóricas sobre o conteúdo de Termometria;
- 2º) Realizar um questionário com diretor, coordenador, e o professor de Física;
- 3º) Realizar, no mínimo, seis encontros com estudantes da turma do 3º ano A para o desenvolvimento de uma Sequência Didática, esta consta de questionários, leituras, e roteiros de práticas experimentais. Dessa forma, as atividades a serem desenvolvidas devem ser presenciais. Os riscos à saúde dos participantes serão minimizados, pois as ações impostas pelo protocolo de combate à infecção do vírus SARS COV 2 serão obedecidas pelo professor diante de sua prática.

Espera-se, com esta pesquisa que o professor, especificamente, na área de Física, tenha a orientação adequada para desenvolver o aspecto experimental da Física. Julgamos esta parte experimental necessária para que a aprendizagem dos conteúdos em Física seja mais concreta e construtiva para o estudante. Uma experiência e/ou uma prática demonstrativa bem elaborada tem um efeito não apenas de apresentar uma novidade, ou de motivar o estudante, mas também faz parte do objeto de estudo da própria ciência Física. A prática experimental proporcionará ao estudante a familiaridade e a manipulação das grandezas físicas envolvidas um fenômeno natural. O próprio funcionamento dos aparelhos e/ou instrumentos de medida utilizados numa prática experimental está atrelado a um conhecimento prévio de uma teoria, o uso de uma prática experimental remeti-nos a percepção real, palpável, das grandezas físicas

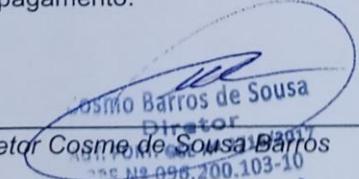
envolvidas. Além desses benefícios, a escola tem a oportunidade de conseguir uma aparelhagem com materiais duráveis e de fácil acesso com o auxílio da tecnologia do microcontrolador Arduino e seus vários sensores eletrônicos que podem ser empregados em outros projetos de aparelhagem experimental além da que apresentaremos no nosso Produto Educacional.

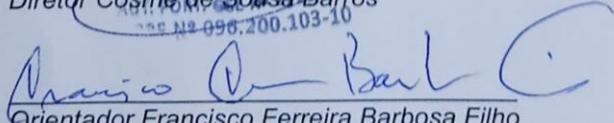
Qualquer informação adicional poderá ser obtida pelo Comitê de Ética em Pesquisa – UFPI - Campus Universitário Ministro Petrônio Portella - Bairro Ininga, CEP: 64.049-550, Teresina-PI, telefone: (86) 3237-2332, e-mail: [cep.ufpi@ufpi.edu.br](mailto:cep.ufpi@ufpi.edu.br), horário de atendimento ao público de segunda a sexta nos horários: manhã - 08:00 às 12:00 hs, e à tarde - 14:00 às 18:00 hs. Ou ainda, pelo telefone do pesquisador Edmar Pereira do Rego, (86) 98808-3391, ou pelo telefone do orientador Francisco Barbosa Ferreira Filho, (86) 99991-4660.

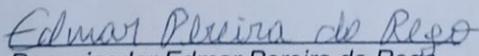
A qualquer momento, o(a) senhor(a) poderá solicitar esclarecimentos sobre o trabalho que está sendo realizado, e ainda poderá retirar a sua autorização. O pesquisador está apto a esclarecer estes pontos e, em caso de necessidade, dar indicações para contornar qualquer mal-estar que possa surgir em decorrência da pesquisa ou não.

Os dados obtidos nesta pesquisa serão utilizados na publicação de artigos científicos, contudo, assumimos a total responsabilidade de não publicar qualquer dado que comprometa o sigilo da participação dos integrantes de sua instituição. Nomes, endereço e outras indicações pessoais não serão publicados em hipótese alguma, os bancos de dados gerados pela pesquisa só serão disponibilizados sem estes dados.

A participação será voluntária, não fornecemos por ela qualquer tipo de pagamento por esta autorização bem como os participantes também não receberão qualquer tipo de pagamento.

  
Diretor Cosmo Barros de Sousa  
CPF Nº 096.200.103-10

  
Orientador Francisco Ferreira Barbosa Filho

  
Pesquisador Edmar Pereira do Rego

Teresina, 11 de novembro de 2020

## Apêndice C – Termo de Autorização Institucional (CETI Helvídio Nunes)

### TERMO DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL

Prezada Diretora Auristela Silva Torres de Sousa

Solicitamos sua autorização para realização do projeto de pesquisa intitulado: *A TERMOMETRIA NO ENSINO MÉDIO MEDIADA PELO ARDUINO EM PRÁTICAS EXPERIMENTAIS*, de autoria do acadêmico Edmar Pereira do Rego e orientado pelo professor Francisco Barbosa Ferreira Filho, em sua instituição, CETI Helvídio Nunes.

Este projeto tem como objetivo implantar métodos para confecção de uma aparelhagem experimental com materiais alternativos de fácil acessibilidade somada ao uso do microcontrolador Arduino e sensores eletrônicos próprios, tais experimentos pertencem ao conteúdo da Termometria. Esta implementação segue o desenvolvimento de uma Sequência Didática no intuito de que os estudantes aprendam o referido conteúdo de maneira construtiva.

Os procedimentos adotados serão:

- 1º) Mostrar ao professor de Física o Produto Educacional que consta de aparelhagem experimental, já pronta, e um Manual de construção do aparato experimental com orientações teóricas sobre o conteúdo de Termometria;
- 2º) Realizar um questionário com diretor, coordenador, e o professor de Física;
- 3º) Realizar, no mínimo, seis encontros com estudantes da turma do 3º ano A para o desenvolvimento de uma Sequência Didática, esta consta de questionários, leituras, e roteiros de práticas experimentais. Esta atividade minimizará os riscos aos participantes, pois as ações impostas pelo protocolo de combate à infecção do vírus SARS COV 2 serão realizadas pelo professor diante de sua prática.

Espera-se, com esta pesquisa que o professor, especificamente, na área de Física, tenha a orientação adequada para desenvolver o aspecto experimental da Física. Julgamos esta parte experimental necessária para que a aprendizagem dos conteúdos em Física seja mais concreta e construtiva para o estudante. Uma experiência e/ou uma prática demonstrativa bem elaborada tem um efeito não apenas de apresentar uma novidade, ou de motivar o estudante, mas também faz parte do objeto de estudo da própria ciência Física. A prática experimental proporcionará ao estudante a familiaridade e a manipulação das grandezas físicas envolvidas um fenômeno natural. O próprio funcionamento dos aparelhos e/ou instrumentos de medida utilizados numa prática experimental está atrelado a um conhecimento prévio de uma teoria, o uso de uma prática experimental remeti-nos a percepção real, palpável, das grandezas físicas envolvidas. Além desses benefícios, a escola tem a oportunidade de conseguir uma aparelhagem com materiais duráveis e de fácil acesso com o auxílio da tecnologia do

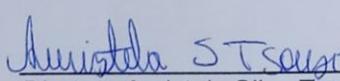
microcontrolador Arduino e seus vários sensores eletrônicos que podem ser empregados em outros projetos de aparelhagem experimental além da que apresentaremos no nosso Produto Educacional.

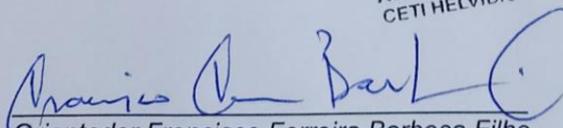
Qualquer informação adicional poderá ser obtida pelo Comitê de Ética em Pesquisa – UFPI - Campus Universitário Ministro Petrônio Portella - Bairro Ininga, CEP: 64.049-550, Teresina-PI, telefone: (86) 3237-2332, e-mail: [cep.ufpi@ufpi.edu.br](mailto:cep.ufpi@ufpi.edu.br), horário de atendimento ao público de segunda a sexta nos horários: manhã - 08:00 às 12:00 hs, e à tarde - 14:00 às 18:00 hs. Ou ainda, pelo telefone do pesquisador Edmar Pereira do Rego, (86) 98808-3391, ou pelo telefone do orientador Francisco Barbosa Ferreira Filho, (86) 99991-4660.

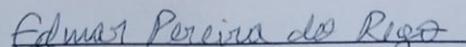
A qualquer momento, o(a) senhor(a) poderá solicitar esclarecimentos sobre o trabalho que está sendo realizado, e ainda poderá retirar a sua autorização. O pesquisador está apto a esclarecer estes pontos e, em caso de necessidade, dar indicações para contornar qualquer mal-estar que possa surgir em decorrência da pesquisa ou não.

Os dados obtidos nesta pesquisa serão utilizados na publicação de artigos científicos, contudo, assumimos a total responsabilidade de não publicar qualquer dado que comprometa o sigilo da participação dos integrantes de sua instituição. Nomes, endereço e outras indicações pessoais não serão publicados em hipótese alguma, os bancos de dados gerados pela pesquisa só serão disponibilizados sem estes dados.

A participação será voluntária, não fornecemos por ela qualquer tipo de pagamento por esta autorização bem como os participantes também não receberão qualquer tipo de pagamento.

  
 Diretora Auristela Silva Torres de Sousa  
 Aut. POR nº 0105/2019  
 CETI HELVÍDIO NUNES

  
 Orientador Francisco Ferreira Barbosa Filho

  
 Pesquisador Edmar Pereira do Rego

Teresina, 11 de novembro de 2020

## Apêndice D – Autorização de uso de texto de livro didático

---

**From:** Da Autorizacao <[da.autorizacao@somoseducacao.com.br](mailto:da.autorizacao@somoseducacao.com.br)>

**Sent:** Tuesday, August 3, 2021 6:21:58 PM

**To:** Edmar Pereira do Rego <[edmarpereiradorego@outlook.com](mailto:edmarpereiradorego@outlook.com)>; Da Autorizacao <[da.autorizacao@somoseducacao.com.br](mailto:da.autorizacao@somoseducacao.com.br)>

**Subject:** RES: Pedido de autorização

Prezado Prof. Edmar, boa tarde,

Desta forma, autorizamos o uso das páginas de nosso livro didático para serem aplicadas, sem fins lucrativos, conforme sua descrição feita no e-mail anterior.

Reforçamos que, por se tratar de obra didática, não nos responsabilizamos por textos de terceiros existentes nas páginas em questão.

Atenciosamente,

Liliane

Rodrigues

Licenciamento – Direitos Autorais

